

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



**TESIS:**

**“DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN SISTEMA  
APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON  
POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL  
DISTRITO DE HUANCAYO, 2020”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. LLANA CORDOVA JONATAN IVAN**

**Línea de Investigación Institucional: Nuevas Tecnologías y Procesos**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2021**

**ASESOR**

Ph. D. Mohamend M. Hadi Mohamed

## DEDICATORIA

*A Dios quien me da constantemente la fortaleza espiritual para seguir superándome, a mi madre Indalecia por estar siempre alentándome para no caer ni titubear ante algunas decisiones, a mi padre Ignacio por su apoyo constante en mi formación profesional, a mi tía patricia por la motivación y apoyo incondicional, a mis hermanos por todo el apoyo brindado, su consideración y respaldo en los momentos difíciles de desarrollo profesional y personal. A todos aquellos quienes me ayudaron a desarrollar y concluir la presente tesis.*

*Jonatan.*

## **AGRADECIMIENTO**

Mi sincero agradecimiento:

En primer lugar, a Dios por cuidarme y guiarme en todo momento y en cada paso que di durante mi experiencia estudiantil.

A mi casa universitaria, la Universidad Peruana los Andes, en especial a la Facultad de Ingeniería por acogerme y formarme como buen profesional con vocación de servicio para el futuro.

A los conocimientos que compartí con los profesores, docentes y doctores de la Facultad de Ingeniería Civil, toda la experiencia y los consejos que me brindaron para convertirme en un profesional.

Al Ph. D. Mohamend M. Hadi Mohamed, por su apoyo, exigencias y asesoramiento para hacer mi investigación realidad.

Al laboratorio DOSET, por el apoyo en mi investigación aportando sus años de experiencia y criterio para ayudarnos a culminar mi investigación resolviendo mis dudas, de la misma manera a los ingenieros y técnicos que me brindaron su apoyo y sus experiencias como aporte a nuestro trabajo de investigación.

Finalmente, a todos los profesionales, colegas, amigos y aquellas personas que me apoyaron con un granito de arena para poder realizar este trabajo de investigación.

A todos ellos brindamos nuestro más sincero agradecimiento.

## **HOJAS DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**DR. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA  
DECANO**

---

**ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES  
JURADO**

---

**ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA  
JURADO**

---

**ING. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA  
JURADO**

---

**Mg. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES  
SECRETARIO DOCENTE**

# ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCION.....	3
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>5</b>
1.1. Planteamiento del problema .....	5
1.2. Formulación y Sistematización del problema .....	6
1.2.1. Problema general .....	6
1.2.2. Problemas Específicos .....	6
1.3. Justificación .....	7
1.3.1. Práctica .....	7
1.3.2. Científica.....	8
1.3.3. Metodológica .....	8
1.4. Delimitaciones .....	8
1.4.1. Espacial .....	8
1.4.2. Temporal.....	9
1.4.3. Conceptual.....	9
1.5. Limitaciones .....	9
1.6. Objetivos .....	10
1.6.1. Objetivo General.....	10
1.6.2. Objetivos Específicos .....	10
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
2.1. Antecedentes .....	11
2.1.1. Nacional.....	11
2.1.2. Internacional.....	16
2.2. Marco conceptual.....	20
2.2.1. Dosificación.....	20
2.2.1.1. Concreto .....	20
2.2.1.2. Agregados para el Concreto .....	20
2.2.1.3. Granulometría .....	20
2.2.1.4. Cemento Portland .....	24
2.2.1.5. Poliestireno Expandido (EPS).....	24
2.2.1.6. Peso Específico de los Agregados.....	26
2.2.1.7. Diseño de Mezcla .....	27

2.2.2.	<b>Peso Especifico</b> .....	28
2.2.2.1.	<b>Peso Específico del Concreto Simple</b> .....	28
2.2.2.2.	<b>Peso Específico del Concreto Armado</b> .....	29
2.2.3.	<b>Asentamiento</b> .....	29
2.2.3.1.	<b>Trabajabilidad del concreto</b> .....	29
2.2.3.2.	<b>Colocación del concreto</b> .....	31
2.2.4.	<b>Resistencia a la Compresión</b> .....	31
2.2.4.1.	<b>Esfuerzo a compresión</b> .....	31
2.2.4.2.	<b>Hidratación</b> .....	31
2.2.5.	<b>Análisis Sísmico</b> .....	32
2.2.5.1.	<b>Estimación del Peso (P)</b> .....	33
2.2.5.2.	<b>Procedimientos de Análisis Sísmico</b> .....	33
2.2.5.3.	<b>Análisis Estático</b> .....	33
2.2.5.4.	<b>Análisis Dinámico Modal Espectral</b> .....	35
2.2.6.	<b>Diseño de Concreto Armado</b> .....	37
2.2.6.1.	<b>Predimensionamiento</b> .....	37
2.2.6.2.	<b>Diseño por Flexión</b> .....	38
2.2.6.3.	<b>Diseño por Corte</b> .....	40
2.2.6.4.	<b>Condiciones de Servicio</b> .....	42
2.3.	<b>Definición de términos</b> .....	47
2.4.	<b>Hipótesis</b> .....	47
2.4.1.	<b>Hipótesis General</b> .....	47
2.4.2.	<b>Hipótesis Específicas</b> .....	47
2.5.	<b>Variables</b> .....	48
2.5.1.	<b>Definición conceptual de las variables</b> .....	48
2.5.2.	<b>Definición operacional de las variables</b> .....	49
2.5.2.1.	<b>Operacionalización de las variables</b> .....	50
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b> .....		52
3.1.	<b>Método de investigación</b> .....	52
3.2.	<b>Tipo de investigación</b> .....	52
3.3.	<b>Nivel de investigación</b> .....	52
3.4.	<b>Diseño de la investigación</b> .....	53
3.5.	<b>Población y muestra</b> .....	55
3.6.	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	55
2.5.3.	<b>Técnicas</b> .....	55

2.5.4.	Instrumentos de recolección de datos .....	56
3.7.	Procesamiento de la información .....	56
3.8.	Técnicas y análisis de datos .....	57
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS</b>	.....	<b>58</b>
4.1.	Diseño de Mezcla .....	58
4.1.1.	Cálculo de cantidad de materiales .....	64
4.2.	Asentamiento .....	66
4.2.1.	Comparación Estadística del Asentamiento.....	68
4.3.	Peso Específico del concreto .....	69
4.3.1.	Comparación Estadística del Peso Especifico.....	72
4.3.2.	Peso Específico para Concreto Armado.....	72
4.4.	Resistencia a la compresión .....	73
4.5.	Diseño Sísmico.....	81
4.5.1.	Arquitectura.....	81
4.5.2.	Consideraciones de Diseño .....	82
4.5.3.	Resistencia Requerida.....	82
4.5.4.	Materiales Seleccionados .....	83
4.5.5.	Criterios De Estructuración.....	83
4.5.6.	Diseño Estructural del Grupo Experimental sin Poliestireno (DSP)	84
4.5.6.1.	Metrado de Cargas y Análisis .....	84
4.5.6.2.	Análisis Sísmico .....	89
4.5.6.3.	Análisis Estático.....	93
4.5.6.4.	Análisis Dinámico .....	94
4.5.6.5.	Control de Desplazamientos .....	98
4.5.6.6.	Diseño en Concreto Armado.....	101
4.5.7.	Diseño Estructural del Grupo Experimental con Poliestireno 50% (DCP50%).....	112
4.5.7.1.	Metrado de Cargas y Análisis .....	112
4.5.7.2.	Análisis Sísmico .....	115
4.5.7.3.	Análisis Estático.....	119
4.5.7.4.	Análisis Dinámico .....	120
4.5.7.5.	Control de Desplazamientos .....	124
4.5.7.6.	Diseño en Concreto Armado.....	127
4.5.8.	Análisis comparativo cuantitativo entre el análisis sismorresistente con concreto convencional y el análisis sismorresistente con concreto modificado .....	138

<b>CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS</b> .....	146
<b>5.1. Asentamiento</b> .....	146
<b>5.2. Peso específico</b> .....	147
<b>5.3. Resistencia la compresión</b> .....	148
<b>5.4. Comportamiento Sísmico</b> .....	150
<b>CONCLUSIONES</b> .....	151
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	152
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	153
<b>REVISTAS</b> .....	155
<b>ANEXOS</b> .....	156

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Resultados del asentamiento en pulgadas. ....	12
Tabla N° 2. Resultados del peso específico en kg/m <sup>3</sup> .....	12
Tabla N° 3. Resultados de la resistencia a compresión kg/cm <sup>2</sup> . ....	12
Tabla N° 4. Resultados del asentamiento en milímetros. ....	14
Tabla N° 5. Resultados del Peso Específico. ....	14
Tabla N° 6. Resultados de la resistencia a la compresión. ....	15
Tabla N° 7. Resultados del asentamiento en pulgadas. ....	15
Tabla N° 8. Resultados del Peso Específico. ....	16
Tabla N° 9. Resultados de la Resistencia a la Compresión.....	16
Tabla N° 10. Resultados del Asentamiento en milímetros. ....	18
Tabla N° 11. Resultados resistencia a la compresión.....	18
Tabla N° 12: Granulometría del agregado fino.....	21
Tabla N° 13: Granulometría del agregado grueso.....	22
Tabla N° 14. Longitud de desarrollo en tracción de refuerzo.....	40
Tabla N° 15. Deflexiones máximas permitidas.....	44
Tabla N° 16. No es necesario verificar el espesor mínimo del elemento deflector. ....	45
Tabla N° 17. Características de los agregados.....	58
Tabla N° 18. Contenido de aire.....	59
Tabla N° 19. Volumen unitario de agua.....	60
Tabla N° 20. Relación agua/cemento. ....	60
Tabla N° 21. Volumen del agregado grueso seco y compactado.....	61
Tabla N° 22. Volumen absoluto de los materiales.....	62
Tabla N° 23. Cantidad de materiales en seco para un metro cubico.....	63
Tabla N° 24. Cantidad de materiales en seco para un metro cúbico.....	63
Tabla N° 25. Proporciones de diseño.....	64
Tabla N° 26. Cantidad de materiales para una probeta.....	64
Tabla N° 27. Cantidad de poliestireno triturado por probeta.....	65
Tabla N° 28. Resumen de materiales por probeta.....	65
Tabla N° 29. Datos del asentamiento del Diseño sin Poliestireno.....	66
Tabla N° 30. Datos del asentamiento del Diseño con Poliestireno 20%.....	66
Tabla N° 31. Datos del asentamiento del Diseño con Poliestireno 30%.....	66
Tabla N° 32. Datos del asentamiento del Diseño con Poliestireno 40%.....	67
Tabla N° 33. Datos del asentamiento del Diseño con Poliestireno 50%.....	67
Tabla N° 34. Comparación estadística del Asentamiento.....	68
Tabla N° 35. Datos del Peso Específico del Diseño sin Poliestireno.....	69
Tabla N° 36. Datos del Peso Específico del Diseño con Poliestireno 20%.....	70
Tabla N° 37. Datos del Peso Específico del Diseño con Poliestireno 30%.....	70
Tabla N° 38. Datos del Peso Específico del Diseño con Poliestireno 40%.....	70
Tabla N° 39. Datos del Peso Específico del Diseño con Poliestireno 50%.....	71
Tabla N° 40. Comparación estadística del Peso Específico.....	72
Tabla N° 41. Peso Específico del Concreto Armado.....	73
Tabla N° 42. Datos de la resistencia a la compresión del Diseño sin Poliestireno. ....	74
Tabla N° 43. Datos de la resistencia a la compresión del Diseño con Poliestireno 20%. .....	75
Tabla N° 44. Datos de la resistencia a la compresión del Diseño con Poliestireno 30%. .....	76

Tabla N° 45. Datos de la resistencia a la compresión del Diseño con Poliestireno 40%.	77
Tabla N° 46. Datos de la resistencia a la compresión del Diseño con Poliestireno 50%.	78
Tabla N° 47. Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días.	79
Tabla N° 48. Factores de reducción.	82
Tabla N° 49. Recubrimiento libre según elemento estructural.	83
Tabla N° 50. Propiedades de los materiales.	83
Tabla N° 51. Metrado de Cargas en losa aligerada (DSP).	86
Tabla N° 52. Metrado de carga sobre viga VP 102 (DSP).	88
Tabla N° 53. Resumen de parámetros sísmicos (DSP).	89
Tabla N° 54. Peso sísmico por cada piso (DSP).	90
Tabla N° 55. Comparación de rigideces en dirección X (DSP).	90
Tabla N° 56. Comparación de rigideces en dirección Y (DSP).	90
Tabla N° 57. Análisis de torsión en dirección X (DSP).	91
Tabla N° 58. Análisis de torsión en dirección Y (DSP).	92
Tabla N° 59. Análisis sísmico estático en dirección X (DSP).	93
Tabla N° 60. Análisis sísmico estático en dirección Y (DSP).	94
Tabla N° 61. Periodos para análisis modal (DSP).	95
Tabla N° 62. Porcentaje de masa participativa (DSP).	98
Tabla N° 63. Derivas inelásticas máximas en dirección X (DSP).	99
Tabla N° 64. Derivas inelásticas máximas en dirección Y (DSP).	99
Tabla N° 65. Factor de escalamiento en cada dirección (DSP).	100
Tabla N° 66. Diseño por flexión en losa aligerada (DSP).	102
Tabla N° 67. Diseño por corte en losa aligerada (DSP).	102
Tabla N° 68. Verificación de figuración en losa aligerada (DSP).	103
Tabla N° 69. Cálculo de factor Z (DSP).	103
Tabla N° 70. Cálculo de deflexiones en losa aligerada (DSP).	104
Tabla N° 71. Verificación de deflexiones en losa aligerada (DSP).	105
Tabla N° 72. Diseño por flexión de la viga VP 102 (DSP).	108
Tabla N° 73. Diseño por corte de la viga VP 102 (DSP).	108
Tabla N° 74. Verificación de figuración en viga VP 102 (DSP).	109
Tabla N° 75. Cálculo de factor Z en viga VP 102 – 210 S/P.	109
Tabla N° 76. Cálculo de deflexiones en viga VP 102 (DSP).	110
Tabla N° 77. Verificación de deflexiones en viga VP 102 (DSP).	111
Tabla N° 78. Metrado de Cargas en losa aligerada (DCP50%).	112
Tabla N° 79. Metrado de carga sobre viga VP 102 (DCP50%).	114
Tabla N° 80. Resumen de parámetros sísmicos (DCP50%).	115
Tabla N° 81. Peso sísmico por cada piso (DCP50%).	116
Tabla N° 82. Comparación de rigideces en dirección X (DCP50%).	116
Tabla N° 83. Comparación de rigideces en dirección Y (DCP50%).	116
Tabla N° 84. Análisis de torsión en dirección X (DCP50%).	117
Tabla N° 85. Análisis de torsión en dirección Y (DCP50%).	118
Tabla N° 86. Análisis sísmico estático en dirección X (DCP50%).	119
Tabla N° 87. Análisis sísmico estático en dirección Y (DCP50%).	120
Tabla N° 88. Periodos para análisis modal (DCP50%).	121
Tabla N° 89. Porcentaje de masa participativa (DCP50%).	124

Tabla N° 90. Derivas inelásticas máximas en dirección X (DCP50%).	125
Tabla N° 91. Derivas inelásticas máximas en dirección Y (DCP50%).	125
Tabla N° 92. Factor de escalamiento en cada dirección (DCP50%).	126
Tabla N° 93. Diseño por flexión en losa aligerada (DCP50%).	128
Tabla N° 94. Diseño por corte en losa aligerada (DCP50%).	128
Tabla N° 95. Verificación de figuración en losa aligerada (DCP50%).	129
Tabla N° 96. Cálculo de factor Z (DCP50%).	129
Tabla N° 97. Cálculo de deflexiones en losa aligerada (DCP50%).	130
Tabla N° 98. Verificación de deflexiones en losa aligerada (DCP50%).	131
Tabla N° 99. Diseño por flexión de la viga VP 102 (DCP50%).	134
Tabla N° 100. Diseño por corte de la viga VP 102 (DCP50%).	134
Tabla N° 101. Verificación de figuración en viga VP 102 (DCP50%).	135
Tabla N° 102. Cálculo de factor Z en viga VP 102 (DCP50%).	135
Tabla N° 103. Cálculo de deflexiones en viga VP 102 (DCP50%).	136
Tabla N° 104. Verificación de deflexiones en viga VP 102 (DCP50%).	137
Tabla N° 105. Comparación de Masa y peso	138
Tabla N° 106. Derivas de entrepiso en dirección X-X.	139
Tabla N° 107. Derivas de entrepiso en dirección Y-Y.	140
Tabla N° 108. Periodos y masa participativa.	141
Tabla N° 109. Fuerzas Sísmicas por piso en dirección X-X.	142
Tabla N° 110. Fuerzas Sísmicas por piso en dirección Y-Y.	143
Tabla N° 111. Cortante basal de diseño.	143
Tabla N° 112. Acero colocado en losa aligerada.	144
Tabla N° 113. Acero colocado en vigas.	145

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Delimitación espacial de la investigación.	9
Figura N° 2. Densidades de concreto en $\text{kg/m}^3$ , según la edad, para cada porcentaje de sustitución.	17
Figura N° 3. Asentamiento de cada uno de los grupos experimentales.	67
Figura N° 4. Pesos específicos del concreto simple por cada uno de los grupos experimentales.	71
Figura N° 5. Curva de resistencia a la compresión de diseño sin poliestireno.	74
Figura N° 6. Curva de resistencia a la compresión de diseño con poliestireno 20%.	75
Figura N° 7. Curva de resistencia a la compresión de diseño con poliestireno 30%.	76
Figura N° 8. Curva de resistencia a la compresión de diseño con poliestireno 40%.	77
Figura N° 9. Curva de resistencia a la compresión de diseño con poliestireno 50%.	78
Figura N° 10. Comparación de curvas de resistencia de todos los grupos experimentales.	80
Figura N° 11. Planta típica de arquitectura.	81
Figura N° 12. Modelo tridimensional de la estructura del grupo experimental sin poliestireno (DSP).	85
Figura N° 13. Modelo Matemático del grupo experimental sin poliestireno (DSP).	86
Figura N° 14. Momento flector en losa, ton-m (DSP).	87
Figura N° 15. Fuerza cortante en losa, ton (DSP).	87
Figura N° 16. Momento flector en viga, ton-m (DSP).	88

Figura N° 17. Fuerza cortante en viga,ton (DSP) .....	88
Figura N° 18. Espectro de pseudoaceleraciones (DSP).....	96
Figura N° 19. Modo 1, T=0.436 s (DSP). .....	97
Figura N° 20. Modo 2, T=0.425 s (DSP). .....	97
Figura N° 21. Desplazamientos direccion X (m)-(DSP). .....	99
Figura N° 22. Desplazamientos direccion Y (m)-(DSP). .....	100
Figura N° 23. Sección típica de vigueta (DSP). .....	101
Figura N° 24. Paño diseñado (DSP). .....	105
Figura N° 25. Diagrama momento flector Eje 2 (DSP).....	106
Figura N° 26. DMF (tn.m) y DFC (tn) lado derecho (DSP). .....	107
Figura N° 27. DMF (tn.m) y DFC (tn) centro (DSP). .....	107
Figura N° 28. DMF (tn.m) y DFC (tn) lado izquierdo (DSP). .....	107
Figura N° 29. Diseño de viga VP 102 (DSP): .....	111
Figura N° 30. Momento flector en losa,ton-m (DCP50%).....	113
Figura N° 31. Fuerza cortante en losa,ton (DCP50%). .....	113
Figura N° 32. Momento flector en viga,ton-m (DCP50%).....	114
Figura N° 33. Fuerza cortante en viga,ton (DCP50%) .....	114
Figura N° 34. Espectro de pseudoaceleraciones (DCP50%).....	122
Figura N° 35. Modo 1, T=0.425 s (DCP50%). .....	123
Figura N° 36. Modo 2, T=0.415 s (DCP50%). .....	123
Figura N° 37. Desplazamientos direccion X (m)-( DCP50%).....	125
Figura N° 38. Desplazamientos direccion Y (m)-( DCP50%).....	126
Figura N° 39. Sección típica de vigueta (DCP50%). .....	127
Figura N° 40. Paño diseñado (DCP50%).....	131
Figura N° 41. Diagrama momento flector Eje 2 (DCP50%). .....	132
Figura N° 42. DMF (tn.m) y DFC (tn) lado derecho (DCP50%).....	133
Figura N° 43. DMF (tn.m) y DFC (tn) centro (DCP50%).....	133
Figura N° 44. DMF (tn.m) y DFC (tn) lado izquierdo (DCP50%).....	133
Figura N° 45. Diseño de viga VP 102 (DCP50%): .....	137
Figura N° 46. Peso de la Estructura por nivel. ....	138
Figura N° 47. Peso de la Estructura Global. ....	139
Figura N° 48. Derivas en dirección X-X.....	140
Figura N° 49. Derivas en dirección Y-Y.....	141
Figura N° 50. Modos de Vibración. ....	141
Figura N° 51. Fuerzas por Sismo Dinámico (ton) X-X. ....	142
Figura N° 52. Fuerzas por Sismo Dinámico (ton) Y-Y. ....	143
Figura N° 53. Cortante basal de diseño. ....	144

## RESUMEN

Para la presente investigación se formuló como problema general ¿Cómo afecta el concreto con poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020?, el objetivo general fue: Analizar el desempeño sísmico de un sistema aporticado utilizando concreto con poliestireno expandido triturado en el distrito de Huancayo, 2020; así mismo la hipótesis general fue: El concreto con poliestireno expandido triturado afecta positivamente al desempeño sísmico de un sistema aporticado en comparación a un concreto convencional.

Por la naturaleza del estudio el tipo de investigación fue aplicada, el nivel fue descriptivo y el diseño de investigación fue experimental, las técnicas e instrumentos de recolección fue la observación experimental y comparación de datos, la toma de datos como (Asentamiento, Peso Específico y Resistencia a compresión) se realizó en un laboratorio de concreto del distrito de Huancayo.

Resultados, en la investigación se propuso un diseño de mezcla de concreto con poliestireno expandido triturado con el que se analizó y evaluó el comportamiento sísmico de una edificación; se identificó la variación de cargas de servicio, desplazamientos y fuerzas sísmicas según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente obteniendo mejoras hasta en un 5% en comparación a una estructura con concreto convencional.

Conclusión, se determinó que el concreto con poliestireno expandido triturado con una dosificación adecuada reduce cargas muertas y mejora el comportamiento sísmico.

**Palabras Claves:** Desempeño sísmico, poliestireno expandido triturado, E.030.

**Bach. Jonatan Ivan Llana Cordova**

## **ABSTRACT**

The present research was formulated as a general problem How does the concrete with expanded polystyrene shredded affect the seismic performance of an aporticated system in the district of Huancayo, 2020? The general objective was: To analyze the seismic performance of an aporticated system using concrete with expanded polystyrene shredded in the district of Huancayo, 2020; likewise, the general hypothesis was: Concrete with crushed expanded polystyrene positively affects the seismic performance of a system contributed compared to conventional concrete.

Because of the nature of the study the type of research was applied, the level was descriptive and the research design was experimental, the techniques and instruments of collection were the experimental observation and comparison of data, the data collection as (Settlement, Specific Weight and Compression Resistance) It was carried out in a concrete laboratory in the district of Huancayo.

Results, the research proposed a design of concrete mixture with crushed expanded polystyrene, with which the seismic behavior of a building was analyzed and evaluated; The variation of service loads, displacements and seismic forces was identified according to Technical Standard E.030 Sismorresistent Design, obtaining improvements by up to 5% compared to a structure with conventional concrete.

Conclusion, it was determined that concrete with crushed expanded polystyrene with proper dosing reduces dead loads and improves seismic behavior.

**Keywords:** Seismic performance, crushed expanded polystyrene, E.030.

**Bach. Jonatan Ivan Llana Cordova**

## INTRODUCCION

Esta investigación “DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020”, se presenta, con el fin de verificar y promover el estudio del comportamiento sísmico de un sistema aporticado, en el que se utilizó concreto con poliestireno expandido triturado aplicando el Reglamento Nacional de Edificaciones (E.020, E.030 y E.060). El propósito del diseño modificado fue el obtener concreto de bajo peso, buena calidad, buen desempeño sísmico y bajo costo; en comparación con el concreto convencional, este concreto modificado se utilizó para analizar el comportamiento sísmico de una vivienda unifamiliar.

En el estudio se busca el porcentaje óptimo de poliestireno expandido triturado para ser agregado al concreto para cumplir con los parámetros de control de calidad, verificar si cumple con el diseño de mezcla, y sobre esta base, verificar la resistencia a compresión, determinar el grado de trabajabilidad del concreto modificado y densidad para obtener su peso unitario; para el diseño de mezcla se utilizó la metodología ACI. Una vez comprobada su validez y confiabilidad, se realizó el análisis del comportamiento sísmico de un sistema aporticado mediante el programa de modelado ETABS en el que se comparó la deriva, cargas, cortantes basales, periodos y la fuerza sísmica de ambos diseños.

El objetivo de esta tesis es analizar el desempeño sísmico del sistema aporticado integrando concreto con poliestireno expandido triturado en el distrito Huancayo en 2020. La información que aporta este estudio nos permite determinar los cambios que existen entre el concreto con poliestireno expandido triturado y un concreto convencional.

Todos los ensayos de laboratorio se trabajaron con estos dos diseños de mezcla mencionados y fueron comparados con las tablas especificadas en las Normas Técnicas Peruanas y ASTM para determinar la calidad y confiabilidad del muestreo.

El contenido de la investigación se refleja según los siguientes puntos;

En el Capítulo I; Planteamiento del problema en el que se describe la

problemática de la investigación y se plantea los objetivos a seguir en la investigación.

En el Capítulo II; Marco Teórico, se describen los antecedentes, fundamentos teóricos de la investigación, hipótesis y las variables de la investigación.

En el Capítulo III; Mitología, se describe la parte mitológica de la investigación.

En el Capítulo IV; Resultados, se describe los procedimientos, resultados de las pruebas, el análisis comparativo cuantitativo entre el análisis sísmico con concreto convencional y el análisis sísmico con concreto modificado.

En el Capítulo V, Discusión de Resultados, se realiza la comparación entre los resultados obtenidos frente a investigaciones del marco teórico y las Normas Técnicas Peruanas.

Finalmente, sacar conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos con aportes de investigación.

Bach. Jonatan Ivan Llana Cordova

# CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Planteamiento del problema

Mucho ha cambiado en la economía global desde la construcción global 2025, la crisis financiera mundial está seis años atrás, pero con cierto retorno a la “normalidad económica”, esto impacta a largo plazo en el en la actividad de la construcción tanto positivos como negativos, en donde se indica que se espera que el mercado mundial de la construcción crezca a un ritmo más rápido que el PBI mundial en la próxima década y que a mayor crecimiento en Asia y otras economías emergentes donde el aumento de la población, la rápida urbanización y el crecimiento económico son los motores de la construcción (Global Construction, 2015).

En nuestro país, debido al crecimiento económico y poblacional, la industria de la construcción ha mostrado un crecimiento tanto en el sector público como en el sector privado La Cámara Peruana de la Construcción ha realizado un estudio de mercado, el cual menciona que las actividades de construcción (218,637m<sup>2</sup>) están destinadas al uso residencial., en comparación con 2006 hubo un aumento del 161% y una disminución del 41% con respecto a 2012. (Capeco, 2018).

Es por eso que la construcción está inmersa en la búsqueda de desarrollo y avance tecnológico, en la que enfrenta retos de investigación de los materiales de alto rendimiento y las tecnologías innovadoras que pueden ayudar a optimizar el proceso de construcción y prolongar la vida útil de la estructura. (Ceballos, 2016). Los estudios y las investigaciones han dado lugar a diversos concretos especiales, en los que el concreto ligero forma parte de este tipo de concretos teniendo su principal característica que es la reducción de su peso específico. (Tantanquilla,2017).

UNICON (Unión de Concreteras) de Perú utilizo concreto liviano en estructuras, como el techo del aeropuerto Jorge Chávez del Callao. (Tantaquilla, 2017).

Ante el problema del peso excesivo de las edificaciones en zonas con baja capacidad de carga, nació el concreto ligero. En la ciudad de Huancayo en el sector de construcción generalmente se trabaja en base a concreto convencional en donde el peso volumétrico esta alrededor de  $2350 \text{ kg/cm}^2$ , el cual aumenta las cargas muertas y cargas inerciales de sismo en las estructuras; en consecuencia, se presenta una estructura pesada, vigas peraltadas, columnas robustas y cimientos amplios. Todo esto se debe al excesivo peso propio de los elementos estructurales, lo que se traduce en altos costos de construcción.

Existen productos proporcionados por empresas como Sika y Chema que pueden reducir el peso del concreto, como los agentes incorporadores de aire, sin embargo, para obtener un concreto ligero, se recomienda utilizar áridos ligeros, como piedra pómez, arcilla y poliestireno expandido. (Tantaquilla, 2017).

Finalmente es importante describir que en la ciudad de Huancayo no se usa concretos livianos estructurales, debido a una falta de conocimiento o no conocer las dosificaciones correctas, por lo que la presente investigación se realizó con la finalidad de conocer un concreto modificado a base de poliestireno expandido triturado y sus beneficios en el comportamiento sísmico.

## **1.2. Formulación y Sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo afecta el concreto con poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

a) ¿Cuánto será la dosificación para el concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con poliestireno expandido triturado que se utilizará en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el

distrito de Huancayo, 2020?

- b) ¿Cómo afecta la variación del peso específico del concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020?
- c) ¿Cuál es la variación en el asentamiento del concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con poliestireno expandido triturado que se utilizara en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020?
- d) ¿Cómo afecta la variación de la resistencia a compresión del concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Práctica**

La investigación aporta alternativas para la construcción de edificaciones económicas y que a su vez tengan un mejor comportamiento frente a un evento sísmico, en la que se busca aprovechar los beneficios del poliestireno expandido triturado incorporado al concreto, en los que se tendrá en cuenta la reducción de la carga de servicio, desplazamientos y áreas de acero.

Los ingenieros y profesionales involucrados en el sector de la construcción civil se beneficiarán de esta investigación debido a las propiedades que aporta el poliestireno expandido triturado incorporado en el concreto (Aislante térmico y Estructuras Livianas), teniendo como objetivo mejorar el comportamiento sísmico de una estructura convencional.

### **1.3.2. Científica**

El poliestireno es un material que ya se usa en el sector de la construcción ya sea como un aislador sísmico o reemplazando a los bloques de ladrillo para techo en una losa aligerada, pero se encuentra pocos antecedentes de concreto con poliestireno expandido triturado y su uso en edificaciones. Por lo tanto, esta investigación se enfocó en identificar la variación que ocasiona el uso del poliestireno en el peso específico, asentamiento, resistencia a la compresión y comportamiento sísmico, haciendo de esto un diseño experimental el cual es beneficioso para desarrollar la investigación científica en nuestra ciudad, ampliando conocimiento y alternativas de diseño de mezcla.

### **1.3.3. Metodológica**

La investigación aportó una comparación entre un concreto convencional y un concreto con poliestireno expandido triturado en el cual se analizó y evaluó el comportamiento sísmico de una edificación en el que se identifica la variación de carga de servicio, desplazamientos y fuerzas sísmicas.

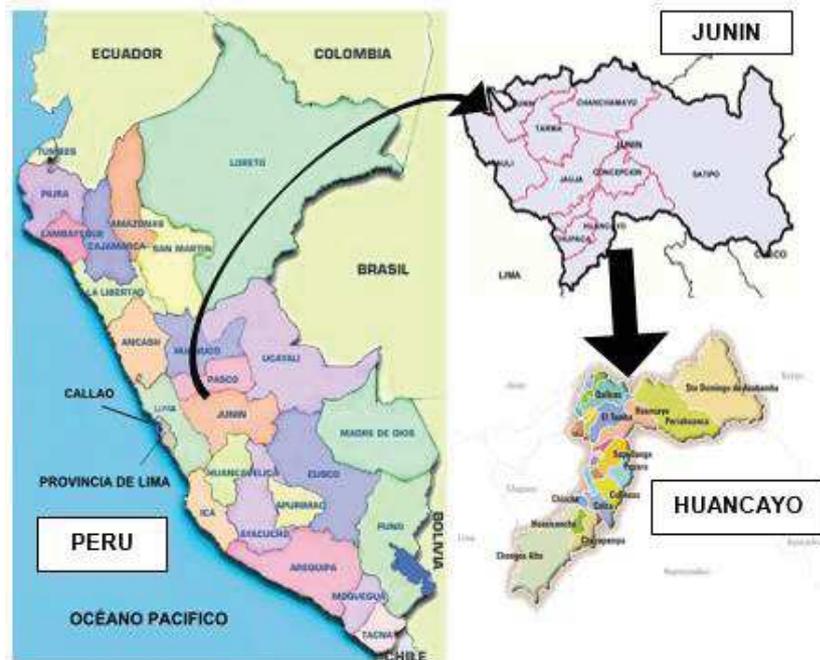
## **1.4. Delimitaciones**

### **1.4.1. Espacial**

La investigación se delimitó espacialmente en el distrito de Huancayo, provincia de Huancayo, en la región de Junín, ubicada en Perú.

La provincia de Huancayo se encuentra a una altitud de 3271 m.s.n.m., latitud 12°04'00" S y longitud 75°13'00" O.

**Figura N° 1.** Delimitación espacial de la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

#### **1.4.2. Temporal**

La presente investigación está delimitada temporalmente al espacio de tiempo comprendido entre el mes de marzo a noviembre del 2020 espacio que duro la recopilación de información y desarrollo de tesis.

#### **1.4.3. Conceptual**

El propósito de este estudio es evaluar el desempeño sísmico del sistema aporticado utilizando concreto con poliestireno expandido triturado, el cual debe cumplir con los estándares del código nacional de construcción (RNE).

#### **1.5. Limitaciones**

Se tuvo una limitante de índole económica para realizar los ensayos requeridos para la experimentación, debido a que el costo de algunos ensayos y materiales son elevados y esta investigación fue autofinanciada, por lo que puede no se pudieron realizar los ensayos para todas las propiedades del concreto; así mismo no se pudo trabajar con más porcentajes de adición de poliestireno.

Debido a la falta de laboratorios y técnicos especializados en

tecnología del concreto que realicen todos los ensayos normados para cada propiedad del concreto en estado fresco y endurecido en la ciudad de Huancayo, se consideró realizar los ensayos en otra ciudad, pero las pruebas para el concreto en estado fresco pudieron verse alteradas por un cambio de condiciones climáticas y condiciones de vaciado, así como la variación de la precisión de equipos y experiencia del personal.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Analizar cómo afecta el poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- a) Estimar la dosificación para el concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con poliestireno expandido triturado que se utilizará en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020.
- b) Determinar la variación del peso específico del concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020.
- c) Identificar la variación en el asentamiento del concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con poliestireno expandido triturado que se utilizará en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020.
- d) Evaluar la variación de la resistencia a compresión del concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo 2020, en comparación a un concreto convencional.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Nacional

A. Como primer trabajo de procedencia nacional corresponde a Vera Pulido, Isau Jesús (2018) quien realizo “Diseño de un concreto liviano con poliestireno expandido para la ejecución de losas en el asentamiento Humano Amauta – Lima Este (2018)” presentado a la Facultad de ingeniería de la Universidad Ricardo Palma que fue requisito para la obtención del grado de profesional de ingeniero civil.

El objetivo de la tesis fue realizar un diseño de mezcla liviano con poliestireno expandido y evaluar su influencia en las propiedades del concreto para la construcción de losas.

Para la presente tesis se tuvieron los siguientes objetivos específicos:

- Determinar cómo la cantidad de plastificante afecta el asentamiento del concreto liviano.
- Determine qué proporción de poliestireno expandido es suficiente para optimizar la resistencia del concreto ligero.

Para entender esta investigación se tiene que tener en cuenta los códigos que utilizo el Ing. Vera Pulido, el cual realizo 7 diseños de mezcla; el grupo de control (DP), el grupo experimental con 0.5% de poliestireno sin aditivo (DPE-01), el grupo experimental con 0.6% de poliestireno sin aditivo (DPE-02), el grupo experimental con 0.8% de poliestireno sin aditivo (DPE-03), el grupo experimental con 0.5% de poliestireno con aditivo con aditivo plastificante (DPEA-01), el grupo experimental con 0.6% de poliestireno con aditivo con aditivo plastificante (DPEA-02), el grupo experimental con 0.8% de poliestireno con aditivo con aditivo plastificante (DPEA-03). Así como también tener en cuenta que el investigador sustituyo el agregado grueso

por el poliestireno en las cantidades que ya se indicó anteriormente llegando a los resultados que se mostraran a continuación.

**Tabla N° 1. Resultados del asentamiento en pulgadas.**

Grupos	Asentamiento
DP	3
PDE-01	6
PDE-02	6.5
PDE-03	7
DP	3
PDEA-01	6.5
PDEA-02	7
PDEA-03	7

Fuente: Tesis correspondiente al Ing. Vera Pulido.

**Tabla N° 2. Resultados del peso específico en kg/m<sup>3</sup>.**

Grupos	Kg/m <sup>3</sup>
DP	2348
PDE-01	1970
PDE-02	1883
PDE-03	1676
DP	2012
PDEA-01	1904
PDEA-02	1701
PDEA-03	2348

Fuente: Tesis correspondiente al Ing. Vera Pulido.

**Tabla N° 3. Resultados de la resistencia a compresión kg/cm<sup>2</sup>.**

Grupo	Días			Unidad
	7	14	21	
DP	340	366	408	kg/cm <sup>2</sup>
PDE-01	165	192	215	kg/cm <sup>2</sup>
PDE-02	140	160	182	kg/cm <sup>2</sup>
PDE-03	105	115	123	kg/cm <sup>2</sup>
PDEA-01	233	252	276	kg/cm <sup>2</sup>
PDEA-02	174	209	234	kg/cm <sup>2</sup>
PDEA-03	114	148	168	kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Tesis correspondiente al Ing. Vera Pulido.

Como conclusiones se tuvieron:

“En las pruebas de mezcla con relación agua/cemento 0,56 se comprobó que al adicionar las perlitas de poliestireno expandido se incrementa el asentamiento del concreto significativamente con relación al diseño patrón que obtuvo un asentamiento de 3,0”, cuando se usa el diseño DPE-01, el asentamiento es de 6.0 pulgadas, cuando se usa el diseño DPE-02, el asentamiento es de 6.5 pulgadas, cuando se usa el diseño DPE-03, el asentamiento es de 7.0 pulgadas, pero cuando se agrega 1% de plastificante Viscocrete 1110. Cuando añadiendo aditivos y reduciendo la cantidad de agua en un 25%, se obtuvieron los siguientes resultados: La cantidad de sedimentación del diseño DPEA-01 fue de 6.5 pulgadas, la cantidad de sedimentación del diseño DPEA-02 fue de 7.0 pulgadas y la cantidad de sedimentación de DPEA-03 El diseño fue de 7.5 pulgadas. Obtenga 7.0 ”.

Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que con la adición de poliestireno expandido, el concreto aumenta el asentamiento al no absorber agua, pero se puede optimizar la resistencia reduciendo el agua y agregando aditivo plastificante para mantener el asentamiento del concreto ligero.

“Al incrementar el porcentaje de las perlitas de poliestireno expandido, se observó que los pesos unitarios del concreto liviano disminuyen significativamente. Asimismo, se observa que la resistencia es directamente proporcional al peso unitario debido a que a mayor peso unitario mayor es la resistencia”.

- B. Como segunda investigación de procedencia nacional corresponde al tesista Bach. Chuquilin Garcia Jorge Alex (2018) quien realizo “Influencia del Porcentaje de Perlas de Poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018”, presentado a la facultad de ingeniería de la Universidad

Privada del Norte que fue requisito para la obtención del grado de profesional de ingeniería civil.

El propósito de este trabajo es determinar la influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre el peso unitario, la resistencia a la compresión y la resistencia al asentamiento de losas de concreto ligero. Como objetivo específico del diseño de la mezcla para el cálculo de la resistencia estructural de  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ , también se deben utilizar diferentes porcentajes de perlas de poliestireno para determinar el peso unitario, la resistencia a la compresión y la resistencia a la sedimentación según el volumen de la fina. agregado.

Teniendo los siguientes resultados; asentamiento, peso unitario  $\text{kg/m}^3$  y resistencia a la compresión  $\text{kg/cm}^2$ . que se mostraran en los siguientes cuadros.

**Tabla N° 4. Resultados del asentamiento en milímetros.**

Grupos	Asentamiento
Poliestireno - 0%	80
Poliestireno - 10%	85
Poliestireno - 20%	90
Poliestireno - 30%	93
Poliestireno - 40%	100
Poliestireno - 50%	110

Fuente: *Tesis correspondiente al Ing. Chuquilin García.*

**Tabla N° 5. Resultados del Peso Especifico.**

Grupos	Peso especifico $\text{kg/m}^2$
Poliestireno - 0%	2430
Poliestireno - 10%	2380
Poliestireno - 20%	2320
Poliestireno - 30%	2250
Poliestireno - 40%	2160
Poliestireno - 50%	2060

Fuente: *Tesis correspondiente al Ing. Chuquilin García.*

**Tabla N° 6. Resultados de la resistencia a la compresión.**

Grupos	Resistencia a la Compresión kg/m <sup>2</sup>
Poliestireno - 0%	283
Poliestireno - 10%	276
Poliestireno - 20%	264
Poliestireno - 30%	256
Poliestireno - 40%	242
Poliestireno - 50%	222

Fuente: Tesis correspondiente al Ing. Chuquilin García.

C. Como tercera investigación de procedencia nacional correspondiente al tesis Bach. De la Cruz Mariños, Abel Antonio y Bach. Mori Pinedo, Giancarlo André (2019) quienes realizaron “Comportamiento sísmico de un sistema aporticado utilizando poliestireno expandido en el concreto, Trujillo – La Libertad”, presentado a la facultad de ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo que fue requisito para la obtención del grado de profesional de ingeniería civil.

El propósito de este artículo es evaluar la contribución del uso de poliestireno expandido en concreto al comportamiento sísmico del sistema y trazar la siguiente tabla.

**Tabla N° 7. Resultados del asentamiento en pulgadas.**

Grupos	Asentamiento
GC	3.4
GE1	3.5
GE2	3.8
GE3	3.9

Fuente: Tesis correspondiente al Ing. De la Cruz y Ing. Morí.

**Tabla N° 8. Resultados del Peso Específico.**

Grupos	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )
GC	2308
GE1	2260
GE2	2232
GE3	2207

Fuente: Tesis correspondiente al Ing. De la Cruz y Ing. Morí.

**Tabla N° 9. Resultados de la Resistencia a la Compresión.**

Grupos	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
GC	240
GE1	216
GE2	174
GE3	202

Fuente: Tesis correspondiente al Ing. De la Cruz y Ing. Morí.

Como conclusiones se tuvieron, en cuanto al comportamiento estructural, en el peso de la estructura hubo una reducción de 1.6%, en la cortante basal una reducción de 1.69%, en los modos de vibración hubo una reducción de 1.63%.

### 2.1.2. Internacional

- A. El primer trabajo de procedencia internacional corresponde a Mónica Lituma y Brígida Tatiana (2015) quienes realizaron “Influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en el peso y en la resistencia a compresión del concreto.” Presentado a la facultad de ingeniería de la Universidad de Cuenca – Ecuador, que fue requisito para la obtención del grado de Ingeniero civil.

Su objetivo principal es determinar el efecto de la sustitución de diferentes porcentajes de arena por perlas de poliestireno

expandido sobre el peso (densidad) y resistencia a la compresión del concreto, por lo que se realizaron ensayos a los 7, 14 y 28 días de edad. los resultados obtenidos a los 28 días de edad, porque a esta edad el concreto ha alcanzado casi el 100% de su resistencia.

Para hacerlo posible, se agregaron aditivos químicos. Debido a la baja densidad de las perlas de EPS, se produjo la incorporación de este aditivo, y para mejorar la homogeneidad de la mezcla se utilizó un grado de sustitución diferente del 30% (45%). .60%, 75%, 90% y 100%.

A los 28 días, las tasas de reemplazo fueron de 30%, 45%, 60%, 75%, 90% y 100%, que cayeron 3,43%, 6,68%, 8,60%, 9,81%, 13,97 y 9,83%, respectivamente. 16,90% del valor de densidad del concreto de peso y peso normal (control). La densidad promedio más baja alcanzada a los 28 días es de 1836 kg / m<sup>3</sup>, que se reemplaza por el 100%.

Con base en estos resultados se puede determinar que el gradiente máximo de disminución de densidad ocurre entre el 75% y el 90% del porcentaje de reposición. Esto se puede atribuir a que después de más del 60% de la reposición, el volumen de arena es menor que el volumen de EPS, por lo que la influencia del peso en la densidad del concreto es menor que la del EPS. En este momento, la densidad media durante 28 días es de unos 2000 kg / m<sup>3</sup>.

**Figura N° 2.** Densidades de concreto en kg/m<sup>3</sup>, según la edad, para cada porcentaje de sustitución.

Dias	Porcentaje de Sustitución						
	0	30	45	60	75	90	100
7	2151	2070	1975	1948	1873	1850	1790
14	2175	2100	2047	1982	1907	1878	1806
28	2209	2134	2062	2019	1993	1901	1836

Fuente: Mónica Lituma y Brígida Tatiana

**Tabla N° 10. Resultados del Asentamiento en milímetros.**

Grupos	Asentamiento
Poliestireno - 0%	20
Poliestireno - 30%	50
Poliestireno - 100%	50

Fuente: Mónica Lituma y Brígida Tatiana.

**Tabla N° 11. Resultados resistencia a la compresión.**

Grupos	Resistencia a la compresión kg/cm <sup>2</sup>
Poliestireno - 0%	253
Poliestireno - 30%	146
Poliestireno - 45%	243
Poliestireno - 60%	234
Poliestireno - 75%	216
Poliestireno - 90%	209
Poliestireno - 100%	205

Fuente: Mónica Lituma y Brígida Tatiana.

Según los resultados de la investigación, se concluyó en lo siguiente:

“La sustitución de árido fino (arena) por perlas de EPS en la masa del concreto reduce de manera directa su densidad a cualquier edad, lo que confirma los resultados esperados, por ser la densidad de la arena significativamente mayor a la densidad del EPS”.

“Se confirma el hecho de que mientras aumenta el porcentaje de sustitución de arena por EPS en el concreto, la resistencia a compresión disminuye con respecto al concreto de peso normal”.

“Todos los hormigones obtenidos en esta investigación presentan valores de resistencia a compresión aptos para su uso

como concreto estructural, ya que el mínimo valor obtenido en la resistencia es de 205 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, los hormigones que superan el 60% de sustitución de arena por EPS presentan un grado de confiabilidad menor al 95% establecido en el diseño experimental”.

“Los hormigones aligerados con EPS son una alternativa que puede ser usada en elementos no estructurales, como paneles divisorios u otros elementos que no soportan carga y también como material de relleno, pero además son una alternativa de concreto estructural en construcciones a pequeña escala como viviendas de hasta dos niveles sin grandes luces, o proyectos de vivienda social.”

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Dosificación**

#### **2.1.1.1. Concreto**

El concreto es el material más usado en el rubro de la construcción, presenta una estructura plástica y fácil de moldear en estado fresco y en estado endurecido es rígido y resistente. El concreto es una combinación adecuada de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua para obtener las propiedades adecuadas, principalmente resistencia a la compresión. (ABANTO, 1996). Lo que permite construir diversas estructuras con este tipo de material.

#### **2.1.1.2. Agregados para el Concreto**

- Agregado fino: Es un agregado producido por la desintegración natural o artificial de rocas, pasa por una pantalla de 9,5 mm (3/8 pulgadas) y permanece en la pantalla (N°200). (NTP100.37, 2014).
- Agregado grueso: Es el agregado retenido en la pantalla debido a la desintegración natural o mecánica de la roca (N°4). (NTP100.37, 2014).

#### **2.1.1.3. Granulometría**

El análisis granulométrico es la distribución del tamaño de las partículas en el agregado, ya sea agregado fino o agregado grueso, que se determina analizando el peso de paso de cada tamiz. Estos tamices están normalizados y en función del país / región donde se ubican. Si corresponde, se deben utilizar los estándares de cada país / región con respecto a la red utilizada para las pruebas. Por lo tanto, la distribución del tamaño de partícula se expresa generalmente como el porcentaje en peso retenido en un tamiz estándar de tamaño reducido y el

porcentaje que pasa a través del tamiz con la abertura más pequeña. (COMITE ACI 116).

### **Granulometría Agregado Fino**

Para nuestra investigación, usamos NTP 400.012 para el análisis del tamaño de partículas de agregados finos, gruesos y completos para realizar pruebas.

En Perú, la norma que indica el grado de agregado fino es NTP 400.037 AGREGADOS Especificación de Normalización para Agregado de Concreto, que indica que el grado de agregado fino será:

**Tabla N° 12:** *Granulometría del agregado fino.*

<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje que pasa</b>
9,5 mm (3/8 pulg.)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	05 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 400.037).

### **Granulometría Agregado Grueso**

El tamaño de partícula del agregado grueso que usaremos se encuentra en la especificación de estandarización de agregados de concreto NTP 400.037 AGREGADOS, que depende del eje principal utilizado:

Tabla N° 13: Granulometría del agregado grueso

HUSO	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4")	90 mm (3 ½")	75 mm (3")	63 mm (2 ½")	50 mm (2")	37,5 mm (1 ½")	25,0 mm (1")	19,0 mm (¾")	12,5 mm (½")	9,5 mm (⅜")	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½" a 1 ½")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5						
2	63 mm a 37,5mm (2 ½" a 1 ½")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
3	50 mm a 25,0mm (2" a ½")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
357	50 mm a 4,75mm (2" a No. 4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	37,5 mm a 19,0mm (1 ½" a ¾")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 5		0 a 5				
467	37,5 mm a 4,75mm (1 ½" a No. 4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	25 mm a 12,5mm (1" ½")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				

<b>56</b>	25,0 mm a 9,5mm (1" a 3/8")	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
<b>57</b>	25 mm a 4,75mm (1" a No 4)	100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
<b>6</b>	19 mm a 9,5mm (3/4" a 3/8")		100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
<b>67</b>	19,0 mm a 4mm (3/4" a No. 4)		100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
<b>7</b>	12,5 mm a 4,75mm (1/2" a N° 4)			100	90a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
<b>8</b>	9,5 mm a 2,36 mm (3/8" a No. 8)				100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
<b>89</b>	12,5 mm a 9,5mm (1/2" a 3/8")				100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
<b>9A</b>	4,75 mm 1,18mm (No. 4 a No. 16)					100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 400.037).

Para Perú, el tamaño nominal máximo de agregado no debe exceder:

- 1/5 del espacio mínimo de la plantilla.
- 1/3 de la altura de la losa.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras de acero, haces de acero, haces de acero o barras de acero individuales o alambres de acero.

#### **2.1.1.4. Cemento Portland**

El cemento es un material en polvo que reacciona al contacto con el agua, aglutina partículas y llena el espacio vacío y genera resistencia mecánica cuando se hidrata. El cemento se obtiene triturando clínker, el cual está compuesto por sulfato cálcico y silicato cálcico hidráulico, y en algunos casos se agrega caliza durante el proceso de molienda. Luego de mezclarlo con agua, ya sea que se use solo o mezclado con arena, piedra u otros materiales similares, ambos tienen la propiedad de reaccionar lentamente con el agua para formar grumos, que se endurecerán con el tiempo. (UNICON, Definición de las propiedades de concreto, 2015).

#### **2.1.1.5. Poliestireno Expandido (EPS)**

El poliestireno expandido (EPS), al igual que todos los materiales plásticos, es obtenido del petróleo. Es un poliestireno modificado elaborado con poliestireno como materia prima. Después del tratamiento térmico, la estructura interna del poliestireno cambia de una forma de espuma a una forma plástica. Este proceso tiene una duración de un tiempo y una temperatura determinados, por lo que se obtiene un material de baja densidad y alta resistencia mecánica en función de las variables anteriores. (Rodríguez, 2017). El poliestireno es hoy en día el

cuarto plástico más consumido, por detrás del polietileno, el polipropileno y el PVC.

Es un plástico espuma rígido de color blanco, el cual se caracteriza por ser un termoplástico poroso de baja densidad y alta resistencia física y mecánica en relación a su bajo peso aparente, su nombre común es poliestireno expandido. (EXPANPOL, 2004). El poliestireno expandido (EPS) es usado frecuentemente para embalaje de objetos y productos, por otro lado, en Europa, el poliestireno expandido (EPS) se utiliza principalmente en la construcción. En 2001, el fabricante europeo de poliestireno expandido (EUMEPS) aseguró que la producción de poliestireno expandido (EPS) para la construcción fuera de 600.000 toneladas. Por otro lado, en Asia la situación es diferente porque la producción de poliestireno expandido (EPS) utilizado en la construcción es muy baja, según Asian Manufacturers of Expanded Polystyrene (AMEP).

### **Propiedades**

- Posibilidades de configuración compleja
- Rangos de densidad de 10 a 40 kg/m<sup>3</sup>
- Alta resistencia a la compresión a baja densidad
- Auto extingible: Incorpora componente ignífugo llamado bromo
- Estructura de celda cerrada: mínima absorción de humedad
- Baja rigidez dinámica, puede garantizar un buen efecto de aislamiento acústico, hacerlo libre de ruido de impacto
- Biológicamente inofensivo: ningún agente de carga dañino para la capa de ozono.
- Compatible con materiales de construcción de uso común: cemento, estuco, cal, etc.
- No representa un sustrato nutricional para animales, hongos y bacterias
- Resistentes a las heladas y putrefacción

- Buenas propiedades térmicas:

Baja conductividad térmica, baja expansión térmica y estabilidad estructural entre 180 y 80 ° C.

### **Recolección y Procesamiento del Poliestireno Expandido (EPS)**

#### **- Recolección**

En nuestra ciudad es muy fácil de encontrar poliestireno expandido en las calles y en los centros de reciclaje, ya que este material está presente en las cajas de los electrodomésticos, envases, planchas para maquetas y casetones usadas en la construcción, por lo que es fácil de conseguir.

#### **- Procesamiento**

En primer lugar, se corta el poliestireno en tiras pequeñas o partículas lo suficientemente pequeñas para que entren la máquina trituradora, en este caso una extractora de jugos, por lo tanto, tiene un material excelente y uniforme, por lo que puede usarse en la mezcla de concreto en nuestro diseño de mezcla de grupo experimental.

### **2.1.1.6. Peso Específico de los Agregados**

#### **Peso Específico de Finos**

Estas pruebas se utilizan para determinar el peso específico seco del agregado fino, el peso específico saturado de la superficie seca, el peso específico aparente y la tasa de absorción después de 24 horas. De esta forma se evaluará el peso del volumen absoluto de la materia sólida agregada. Este es el factor que se utiliza para determinar el volumen ocupado por áridos y concreto. (López, 2004). Este ensayo está basado en la Norma NTP 400.022 Peso Específico y absorción del agregado fino.

### **Peso Específico de Gruesos**

Este es un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico de saturación de la superficie seca, el peso específico aparente y la tasa de absorción del agregado seco después de remojarlo en agua durante 24 horas. Este método no es adecuado para agregados ligeros. Este método permitirá el uso del principio de Arquímedes y la segunda ley de Newton para calcular la densidad de agregados para calcular el volumen de agregados gruesos en la mezcla de concreto. (López, 2004). Esta prueba se basa en la gravedad específica y la tasa de absorción del agregado grueso según el método de prueba estándar NTP 400.021.

### **Peso Unitario De Los Agregados**

Esta prueba se realiza para determinar el peso unitario de holgura y compactación, así como la porosidad de agregados finos y gruesos y sus mezclas, que utilizamos para el diseño de mezclas. Este método es adecuado para agregados con un tamaño nominal máximo de 6 pulgadas. La prueba muestra la relación peso / volumen para determinar cómo seleccionar y manipular los agregados. Esta relación tiene un cierto impacto en la calidad del cemento y el concreto. (López, 2000). El estándar en el que se basa esta prueba es el método de prueba estándar NTP 400.017, que se utiliza para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y la presencia o ausencia de agregados.

#### **2.1.1.7. Diseño de Mezcla**

Existen distintos métodos para proporcionar las mezclas de concreto y dependiendo de los autores y su metodología existen correcciones por agregado, correcciones por agua, correcciones por asentamiento, correcciones por cemento, entre otros. Entre

los principales métodos tenemos: el método ACI, Walker, Fuller y Módulo de Fineza, mencionando los más conocidos. Para esta investigación se utilizó el Método ACI-Comité 211.

### **Método de Diseño de Mezcla del Método ACI – comité 211**

El comité ACI 211 desarrolló un programa de diseño híbrido bastante simple basado en unas tablas elaboradas mediante pruebas de agregados, lo que nos permitió obtener los valores de los diferentes materiales que componen las unidades cúbicas de concreto.

A menudo, las características del puesto de trabajo limitan quién se encarga de diseñar la mezcla. Estas restricciones pueden incluir:

- Relación agua cemento
- Contenido de cemento
- Contenido máximo de aire
- Asentamiento
- Tamaño máximo del agregado grueso
- Resistencia a la compresión mínima

## **2.2.2. Peso Especifico**

### **2.2.2.1. Peso Específico del Concreto Simple**

Es la relación entre la masa y el volumen del concreto, normalmente tiene un peso específico (densidad, peso volumétrico o masa unitaria) que varía de 2200 kg/m<sup>3</sup> hasta 2300 kg/m<sup>3</sup> (137 hasta 150 libras/piés<sup>3</sup>). Por lo que realizará ensayos de densidad a las probetas de concreto, para conocer el peso específico real o más aproximado del concreto experimental, esto se realizara usando las normas NTP339.034 y la ASTM C39 que son normas correspondientes del ensayo a compresión, sin embargo, tiene un ítem de control de calidad, donde se verifica el peso específico de cada probeta, la cual aprovecharemos en esta investigación. Según el tipo de parámetros involucrados, la

densidad o peso específico, se definirá en estado endurecido del concreto.

Para poder obtener este dato, se tiene que pesar cada una de las probetas, así mismo se tendrá que calcular el volumen de cada espécimen.

### **Procedimiento**

1° Pesar las probetas

2° Calcular el volumen de la probeta que se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Volumen} = \text{Área Del Circulo} \times \text{Altura de la probeta}$$

Teniendo en cuenta:

$$\text{Área} = \pi \times \left[ \frac{\text{Diámetro}}{2} \right]^2$$

3° Calcular el peso específico del concreto con la siguiente fórmula:

$$\text{Peso Específico} = \frac{\text{Peso de la probeta}}{\text{Volumen}}$$

### **2.2.2.2. Peso Específico del Concreto Armado**

Se calcula utilizando el peso seco unitario promedio del concreto simple más 100 kg / m<sup>3</sup>, como se muestra en la siguiente expresión:

$$\gamma_{C. Armado} = \gamma_{C. Simple} + 100 \text{ kg/m}^3$$

En donde:

$\gamma_{C. Armado}$ : Peso específico del concreto armado (kg/m<sup>3</sup>)

$\gamma_{C. Simple}$ : Peso específico del concreto simple (kg/m<sup>3</sup>)

100 kg/m<sup>3</sup>: El peso específico del concreto armado se determina de acuerdo con el peso agregado por la norma E.020.

### **2.2.3. Asentamiento**

#### **2.2.3.1. Trabajabilidad del concreto**

La trabajabilidad es la capacidad del concreto en estado fresco para ser manipulada tanto en su colocación, transporte y acabado. Esta propiedad se categoriza en función del

asentamiento. El concreto debe ser trabajable pero los materiales no deben separarse durante el transporte y manipulación. (Capeco, Notas de concreto, 2009). El asentamiento de la mezcla que se evalúa a través de la prueba de revenimiento (cono de Abrams) durante el vaciado y el procedimiento según la NTP 339.035, sin embargo, su evaluación es relativa, depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas durante las etapas del proceso, Debido al concreto que se puede utilizar en determinadas condiciones,

### **Medición del asentamiento (Slump)**

Las normas ASTM y ACI no proporcionan una especificación para esta prueba en concreto de poliestireno expandido. Sin embargo, el procedimiento para medir el asentamiento será el establecido en las normas ASTM C143 y NTP 339.045 utilizando conos de Abrams. Para ello, se debe considerar el siguiente proceso:

- El interior del molde debe mantenerse húmedo para evitar la adherencia entre el concreto y la pared cónica.
- Colocar el cono en una superficie nivelada y lisa.
- Llenar el cono en tres capas iguales y compactar uniformemente con la varilla lisa.
- Al final de la compactación (imprimación), nivele la superficie con la misma varilla utilizada en la compactación.
- Retire con cuidado el cono en vertical, luego déle la vuelta y coloque la varilla sobre el cono para su posterior medición.
- Finalmente, medir desde la base de la varilla hasta el centro de la muestra (en pulgadas, centímetros o milímetros) según se requiera, y el valor medido obtenido será el asentamiento de la mezcla de concreto.

### **2.2.3.2. Colocación del concreto**

El concreto deberá ser colocado tan cerca como sea posible de su ubicación final para evitar la segregación. (Abanto, 2014).

El concreto final deberá tener una trabajabilidad óptima para ser usada en elementos estructurales con alto tráfico de acero para garantizar su compactación y consolidación.

## **2.2.4. Resistencia a la Compresión**

### **2.2.4.1. Esfuerzo a compresión**

La resistencia a la compresión simple se calcula a partir de la fuerza ejercida al testigo, dividido por el área de la sección que resiste a la carga, esta es la característica principal del concreto, al contrario de la durabilidad, la permeabilidad y la resistencia al desgaste que son a menudo de poca importancia. (Torre, 2004). Este esfuerzo se medirá en mega pascales (MPa) en unidades SI, en nuestro país por lo general se usa en kilogramos por centímetro cuadrado.

Al realizar el ensayo de resistencia a la compresión, se comprueba si el diseño de mezcla fue el adecuado. cumpliendo las normas NTP339.034 y la ASTM C39. Pero más factores que intervienen en la resistencia final del concreto como la temperatura, y el tiempo de fragua, Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, en la Norma E060 Concreto armado, la resistencia a la compresión,  $F'_c$ , no debe ser menor que 21 Mpa. Este artículo se aplica para elementos de concreto sometidos a fuerzas de sismo en donde se debe tener en cuenta este parámetro como el  $F'_c$  mínimo para un concreto estructural.

### **2.2.4.2. Hidratación**

Nitratación o curado del concreto es un proceso que consiste en mantener húmedo el concreto por varios días después de su

colocación, con el fin de que la reacción química agua y cemento tenga un mejor efecto. (Abanto, 1996).

El concreto alcanza el 70% de su resistencia especificada a los 7 días del vaciado. La resistencia final del concreto depende de las condiciones de humedad y temperatura durante este periodo. Este 30% faltante puede llegar a perderse por un secado prematuro del concreto a menos que se mantenga el concreto continuamente humectado e hidratado. (Abanto, 1996).

El principal objetivo del curado es poder alcanzar una resistencia adecuada debido a que estudios anteriores demuestran que un concreto sin curado puede perder aproximadamente el 50% de su resistencia final y la etapa de curado debe iniciar después de la fragua.

Existen formas de curado dependiendo de las condiciones de vaciado y del fin de la estructura de concreto. Dentro de ellos, encontramos los siguientes:

- Pozos de curado
- Rociado o aspersion
- Coberturas húmedas
- Compuestos de curado formadores de película
- Curado por humedad interna
- Curado a vapor

### **2.2.5. Análisis Sísmico**

#### **Consideraciones Generales para el Análisis**

Para estructuras regulares, el análisis puede hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales predominantes. Para estructuras irregulares se supone que la acción sísmica ocurre en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño.

### **2.2.5.1. Estimación del Peso (P)**

El peso (P) se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera:

- a) En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
- b) En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
- c) En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
- d) En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.
- e) En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considera el 100% de la carga que puede contener.

### **2.2.5.2. Procedimientos de Análisis Sísmico**

Se utiliza uno de los procedimientos siguientes:

- a) Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes
- b) Análisis dinámico modal espectral

El análisis se hace considerando un modelo de comportamiento lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas.

### **2.2.5.3. Análisis Estático**

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

Pueden analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica

#### **Fuerza Cortante en la Base**

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

El valor C / R no es menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

### **Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura**

La fórmula de cálculo de la fuerza sísmica horizontal en cualquier nivel, correspondiente a la dirección considerada es:

$$F_i = \alpha_i * V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde n es el número de pisos del edificio y k es un índice relacionado con el período de vibración básico (T) de la estructura en la dirección considerada. La fórmula de cálculo es la siguiente:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: k = 1,0.
- b) Para T mayor que 0,5 segundos: k = (0,75 + 0,5 T) ≤ 2,0.

### **Período Fundamental de Vibración**

Utilice la siguiente expresión para estimar el período de vibración básico en cada dirección:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Dónde: C\_T = 35 Para edificios que son resistentes solo en la dirección considerada:

- a) Estructura de concreto armado sin muros de cortante.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostamiento.

C\_T = 45 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados

$C_T = 60$  Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Alternativamente puede usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi * \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n P_i * d_i^2)}{(g * \sum_{i=1}^n f_i * d_i)}}$$

Dónde:

-  $f_i$  es la fuerza lateral en el nivel  $i$ , correspondiente a una distribución de altura similar al primer modo en la dirección de análisis.

-  $d_i$  es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel  $i$  en traslación pura (restringiendo un giro en el plano) debido a la fuerza  $f_i$ . El desplazamiento se calcula bajo el supuesto de que la estructura tiene propiedades elásticas lineales, para las estructuras de concreto armado y mampostería se debe considerar la parte intacta.

Cuando la rigidez del elemento no estructural no se considera en el análisis, el período básico  $T$  se toma como 0,85 del valor calculado de la fórmula anterior.

#### **2.2.5.4. Análisis Dinámico Modal Espectral**

Los resultados del análisis dinámico se pueden utilizar para diseñar cualquier estructura mediante la combinación de modos espectrales especificados en este número.

#### **Modos de Vibración**

El modo de vibración se puede determinar mediante un programa de análisis que considere adecuadamente las características de rigidez y distribución de masa.

## Aceleración Espectral

Para cada dirección horizontal, el espectro inelástico de la pseudo-aceleración analizada se define como:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Para el análisis en dirección vertical, considerando el valor de C (definido en la norma E030 de la norma E030), se puede utilizar un espectro igual a 2/3 del espectro en dirección horizontal. National Building Code (2016)), pero un período de tiempo muy corto ( $T < 0.2 T_p$ ) excepto:

$$T < 0.2 T_p \quad C = 1 + 7.5 \left( \frac{T}{T_p} \right)$$

## Criterios de Combinación

Con la ayuda del estándar combinado que se muestra, la respuesta elástica máxima esperada (r), el cortante entre capas y el momento de giro se pueden obtener no solo para las fuerzas internas en los elementos constituyentes de la estructura, sino también para los parámetros generales del edificio. (como la fuerza cortante en la base), el desplazamiento total entre capas y el desplazamiento relativo entre capas.

La combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo puede usarse para determinar la respuesta elástica máxima esperada (r) correspondiente al efecto combinado de los diferentes modos de vibración ( $r_i$ ) usados.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

Donde r representa la respuesta modal, el desplazamiento o la fuerza, y el coeficiente de correlación viene dado por:

$$\rho_{ij} = \frac{8 \beta^2 (1 + \lambda) \lambda^{3/2}}{(1 + \lambda^2)^2 + 4 \beta^2 \lambda (1 + \lambda)^2}$$
$$\lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

$\beta$  , fracción del amortiguamiento crítico, que se puede suponer constante para todos los modos igual a 0,05  $\omega_i$  ,  $\omega_j$  son las frecuencias angulares de los modos i, j

Alternativamente, la respuesta máxima se puede estimar mediante la siguiente expresión.

$$r = 0.25 * \sum_{i=1}^m |r_i| + 0.75 * \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

### **Fuerza Cortante Mínima**

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no puede ser menor que el 80% del valor calculado, para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se escalan proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

Excentricidad Accidental (Efectos de Torsión) La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considera mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso se considera el signo más desfavorable.

## **2.2.6. Diseño de Concreto Armado**

### **2.2.6.1. Predimensionamiento**

#### **Predimensionamiento de Losas Aligeradas**

Para predeterminar el espesor de la losa del piso, se usó una única súper altura en todos los techos. Utilice la siguiente fórmula para elegir el grosor correcto. (Blanco Blasco,1994)

$$h > l_n/25$$

Entre ellos, h es el canto de la losa e  $l_n$  es el vano libre

## **Predimensionamiento de Vigas**

Para la dimensión previa de la viga, se utiliza la siguiente fórmula:

- $h > l_n/13$  para vigas continuas
- $h > l_n/11$  para vigas simplemente apoyadas

Donde  $h$  es el peralte de la losa y  $l_n$  la luz libre

Para esto se tomará en cuenta la viga más larga de toda la estructura. Y esto se uniformizará a lo largo de la viga (Blanco Blasco, 1994),

### **2.2.6.2. Diseño por Flexión**

El diseño tiene en cuenta el esfuerzo de flexión generado por la carga en el elemento estructural, por lo que el elemento con un esfuerzo de flexión considerable y una fuerza axial insignificante se diseña mediante flexión. Estos incluyen losas sólidas livianas, vigas súper altas, vigas de cimentación, vigas planas, cimientos y muros de contención. Para encontrar la tensión de un componente que se somete a flexión, suponga los siguientes supuestos (RNE, Norma E.020 Cargas, 2006):

El concreto y el acero sufren deformaciones en las mismas proporciones, es decir, pueden considerarse perfectamente unidos entre sí. Sin embargo, su efecto es proporcional a su módulo de elasticidad:

$$E_s (\text{acero}) = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c (\text{concreto}) = 15000 \cdot (f'c^{0.5}) \text{ kg/cm}^2$$

Se desprecia la resistencia a tracción del concreto.

$$\epsilon_{\mu} (\text{deformación unitaria de falla del concreto}) = 0.003$$

Para calcular el valor de compresión del concreto durante el proceso de falla, se utiliza el rectángulo equivalente de Whitney. Su valor es  $C_c = 0.85 \cdot F'c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c$ ; donde  $c$  es la profundidad del eje neutro y  $\beta_1$  es un parámetro que depende de  $F'c$  (para  $F'c = 210$ :  $\beta_1 = 0.85$ ).

Dado que la sección de la viga en este proyecto es rectangular (la viga tiene forma de T, pero el bloque de compresión está ubicado dentro del ala del elemento), la siguiente fórmula se puede utilizar para calcular la resistencia nominal a la flexión ( $M_n$ ):

$$M_n = A_s * f_y * (d - a/2)$$

$$a = \frac{A * f}{0.85 * f'c * b}$$

Donde:

$A_s$  = Acero en tracción

$f_y$  = Esfuerzo en fluencia del acero

$b$  = ancho del bloque de compresiones

$d$  = peralte efectivo de la sección (desde el borde externo al centroide del acero en tracción)

Después de calcular la resistencia a la flexión, verifique el diseño determinado por la resistencia:

$$M \leq \Phi M$$

Entre ellos,  $M_u$  es el momento de aumento en la sección del elemento, que proviene de la envolvente de la combinación de fuerzas. En este caso, el valor del factor de reducción es 0,9. Además de cumplir con el diseño de resistencia, también se debe verificar si se ha producido falla dúctil en la unidad, es decir, cuando el acero ya se encuentra dentro de su rango plástico o de fluencia, el concreto ha alcanzado su deformación máxima. Por esta razón, el número de barras de acero debe estar entre los valores mínimos y máximos de acero. (Ottazzi, 2016):

Acero mínimo: Esta es la cantidad de acero necesaria para hacer que la pieza sea más fuerte que 1,2 veces la resistencia de la pieza no reforzada.

$$A_{s_{min}} \rightarrow \Phi M_n = 1.2 M_{cr} \quad M_{cr} = \frac{f_r * I_e}{Y_t}$$

Dónde:

$f_r$  = Resistencia a la tracción del concreto aproximada, se calcula como  $f_r = 2 * \sqrt{f'_c}$

$Y_t$  = Resistencia a la tracción del concreto aproximada, desde el eje neutro

Además, en secciones rectangulares o con forma de “T” con el ala en compresión, se debe cumplir:

$$A_{s_{min}} = 0.7 * \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} * b * d$$

Acero máximo: Este es el valor máximo del acero para que la sección no sufra fallas de equilibrio, es decir, cuando el acero y el concreto fallan al mismo tiempo.

$$A_b = 0.7 * \frac{0.85 * \beta_1 * f'_c}{f} * \frac{\epsilon_{cu}}{(\epsilon_{cu} + 0.0021)}$$

$$A = 0.75 * A_b$$

Longitud de bastones: A partir del momento máximo positivo o negativo, la longitud del poste debe ser al menos la longitud estirada de acuerdo con el diámetro de la barra de acero, como se muestra en la Tabla 14: Longitud de desarrollo en tracción de refuerzo. Del mismo modo, una longitud superior a  $d$  o  $12 d_b$  (diámetro de la barra de refuerzo) debe medirse desde el punto de corte teórico.

**Tabla N° 14.** Longitud de desarrollo en tracción de refuerzo

Diámetro de la barra	Longitud de desarrollo en tracción (cm)	
	Inferior	Superior
8 mm	30	40
3/8"	35	45
1/2"	45	60
5/8"	60	75
3/4"	70	90
1"	110	145

Fuente: R. N. E. E060 Concreto Armado

### 2.2.6.3. Diseño por Corte

La confección del diseño es una parte muy importante, por lo que todos los elementos estructurales deben adaptarse. La fuerza

cortante es la fuerza transversal a la dirección o al plano del elemento. Se apoyan en el concreto presente en la sección transversal de la unidad y, en su caso, en la armadura transversal de acero de la unidad.

$$Vu \leq \phi Vn$$

$$Vu \leq \phi (Vc + Vs)$$

En este caso, el valor de  $\phi$  es 0,85. El cálculo de la resistencia al corte del concreto depende de los elementos:

- Para elementos que son diseñados por flexión:

$$V = 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

- Para viguetas de aligerado se amplifica por 1.1
- Para elementos que son diseñados por flexo compresión:
- 

$$V = 0.53 * \sqrt{f'c} * \left(1 + \frac{N_U}{140 * A}\right) * b_W * d$$

Donde:

$b_W$  = ancho del alma

$N_U$  = fuerza de compresión sobre el elemento

La resistencia al corte del refuerzo transversal está dada por:

$$V = \frac{A_V * f * d}{s}$$

Donde:

$A_V$  = área del refuerzo transversal (de no ser constante, se toma la mínima)

$s$  = separación del refuerzo transversal

El refuerzo transversal generalmente consta de estribos. Para elementos con una varilla longitudinal máxima de 5/8 pulgadas,

el diámetro mínimo de estos elementos debe ser de 8 mm; para varillas longitudinales de 5/8 pulgadas a 1 pulgada, el diámetro debe ser de 3/8 pulgadas; para varillas mayores de 1 pulgada pulgada, su diámetro debe ser de 1/2 pulgada. El espaciamiento máximo de los estribos nunca excederá  $d / 2$ , pero otras limitaciones del espaciamiento dependen del tipo de elemento estructural.

Además, se tiene que verificar que  $V_u$  no exceda el cortante máximo:

$$V_u \leq \phi(V_c + 2.1 * \sqrt{f'_c} * b * d)$$

#### **2.2.6.4. Condiciones de Servicio**

##### **A) Figuración**

En todos los miembros de flexión, se forman grietas en el área de tracción del concreto. Si el ancho de estas grietas es importante, puede exponer la barra de acero a la corrosión, resultando en una reducción en la sección transversal de la barra de acero y destruyendo severamente la adherencia al concreto. Esto reduce la resistencia del elemento.

Los principales factores que afectan el ancho de las grietas son la cantidad de acero de tracción, la tensión y el revestimiento que soportan estas barras (Ottazzi, 2016). La norma E.060 establece el parámetro "Z", que correlaciona estos factores como medida de la configuración del elemento:

$$Z = f_s * \sqrt[3]{d_c * A_{ct}}$$

Donde:

$f_s$  = La tensión del acero bajo carga de servicio. La siguiente fórmula se puede utilizar para la estimación:

$$f_s = \frac{M}{A * 0.9 * d}$$

$d_c$  = La distancia de tracción desde el centro de acero es la más cercana al elemento y al borde de tracción del borde.

$A_{ct}$  = Es el área efectiva de concreto tensado. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$A_{ct} = \frac{z * y_s * b}{N}$$

Donde  $y_s$  es la distancia desde el borde del miembro durante la tensión y el centro de masa de todas las barras de acero durante la tensión, y Nbars es el número de barras durante la tensión.

El valor máximo de Z es 26000 kg/cm, por lo que, en el componente en condiciones normales, se debe verificar que el parámetro Z no supere este valor bajo la carga de uso.

## **B) Deflexiones**

La deflexión es el desplazamiento de referencia de la sección transversal de un elemento con respecto a su extremo. Esto ocurre en todos los componentes sujetos a flexión.

La diferencia entre la deflexión es la deflexión instantánea y la deflexión retardada, la deflexión se produce en el momento en que se aplica la carga al elemento y la demora se debe a la influencia del flujo plástico en el concreto a lo largo del tiempo.

Por razones de apariencia, se debe controlar la deformación de los elementos estructurales. La deformación excesiva se puede ver a simple vista, o se debe controlar por la posibilidad de afectar elementos no estructurales adyacentes (por ejemplo, tabiques, ventanas, puertas, etc.).(Ottazzi, 2016). Por tanto, la norma E.060 establece distintos límites de deflexión para elementos vinculados o no vinculados a elementos no

estructurales. (ver Tabla N° 15: Deflexiones Máximas Permitidas).

**Tabla N° 15. Deflexiones máximas permitidas.**

<b>Tipo de elemento</b>	<b>Deflexión considerada</b>	<b>Límite de deflexión</b>
Cubiertas planas que no están apoyadas o atadas a elementos no estructurales que se dañan fácilmente por una gran deflexión.	Deflexión inmediata debida a la carga viva	$\ell/180$
Pisos que no están apoyados o atados a elementos no estructurales que se dañan fácilmente por una gran deflexión.	Deflexión inmediata debida a la carga viva	$\ell/360$
Pisos o techos que están apoyados o atados a elementos no estructurales que se dañan fácilmente por una gran deflexión.	La deflexión total que se produce después de conectar elementos no estructurales.	$\ell/480$
Los pisos o techos apoyados o atados a elementos no estructurales no se dañan fácilmente por una gran deflexión.	(La suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes y la deflexión inmediata debida a cualquier otra carga viva)	$\ell/240$

Fuente: Comité Técnico de Norma E.060 Concreto Armado, 2009

Si la placa o viga no está cargada con diafragmas, se puede ignorar el cálculo de la deflexión si su peralte es mayor que el valor mínimo indicado en la Tabla N ° 16. Desviación.

**Tabla N° 16.** No es necesario verificar el espesor mínimo del elemento deflector.

<b>Espesor o peralte mínimo, h</b>				
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no están apoyados o vinculados a tabiques u otro tipo de elementos no estructurales que son vulnerables a grandes deflexiones.			
Losas macizas en una dirección	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$l/16$	$l/18.5$	$l/21$	$l/8$

Fuente: Comité Técnico de Norma E.060 Concreto Armado, 2009

Para los elementos de la partición cargada, el cálculo de la deflexión es el siguiente.

### **Cálculo de deflexiones inmediatas**

Utilice un análisis elástico simple para calcular la deflexión inmediata. Si el momento flector es mayor que el momento flector que causó el elemento ( $M_{cr}$ ), debe considerar si seleccionar la inercia total ( $I_g$ ) o la inercia de fisuración ( $I_{cr}$ ) del elemento. Luego use el siguiente método para calcular la inercia instantánea:

$$\delta_i = \delta_p * I_e / I_g$$

$\delta i$  = Deflexión inmediata, puede ser a causa de carga muerta ( $\delta im$ ) o viva ( $\delta iv$ )

$\delta p$  = Deflexión obtenida del programa, asociada a carga muerta ( $\delta m$ ) o viva ( $\delta v$ ). En el programa que realiza el análisis elástico (ETABS o SAP 2000) se leerá el valor de deflexión relativo al final del elemento. La deflexión se calcula utilizando la inercia total de la sección, por lo que se multiplica por la relación entre la inercia efectiva y la inercia total.

$le$  = Inercia efectiva del elemento. Su valor cambia según dos casos distintos:

Si  $M_s < M_{cr}$ ,  $le = l_g$

Si  $M_s > M_{cr}$ ,  $le = l_{cr}$

No es necesario verificar el espesor mínimo del elemento deflector.

### **Cálculo de deflexiones diferidas**

La fórmula de cálculo de la deflexión de retardo es la siguiente:

$$\delta dm = \delta im * \lambda \qquad \lambda = \frac{\epsilon}{1+50*\rho'}$$

Dónde:

$\rho'$  = Cuantía de acero en compresión

$\epsilon$  = Parámetro en función del tiempo de duración de la carga, en meses:

Además, el trabajo de desarrollo se basa en el contenido del libro de Ottazzi (Ottazzi, 2016), y solo el 30% de la carga viva de diseño se considera carga continua en el tiempo.

## 2.3. Definición de términos

- **Concreto liviano Estructural:** Es un concreto ligero compuesto total o parcialmente por áridos ligeros, su peso unitario debe ser más ligero que el concreto convencional y su resistencia debe ser superior a 21 MPa. (ACI 213R-03).
- **Peso Unitario:** Es el peso por unidad de volumen. (NTP 400.17, 2011).
- **Resistencia a Compresión:** Se define como la resistencia eléctrica máxima medida en una muestra de concreto a través de una prueba de carga axial de compresión. (Hernández, 2011).
- **Asentamiento:** El desempeño del concreto fresco determina la facilidad y uniformidad de su transporte, colocación y compactación. (Pasquel, 1999)
- **Poliestireno expandido:** Es un polímero a base de estireno, un líquido cuyas moléculas se polimerizan para producir macromoléculas de poliestireno. El estireno es una mezcla de agua y agente de expansión, que produce poliestireno expandible. (Chuquilin, 2018).
- 

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis General

El concreto con poliestireno expandido triturado afecta positivamente al desempeño sísmico de un sistema aporticado en comparación a un concreto convencional.

### 2.4.2. Hipótesis Específicas

- a) Las dosificaciones del concreto con poliestireno expandido triturado tendrán una resistencia a compresión superior de 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- b) El peso específico de los grupos experimentales con poliestireno se reducen un 10% gradualmente en comparación de un concreto convencional.

- c) El asentamiento de los grupos experimentales con poliestireno triturado se reducen en 5% gradualmente en comparación de un concreto convencional, pero alcanzan ser superior a 3”.
- d) La resistencia a la compresión de los grupos experimentales con poliestireno triturado se reduce un 5% gradualmente en comparación de un concreto convencional, pero alcanza ser superior a los 210 kg/cm<sup>2</sup>.

## 2.5. Variables

Las variables se dividen en dos grupos:

- **Variable independiente (x):**  
Concreto con poliestireno expandido triturado
  - Dosificación.
  - Peso específico
  - Asentamiento.
  - Resistencia a la compresión
- **Variables dependientes (y):**  
Desempeño Sísmico
  - Peso de la Estructura
  - Desplazamientos
  - Diseño de concreto

### 2.5.1. Definición conceptual de las variables

VARIABLE INDEPENDIENTE:

- Concreto con Poliestireno Expandido Triturado.  
Mezclando cemento, áridos (agregado fino y grueso), agua y poliestireno expandido triturado, se puede obtener concreto con baja gravedad específica, baja absorción de humedad y excelente aislamiento térmico, y se puede evaluar su comportamiento en estado fresco y endurecido. (Enrique Pasquel, 2000).

#### VARIABLE DEPENDIENTE

- Desempeño Sísmico

El desempeño sísmico es el resultado del análisis sísmico del edificio en el que se debe cumplir los parámetros mínimos especificados en el Código Nacional de Edificación (RNE). Con base en los principios del diseño sísmico, estos parámetros hacen que la estructura tenga una buena respuesta sísmica. (Norma E.030, 2018).

#### **2.5.2. Definición operacional de las variables**

##### VARIABLE INDEPENDIENTE:

- Concreto con Poliestireno Expandido Triturado.

Adición de poliestireno expandido triturado en 0%, 20%, 30%, 40%, 50% como reemplazo parcial del agregado fino.

##### VARIABLE DEPENDIENTE

- Desempeño Sísmico

Desempeño sísmico de un sistema porticado deberá cumplir con la Norma E.030, E.060, E.020 con la ayuda del software de modelamiento ETABS.

### 2.5.2.1. Operacionalización de las variables

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INTRUMENTOS	ESCALAS DE MEDICION
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO</b>	Mezclando cemento, áridos (agregado fino y grueso), agua y poliestireno expandido triturado, se puede obtener concreto con baja gravedad específica, baja absorción de humedad y excelente aislamiento térmico, y se puede evaluar su comportamiento en estado fresco y endurecido. (Enrique Pasquel, 2000)	Adición de poliestireno expandido triturado en 0%, 20%, 30%, 40%, 50% como reemplazo parcial del agregado fino.	Dosificación	Granulometría	Diseño de Mezcla por el método (ACI-comité 211)	NUMERICA (CUANTITATIVA)
					Peso Específico de los agregados		
					Diseño de Mezcla		
				Peso Especifico	Peso Específico del Concreto Simple	Peso específico del Concreto (ASTM c128)	NUMERICA (CUANTITATIVA)
					Peso Específico del Concreto Armado		
				Asentamiento	Trabajabilidad	Cono de Abrams (NTP 339.035)	NUMERICA (CUANTITATIVA)
					Colocación		
				Resistencia a la compresión	Esfuerzo a compresión	Ensayo de Compresión simple (NTP 339.034)	NUMERICA (CUANTITATIVA)
					Hidratación		

**FUENTE:** Elaboración propia.

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INTRUMENTOS	ESCALAS DE MEDICION
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DESEMPEÑO SISMICO</b>	El desempeño sísmico es el resultado del análisis sísmico del edificio en el que se debe cumplir los parámetros mínimos especificados en el Código Nacional de Edificación (RNE). Con base en los principios del diseño sísmico, estos parámetros hacen que la estructura tenga una buena respuesta sísmica. (Norma E.030, 2018).	Desempeño sísmico de un sistema porticado deberá cumplir con la Norma E.030, E.060, E.020 con la ayuda del software de modelamiento ETABS.	Metrado de Cargas	Peso de la Estructura	Cargas de Servicio (Norma E.020)	NUMERICA (CUANTITATIVA)
				Análisis Sísmico Estático	Fuerza Cortante en la Base	Análisis Sismorresistente (Norma E.030)	NUMERICA (CUANTITATIVA)
					Fuerzas Sísmicas		
					Desplazamientos laterales relativos admisibles (derivas)		
				Análisis Sísmico Dinámico	Modos de Vibración	Análisis Sismorresistente (Norma E.030)	NUMERICA (CUANTITATIVA)
					Fuerza Cortante en la Base		
					Desplazamientos absolutos de centro de masas		
					Desplazamientos laterales relativos admisibles (derivas)		NUMERICA (CUANTITATIVA)

**FUENTE:** Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Método de investigación**

En esta investigación se utilizó el método científico porque investigamos las variaciones del desempeño sísmico al incorporar poliestireno expandido triturado al concreto para un  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  a través de pasos ordenados desde la determinación del diseño de mezcla hasta el análisis sísmico.

A este método se le describe como la manera sistemática en que se aplica el pensamiento al investigador y es de índole reflexiva. (Kerlinger, 1981).

El método científico se define como una cadena ordenada de pasos basados en equipos conceptuales específicos y reglas que hacen que el proceso de conocimiento evolucione de lo conocido a lo desconocido. (F. Rodriguez, 1984)

### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada porque se buscó resolver el problema de cómo afecta el poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado.

Esta forma de investigación busca resolver problemas específicos en contextos concretos ya que está orientada a la aplicación inmediata y no tanto al desarrollo de teorías. (Dr. Viera Peralta 2014).

El motivo de la investigación es que depende de los resultados de su investigación, tratando de comparar la teoría con la realidad. Es el estudio de la aplicación de problemas, situaciones y características específicas. (Hernández, 2014)

### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es descriptivo, porque los resultados obtenidas en el laboratorio se analizarán y se explicarán.

Una investigación de nivel descriptivo consiste en observar, describir, cuantificar, analizar e interpretar los fenómenos que vienen ocurriendo, pues su objetivo principal es interpretar tal como es un hecho o fenómeno. (Dr. Viera Peralta 2014).

Engloba todo lo referente a un fenómeno, desde su registro, hasta su análisis y progreso. (Tamayo, 2013).

Para la investigación presente se utilizó el esquema siguiente:

M1\_\_\_\_\_O1

M2\_\_\_\_\_O2

Donde:

M1: Es el sistema aporticado con un concreto convencional.

M2: Es el sistema aporticado con un concreto con poliestireno expandido triturado.

O1: Comportamiento sísmico de un sistema aporticado que contiene concreto convencional.

O2: Comportamiento sísmico de un sistema aporticado que contienen concreto triturado de poliestireno expandido.

### **3.4. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es, experimental, porque se realizó probetas de un concreto con poliestireno expandido triturado para determinar sus propiedades en estado fresco y endurecido.

El diseño experimental se utiliza cuando el experimentador pretende establecer el posible efecto de una causa que fue manipulada. (Hernández, 2014).

Para la Presente investigación se utilizó el siguiente esquema:

GC\_\_\_\_\_O1

GE1\_\_\_X\_\_\_O2

GE2\_\_\_2X\_\_\_O3

GE3\_\_\_3X\_\_\_O4

GE4\_\_\_4X\_\_\_O5

Donde:

GC: Es el grupo de control, son las probetas con concreto convencional.

GE1: Es el grupo experimental1, son las probetas con 20% de poliestireno expandido triturado en el concreto.

GE2: Es el grupo experimental1, son las probetas con 30% de poliestireno expandido triturado en el concreto.

GE3: Es el grupo experimental1, son las probetas con 40% de poliestireno expandido triturado en el concreto.

GE4: Es el grupo experimental1, son las probetas con 50% de poliestireno expandido triturado en el concreto.

X: Es el estímulo creciente, poliestireno expandido triturado en el concreto, siendo  $X=10\%$ .

\_\_\_\_: Es el control total.

O1, O2, O3, O4, O5: Resultados de la resistencia a compresión y peso específico.

### 3.5. Población y muestra

#### a) Población

La población es el grupo de elementos los cuales se exponen a la investigación, es el conjunto de todas las unidades de muestreo. (Hernández, 2014).

Para esta investigación, la población es **no probabilística**, en las se integran todas edificaciones con sistemas aporticados de uso vivienda unifamiliar construidas en el distrito de Huancayo.

#### b) Muestra

Una muestra no probabilística se conoce también como una muestra dirigida, en donde el elemento no tiene que depender de la probabilidad, sino de las causas vinculadas con las características de la muestra. Es por eso que el procedimiento a seguir no es mecánico, ni se basa en fórmulas de probabilidad, el proceso en el cual se toma decisiones de un individuo o de una multitud de personas es un mérito de este tipo de muestra. (Hernández, 2014).

La muestra es **no probabilística**, ya que se realizó el diseño de una edificación de tipo vivienda unifamiliar que se ubica en el pje. Los sauces – Uñas, distrito de Huancayo.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 2.5.3. Técnicas

La técnica aplicada para la investigación fue:

- A. Observación Experimental:** Se realizó la observación de los resultados obtenidos.
- B. Comparación de Datos:** Se realizó la comparación de la información recolectado de los ensayos que se realizaron en el laboratorio de suelos y concreto.

La observación es una técnica del cual se puede obtener información directa y de alta credibilidad, también se debe

mencionar que la técnica debe ser conducida de manera controlada y sistemática. (Hernández, 2014).

#### **2.5.4. Instrumentos de recolección de datos**

La herramienta de recolección de datos es un lugar donde se deben mantener registros de datos observables correspondientes a las variables requeridas por el investigador. (Valderrama, 2013).

El instrumento aplicado para esta investigación fue:

- A. Fichas:** Se evaluará los ensayos de laboratorio según su avance.
- B. Cuadros:** Evaluar puntos de vista y grado de relación.

A continuación, se tiene las fichas de recolección de datos de cada ensayo:

- Ficha de evaluación de la trabajabilidad (ver anexo N° 4)
- Ficha de evaluación del peso específico (ver anexo N° 5)
- Ficha de observación de ensayo de compresión (ver anexo N° 6)
- Instrumento de evaluación (ver anexo N° 7).
- Resultados del Diseño estructural obtenidos del ETABS V16 y Ms Excel y planos estructurales (ver anexos)

Los procedimientos de estos ensayos serán realizados según el Manual de Ensayos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones editado en mayo del 2016.

### **3.7. Procesamiento de la información**

La información recopilada de la investigación se procesó en los siguientes programas de ayuda:

- Microsoft Excel
- Etabs 2016

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Para realizar el análisis de datos se necesita dividir los componentes básicos de la información, para esta manera ser evaluados por medio de resultados que correspondan las discusiones planteadas en el trabajo de investigación. (Rojas, 2013).

Los Datos obtenidos en el laboratorio de Suelos y Concreto, nos permitió tener un mayor conocimiento del concreto con poliestireno expandido triturado, estos datos nos permitieron modelar una vivienda en el programa Etabs para poder evaluar desplazamientos y fuerzas sísmicas.

Se utilizó el programa Microsoft Excel para realizar el análisis estadístico de los resultados obtenidos por los ensayos de Trabajabilidad, Peso específico, Resistencia a la compresión y el diseño estructural.

Asimismo, el programa Microsoft Excel nos ayudó a generar fórmulas utilizadas en los ensayos tales como las proyecciones semilogarítmicas de la resistencia a la compresión.

También es necesario mencionar que el estudio ha sido realizado con total transparencia y veracidad en los resultados.

## CAPITULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Diseño de Mezcla

El diseño de la mezcla se realiza de acuerdo con las recomendaciones del método del Comité ACI 211, teniendo en cuenta la resistencia requerida, y teniendo en cuenta el factor de seguridad de 84 kg / cm<sup>2</sup> para realizar el diseño de la mezcla F'c = 210 kg / cm<sup>2</sup>. El asentamiento de diseño varía de 3" a 4", y verificamos los datos en la prueba del cono de Abrams, lo que nos permite asegurar la plasticidad del concreto.

#### Datos Generales:

Cemento: Portland Tipo I

Peso específico del cemento: 3.12 gr/cm<sup>3</sup>

F'c=210 kg/cm<sup>2</sup>

Slump: 3" a 4"

Peso específico del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>

La marca de cemento bajo diseño es cemento Portland Andino Tipo I, que se selecciona por su uso general en la construcción.

#### Datos de los agregados:

**Tabla N° 17. Características de los agregados.**

Agregados	Fino	Grueso
Peso Especifico (kg/m <sup>3</sup> )	2500	2640
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m <sup>3</sup> )	1724	1427
Peso Unitario Seco Compactado - ASTM C-129 (kg/m <sup>3</sup> )	1800	1523
Porcentaje de Absorción - ASTM C-29 (%)	3.22 %	1.33 %
Contenido de Humedad - ASTM D-2216 (%)	1.15 %	0.13 %
Módulo de Fineza - ASTM C-125	3.174	-
Tamaño máximo nominal del Agregado Grueso		3/4"

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 17, se muestra las propiedades necesarias para el diseño de mezcla del agregado fino y grueso.

Los pasos realizados se describen a continuación.

a) Resistencia promedio requerida ( $f'_{cr}$ )

Según las recomendaciones del método ACI, la resistencia media se calcula según la resistencia a la compresión estándar  $F'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

$$f'_{cr} = 210 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

b) Contenido de aire

El contenido de aire está relacionado con el tamaño máximo nominal del agregado grueso Inserte la siguiente tabla mediante el método ACI.

**Tabla N° 18.** Contenido de aire.

Tamaño Máximo Nominal de Agregado Grueso	Aire Atrapado
3/8"	3.0 %
1/2"	2.5 %
3/4"	2.0 %
1"	1.5 %
1 1/2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
4"	0.2 %

Fuente: ACI

Como se puede observar en la Tabla N° 18, el contenido de aire atrapado para un tamaño máximo nominal de 3/4" es 2%.

c) Contenido de agua

El contenido de agua está relacionado con el tamaño nominal máximo del agregado grueso y el asentamiento del concreto Inserte la siguiente tabla por método ACI.

**Tabla N° 19.** Volumen unitario de agua.

Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicada								
SLUMP	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: ACI

El contenido de agua se calculó con la ayuda de la Tabla N° 19, la cual indica que para un asentamiento de 3" a 4", con un tamaño máximo nominal de agregado grueso de 3/4" y para un concreto sin aire, la cantidad de agua es de 205 L/m<sup>3</sup>.

## d) Relación agua/cemento (a/c)

La relación agua/cemento está ligado al  $f'_{cr}$  de diseño, mediante el siguiente cuadro interpuesto por el método ACI.

**Tabla N° 20.** Relación agua/cemento.

$f'_{c}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: ACI

La relación agua / cemento se calcula usando la Tabla N° 20. Para la resistencia promedio requerida de  $f'_{cr} = 294$  kg/cm<sup>2</sup>, no se

incluye aire. Realizamos una interpolación lineal y el resultado es  $a / c = 0.56$ .

e) Contenido de cemento

Una vez obtenida la relación agua/cemento, se calcula la cantidad de cemento, teniendo de la cantidad de agua en L/m<sup>3</sup>.

$$a/c=0.56$$

Cemento: 366.07 kg

Factor de Cemento 8.61 bolsas

f) Cantidad de agregado grueso

La cantidad de agregado grueso se calcula con base en el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de finura del agregado fino, mediante el siguiente cuadro interpuesto por el método ACI.

**Tabla N° 21.** Volumen del agregado grueso seco y compactado

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen del agregado grueso seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza fino (b/bo)			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
4"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI

La cantidad de agregado grueso se calculó teniendo en cuenta que el tamaño máximo nominal de agregado grueso es de 3/4" y el módulo de fineza del agregado fino es de 3.174. Se procedió a interpolar linealmente, teniendo como resultado  $b/bo=0.58$  m<sup>3</sup> (volumen de agregado grueso).

Peso del agregado grueso =  $0.58\text{m}^3 \times 1523\text{kg/m}^3$

Por consiguiente, el peso del agregado grueso es 883.34 kg.

g) Volumen absoluto

**Tabla N° 22.** *Volumen absoluto de los materiales*

Material	Peso (kg)	P.e. (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Cemento	366.07	3120	0.117
Agregado Grueso	883.34	2640	0.335
Agua	205	1000	0.205
Aire Atrapado	-	-	0.02
TOTAL			0.677

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Tabla N° 22, se calculan los volúmenes de cemento, agregado grueso, agua y aire atrapado.

h) Cantidad del agregado fino

El volumen del agregado fino se calculó como se describe a continuación:

$$1\text{m}^3 - 0.677\text{m}^3 = 0.323\text{m}^3$$

Entonces el peso del agregado fino es: 807.50 kg.

i) Corrección por humedad de los agregados

Para el agregado fino:

$$A. \text{ Fino} = 807.50 \times (1 + .1.15/100)$$

$$A. \text{ Fino} = 817 \text{ kg/m}^3$$

Para el agregado grueso

$$A. \text{ Grueso} = 883.34 \times (1 + .0.13/100)$$

$$A. \text{ Grueso} = 884 \text{ kg/m}^3$$

j) Agua efectiva

Para el agregado Fino:

$$A. \text{ Fino} = 807.50 \times (1.15 - 3.22/100)$$

$$A. \text{ Finó} = -16.72 \text{ L}$$

Para el agregado Grueso:

$$A. \text{ Grueso} = 883.34 \times (0.13 - 1.33/100)$$

$$A. \text{ Grueso} = -10.60 \text{ L}$$

Entonces el agua efectiva fue:

Agua Efectiva = 232.32 litros.

k) Diseño de mezcla para una muestra estándar

**Tabla N° 23.** Cantidad de materiales en seco para un metro cúbico

Material	Peso (kg)	P.e. (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Cemento	366	3120	0.117
Agregado Fino	808	2500	0.323
Agregado Grueso	883	2640	0.334
Agua	205	1000	0.205
TOTAL			1.000

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla N° 23 muestra el contenido de material seco de los metros cúbicos de concreto con una relación agua / cemento = 0,56.

**Tabla N° 24.** Cantidad de materiales en seco para un metro cúbico.

Material	Peso (kg)	P.e. (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Cemento	366	3120	0.117
Agregado Fino	817	2500	0.327
Agregado Grueso	884	2640	0.335
Agua	232	1000	0.232
TOTAL			1.000

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla N° 24 muestra la cantidad de material utilizado para la humedad de un metro cúbico de concreto con una relación agua / cemento corregida = 0,63.

l) Proporciones de diseño

**Tabla N° 25.** *Proporciones de diseño*

Material	PROPORCIONES DE DISEÑO			
	Proporciones por Peso		Proporciones por Volumen	
	Seco	Corregido por Humedad	Seco	Corregido por Humedad
Cemento	1	1	1	1
Agregado Fino	2.21	2.23	1.9	1.92
Agregado Grueso	2.41	2.42	2.53	2.54
Agua (L/bolsa)	23.8	26.94	23.8	26.94

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N ° 25 se pueden observar los cambios de peso y volumen de la dosis de diseño del material seco y se ha corregido la humedad.

#### 4.1.1. Cálculo de cantidad de materiales

En esta encuesta se utilizaron muestras de 6 "x 12", se consideró un 30% de desperdicio y se consideró un volumen de 0.07 metros cúbicos.

**Tabla N° 26.** *Cantidad de materiales para una probeta*

Material	Peso (kg)	P.e. (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Cemento	2.56	3120	0.001
Agregado Fino	5.72	2500	0.002
Agregado Grueso	6.19	2640	0.002
Agua	1.62	1000	0.002
TOTAL			0.007

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 26, se puede observar las proporciones para una probeta de 6" x 12" considerando un desperdicio de 30%.

Para el cálculo de la cantidad de poliestireno triturado por probeta, se realizó reemplazando parcialmente al agregado fino en un 0%,

20%, 30%, 40% y 50% para los grupos DSP, DCP 20%, DCP 30%, DCP 40%, DCP50% respectivamente.

Considerando que la densidad es de 14 kg/m<sup>3</sup>, la cantidad triturada de poliestireno para cada muestra se calcula en gramos (g). Primero, calcule el peso (kg) del agregado fino a reemplazar y luego conviértalo en volumen. Una vez que se encuentra el volumen de la pieza de prueba, se calcula el peso (g) del poliestireno triturado.

**Tabla N° 27.** *Cantidad de poliestireno triturado por probeta*

Códigos	Poliestireno	
	Kg	g
DSP	0.00	0.00
DCP 20%	0.00641	6.41
DCP 30%	0.00961	9.61
DCP 40%	0.01281	12.81
DCP 50%	0.01602	16.02

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 27 se muestra el peso (en kilogramos) de cada grupo experimental de cada muestra y el número de gramos de poliestireno triturado.

**Tabla N° 28.** *Resumen de materiales por probeta*

Códigos	Cemento (kg)	A. fino (kg)	A. Grueso (kg)	Agua (L)	Poliestireno (g)
DSP	2.56	5.72	6.19	1.62	0.00
DCP 20%	2.56	4.58	6.19	1.62	6.41
DCP 30%	2.56	4.00	6.19	1.62	9.61
DCP 40%	2.56	3.43	6.19	1.62	12.81
DCP 50%	2.56	2.86	6.19	1.62	16.02

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 28, la cantidad de material de las muestras de 6 "x 12" de cada grupo experimental se expresa en (kg), y la cantidad de poliestireno triturado se expresa en (g).

## 4.2. Asentamiento

Para confirmar las propiedades de fraguado del concreto en cada grupo experimental, se realizaron ensayos para tener en cuenta las propiedades de fraguado del concreto de N.T.P. 339.035.200.

Los resultados de cada grupo experimental se muestran en:

**Tabla N° 29.** *Datos del asentamiento del Diseño sin Poliestireno*

Descripción	Slump	
	pulg.	cm.
Prueba N° 01 - DSP	3.25	8.26
Prueba N° 02 - DSP	3.5	8.89
Prueba N° 03 - DSP	3	7.62

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 30.** *Datos del asentamiento del Diseño con Poliestireno 20%*

Descripción	Slump	
	pulg.	cm.
Prueba N° 01 - DCP 20%	3.5	8.89
Prueba N° 02 - DCP 20%	3.25	8.26
Prueba N° 03 - DCP 20%	3.75	9.53

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 31.** *Datos del asentamiento del Diseño con Poliestireno 30%*

Descripción	Slump	
	pulg.	cm.
Prueba N° 01 - DCP 30%	3.75	9.53
Prueba N° 02 - DCP 30%	3.5	8.89
Prueba N° 03 - DCP 30%	3.75	9.53

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 32. Datos del asentamiento del Diseño con Poliéstireno 40%**

Descripción	Slump	
	pulg.	cm.
Prueba N° 01 - DCP 40%	4	10.16
	4.25	10.80
Prueba N° 02 - DCP 40%	4	10.16
	4.25	10.80

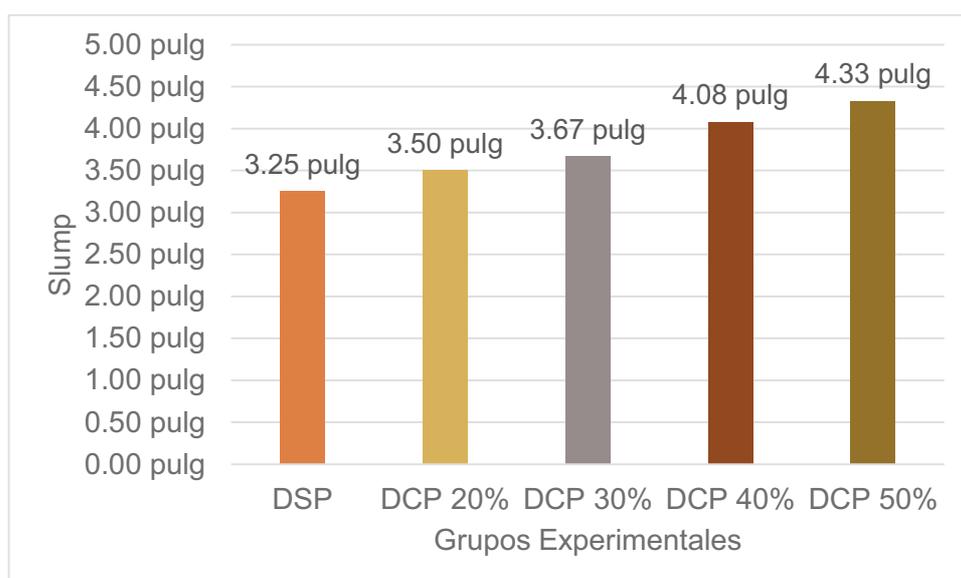
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 33. Datos del asentamiento del Diseño con Poliéstireno 50%**

Descripción	Slump	
	pulg.	cm.
Prueba N° 01 - DCP 50%	4.5	11.43
	4.5	11.43
Prueba N° 02 - DCP 50%	4	10.16
	4.33	11.08

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 3. Asentamiento de cada uno de los grupos experimentales.**



Fuente: Elaboración propia.

El Figura N°3, nos indica que los grupos experimentales con poliestireno tienen un asentamiento permisible y que conforme aumenta el porcentaje de poliestireno expandido triturado en la mezcla el concreto tiene una mejor trabajabilidad.

#### 4.2.1. Comparación Estadística del Asentamiento

Con base en el análisis de este comportamiento del concreto, se obtuvo la siguiente tabla, que muestra la comparación de datos estadísticos, como media, mediana, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación; diferentes grupos experimentales.

**Tabla N° 34.** *Comparación estadística del Asentamiento*

Códigos	DSP	DCP 20%	DCP 30%	DCP 40%	DCP 50%
Promedio	3.25 pulg	3.50 pulg	3.67 pulg	4.08 pulg	4.33 pulg
Mediana	3.25 pulg	3.50 pulg	3.75 pulg	4.00 pulg	4.50 pulg
Varianza	0.041667	0.041667	0.013889	0.013889	0.055556
Desviación Típica	0.204124	0.204124	0.117851	0.117851	0.235702
Coeficiente de Variación	6.280738	5.832114	3.211199	2.888505	5.443464

Fuente: Elaboración propia.

El promedio de asentamiento del diseño sin poliestireno es de 3.25 pulgadas, del diseño con poliestireno 20% es de 3.50 pulgadas, del diseño con poliestireno 30% es de 3.67 pulgadas, del diseño con poliestireno 40% es de 3.08 pulgadas, del diseño con poliestireno 50% es de 4.33 pulgadas, en lo que se pudo observar que el diseño con poliestireno con 50% tiene un incremento de 25% sobre el diseño de mezcla convencional, lo que demuestra que la incorporación de poliestireno triturado aumenta la trabajabilidad en la mezcla.

### 4.3. Peso Específico del concreto

Determine la gravedad específica del concreto de acuerdo con las recomendaciones de la norma ASTM C128.30 minutos antes de la prueba de compresión del concreto, pese cada muestra en una balanza electrónica, registre el peso y luego registre el volumen del tubo de ensayo.

Se seguirán los procedimientos explicados en el marco teórico para recolectar datos y hacer las comparaciones respectivas.

1° Para los cálculos se empieza con el volumen de la probeta que se calcula de la siguiente manera:

$$VOLUMEN = AREA \text{ DEL CIRCULO } \times ALTURA \text{ DE PROBETA}$$

Teniendo en cuenta:

$$AREA = \pi \times DIAMETRO^2 / 4$$

En nuestro caso, la medida del área de contacto se obtuvo según cada medición realizada a cada probeta de rotura siendo este el diámetro que tomaremos en cuenta para los cálculos respectivos.

2° El peso específico del concreto se calculó con la siguiente fórmula:

$$PESO \text{ ESPECIFICO} = PESO \text{ PROBETA} / VOLUMEN$$

Los resultados del peso específico para cada grupo experimental a los 28 días se muestran en los siguientes cuadros:

**Tabla N° 35.** Datos del Peso Específico del Diseño sin Poliestireno

Códigos	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Peso (gr)	Peso/Vol. (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Específico Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
DSP-1	15.34	30.47	12974	2304.48	
DSP-2	15.34	30.34	12853	2291.31	2296
DSP-3	15.34	30.58	12969	2293.67	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 36. Datos del Peso Específico del Diseño con Poliestireno 20%**

Códigos	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Peso (gr)	Peso/Vol. (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Específico Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
DCP20%-1	15.34	30.57	12687	2246.87	
DCP20%-2	15.34	30.5	12668	2247.76	2246
DCP20%-3	15.33	30.45	12611	2243.14	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 37. Datos del Peso Específico del Diseño con Poliestireno 30%**

Códigos	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Peso (gr)	Peso/Vol. (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Específico Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
DCP30%-1	15.34	30.41	12343	2194.89	
DCP30%-2	15.34	30.58	12431	2198.22	2198
DCP30%-3	15.32	30.47	12368	2201.59	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 38. Datos del Peso Específico del Diseño con Poliestireno 40%**

Códigos	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Peso (gr)	Peso/Vol. (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Específico Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
DCP40%-1	15.34	30.55	11843	2097.79	
DCP40%-2	15.33	30.53	11881	2107.51	2102
DCP40%-3	15.32	30.37	11758	2101.04	

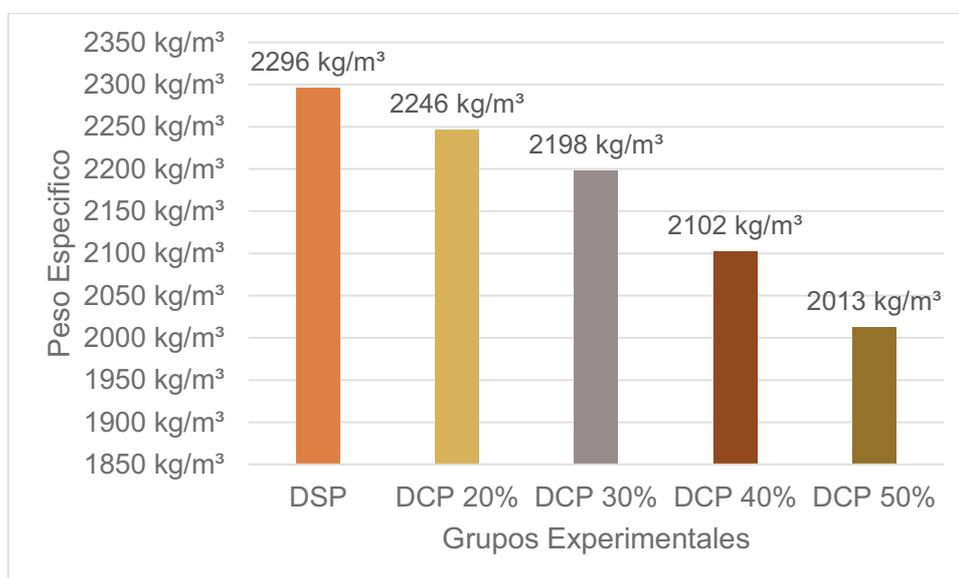
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 39. Datos del Peso Específico del Diseño con Poliestireno 50%**

Códigos	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Peso (gr)	Peso/Vol. (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Específico Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
DCP50%-1	15.33	30.46	11324	2013.41	2013
DCP50%-2	15.32	30.53	11306	2009.51	
DCP50%-3	15.35	30.38	11319	2014.63	

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 4. Pesos específicos del concreto simple por cada uno de los grupos experimentales.**



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 4 se puede observar el peso específico promedio de cada grupo experimental, lo que muestra que el peso específico del diseño sin poliestireno es 2296 kg / m<sup>3</sup>, y el peso específico más bajo es 2013 kg / m<sup>3</sup>, que corresponde a un Diseño 50% poliestireno. Estos resultados indican el hecho de que una mayor cantidad de poliestireno expandido triturado reduce su peso.

### 4.3.1. Comparación Estadística del Peso Específico

Con base en el análisis de este comportamiento del concreto, se obtuvo la siguiente tabla, que muestra la comparación de datos estadísticos, como media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación; diferentes grupos experimentales.

**Tabla N° 40.** Comparación estadística del Peso Específico

Códigos	DSP	DCP 20%	DCP 30%	DCP 40%	DCP 50%
Promedio	2296 kg/m <sup>3</sup>	2246 kg/m <sup>3</sup>	2198 kg/m <sup>3</sup>	2102 kg/m <sup>3</sup>	2013 kg/m <sup>3</sup>
Varianza	32.874956	4.005489	7.481756	16.322422	4.768089
Desviación Estándar	5.733669	2.001372	2.735280	4.040102	2.183595
Coeficiente de Variación	0.249724	0.089111	0.124431	0.192193	0.108501

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N°40. Se puede observar los valores promedios del peso específico, en donde el diseño sin poliestireno (DSP) tiene un valor promedio de 2296 kg/m<sup>3</sup>, el diseño con poliestireno 20% (DCP20%) tiene un valor promedio de 2246 kg/m<sup>3</sup>, el diseño con poliestireno 30% (DCP30%) tiene un valor promedio de 2198 kg/m<sup>3</sup>, el diseño con poliestireno 40% (DCP40%) tiene un valor promedio de 2102 kg/m<sup>3</sup>, el diseño con poliestireno 50% (DCP50%) tiene un valor promedio de 2013 kg/m<sup>3</sup>, en donde se pudo observar que el diseño con poliestireno con 50% tiene una reducción de 12.5% sobre el diseño de mezcla convencional demostrando así que a mayor sustitución de poliestireno menor es el peso específico.

### 4.3.2. Peso Específico para Concreto Armado

El peso específico del concreto armado se calcula con base en la norma E.020 utilizando el peso específico seco promedio del concreto simple en cada grupo experimental. Se calcula sumando 100 kg / m<sup>3</sup> al peso específico del concreto simple, como se

muestra en la siguiente expresión:

$$\gamma_c \text{ Armado} = \gamma_c \text{ Simple} + 100 \text{ kg/m}^3$$

Una vez teniendo el peso específico del concreto simple, se muestra el siguiente cuadro con el peso específico del concreto armado.

**Tabla N° 41. Peso Específico del Concreto Armado**

Grupos	Peso Específico del Concreto Simple (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Específico del Concreto Armado (kg/m <sup>3</sup> )
DSP	2296	2396
DCP-20%	2246	2346
DCP-30%	2198	2298
DCP-40%	2102	2202
DCP-50%	2013	2113

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se lleva a cabo en el laboratorio DOSET. Fueron evaluados durante períodos de descanso de 7, 14 y 28 días. La prueba se realiza en concreto que se ha endurecido en muestras de 6 "por 12".

Se calculó el área de contacto según las indicaciones del ensayo ya dados en el marco teórico.

1° Para los cálculos se empieza con el área de contacto para a rotura que se calcula de la siguiente manera:

$$AREA = \pi \times DIAMETRO^2 \div 4$$

En nuestro caso, se midió el diámetro del área de contacto a cada probeta de rotura siendo un diámetro diferente para todas las probetas, por lo tanto, el área de contacto también será variable según la probeta.

$$AREA = \pi \times diametro^2 \div 4 = Area \text{ en } cm^2$$

2° La resistencia a la compresión de cada rotura se calculará con la siguiente fórmula:

$$F'c = Fuerza \div AREA$$

Cada F`c calculado se muestra en los siguientes cuadros para cada grupo experimental a los 7, 14 y 28 días de edad obtenidas según la NTP 339.034.

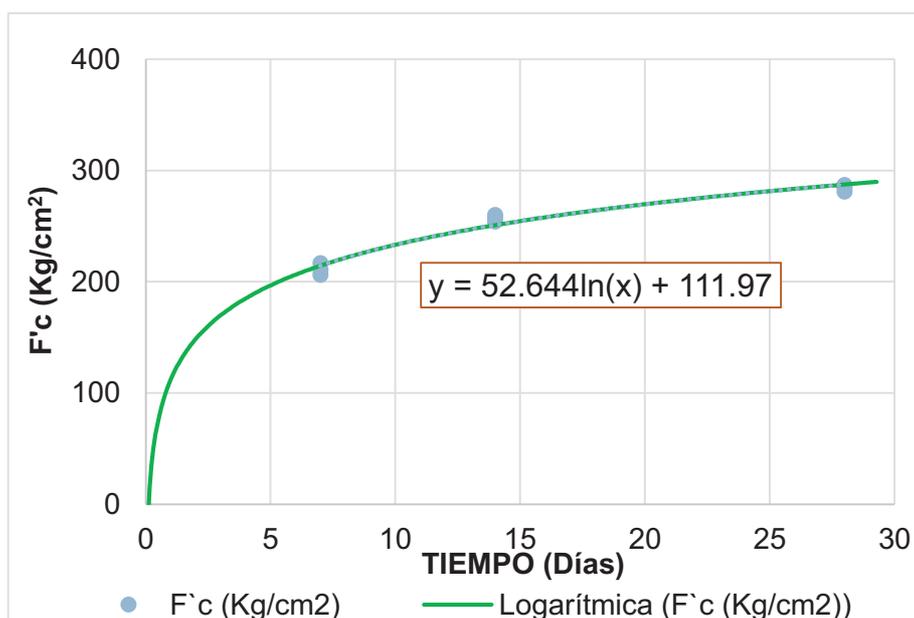
**Tabla N° 42.** Datos de la resistencia a la compresión del Diseño sin Poliestireno.

Código	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (Días)	Carga Máxima (KN)	Área (cm <sup>2</sup> )	F`c (Kg/cm <sup>2</sup> )
DSP-1			7	391.89	184.44	216.66
DSP-2	27/08/2020	03/09/2020	7	373.06	184.51	206.17
DSP-3			7	382.16	184.81	210.86
DSP-4			14	470.65	184.47	260.16
DSP-5	27/08/2020	10/09/2020	14	454.82	182.51	254.11
DSP-6			14	466.95	184.89	257.53
DSP-7			28	519.78	184.7	286.97
DSP-8	27/08/2020	24/09/2020	28	516.3	184.91	284.71
DSP-9			28	509.45	184.91	280.95

Fuente: Elaboración propia.

El grupo experimental sin poliestireno (DSP) tuvo una resistencia media de 211,23 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, una resistencia media de 257,27 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y una resistencia media de 284,21 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura N° 5.** Curva de resistencia a la compresión de diseño sin poliestireno.



Fuente: Elaboración propia.

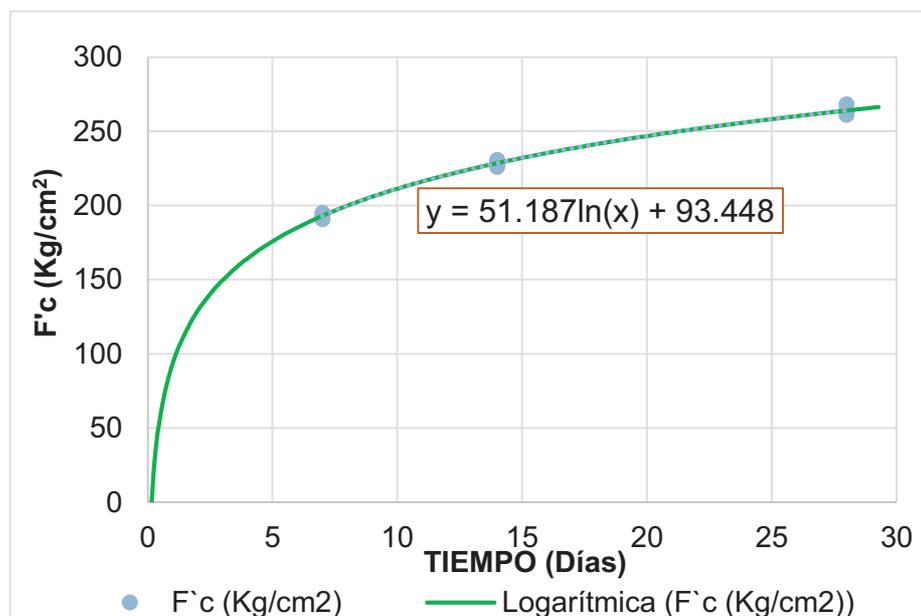
**Tabla N° 43.** Datos de la resistencia a la compresión del Diseño con Poliestireno 20%.

Código	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (Días)	Carga Máxima (KN)	Área (cm <sup>2</sup> )	F`c (Kg/cm <sup>2</sup> )
DCP20%-1			7	353.57	184.83	195.06
DCP20%-2	27/08/2020	03/09/2020	7	351.48	184.78	193.96
DCP20%-3			7	344.1	184.02	190.67
DCP20%-4			14	417.61	184.54	230.76
DCP20%-5	27/08/2020	10/09/2020	14	415.72	186.18	227.69
DCP20%-6			14	408.71	184.34	226.09
DCP20%-7			28	485.81	184.7	268.2
DCP20%-8	27/08/2020	24/09/2020	28	477.2	184.75	263.38
DCP20%-9			28	472.56	184.63	260.99

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia media del grupo experimental que contenía 20% de poliestireno (DCP20%) a los 7 días fue de 193,23 kg/cm<sup>2</sup>, la resistencia media a los 14 días fue de 228,18 kg / cm<sup>2</sup> y la resistencia media a los 28 días fue de 264,19 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura N° 6.** Curva de resistencia a la compresión de diseño con poliestireno 20%.



Fuente: Elaboración propia.

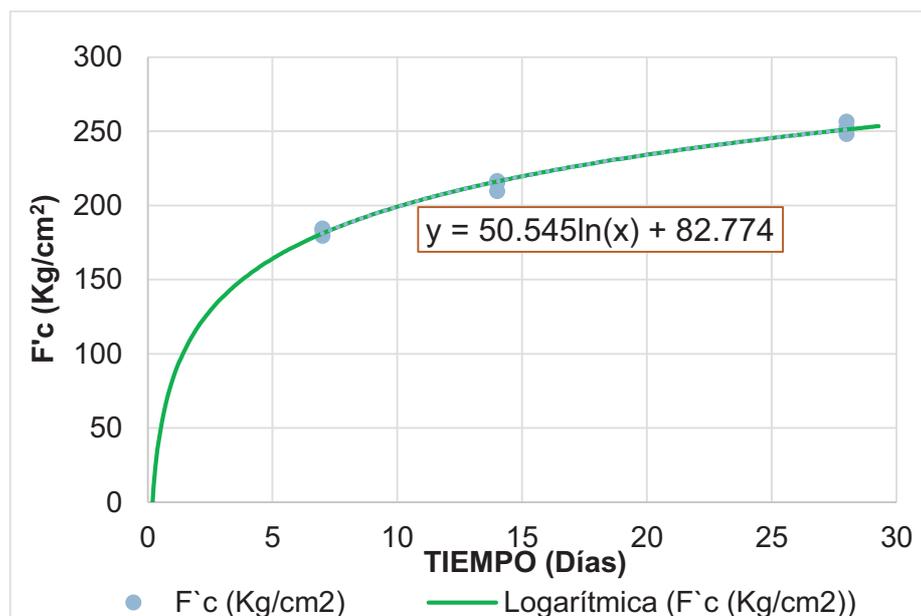
**Tabla N° 44.** Datos de la resistencia a la compresión del Diseño con Poliestireno 30%.

Código	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (Días)	Carga Máxima (KN)	Área (cm <sup>2</sup> )	F`c (Kg/cm <sup>2</sup> )
DCP30%-1			7	324.7	184.5	179.46
DCP30%-2	28/08/2020	04/09/2020	7	330.92	184.47	182.92
DCP30%-3			7	333.59	184.31	184.56
DCP30%-4			14	391.74	184.43	216.59
DCP30%-5	28/08/2020	11/09/2020	14	389.26	184.47	215.17
DCP30%-6			14	379.04	184.38	209.63
DCP30%-7			28	457.48	184.91	252.29
DCP30%-8	28/08/2020	25/09/2020	28	465.4	184.92	256.63
DCP30%-9			28	448.87	184.39	248.23

Fuente: Elaboración propia.

El grupo experimental con poliestireno 30% (DCP20%), obtuvo una resistencia promedio a los 7 días de 182.31 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de 213.8 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días de 252.38 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura N° 7.** Curva de resistencia a la compresión de diseño con poliestireno 30%.



Fuente: Elaboración propia.

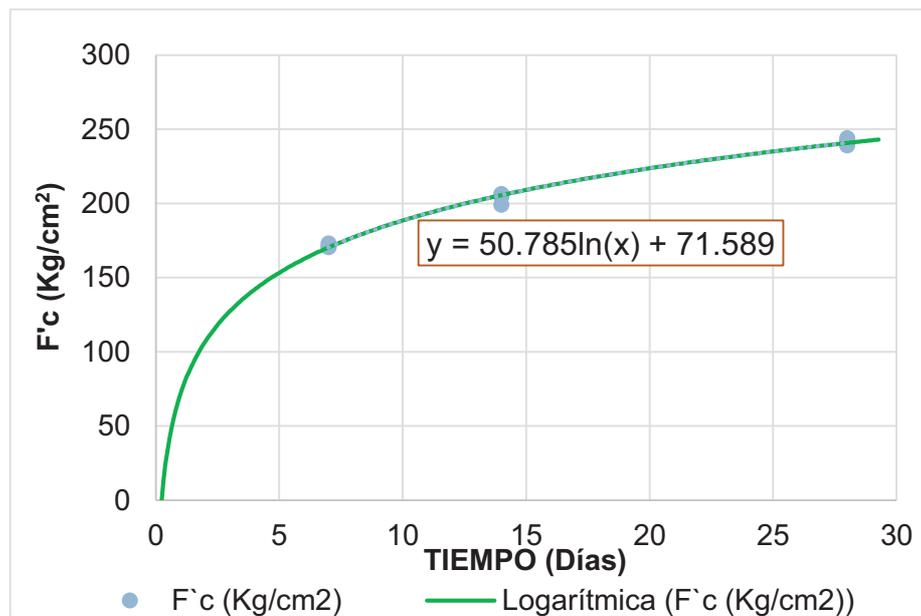
**Tabla N° 45.** Datos de la resistencia a la compresión del Diseño con Poliestireno 40%.

Código	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (Días)	Carga Máxima (KN)	Área (cm <sup>2</sup> )	F`c (Kg/cm <sup>2</sup> )
DCP40%-1			7	313.01	184.47	173.02
DCP40%-2	28/08/2020	04/09/2020	7	305.21	182.51	170.52
DCP40%-3			7	310.14	184.89	171.05
DCP40%-4			14	370.01	184.49	204.51
DCP40%-5	28/08/2020	11/09/2020	14	373.74	184.52	206.54
DCP40%-6			14	360.33	184.55	199.09
DCP40%-7			28	442.49	184.8	244.16
DCP40%-8	28/08/2020	25/09/2020	28	433.02	184.66	239.11
DCP40%-9			28	438.28	184.27	242.53

Fuente: Elaboración propia.

El grupo experimental con poliestireno 40% (DCP20%), obtuvo una resistencia promedio a los 7 días de 171.53 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de 203.38 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días de 241.93 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura N° 8.** Curva de resistencia a la compresión de diseño con poliestireno 40%.



Fuente: Elaboración propia.

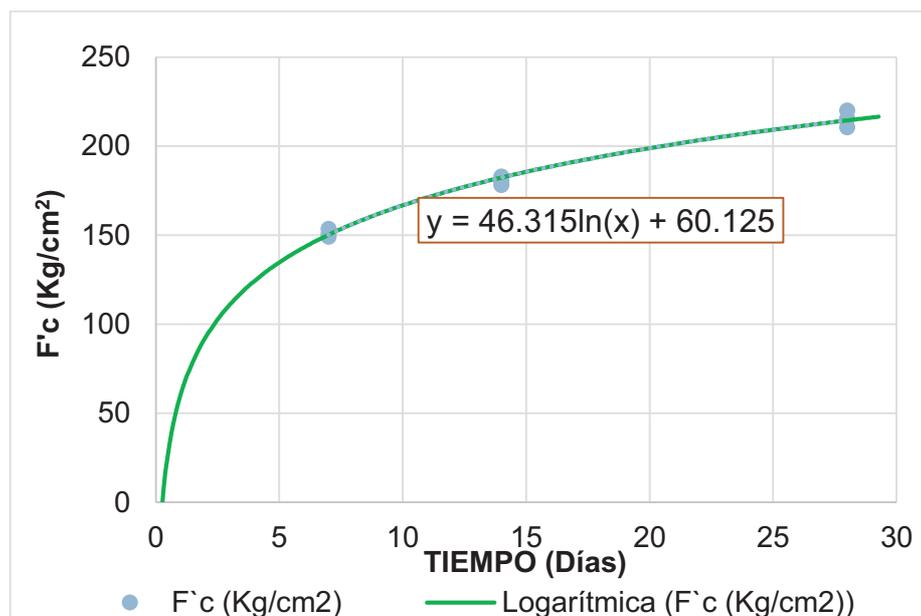
**Tabla N° 46.** Datos de la resistencia a la compresión del Diseño con Poliestireno 50%.

Código	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (Días)	Carga Máxima (KN)	Área (cm <sup>2</sup> )	F`c (Kg/cm <sup>2</sup> )
DCP50%-1			7	278.21	184.7	153.6
DCP50%-2	29/08/2020	05/09/2020	7	269.9	184.62	149.07
DCP50%-3			7	272.62	184.38	150.77
DCP50%-4			14	322.2	184.47	178.1
DCP50%-5	29/08/2020	12/09/2020	14	326.63	181.96	183.04
DCP50%-6			14	327.35	184.89	180.54
DCP50%-7			28	390.23	184.64	215.51
DCP50%-8	29/08/2020	26/09/2020	28	380.46	184.31	210.49
DCP50%-9			28	399.11	184.94	220.06

Fuente: Elaboración propia.

El grupo experimental con poliestireno 50% (DCP20%), obtuvo una resistencia promedio a los 7 días de 151.14 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de 180.56 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días de 215.35 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura N° 9.** Curva de resistencia a la compresión de diseño con poliestireno 50%.



Fuente: Elaboración propia.

La siguiente figura muestra la resistencia a los medicamentos de todos los grupos experimentales a los 28 días de edad. La resistencia promedio del grupo experimental que no usa poliestireno (GSP) es 284.21 kg / cm<sup>2</sup>, la resistencia promedio del grupo experimental que usa 20% poliestireno (GCP20%) es 264.19 kg / cm<sup>2</sup> y 30% poliestireno (GCP30%) La resistencia media del grupo experimental es de 264,19 kg / cm<sup>2</sup>. La resistencia es de 252,38 kg / cm<sup>2</sup>, la resistencia del grupo experimental que utiliza poliestireno al 40% (GCP40%) es de 241,93 kg / cm<sup>2</sup> y la resistencia del grupo experimental que utiliza poliestireno al 50% (GCP50%) es de 215,35 kg / cm cuadrado.

**Tabla N° 47.** Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días.

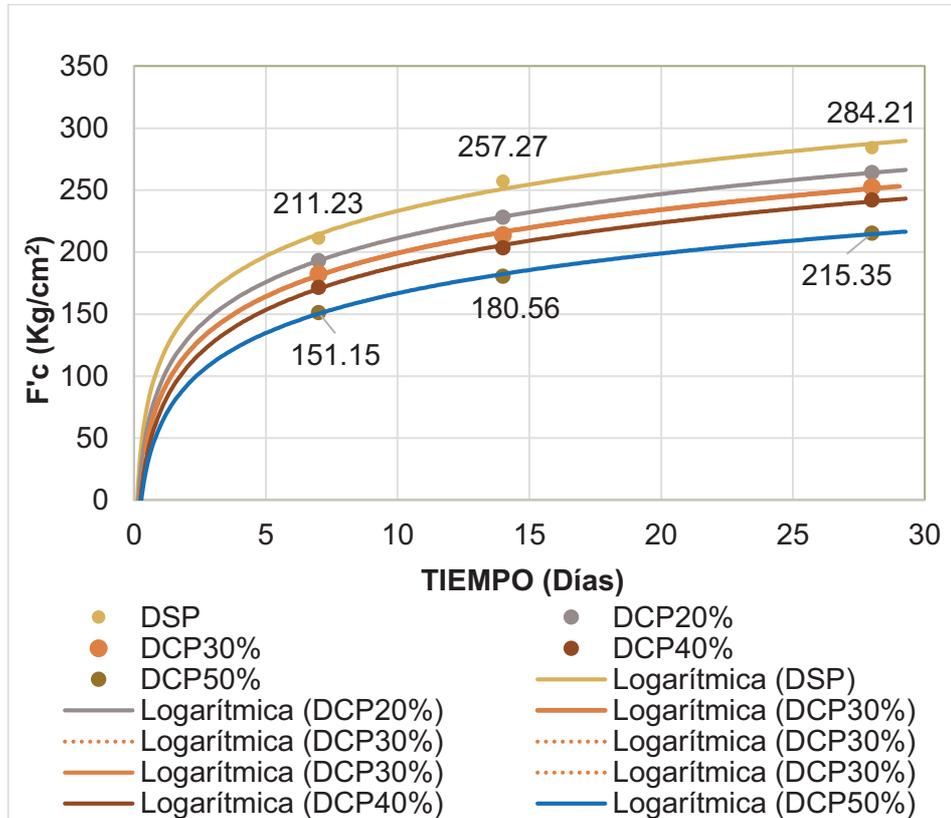
Grupo	Código	Resistencia Especificada (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Obtenida Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
DSP	DSP-7	210	286.97	284.21
	DSP-8	210	284.71	
	DSP-9	210	280.95	
DCP20 %	DCP20%-7	210	268.2	264.19
	DCP20%-8	210	263.38	
	DCP20%-9	210	260.99	
DCP30 %	DCP30%-7	210	252.29	252.38
	DCP30%-8	210	256.63	
	DCP30%-9	210	248.23	
DCP40 %	DCP40%-7	210	244.16	241.93
	DCP40%-8	210	239.11	
	DCP40%-9	210	242.53	
DCP50 %	DCP50%-7	210	215.51	215.35
	DCP50%-8	210	210.49	
	DCP50%-9	210	220.06	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 47, se muestra el promedio de la resistencia a compresión a los 28 días de todos los grupos experimentales, así como también muestra que todos los grupos experimentales con

poliestireno superan la resistencia mínima de 210 kg/cm<sup>2</sup> interpuesta en el diseño de mezcla.

**Figura N° 10.** Comparación de curvas de resistencia de todos los grupos experimentales.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°10, se observa que el valor de la resistencia del grupo experimental sin poliestireno a los 28 días es mayor que el grupo experimental con poliestireno 50% (GCP50%) en un 24.2%, a los 14 días es mayor en un 29.8% y a los 7 días es mayor en un 26.4%.

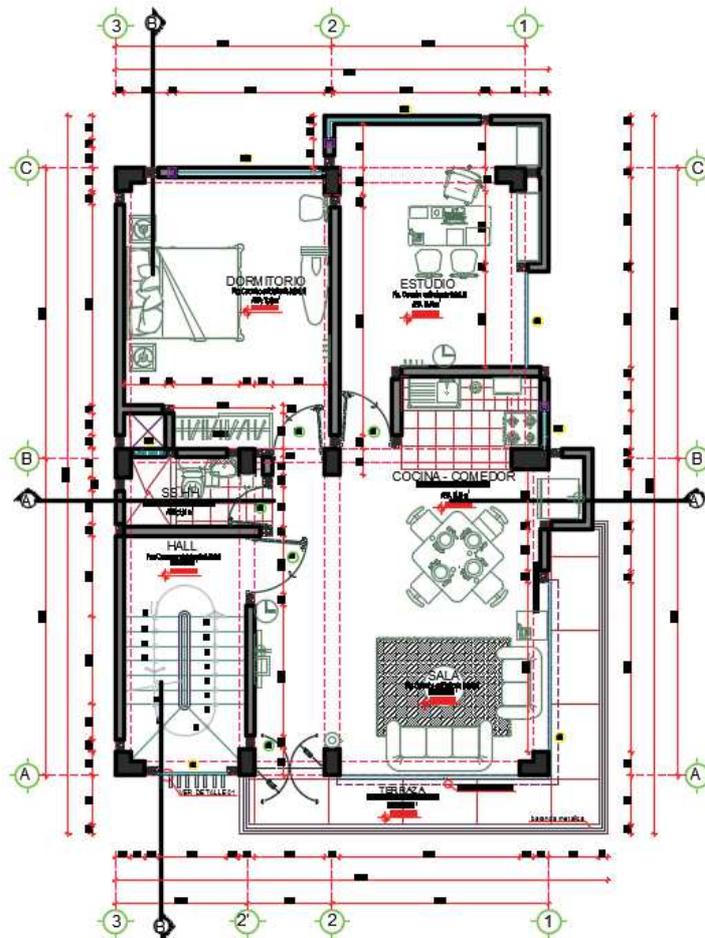
Así mismo se observa a partir de las curvas de resistencia que a mayor reemplazo de poliestireno expandido triturado la resistencia a compresión es menor, el grupo experimental con poliestireno con 50% (GCP50%) tiene los valores más bajos con un valor promedio de 215.35 kg/cm<sup>2</sup>, pero aun así sobrepasa la resistencia establecida en el diseño de mezcla.

## 4.5. Diseño Sísmico

### 4.5.1. Arquitectura

La edificación se encuentra en el distrito de Huancayo, donde se ha proyectado una vivienda unifamiliar de 2 pisos + azotea (considerando TECHO 01-Primer piso, TECHO 02. Segundo piso, TECHO 03-Azotea), en el primer piso y segundo piso cuenta con una cocina - comedor, estudio y dormitorio con servicio higiénico personal, la escalera principal se encuentra en la esquina izquierda personal. La altura típica del entrepiso es de 2,80 m y el piso terminado es de 5 cm. Se considera que la altura libre por debajo de la puerta es de 2,10 m, que es igual a la altura mínima exigida por el Código Nacional de Edificación.

**Figura N° 11.** Planta típica de arquitectura.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.2. Consideraciones de Diseño

Según el tipo de uso de edificación, para nuestro análisis “Vivienda Unifamiliar”, las cargas de gravedad utilizadas serán las establecidas por la Norma E.020 de la RNE. Para el diseño sísmico se realizó según la Norma E.030 Diseño Sismoresistente. Para la obtención de la cortante de diseño se realizó el análisis dinámico por el método modal espectral.

En esta investigación para el diseño de elementos estructurales (vigas y losas aligeradas), se utilizó el diseño por resistencia, especificado en la Norma E.060.

Resistencia de diseño > Resistencia Requerida

La resistencia de diseño es igual a la resistencia nominal del componente multiplicado por el factor de reducción  $\Phi$ . Este factor varía según el tipo de componente.

**Tabla N° 48.** Factores de reducción

Solicitud	Factor $\Phi$
Flexión y/o carga axial en tracción	0.9
Flexocompresión	0.7
Cortante	0.85

*Fuente:* Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### 4.5.3. Resistencia Requerida

Combinaciones de carga:

$$U1 = 1.4D + 1.7V$$

$$U2 = 1.25D + 1.25V \pm 1.0 \text{ DINAMICO XX}$$

$$U3 = 1.25D + 1.25V \pm 1.0 \text{ DINAMICO YY}$$

$$U4 = 0.9D \pm 1.0 \text{ DINAMICO XX}$$

$$U5 = 0.9D \pm 1.0 \text{ DINAMICO YY}$$

ENVOLVENTE = Envolvente de las 05 combinaciones.

Donde:

D = Carga Muerta

V = Carga Viva

Para proteger los aceros longitudinales de los agentes externos, se utilizaron los siguientes recubrimientos:

**Tabla N° 49.**Recubrimiento libre según elemento estructural

Elemento	Recubrimiento libre (cm)
Losas, escaleras y placas	2.0
Vigas peraltadas y columnas	4.0
Muros de contención en contacto con suelo o líquidos	4.0
Zapatas y cimientos corridos	7.5

*Fuente:* Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### 4.5.4. Materiales Seleccionados

Los materiales a ser usados para la estructura son:

**Tabla N° 50.** Propiedades de los materiales.

Concreto	Grupo (DSP)	Grupo (DCP50%)
F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	210	210
Peso Volumétrico (kgf/m <sup>3</sup> )	2396	2113
Módulo de Elasticidad (kgf/cm <sup>2</sup> )	217370.6512	217370.6512

Fuente: Elaboración propia.

Concreto armado convencional (2396 kg/m<sup>3</sup>) utilizado en columnas y zapatas; por otro lado, el concreto del grupo experimental con sustitución controlada de poliestireno de 50% se utilizó para vigas y losas aligeradas. Para el caso del se utilizó acero corrugado  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup> (Grado 60°) para todos los elementos estructurales.

#### 4.5.5. Criterios De Estructuración

Simetría en la distribución de la masa y rigidez. Las estructuras simétricas tienen menor tensión debido a la torsión y tienen un comportamiento más predecible bajo tensión sísmica.

La sencillez y homogeneidad de la distribución de elementos estructurales. Para cada dirección de análisis, los elementos que

aportan rigidez lateral deben estar distribuidos en el centro y los extremos del edificio. De esta forma se busca tener un comportamiento regular de la estructura, lo que facilita el análisis y diseño estructural.

Continuidad de la estructura, tanto en planta como en elevación, para evitar irregularidades.

Diafragmas rígidos en cada techo. Consiste en la idealización de la losa como rígida, que transfiere los desplazamientos y fuerzas en planta de manera uniforme.

Rigidez lateral. Para cumplir con el límite de desplazamientos máximos para una estructura de concreto armado que establece la Norma E.030, se tiene que otorgar a la estructura la rigidez necesaria a través de columnas o muros de corte.

#### **4.5.6. Diseño Estructural del Grupo Experimental sin Poliestireno (DSP)**

##### **4.5.6.1. Metrado de Cargas y Análisis**

Siguiendo lo que te presenta en la Norma E.020, se utilizaron las siguientes cargas:

Carga Viva: 200 kg/m<sup>2</sup> en los espacios utilizados como vivienda.

En la azotea la carga viva es igual a 100 kg/m<sup>2</sup>.

Peso de tabiques: Los muros no estructurales que separan ambientes de la vivienda son ladrillos industriales con huecos.

Su peso específico es de 1350 kg/m<sup>3</sup> para tabiques de 15 cm de espesor.

Piso terminado: Tiene un espesor de 5 cm, por lo que su peso es de 100 kg/m<sup>2</sup>.

#### **MODELO DE ANALISIS PARA EDIFICIO**

Se realizó un modelo estructural en el programa ETABS versión 16.2.0 (Computer and structures, Inc, 2016), con las siguientes consideraciones:

Define el material de la estructura: concreto con resistencia a la compresión  $F'c = 210 \text{ kg / cm}^2$  y módulo elástico  $E = 217.370,65 \text{ kg / cm}^2$ , y kilogramos de acero con límite elástico  $f_y = 4.200 \text{ kg / cm}^2$  y módulo elástico  $E = 2.000.000 \text{ kg / cm}^2$ .

Defina columnas y vigas como elementos del tipo "frame", defina sus secciones transversales y luego dibújelas como elementos lineales.

Las losas de cubierta son elementos del tipo "Shell-thin", que se deforman y transmiten fuerza en su plano, de manera que la viga soporta la carga del ancho del afluente.

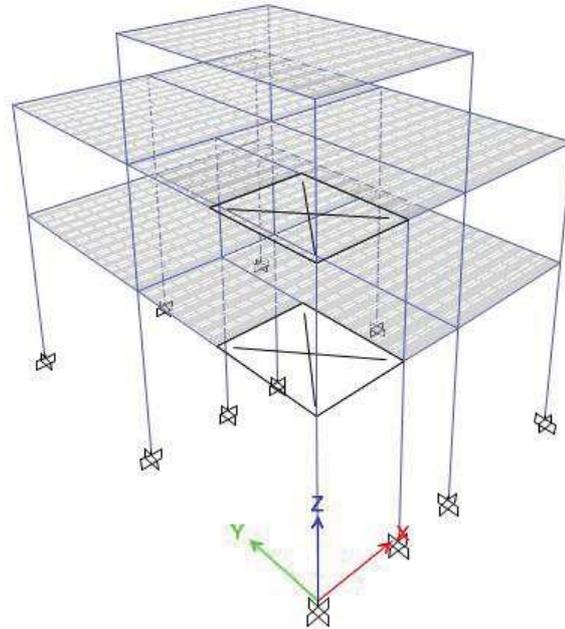
Usando modos de carga como carga estática y carga viva, la intersección de elementos en el modelo se considera rígida y se ignora la rigidez torsional de la viga.

**Figura N° 12.** *Modelo tridimensional de la estructura del grupo experimental sin poliestireno (DSP)*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 13.** *Modelo Matemático del grupo experimental sin poliestireno (DSP)*



Fuente: Elaboración propia.

#### LOSA ALIGERADA

Determine la carga que actúa sobre la viga plana liviana en una fábrica típica.

**Tabla N° 51.** *Metrado de Cargas en losa aligerada (DSP)*

<b>Metrado de cargas techo</b>		
Altura de la Losa	0.2	m
Área de concreto en Losa	0.095	m <sup>3</sup>
Peso Vol. Del Concreto	2.396	tn/m <sup>3</sup>
Peso de Ladrillo en Losa	0.072	tn/m <sup>2</sup>
Peso Total de Losa	0.300	tn/m <sup>3</sup>
Sobrecarga	0.2	tn/m <sup>2</sup>
Ancho Tributario	0.4	m
Peso de Acabados	0.1	tn/m <sup>2</sup>
Cielo Raso	0.05	tn/m <sup>2</sup>
<b>Carga muerta</b>		
Peso de Acabados	0.04	tn/m
Peso de la Losa	0.120	tn/m

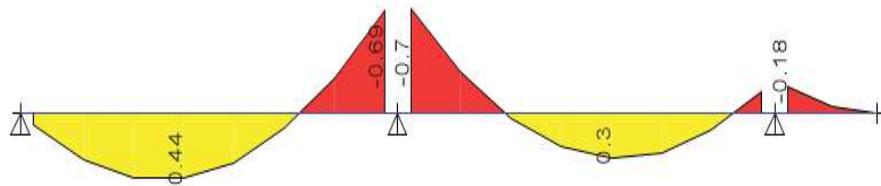
Cielo Raso	0.02	tn/m
WD =	0.180	tn/m
<b>Carga viva</b>		
Sobrecarga	0.08	tn/m
WL =	0.08	tn/m
WU = 1.4WD+1.7WL	0.388	tn/m

*Fuente: Elaboración propia.*

En el programa ETABS v.16.2.0 se realizó un modelo de la vigueta como elementos tipo “frame”, considerando las vigas peraltadas apoyos simples.

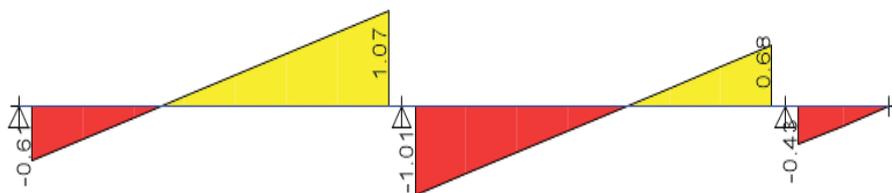
Una vez distribuida la carga, se obtendrá la carga activa, el diagrama de carga estática y la combinación de las dos condiciones de carga. La siguiente figura muestra el diagrama de momento flector y fuerza cortante bajo la combinación de 1.4CM + 1.7CV.

**Figura N° 14.** Momento flector en losa, ton-m (DSP)



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 15.** Fuerza cortante en losa, ton (DSP).



Fuente: Elaboración propia.

## VIGAS

Para analizar la viga de terraplén, se debe determinar el área tributaria. Para la investigación y análisis se utilizó la viga principal de sección VP 102 (25x40).

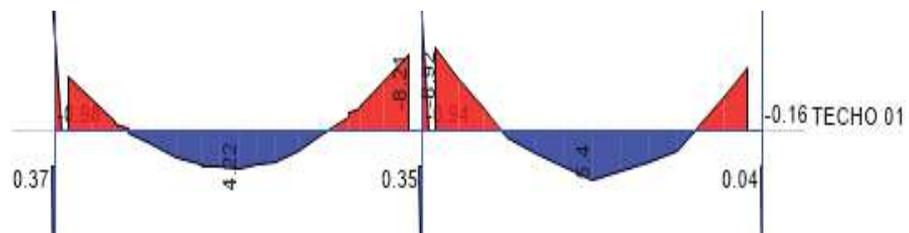
**Tabla N° 52. Medrado de carga sobre viga VP 102 (DSP).**

Cargas en vigas		
Sección de viga (25x40)	0.1	m <sup>2</sup>
Tabiques	1.350	tn/m <sup>3</sup>
Peso Vol. Del Concreto	2.396	tn/m <sup>3</sup>
Sobrecarga	0.2	tn/m <sup>2</sup>
Ancho Tributario	3.55	m
Peso de Acabados	0.1	tn/m <sup>2</sup>
Carga muerta		
Peso de Acabados	0.355	tn/m
Peso de la Viga	0.240	tn/m
Peso de Tabiques (15 cm)	0.719	tn/m
Peso Losa Aligerada	1.064	tn/m
WD =	2.377	tn/m
Carga viva		
Sobrecarga	0.71	tn/m
WL =	0.71	tn/m

Fuente: Elaboración propia.

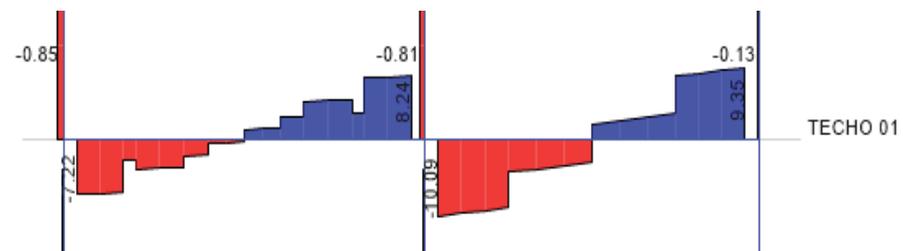
Para la combinación de 1.4 CM + 1.7 CV, la fuerza cortante y el momento flector se pueden obtener usando la siguiente tabla.

**Figura N° 16. Momento flector en viga, ton-m (DSP).**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 17. Fuerza cortante en viga, ton (DSP)**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.6.2. Análisis Sísmico

Son factores que modifican los espectros utilizados para el análisis modal espectral. Estos dependen de la zona donde se ubica la edificación a estudiar, su uso, el tipo de suelo y el sistema estructural propuesto (parámetros sísmicos según norma E.030).

**Tabla N° 53.** Resumen de parámetros sísmicos (DSP).

Factor de Zona (Z)	Debido a encontrarse en Huancayo, Junín, está en la Zona 3. $Z=0.35$
Factor de Uso (U)	Debido a ser destinada al uso como Vivienda, es una Edificación Común. $U=1.00$
Factor de Suelo (S), periodos $T_p$ y $T_l$	Según el EMS se tiene un suelo de perfil S2. Ya que se encuentra en la zona sísmica 3, $S=1.15$ . Para el perfil S1 $T_p=0.6$ seg y $T_l=2.0$ seg. $T < T_p$ : $C=2.5$
Factor de Amplificación Sísmica (C)	$T_p < T < T_l$ : $C=2.5 \times (T_p/T)$ $T > T_l$ : $C=2.5 \times (T_p \times T_l / T^2)$ El valor se calculó según periodo para cada dirección
Factor de Reducción ( $R_o$ )	Se asumió que es un sistema de pórticos de concreto armado, luego es comprobado en el análisis. $R=8$

Fuente: Elaboración propia.

#### PESO DE LA EDIFICACION

Según la norma E0.30, el peso del edificio varía según el tipo de uso del edificio utilizado para el análisis sísmico. Cuando se usa en cerramientos, es un tipo común, por lo que el peso sísmico que debe considerarse es el 100% de la carga muerta (d) y el 25% de la carga viva (L).

**Tabla N° 54.** *Peso sísmico por cada piso (DSP).*

Story	Masa	Peso	Área	P /m <sup>2</sup>
	tonf-s <sup>2</sup> /m	tonf	m <sup>2</sup>	tn/m <sup>2</sup>
Techo 03	1.830	19.27	20.165	0.956
Techo 02	6.848	70.28	67.188	1.046
Techo 01	7.811	78.42	67.188	1.167

Fuente: Elaboración propia.

## IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES

### Irregularidades en altura

- Irregularidad de rigidez o piso blando

Muestra la rigidez obtenida mediante el programa ETABS, que se calcula dividiendo la fuerza cortante sísmica en cada piso por la deriva en ese piso (es decir, la deriva máxima en el análisis dinámico).

**Tabla N° 55.** *Comparación de rigideces en dirección X (DSP).*

Story	Load Case	Stiffness X	Ratio piso superior
		tonf/m	
Techo 03	Sismo Dinámico XX	863.44	
Techo 02	Sismo Dinámico XX	2352.82	2.725
Techo 01	Sismo Dinámico XX	3063.63	1.302

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 56.** *Comparación de rigideces en dirección Y (DSP).*

Story	Load Case	Stiffness Y	Ratio piso superior
		tonf/m	
Techo 03	Sismo Dinámico YY	950.99	
Techo 02	Sismo Dinámico YY	2183.76	2.296
Techo 01	Sismo Dinámico YY	2811.37	1.287

Fuente: Elaboración propia.

La norma estipula que, si la rigidez lateral de la capa intermedia es inferior al 70% del nivel inmediatamente superior, existe una irregularidad en la rigidez o en el suelo. Se observa que el edificio no presenta tales irregularidades.

- Irregularidad de masa o peso

La norma estipula que, si el peso sobre el piso es mayor al 50% del piso adyacente, habrá irregularidades en la calidad o el peso, pero esta norma no se aplica a techos ni sótanos. Como se muestra en la Tabla N ° 54. Peso antisísmico de cada capa (DSP).

- Irregularidad de geometría vertical

Esta irregularidad puede ocurrir si el porcentaje de plantas resistentes en el piso es mayor que el del piso adyacente es mayor al 30% (no aplica en techos o sótanos). No aplica al edificio en estudio, porque la fábrica mantiene las mismas dimensiones en todas las plantas.

### Irregularidades en planta

- Irregularidad torsional

Para verificar esta irregularidad, compare la deriva en la esquina con la deriva más grande en la esquina opuesta al edificio.

**Tabla N° 57.** *Análisis de torsión en dirección X (DSP).*

Story	Load Case/Combo	Deriva Max. de planta	Deriva Max. opuesta	Ratio
Techo 03	DRIFF XX Max	0.003625	0.003279	1.105
Techo 02	DRIFF XX Max	0.005266	0.004862	1.083
Techo 01	DRIFF XX Max	0.006254	0.006038	1.036

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 58.** *Análisis de torsión en dirección Y (DSP).*

Story	Load Case/Combo	Deriva	Deriva	Ratio
		Max. de planta	Max. opuesta	
Techo 03	DRIFF YY Max	0.003428	0.003286	1.043
Techo 02	DRIFF YY Max	0.005605	0.005134	1.092
Techo 01	DRIFF YY Max	0.00668	0.006183	1.08

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que en el análisis sísmico, el coeficiente de torsión máximo es 1.10, que se da en la dirección X, mientras que en la dirección Y, el coeficiente de torsión máximo es 1.09. Dado que la norma E.030 establece el valor mínimo del coeficiente de torsión en 1,30 para tener irregularidades de torsión, no existe tal irregularidad.

- Esquinas entrantes

Se observa que en la estructuración planteada para la edificación no se observa ninguna irregularidad de esquina entrante por lo que no se tiene dicha irregularidad.

Factor de reducción

Se observa que la edificación no presenta ninguna irregularidad por lo que se considera como una edificación REGULAR, por lo que el valor final de R es:

$$R = I_a \times I_p \times R_o = 1 \times 1 \times 8 = 8$$

#### 4.5.6.3. Análisis Estático

Este es uno de los métodos de análisis sísmico de edificios considerados por la norma E.030, sin embargo, los resultados solo pueden usarse directamente en el diseño estructural de edificios que cumplan con requisitos específicos y se calcula el esfuerzo cortante de la cimentación. Peso y parámetros sísmicos.

La edificación en objeto de estudio para esta tesis, es indispensable hallar la cortante mínima de diseño:

$$V = Z \times U \times C \times S \times P / R$$

Para encontrar el coeficiente C, se realizó un análisis modal en cada dirección, restringiendo así el análisis (en el programa ETABS) a solo cada dirección. De esta forma se realiza un análisis estático:

**Tabla N° 59.** Análisis sísmico estático en dirección X (DSP).

Dirección X - X		
Factor de Reducción (Ro)	PÓRTICOS	8
Irregularidad en Planta(lp)	REGULAR	1.00
Irregularidad en Altura(la)	REGULAR	1.00
Factor de Reducción (R)		8.00
Factor de Zona :	Z3	0.35
Factor de Uso	C	1.00
Factor de Suelo	S2	1.15
Plataforma de Espectro	TP (S)	0.60
Plataforma de Espectro	TL (S)	2.00
Altura de Edificación:		9.35 m
Cx/Ry>0.11		0.31 Ok
Periodo Fundamental:		0.425 s
Factor de Amplificación		3.53
Factor de Amplificación		2.5
Peso muerto		159.38 Ton
Peso Vivo de Piso		34.33 Ton
Factor de Carga Viva Piso:		0.25
Peso de la Edificación:		167.96 Ton
V Estático=		21.13 Ton

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 60. Análisis sísmico estático en dirección Y (DSP).**

Dirección Y - Y		
Factor de Reducción (Ro)	PÓRTICOS	8
Irregularidad en Planta(lp)	REGULAR	1.00
Irregularidad en Altura(la)	REGULAR	1.00
Factor de Reducción (R)		8.00
Factor de Zona :	Z3	0.35
Factor de Uso	C	1.00
Factor de Suelo	S2	1.15
Plataforma de Espectro	TP (S)	0.60
Plataforma de Espectro	TL (S)	2.00
Altura de Edificación:		9.35 m
Cx/Ry>0.11		0.31 Ok
Periodo Fundamental:		0.436 s
Factor de Amplificación		3.44
Factor de Amplificación		2.5
Peso muerto		159.38 Ton
Peso Vivo de Piso		34.33 Ton
Factor de Carga Viva Piso:		0.25
Peso de la Edificación:		167.96 Ton
V Estático=		21.13 Ton

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en las tablas, el periodo fundamental para la dirección XX es 0.425s y para la dirección YY es 0.436, teniendo un cortante estático en ambas direcciones de 21.13 tn.

#### **4.5.6.4. Análisis Dinámico**

El edificio ha resistido el espectro de pseudoaceleración de la norma E.030. Este espectro representa terremotos de diseño, con una probabilidad de más del 10% durante una vida útil de 50 años. Como estático, el espectro de frecuencia también depende de los parámetros sísmicos:

$$S_a = Z \times U \times C \times S \times g / R$$

Espectro de diseño – NTE e.030 (Dirección xx y yy)

Departamento: Junín

Provincia: Huancayo

Distrito: Huancayo

Categoría: C – 1.00

Zona: Z3 – 0.35

Suelo: S2 – 1.15, TP=0.60 y TL=2.00

Sistema Estructural: Pórticos de concreto armado – 8.00.

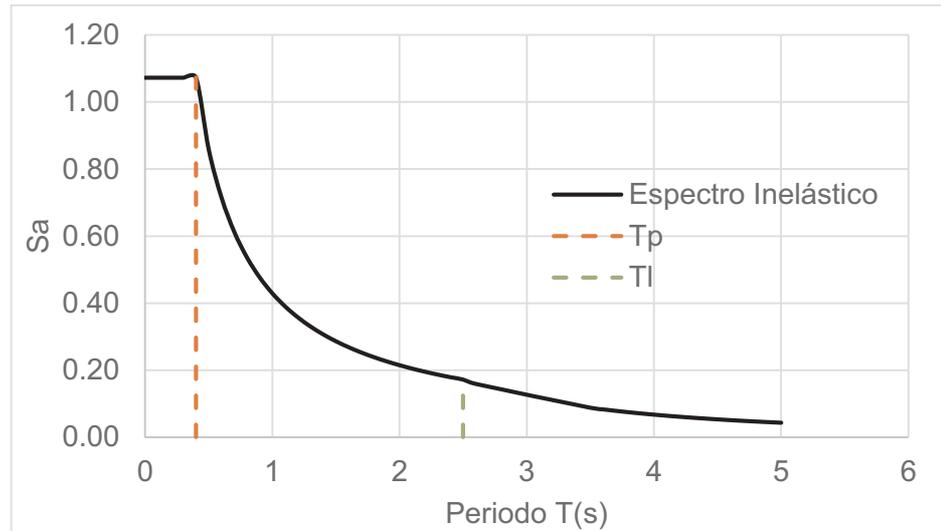
**Tabla N° 61.** *Periodos para análisis modal (DSP).*

<b>T</b>	<b>C</b>	<b>ZUCS/R</b>
0.00	2.5	1.2339
0.10	2.5	1.2339
0.20	2.5	1.2339
0.30	2.5	1.2339
0.40	2.5	1.2339
0.50	2.5	1.2339
0.60	2.5	1.2339
0.70	2.142857	1.0576
0.80	1.875	0.9254
0.90	1.666667	0.8226
1.00	1.5	0.7403
1.10	1.363636	0.6730
1.20	1.25	0.6170
1.30	1.153846	0.5695
1.40	1.071429	0.5288
1.50	1	0.4936
1.60	0.9375	0.4627
1.70	0.882353	0.4355
1.80	0.833333	0.4113
1.90	0.789474	0.3897
2.00	0.75	0.3702
2.10	0.680272	0.3358
2.20	0.619835	0.3059
2.30	0.567108	0.2799
2.40	0.520833	0.2571
2.50	0.48	0.2369
2.60	0.443787	0.2190
3.50	0.2449	0.1209
3.60	0.2315	0.1143
3.70	0.2191	0.1082
3.80	0.2078	0.1025
3.90	0.1972	0.0974
4.00	0.1875	0.0925
4.10	0.1785	0.0881
4.20	0.1701	0.0839
4.30	0.1622	0.0801
4.40	0.1550	0.0765

4.50	0.1481	0.0731
4.60	0.1418	0.0700
4.70	0.1358	0.0670
4.80	0.1302	0.0643
4.90	0.1249	0.0617
5.00	0.1200	0.0592

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 18.** Espectro de pseudoaceleraciones (DSP)

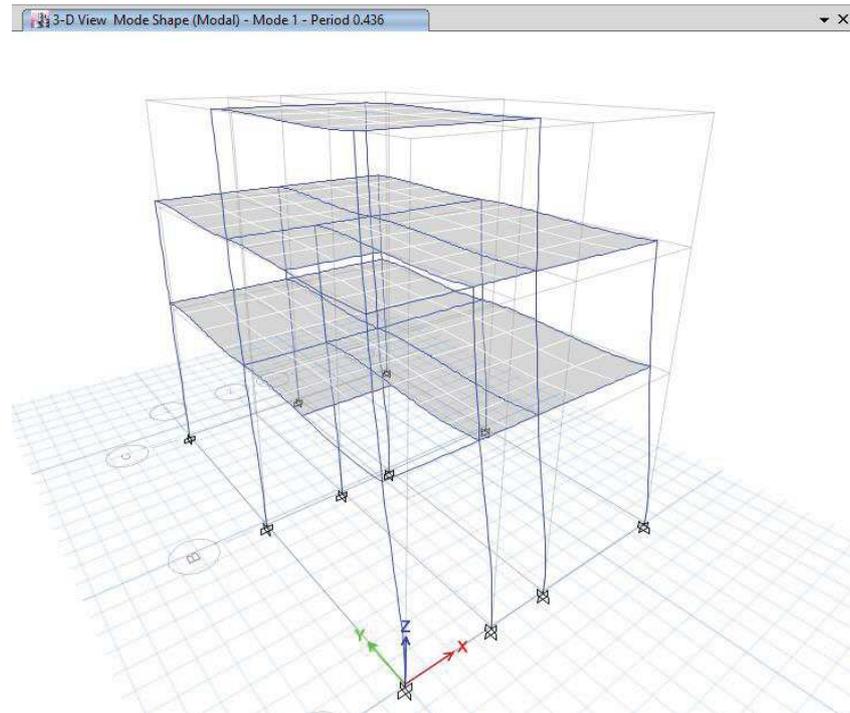


Fuente: Elaboración propia.

#### PERIODOS Y PORCENTAJE DE MASA PARTICIPANTE

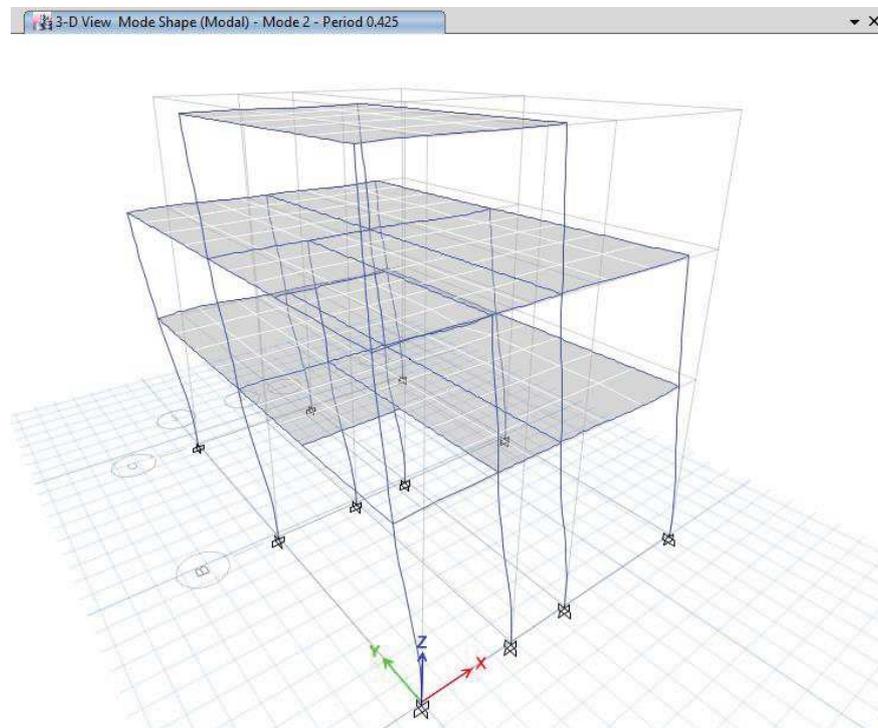
El análisis modal espectral implica someter el edificio a un espectro pseudoacelerado para obtener una respuesta a cada modo de vibración. El modo más importante de la estructura, es decir, el modo que domina el movimiento del edificio bajo la acción de un terremoto, tiene un período determinado y una mayor masa de participantes. Para el edificio en estudio, hay 3 pisos, cada uno con 3 modos de vibración, para un total de 9 modos de vibración.

**Figura N° 19.** *Modo 1,  $T=0.436$  s (DSP).*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 20.** *Modo 2,  $T=0.425$  s (DSP).*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 62.** *Porcentaje de masa participativa (DSP).*

Mode	Period	% Masa	% Masa	% Masa
	sec	Particip. X	Particip. X	Rotacnl. Z
1	0.436	0.21	91.02	2.64
2	0.425	93.85	0.23	0.00
3	0.377	0.01	2.76	92.79
4	0.151	2.94	0.06	0.04
5	0.135	0.01	4.30	0.61
6	0.119	0.20	0.10	2.10
7	0.099	2.34	0.19	0.96
8	0.086	0.35	1.07	0.18
9	0.076	0.10	0.27	0.67

Fuente: Elaboración propia.

Además del porcentaje de calidad de participación en cada dirección, también se muestra el período en cada dirección. Observe que el primer modo es trasnacional en Y con un 91.02% de masa participativa y el segundo modo es de traslación en X con 93.85% de masa participativa, mientras que el tercero de rotación. También cabe resaltar la ausencia de rotación en los 2 primeros modos de vibración debido a la simetría de la edificación.

#### **4.5.6.5. Control de Desplazamientos**

Después de realizar un análisis modal, el programa analizará la respuesta del edificio a cada modo y agregará estas respuestas utilizando el criterio de combinación cuadrática completa (CQC). Después de la fusión, se obtendrán los resultados del análisis modal espectral.

La estructura seleccionada debe tener la rigidez necesaria para evitar un desplazamiento excesivo durante el terremoto. El estándar E.030 establece el límite máximo de desviación entre capas en 0,007. Para los edificios ordinarios, la deriva del entrepiso se obtiene multiplicando la deriva del entrepiso obtenida por análisis elástico por 0,75R.

**Tabla N° 63.** Derivas inelásticas máximas en dirección X (DSP).

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Techo 03	DRIFF XX Max	X	0.003625
Techo 02	DRIFF XX Max	X	0.005266
Techo 01	DRIFF XX Max	X	0.006254

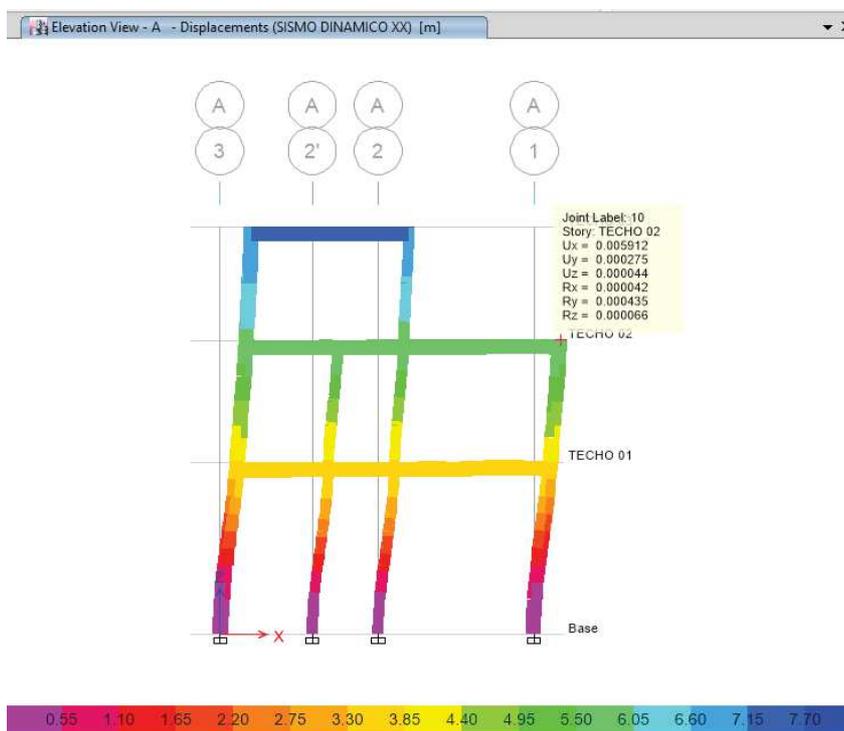
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 64.** Derivas inelásticas máximas en dirección Y (DSP).

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Techo 03	DRIFF YY Max	Y	0.003428
Techo 02	DRIFF YY Max	Y	0.005605
Techo 01	DRIFF YY Max	Y	0.00668

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 21.** Desplazamientos direccion X (m)-(DSP).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 22.** Desplazamientos direccion Y (m)-(DSP).



Fuente: Elaboración propia.

### FUERZA DE CORTANTE DE DISEÑO

La fuerza cortante obtenida a través del análisis dinámico suele ser menor que la fuerza cortante obtenida del análisis estático, por lo que la norma E.030 requiere que la fuerza básica obtenida del análisis de espectro se extienda hasta alcanzar el porcentaje de la fuerza cortante básica estática.

**Tabla N° 65.** Factor de escalamiento en cada dirección (DSP).

	V estática	V dinámica	80% V estática	Factores Esc.
Dirección XX	21.13	19.16	16.90	0.882
Dirección YY	21.13	18.78	16.90	0.900

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, las fuerzas dinámicas son escaladas por 0.882 en la dirección XX y por 0.900 en la dirección YY.

#### 4.5.6.6. Diseño en Concreto Armado

El reglamento nacional de edificaciones E.060 (2009) en el capítulo 9 indica que “los elementos estructurales deberían diseñarse para obtener en todas sus secciones resistentes de diseño calculadas para cargas y fuerzas amplificadas” (p. 65).

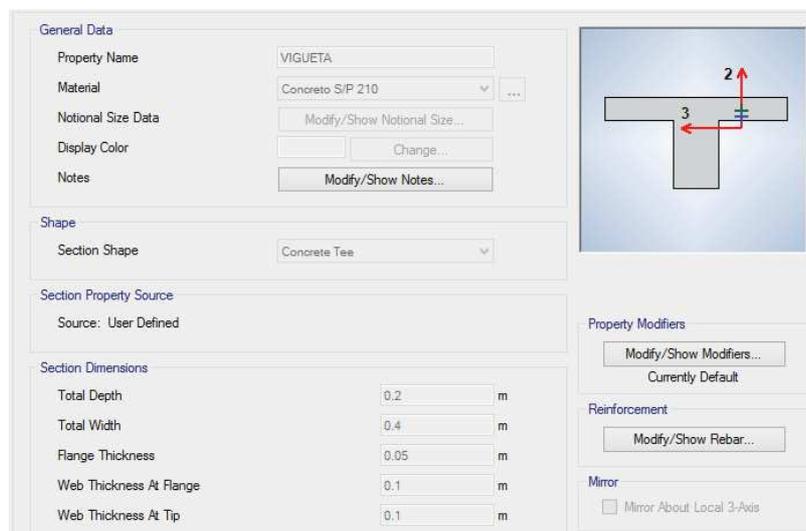
Para el diseño en concreto armado de la edificación se tomarán los datos del modelamiento con el programa ETABS V16.2.0, la metodología a emplear será el diseño por resistencia. El cual presenta factores de reducción resistencia y amplificación de cargas considerando la falla por resistencia ultima para la predicción de la carga del elemento y modo de colapso.

#### DISEÑO DE LOSAS ALIGERADAS

La losa aligerada se diseña flexión y cortante. Considere las siguientes consideraciones:

Se trata de una losa ligera tradicional compuesta por viguetas de concreto armado con forma de "T" en sección transversal. En el espacio libre se colocan ladrillos de arcilla con agujeros.

**Figura N° 23.** Sección típica de vigueta (DSP).



Fuente: Elaboración propia.

Para un diseño flexible, la cubierta en la dirección axial será de 3 cm, porque la cubierta libre en la placa plana es de 2 cm. Al diseñar el refuerzo interno, el ancho del bloque de compresión es de 40 cm, y al diseñar el refuerzo superior, el ancho es de 10 cm.

Tome momentos negativos en el extremo de la viga. Estos momentos flectores y diagramas de esfuerzo cortante se muestran en las Figuras N°14 y N°15.

### DISEÑO POR FLEXIÓN

**Tabla N° 66.** *Diseño por flexión en losa aligerada (DSP).*

	Extremo izquierdo	Centro de la Luz	Extremo derecho
Momento Mu (ton-m)	0.08	0.44	-0.69
Cuantía Mecánica (w)	0.0148	0.0848	0.1375
Cuantía Diseño ( $\rho$ )	0.00074	0.00424	0.00688
Acero Requerido (cm <sup>2</sup> )	0.13	0.72	1.17
Acero Colocado	1 Ø 1/2" (1.29 cm <sup>2</sup> )	1 Ø 3/8" (0.71 cm <sup>2</sup> )	1 Ø 1/2" (1.29 cm <sup>2</sup> )

Fuente: Elaboración propia.

A partir del punto de corte teórico (es decir, el punto en el diagrama de momento flector ya no es el punto requerido por el diseño), la barra negativa se extenderá hasta la distancia d.

### DISEÑO POR CORTE

**Tabla N° 67.** *Diseño por corte en losa aligerada (DSP).*

	Extremo izquierdo	Extremo derecho
Fuerza cortante Vu (ton)	-0.60	1.05
Resistencia a corte $\Phi V_c$ (ton)	1.18	

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que la fuerza cortante máxima no excede la resistencia de la sección, no se requiere ensanches.

#### CONTROL DE FISURACION

Se muestra el cálculo del factor Z, respectivamente, para la pieza con el par positivo más grande y la pieza con el par negativo más grande.

Donde:

As: Área de acero colocado

Ms: Momento de servicio.

D: Peralte efectivo.

fs: Esfuerzo del Acero a tracción bajo cargas de servicio.

Act: Área efectiva del concreto en tracción.

Z: Control indirecto del ancho grietas ( $Z_{max} = 26000 \text{ kg/cm}$ ).

**Tabla N° 68.** Verificación de figuración en losa aligerada (DSP).

Sección	As (cm <sup>2</sup> )	Ms (ton-m)	d (cm)	ys (cm)	# barras	bw (cm)
M+ Max	0.71	0.3	17	3	1	10
M- Max	1.29	0.47			1	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 69.** Cálculo de factor Z (DSP).

Sección	fs (kg/cm <sup>2</sup> )	Act	Z (kg/cm)
M+ Max	2761.67	60	15593
M- Max	2381.31	60	13445

Fuente: Elaboración propia.

En ambos casos, el parámetro Z es mucho menor que el máximo permitido ( $Z = 26000 \text{ kg / cm}$ ), por lo que el elemento cumple con el límite de configuración.

## CONTROL DE DEFLEXIONES

Ottazzi Pasino (2011) “El diseño por resistencia de un elemento estructural, no garantiza necesariamente que su comportamiento bajo cargas de servicio será satisfactorio. Recuerde que la mayor parte del tiempo (por no decir todo) los elementos se encuentran solicitados por cargas de servicio y no cargas amplificadas o ultimas – que son las que utilizamos para el diseño por resistencia – por lo tanto, es indispensable verificar que los elementos no excedan los Estados Limites de servicio” (pg. 295).

La siguiente tabla muestra el cálculo de la deflexión de la viga.

Donde:

$l_n$ : Longitud libre de viga.

$E$ : Modulo de elasticidad del concreto.

$I_g$ : Momento de inercia de la sección bruta.

$M_{cr}$ : Momento de agrietamiento de la sección.

$I_{cr}$ : Momento e inercia de la sección agrietada.

$I_{ef}$ : Momento de inercia efectiva.

**Tabla N° 70.** *Cálculo de deflexiones en losa aligerada (DSP).*

$l_n$	320	cm
$b$	10	cm
$d$	17	cm
$A_s$	0.71	cm <sup>2</sup>
$A_s'$	0	
$M_s$	0.3	tn.m
$E$	217371	kg/cm <sup>2</sup>
$I_g$	11800	cm <sup>4</sup>
$f_r$	28.98	kg/cm <sup>2</sup>
$M_{cr}$	25880.82	kg.cm
$n$	9.2	
$k_d$	4.10	cm
$I_{cr}$	1317	cm <sup>4</sup>
$I_{ef}$	11800	cm <sup>4</sup>

Deflexiones ETABS		
$\delta_m$	0.09	cm
$\delta_v$	0.03	cm
Deflexiones Instantáneas		
$\delta_{im}$	0.11	cm
$\delta_{iv}$	0.03	cm
$\delta_{iv}$ (30%)	0.01	cm
Deflexiones Diferidas		
$\rho'$	0.42	%
$\xi$	2.00	
$\lambda$	1.65	
$\delta_{dm}$	0.17	cm
$\delta_{dv}$	0.05	cm
$\delta_{dv}$ (30%)	0.02	cm

Fuente: Elaboración propia.

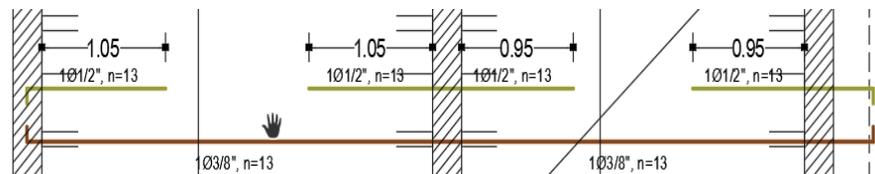
**Tabla N° 71.** Verificación de deflexiones en losa aligerada (DSP).

	V. Actual (cm)	Max. Permitido (cm)	
Deflexión inmediata Carga Viva	0.03	$L/360 =$	0.89
Deflexión total ( $\delta_{iv} + \delta_{dm} + \delta_{dv}$ (30%))	0.22	$L/480 =$	0.67

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se tiene el siguiente diseño para el paño mostrado.

**Figura N° 24.** Paño diseñado (DSP).



Fuente: Elaboración propia.

## DISEÑO DE VIGAS

La viga se diseña flexión y cortante. Se consideran las siguientes consideraciones:

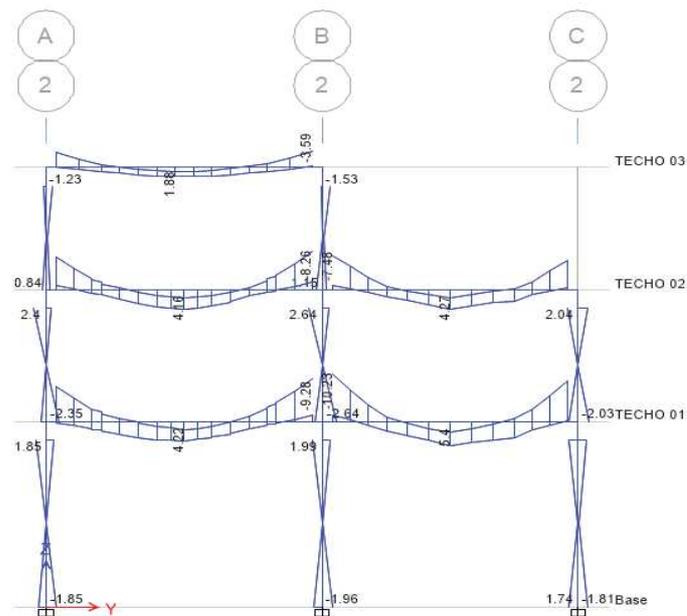
Para obtener el mapa de fuerzas en la viga, se realizó una envolvente de la combinación de sismo y gravedad. Cada viga está diseñada en la planta baja y el piso superior del primer piso. Para el diseño del primer piso se utilizó la máxima resistencia.

Colocar 1 o 2 capas de refuerzo longitudinal, dependiendo del número de refuerzos. Si solo hay una capa, cubrir una capa de cobertura de 6 cm hasta el centro de masa de la capa de refuerzo; 2 capas con un volumen de 9 cm. La viga principal tiene una altura máxima de 40 cm, por lo que la altura superior efectiva es de 36 cm para 1 piso o 31 cm para 2 pisos.

El refuerzo transversal se calculará con base en la fuerza cortante encontrada para cada viga. Sin embargo, al menos una cierta cantidad de estribos deben colocarse y colocarse en el intervalo máximo especificado por la norma.

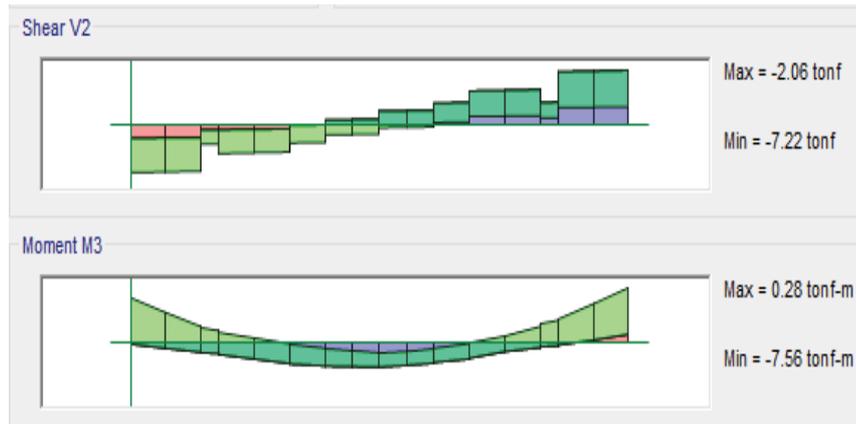
A continuación, se muestra el diseño de la viga VP-102 (25x40).

**Figura N° 25.** Diagrama momento flector Eje 2 (DSP).



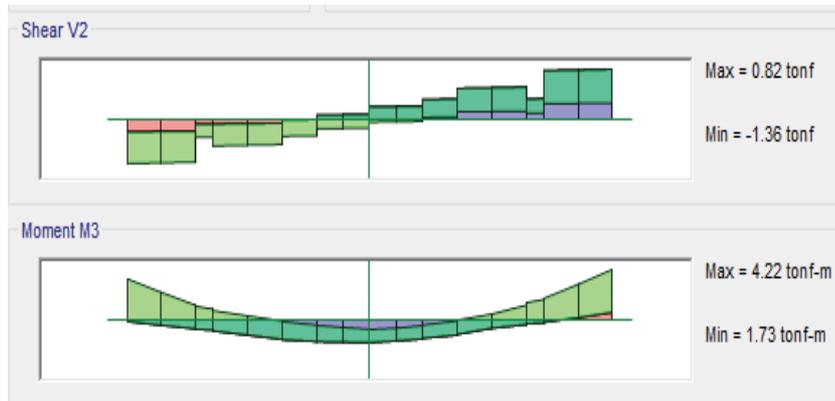
Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 26.** DMF (tn.m) y DFC (tn) lado derecho (DSP).



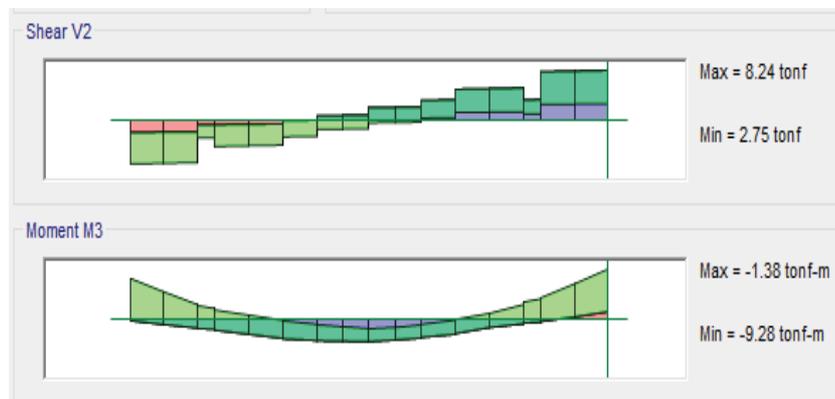
Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 27.** DMF (tn.m) y DFC (tn) centro (DSP).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 28.** DMF (tn.m) y DFC (tn) lado izquierdo (DSP).



Fuente: Elaboración propia.

## DISEÑO POR FLEXION

**Tabla N° 72.** *Diseño por flexión de la viga VP 102 (DSP).*

	Extremo Izquierdo			Extremo derecho	
	Superior	Inferior	Centro	Superior	Inferior
Momento Mu (ton-m)	-7.56	0.28	4.22	-9.28	-1.38
Cuantía Mecánica (w)	0.1872	0.0052	0.0812	0.2378	0.0257
Cuantía Diseño ( $\rho$ )	0.00936	0.00026	0.00406	0.01189	0.00128
Acero Requerido (cm <sup>2</sup> )	7.25	0.22	3.45	9.21	1.09
Acero Colocado	3 Ø 5/8" + 2 Ø 5/8" (10 cm <sup>2</sup> )	2 Ø 5/8" (4 cm <sup>2</sup> )	2 Ø 5/8" (4 cm <sup>2</sup> )	3 Ø 5/8" + 2 Ø 5/8" (10 cm <sup>2</sup> )	2 Ø 5/8" (4 cm <sup>2</sup> )

Fuente: Elaboración propia.

## DISEÑO POR CORTE

Se toman las fuerzas cortantes a una distancia "d" de la cara de cada nudo.

Sección:

b=25 cm; d1=34 cm; d2=31 cm; Av=4 cm<sup>2</sup>

**Tabla N° 73.** *Diseño por corte de la viga VP 102 (DSP).*

	Extremo izquierdo	Extremo derecho
Fuerza cortante Vu (ton)	-7.22	8.24
Resistencia a corte $\Phi V_c$ (ton)	5.95	
Vs requerido (ton)	2.54	3.74
S requerido (cm)	73	49

Fuente: Elaboración propia.

Ya que se obtienen espaciamientos de estribos muy grandes, se coloca loa estribos mínimos para vigas sísmicas, es decir: Ø 3/8": 1@5; 9@10; Resto@20 cm; A/S.

## CONTROL DE FISURACION

Se muestra el cálculo del factor Z, respectivamente, para la pieza con el par positivo más grande y la pieza con el par negativo más grande.

Donde:

As: Área de acero colocado

Ms: Momento de servicio.

D: Peralte efectivo.

fs: Esfuerzo del Acero a tracción bajo cargas de servicio.

Act: Área efectiva del concreto en tracción.

Z: Control indirecto del ancho grietas ( $Z_{max} = 26000 \text{ kg/cm}$ ).

**Tabla N° 74.** Verificación de figuración en viga VP 102 (DSP).

Sección	As (cm <sup>2</sup> )	Ms (ton-m)	d (cm)	ys (cm)	# barras	bw (cm)
M+ Max	4.00	2.85	34 cm	6 cm	2	25
M- Max	10.00	5.56	31 cm	9 cm	5	cm

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 75.** Cálculo de factor Z en viga VP 102 – 210 S/P.

Sección	fs (kg/cm <sup>2</sup> )	Act	Z (kg/cm)
M+ Max	2328.43	150	22481
M- Max	1992.83	90	18577

Fuente: Elaboración propia.

En ambos casos, el parámetro Z es muy inferior al máximo permitido ( $Z = 26000 \text{ kg / cm}$ ), por lo que este elemento cumple con el límite gráfico.

## CONTROL DE DEFLEXIONES

La siguiente tabla muestra el cálculo de la deflexión de la vigueta.

Donde:

In: Longitud libre de viga.

E: Modulo de elasticidad del concreto.

$I_g$ : Momento de inercia de la sección bruta.

$M_{cr}$ : Momento de agrietamiento de la sección.

$I_{cr}$ : Momento e inercia de la sección agrietada.

$I_{ef}$ : Momento de inercia efectiva.

**Tabla N° 76.** *Cálculo de deflexiones en viga VP 102 (DSP).*

$I_n$	500	cm
$b$	25	cm
$d$	34	cm
$d'$	31	cm
$A_{s+}$	4.00	cm <sup>2</sup>
$A_{s-}$	10.00	cm <sup>2</sup>
$M_{s+}$	2.85	tn.m
$M_{s-}$	5.56	tn.m
$E$	217371	kg/cm <sup>2</sup>
$I_g$	133333	cm <sup>4</sup>
$f_r$	28.98	kg/cm <sup>2</sup>
$M_{cr}$	193218	kg.cm
$n$	9.2	
$k_{d1}$	8.64	cm
$k_{d2}$	11.87	cm
$I_{cr+}$	29044	cm <sup>4</sup>
$I_{cr-}$	47608	cm <sup>4</sup>
$I_{ef}$	81893	cm <sup>4</sup>
Deflexiones ETABS		
$\delta_m$	0.22	cm
$\delta_v$	0.05	cm
Deflexiones Instantáneas		
$\delta_{im}$	0.34	cm
$\delta_{iv}$	0.10	cm
$\delta_{iv} (30\%)$	0.03	cm
Deflexiones Diferidas		
$\rho'$	0.47	%
$\xi$	2.00	
$\lambda$	1.62	
$\delta_{dm}$	0.54	cm
$\delta_{dv}$	0.16	cm
$\delta_{dv} (30\%)$	0.05	cm

Fuente: Elaboración propia.

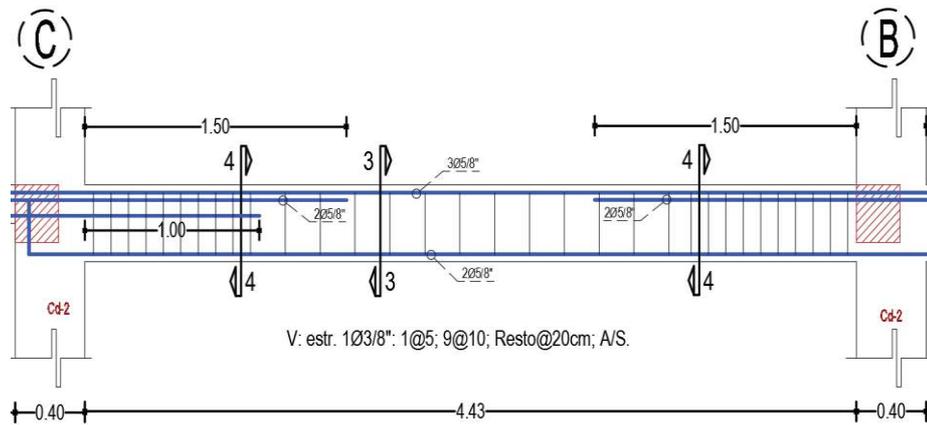
**Tabla N° 77. Verificación de deflexiones en viga VP 102 (DSP).**

	V. Actual (cm)	Max. Permitido (cm)	
Deflexión inmediata Carga Viva	0.10	$L/360 =$	1.39
Deflexión total ( $\delta_{iv} + \delta_{dm} +$ $\delta_{dv} (30\%)$ )	0.69	$L/480 =$	1.04

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se tiene el siguiente diseño de la viga VP-102. (25x40).

**Figura N° 29. Diseño de viga VP 102 (DSP):**



Fuente: Elaboración propia.

## 4.5.7. Diseño Estructural del Grupo Experimental con Poliestireno 50% (DCP50%)

### 4.5.7.1. Metrado de Cargas y Análisis

Siguiendo lo que te presenta en la Norma E.020, se utilizaron las siguientes cargas:

Carga viva: 200 kg / m<sup>2</sup> de superficie habitable. En el techo, la carga útil es de 100 kg / m<sup>2</sup>.

El peso del tabique: El muro no estructural que separa la habitación de la casa es un ladrillo industrial con huecos. Para un tabique de 15 cm de espesor, su peso específico es de 1350 kg / m<sup>3</sup>.

Piso terminado: Su espesor es de 5 cm, por lo que el peso es de 100 kg / m<sup>2</sup>.

#### LOSA ALIGERADA

Determine la carga que actúa sobre la viga plana de luz en una fábrica típica.

**Tabla N° 78.** *Metrado de Cargas en losa aligerada (DCP50%).*

<b>Metrado de cargas techo</b>		
Altura de la Losa	0.2	m
Área de concreto en Losa	0.095	m <sup>3</sup>
Peso Vol. Del Concreto	2.113	tn/m <sup>3</sup>
Peso de Ladrillo en Losa	0.072	tn/m <sup>2</sup>
Peso Total de Losa	0.273	tn/m <sup>3</sup>
Sobrecarga	0.2	tn/m <sup>2</sup>
Ancho Tributario	0.4	m
Peso de Acabados	0.1	tn/m <sup>2</sup>
Cielo Raso	0.05	tn/m <sup>2</sup>
<b>Carga muerta</b>		
Peso de Acabados	0.04	tn/m
Peso de la Losa	0.109	tn/m
Cielo Raso	0.02	tn/m
WD =	0.169	tn/m
<b>Carga viva</b>		

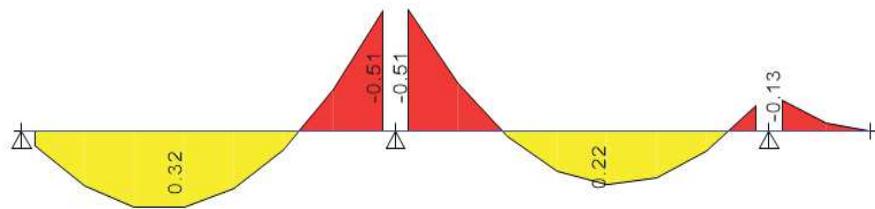
Sobrecarga	0.08	tn/m
WL =	0.08	tn/m
WU = 1.4WD+1.7WL	0.373	tn/m

Fuente: Elaboración propia.

En el programa ETABS v.16.2.0 se realizó un modelo de la vigueta como elementos tipo "frame", considerando las vigas peraltadas apoyos simples.

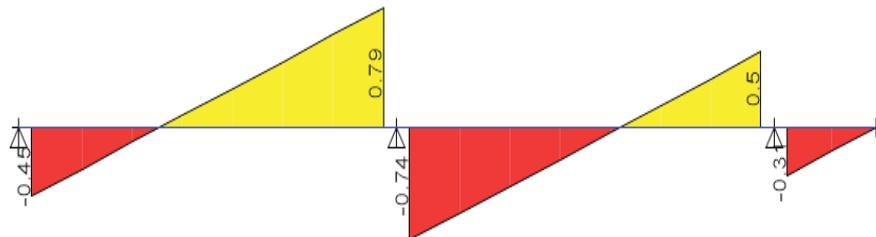
Una vez distribuida la carga, se obtendrá la carga activa, el diagrama de carga estática y la combinación de las dos condiciones de trabajo. La siguiente figura muestra el diagrama de momento flector y fuerza cortante bajo la combinación de 1.4CM + 1.7CV.

**Figura N° 30.** Momento flector en losa, ton-m (DCP50%).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 31.** Fuerza cortante en losa, ton (DCP50%).



Fuente: Elaboración propia.

## VIGAS

Para analizar la viga de terraplén, se debe determinar el área tributaria. Para la investigación y análisis se utilizó la viga principal de sección VP 102 (25x40).

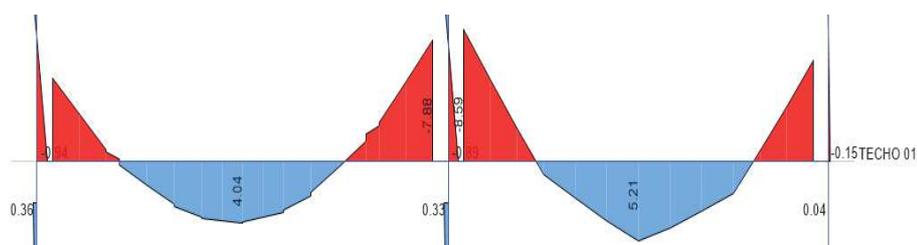
**Tabla N° 79. Medrado de carga sobre viga VP 102 (DCP50%).**

Cargas en vigas		
Sección de viga (25x40)	0.1	m <sup>2</sup>
Tabiques	1.350	tn/m <sup>3</sup>
Peso Vol. Del Concreto	2.113	tn/m <sup>3</sup>
Sobrecarga	0.2	tn/m <sup>2</sup>
Ancho Tributario	3.55	m
Peso de Acabados	0.1	tn/m <sup>2</sup>
Carga muerta		
Peso de Acabados	0.355	tn/m
Peso de la Viga	0.211	tn/m
Peso de Tabiques (15 cm)	0.719	tn/m
Peso Losa Aligerada	0.968	tn/m
WD =	2.253	tn/m
Carga viva		
Sobrecarga	0.71	tn/m
WL =	0.71	tn/m

Fuente: Elaboración propia.

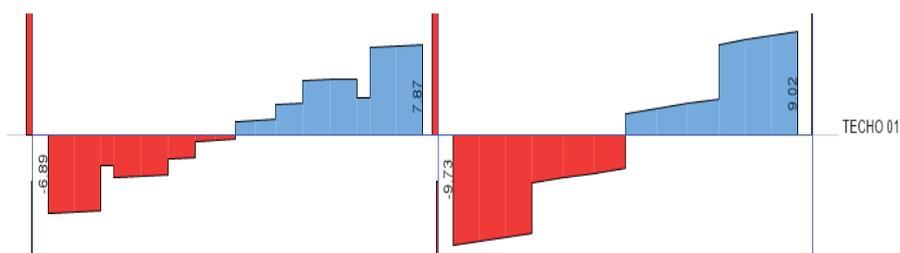
Para la combinación de 1.4 CM + 1.7 CV, se pueden obtener los siguientes diagramas de fuerza cortante y momento flector usándolo.

**Figura N° 32. Momento flector en viga, ton-m (DCP50%).**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 33. Fuerza cortante en viga, ton (DCP50%)**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.7.2. Análisis Sísmico

Son factores que modifican el espectro utilizado para el análisis de modal espectral. Estos dependen del área donde se ubica el edificio de investigación, su uso previsto, tipo de suelo y sistema estructural propuesto (parámetros sísmicos según norma E.030).

**Tabla N° 80.** Resumen de parámetros sísmicos (DCP50%).

Factor de Zona (Z)	Debido a encontrarse en Huancayo, Junín, está en la Zona 3. $Z=0.35$
Factor de Uso (U)	Debido a ser destinada al uso como Vivienda, es una Edificación Común. $U=1.00$
Factor de Suelo (S), periodos $T_p$ y $T_l$	Según el EMS se tiene un suelo de perfil S2. Ya que se encuentra en la zona sísmica 3, $S=1.15$ . Para el perfil S1 $T_p=0.6$ seg y $T_l=2.0$ seg.
Factor de Amplificación Sísmica (C)	$T < T_P$ : $C=2.5$
	$T_P < T < T_L$ : $C=2.5 \times (T_P/T)$
	$T > T_L$ : $C=2.5 \times (T_P \times T_L/T^2)$
	El valor se calculó según periodo para cada dirección
Factor de Reducción ( $R_o$ )	Se asumió que es un sistema de pórticos de concreto armado, luego es comprobado en el análisis. $R=8$

Fuente: Elaboración propia.

#### PESO DE LA EDIFICACION

Según la norma E0.30, el peso de un edificio utilizado para el análisis sísmico varía según la categoría de uso del edificio. Cuando se usa en una casa, es un tipo común, por lo que el peso sísmico a considerar es el 100% de la carga estática (D) y el 25% de la carga viva (L).

**Tabla N° 81.** *Peso sísmico por cada piso (DCP50%).*

Story	Masa tonf-s <sup>2</sup> /m	Peso tonf	Área m <sup>2</sup>	P /m <sup>2</sup> tn/m <sup>2</sup>
Techo 03	1.734	18.29	20.165	0.907
Techo 02	6.520	66.92	67.188	0.996
Techo 01	7.461	74.92	67.188	1.115

Fuente: Elaboración propia.

## IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES

### Irregularidades en altura

- Irregularidad de rigidez o piso blando

Se muestra la rigidez obtenida por el programa ETABS, que se obtiene dividiendo la fuerza cortante sísmica de cada piso por la deriva de ese piso (es decir, la deriva máxima del análisis dinámico).

**Tabla N° 82.** *Comparación de rigideces en dirección X (DCP50%).*

Story	Load Case	Stiffness X tonf/m	Ratio piso superior
Techo 03	Sismo Dinámico XX	2203.26	
Techo 02	Sismo Dinámico XX	5451.18	2.474
Techo 01	Sismo Dinámico XX	4820.49	0.884

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 83.** *Comparación de rigideces en dirección Y (DCP50%).*

Story	Load Case	Stiffness Y tonf/m	Ratio piso superior
Techo 03	Sismo Dinámico YY	2283.81	
Techo 02	Sismo Dinámico YY	5107.41	2.236
Techo 01	Sismo Dinámico YY	4614.59	0.904

Fuente: Elaboración propia.

La norma estipula que, si la rigidez lateral en el entrepiso es inferior al 70% de un nivel justo por encima de la horizontal,

existe una irregularidad en la rigidez o en el piso. Se observa que el edificio no presenta tales irregularidades.

- Irregularidad de masa o peso

La norma estipula que, si el peso sobre el piso es superior al 50% del piso adyacente, habrá irregularidades en la calidad o el peso, pero esta norma no se aplica a los techos ni a los sótanos. Como se muestra en la Tabla N ° 81. El peso sísmico de cada piso (DCP50%).

- Irregularidad de geometría vertical

Esta irregularidad puede ocurrir si el porcentaje de plantas resistentes en el piso es mayor que el de los pisos adyacentes en más de un 30% (no aplicable a cubiertas o sótanos). No aplica al edificio en estudio, porque la fábrica mantiene las mismas dimensiones en todas las plantas.

### **Irregularidades en planta**

- Irregularidad torsional

Para verificar esta irregularidad, compare la deriva en la esquina con la deriva más grande con la esquina en el lado opuesto del edificio.

**Tabla N° 84.** *Análisis de torsión en dirección X (DCP50%).*

Story	Load Case/Combo	Deriva	Deriva	Ratio
		Max. de planta	Max. opuesta	
Techo 03	DRIFF XX Max	0.003449	0.003112	1.109
Techo 02	DRIFF XX Max	0.005021	0.00463	1.085
Techo 01	DRIFF XX Max	0.005969	0.005754	1.037

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 85. Análisis de torsión en dirección Y (DCP50%).**

Story	Load Case/Combo	Deriva	Deriva	Ratio
		Max. de planta	Max. opuesta	
Techo 03	DRIFF YY Max	0.003259	0.003121	1.044
Techo 02	DRIFF YY Max	0.005335	0.004889	1.091
Techo 01	DRIFF YY Max	0.006364	0.005892	1.08

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que, en el análisis sísmico, el coeficiente de torsión máximo es 1.10, que se da en la dirección X, mientras que en la dirección Y, el coeficiente de torsión máximo es 1.09. Dado que la norma E.030 establece el valor mínimo del coeficiente de torsión en 1,30 para tener irregularidades de torsión, no existe tal irregularidad.

- Esquinas entrantes

Se observa que en la estructuración planteada para la edificación no se observa ninguna irregularidad de esquina entrante por lo que no se tiene dicha irregularidad.

Factor de reducción

Se observa que la edición no presenta ninguna irregularidad por lo que se considera como una edificación REGULAR, por lo que el valor final de R es:

$$R = I_a \times I_p \times R_o = 1 \times 1 \times 8 = 8$$

#### 4.5.7.3. Análisis Estático

Este es uno de los métodos de análisis sísmico de edificios considerados por la norma E.030, sin embargo, los resultados solo pueden usarse directamente en el diseño estructural de edificios que cumplan con ciertos requisitos, y se calcula el esfuerzo cortante de la cimentación. Peso y parámetros sísmicos.

La edificación en objeto de estudio para esta tesis, es indispensable hallar la cortante mínima de diseño:

$$V = Z \times U \times C \times S \times P / R$$

Para encontrar el coeficiente C, se realizó un análisis modal en cada dirección, restringiendo así el análisis (en el programa ETABS) a solo cada dirección. De esta forma se realiza un análisis estático:

**Tabla N° 86.** Análisis sísmico estático en dirección X (DCP50%).

Dirección X - X		
Factor de Reducción (Ro)	PÓRTICOS	8
Irregularidad en Planta(lp)	REGULAR	1.00
Irregularidad en Altura(la)	REGULAR	1.00
Factor de Reducción (R)		8.00
Factor de Zona :	Z3	0.35
Factor de Uso	C	1.00
Factor de Suelo	S2	1.15
Plataforma de Espectro	TP (S)	0.60
Plataforma de Espectro	TL (S)	2.00
Altura de Edificación:		9.35 m
Cx/Ry>0.11		0.31 Ok
Periodo Fundamental:		0.415 s
Factor de Amplificación		3.61
Factor de Amplificación		2.5
Peso muerto		151.55 Ton
Peso Vivo de Piso		34.33 Ton
Factor de Carga Viva Piso:		0.25
Peso de la Edificación:		160.13 Ton
V Estático=		20.14 Ton

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 87. Análisis sísmico estático en dirección Y (DCP50%).**

Dirección Y - Y		
Factor de Reducción (Ro)	PÓRTICOS	8
Irregularidad en Planta(lp)	REGULAR	1.00
Irregularidad en Altura(la)	REGULAR	1.00
Factor de Reducción (R)		8.00
Factor de Zona :	Z3	0.35
Factor de Uso	C	1.00
Factor de Suelo	S2	1.15
Plataforma de Espectro	TP (S)	0.60
Plataforma de Espectro	TL (S)	2.00
Altura de Edificación:		9.35 m
Cx/Ry>0.11		0.31 Ok
Periodo Fundamental:		0.425 s
Factor de Amplificación		3.53
Factor de Amplificación		2.5
Peso muerto		151.55 Ton
Peso Vivo de Piso		34.33 Ton
Factor de Carga Viva Piso:		0.25
Peso de la Edificación:		160.13 Ton
V Estático=		20.14 Ton

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en los cuadros el periodo fundamental para la dirección XX es 0.425s y para la dirección YY es 0.436, teniendo un cortante estático en ambas direcciones de 21.13 tn.

#### 4.5.7.4. Análisis Dinámico

El edificio ha resistido el espectro de pseudoaceleración la Norma E.030. Este espectro representa un terremoto de diseño, con una probabilidad de más del 10% durante una vida útil de 50 años. Como estático, el espectro de frecuencia también depende de los parámetros sísmicos:

$$S_a = Z \times U \times C \times S \times g / R$$

Espectro de diseño – NTE e.030 (Dirección xx y yy)

Departamento: Junín

Provincia: Huancayo

Distrito: Huancayo

Categoría: C – 1.00

Zona: Z3 – 0.35

Suelo: S2 – 1.15, TP=0.60 y TL=2.00

Sistema Estructural: Pórticos de concreto armado – 8.00.

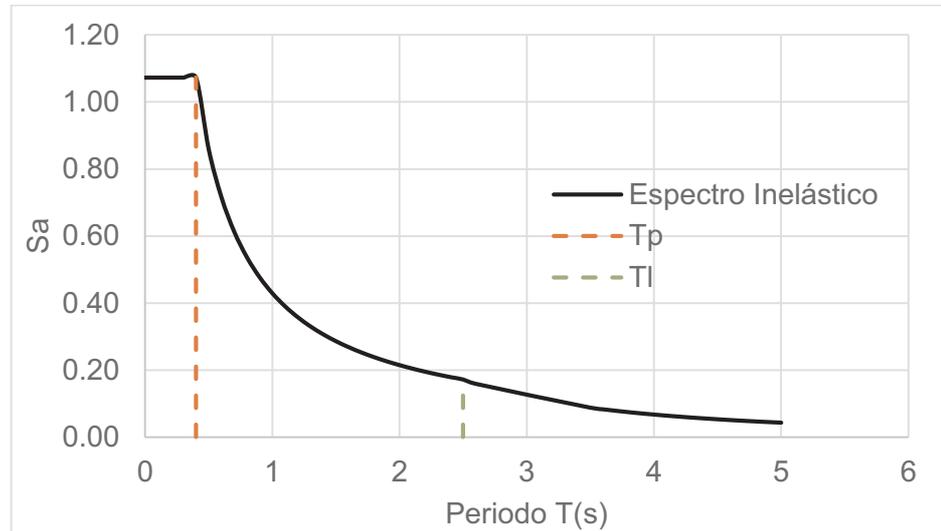
**Tabla N° 88.** *Periodos para análisis modal (DCP50%).*

<b>T</b>	<b>C</b>	<b>ZUCS/R</b>
0.00	2.5	1.2339
0.10	2.5	1.2339
0.20	2.5	1.2339
0.30	2.5	1.2339
0.40	2.5	1.2339
0.50	2.5	1.2339
0.60	2.5	1.2339
0.70	2.142857	1.0576
0.80	1.875	0.9254
0.90	1.666667	0.8226
1.00	1.5	0.7403
1.10	1.363636	0.6730
1.20	1.25	0.6170
1.30	1.153846	0.5695
1.40	1.071429	0.5288
1.50	1	0.4936
1.60	0.9375	0.4627
1.70	0.882353	0.4355
1.80	0.833333	0.4113
1.90	0.789474	0.3897
2.00	0.75	0.3702
2.10	0.680272	0.3358
2.20	0.619835	0.3059
2.30	0.567108	0.2799
2.40	0.520833	0.2571
2.50	0.48	0.2369
2.60	0.443787	0.2190
3.50	0.2449	0.1209
3.60	0.2315	0.1143
3.70	0.2191	0.1082
3.80	0.2078	0.1025
3.90	0.1972	0.0974
4.00	0.1875	0.0925
4.10	0.1785	0.0881
4.20	0.1701	0.0839
4.30	0.1622	0.0801
4.40	0.1550	0.0765
4.50	0.1481	0.0731
4.60	0.1418	0.0700
4.70	0.1358	0.0670

4.80	0.1302	0.0643
4.90	0.1249	0.0617
5.00	0.1200	0.0592

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 34.** Espectro de pseudoaceleraciones (DCP50%)

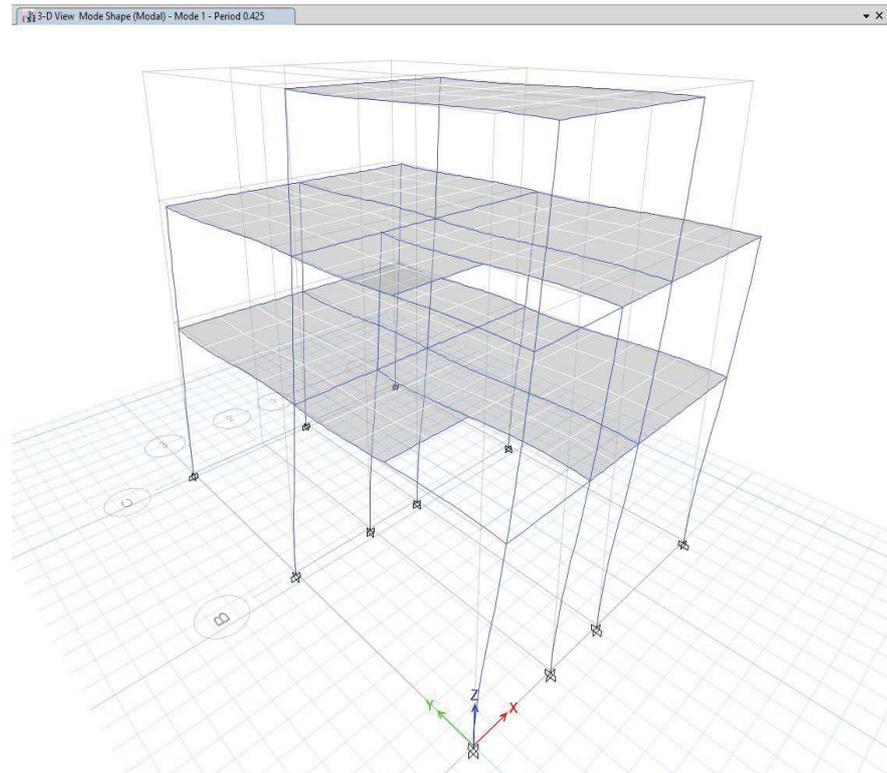


Fuente: Elaboración propia.

#### PERIODOS Y PORCENTAJE DE MASA PARTICIPANTE

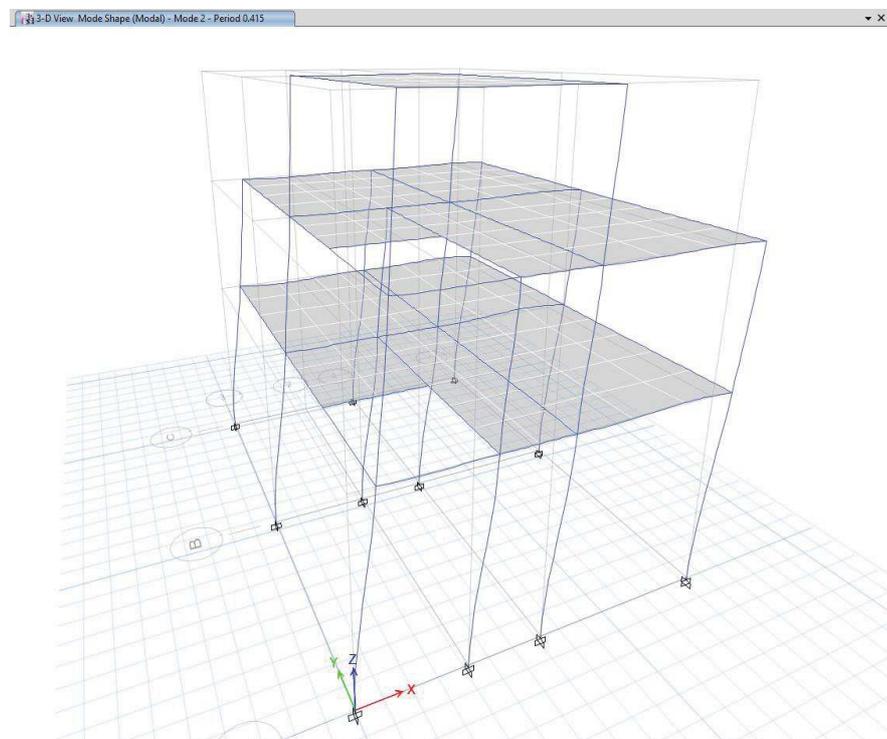
El análisis modal espectral implica someter el edificio a un espectro pseudoacelerado para obtener una respuesta a cada modo de vibración. El modo más importante de la estructura, es decir, el modo que domina el movimiento del edificio bajo la acción de un terremoto, tiene un período determinado y una mayor calidad de participación. Para el edificio en estudio, hay 3 pisos, cada uno con 3 modos de vibración, para un total de 9 modos de vibración.

**Figura N° 35. Modo 1,  $T=0.425$  s (DCP50%).**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 36. Modo 2,  $T=0.415$  s (DCP50%).**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 89. Porcentaje de masa participativa (DCP50%).**

Mode	Period	% Masa	% Masa	% Masa
	sec	Particip. X	Particip. X	Rotacnl. Z
1	0.425	0.23	91.02	2.63
2	0.415	93.83	0.25	0.01
3	0.368	0.01	2.74	92.81
4	0.148	2.92	0.06	0.03
5	0.131	0.01	4.30	0.63
6	0.116	0.21	0.12	2.09
7	0.097	2.34	0.19	0.96
8	0.084	0.34	1.06	0.18
9	0.074	0.10	0.27	0.67

Fuente: Elaboración propia.

Además del porcentaje de calidad de participación en cada dirección, también se muestra el período en cada dirección. Se observa que el primer modo es la traslación en Y con una masa participativa del 91.02%, el segundo modo es la traslación en X con una masa participativa del 93.85% y el tercero es la rotación. También vale la pena enfatizar que, debido a la simetría del edificio, no hay rotación en los dos primeros modos de vibración.

#### **4.5.7.5. Control de Desplazamientos**

Después de realizar un análisis modal, el programa analizará la respuesta del edificio a cada modo y agregará estas respuestas utilizando el criterio de combinación cuadrática completo (CQC). Después de la fusión, se obtendrán los resultados del análisis modal espectral.

La estructura seleccionada debe tener la rigidez necesaria para evitar un desplazamiento excesivo durante un terremoto. El estándar E.030 establece el límite máximo de desviación entre capas en 0,007. Para edificios convencionales, la deriva de entreplanta se obtiene multiplicando la deriva de entreplanta obtenida por análisis elástico por 0,75R.

**Tabla N° 90.** Derivas inelásticas máximas en dirección X (DCP50%).

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Techo 03	DRIFF XX Max	X	0.003449
Techo 02	DRIFF XX Max	X	0.005021
Techo 01	DRIFF XX Max	X	0.005969

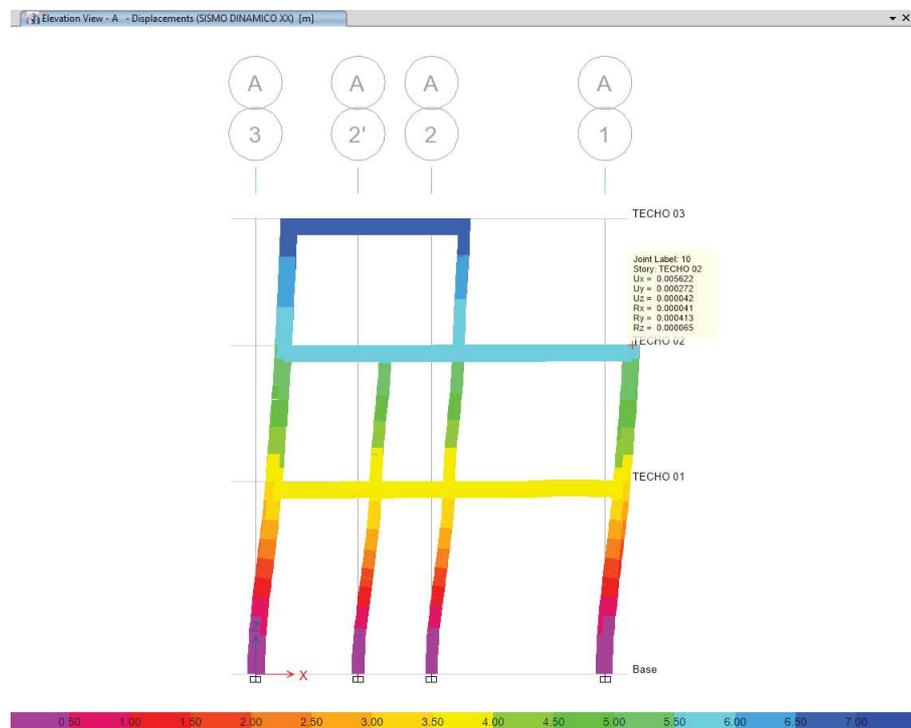
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 91.** Derivas inelásticas máximas en dirección Y (DCP50%).

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Techo 03	DRIFF YY Max	Y	0.003259
Techo 02	DRIFF YY Max	Y	0.005335
Techo 01	DRIFF YY Max	Y	0.006364

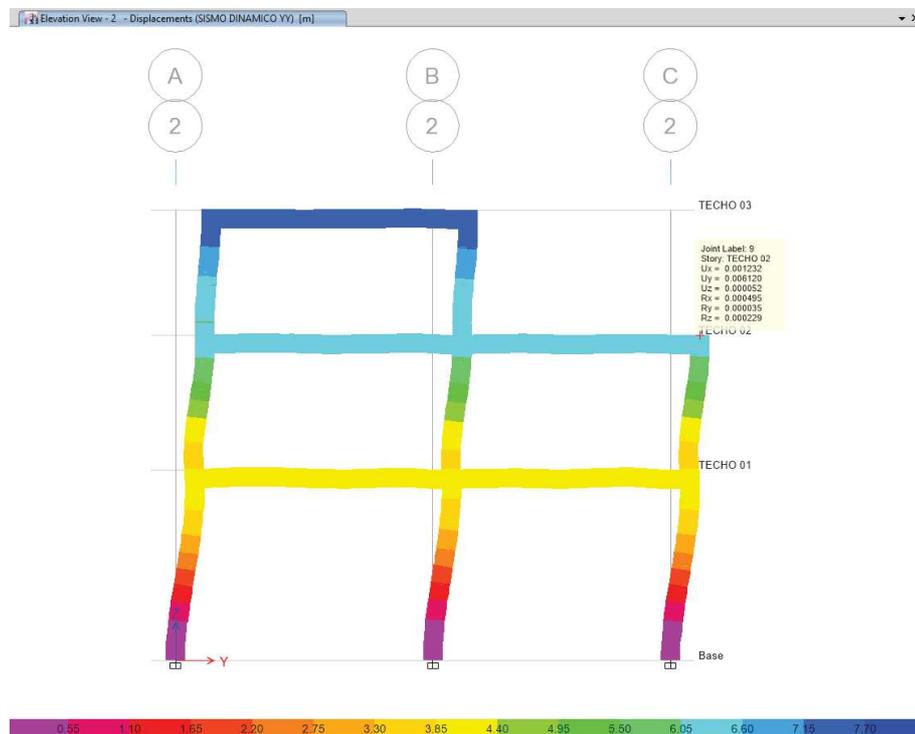
Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 37.** Desplazamientos direccion X (m)-( DCP50%).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 38.** Desplazamientos direccion Y (m)- (DCP50%).



Fuente: Elaboración propia.

### FUERZA DE CORTANTE DE DISEÑO

La fuerza cortante obtenida a través del análisis dinámico suele ser menor que la fuerza cortante obtenida del análisis estático, por lo que la norma E.030 requiere que la fuerza básica obtenida del análisis de espectro se extienda hasta alcanzar el porcentaje de la fuerza cortante básica estática.

**Tabla N° 92.** Factor de escalamiento en cada dirección (DCP50%).

	V estática	V dinámica	80% V estática	Factores Esc.
Dirección XX	20.14	18.26	16.11	0.882
Dirección YY	20.14	17.9	16.11	0.900

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, la fuerza dinámica se escala en 0.882 en la dirección XX y 0.900 en la dirección YY.

#### 4.5.7.6. Diseño en Concreto Armado

El reglamento nacional de edificaciones E.060 (2009) en el capítulo 9 indica que “los elementos estructurales deberían diseñarse para obtener en todas sus secciones resistentes de diseño calculadas para cargas y fuerzas amplificadas” (p. 65).

Para el diseño en concreto armado de la edificación se tomarán los datos del modelamiento con el programa ETABS V16.2.0, la metodología a emplear será el diseño por resistencia. El cual presenta factores de reducción resistencia y amplificación de cargas considerando la falla por resistencia ultima para la predicción de la carga del elemento y modo de colapso.

#### DISEÑO DE LOSAS ALIGERADAS

La losa aligerada se diseña por flexión y cortante. Se toman las siguientes consideraciones:

Se trata de una losa ligera tradicional compuesta por viguetas de concreto armado con forma de "T" en sección transversal. Los ladrillos de arcilla con agujeros se colocan en el espacio libre.

**Figura N° 39.** Sección típica de vigueta (DCP50%).



Fuente: Elaboración propia.

Para un diseño flexible, la cubierta en la dirección axial será de 3 cm, porque la cubierta libre en la placa plana es de 2 cm. Al diseñar el refuerzo interno, el ancho del bloque de compresión es de 40 cm, y al diseñar el refuerzo superior, el ancho es de 10 cm.

Los momentos negativos fueron tomados a la cara de viga y estos diagramas de momento flector y esfuerzo cortante fueron mostrados en la Ilustración N° 30 y N° 31.

### DISEÑO POR FLEXIÓN

**Tabla N° 93.** *Diseño por flexión en losa aligerada (DCP50%).*

	Extremo izquierdo	Centro de la Luz	Extremo derecho
Momento Mu (ton-m)	0.08	0.32	-0.51
Cuantía Mecánica (w)	0.0148	0.0608	0.0992
Cuantía Diseño ( $\rho$ )	0.00074	0.00304	0.00496
Acero Requerido (cm <sup>2</sup> )	0.13	0.52	0.84
Acero Colocado	1 Ø 1/2" (1.29 cm <sup>2</sup> )	1 Ø 3/8" (0.71 cm <sup>2</sup> )	1 Ø 1/2" (1.29 cm <sup>2</sup> )

Fuente: Elaboración propia.

A partir del punto de corte teórico (es decir, el punto en el diagrama de momento flector ya no es el punto requerido por el diseño), la barra negativa se extenderá hasta la distancia d.

### DISEÑO POR CORTE

**Tabla N° 94.** *Diseño por corte en losa aligerada (DCP50%).*

	Extremo izquierdo	Extremo derecho
Fuerza cortante Vu (ton)	-0.45	0.79
Resistencia a corte $\Phi V_c$ (ton)	1.18	

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que la fuerza cortante máxima no excede la resistencia de la sección, no se requiere abocardado.

#### CONTROL DE FISURACION

Se muestran respectivamente los cálculos del factor Z de la pieza con el par positivo más grande y la pieza con el par negativo más grande.

Donde:

As: Área de acero colocado

Ms: Momento de servicio.

D: Peralte efectivo.

fs: Esfuerzo del Acero a tracción bajo cargas de servicio.

Act: Área efectiva del concreto en tracción.

Z: Control indirecto del ancho grietas ( $Z_{max} = 26000 \text{ kg/cm}$ ).

**Tabla N° 95.** Verificación de figuración en losa aligerada (DCP50%).

Sección	As (cm <sup>2</sup> )	Ms (ton-m)	d (cm)	ys (cm)	# barras	bw (cm)
M+ Max	0.71	0.22	17	3	1	10
M- Max	1.29	0.34			1	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 96.** Cálculo de factor Z (DCP50%).

Sección	fs (kg/cm <sup>2</sup> )	Act	Z (kg/cm)
M+ Max	2025.22	60	11435
M- Max	1722.65	60	9726

Fuente: Elaboración propia.

En ambos casos, el parámetro Z es mucho menor que el máximo permitido ( $Z = 26000 \text{ kg / cm}$ ), por lo que el elemento cumple con el límite de configuración.

## CONTROL DE DEFLEXIONES

Ottazzi Pasino (2011) “El diseño por resistencia de un elemento estructural, no garantiza necesariamente que su comportamiento bajo cargas de servicio será satisfactorio. Recuerde que la mayor parte del tiempo (por no decir todo) los elementos se encuentran solicitados por cargas de servicio y no cargas amplificadas o ultimas – que son las que utilizamos para el diseño por resistencia – por lo tanto, es indispensable verificar que los elementos no excedan los Estados Limites de servicio” (pg. 295).

En los siguientes cuadros se muestra el cálculo de las deflexiones para las viguetas.

Donde:

$l_n$ : Longitud libre de vigueta.

$E$ : Modulo de elasticidad del concreto.

$I_g$ : Momento de inercia de la sección bruta.

$M_{cr}$ : Momento de agrietamiento de la sección.

$I_{cr}$ : Momento e inercia de la sección agrietada.

$I_{ef}$ : Momento de inercia efectiva.

**Tabla N° 97.** *Cálculo de deflexiones en losa aligerada (DCP50%).*

$l_n$	320	cm
$b$	10	cm
$d$	17	cm
$A_s$	0.71	cm <sup>2</sup>
$A_s'$	0	
$M_s$	0.22	tn.m
$E$	217371	kg/cm <sup>2</sup>
$I_g$	11800	cm <sup>4</sup>
$f_r$	28.98	kg/cm <sup>2</sup>
$M_{cr}$	25880.82	kg.cm
$n$	9.2	
$k_d$	4.10	cm

$I_{cr}$	1317	cm <sup>4</sup>
$I_{ef}$	11800	cm <sup>4</sup>
Deflexiones ETABS		
$\delta_m$	0.06	cm
$\delta_v$	0.03	cm
Deflexiones Instantáneas		
$\delta_{im}$	0.08	cm
$\delta_{iv}$	0.02	cm
$\delta_{iv}$ (30%)	0.01	cm
Deflexiones Diferidas		
$\rho'$	0.42	%
$\xi$	2.00	
$\lambda$	1.65	
$\delta_{dm}$	0.13	cm
$\delta_{dv}$	0.04	cm
$\delta_{dv}$ (30%)	0.01	cm

Fuente: Elaboración propia.

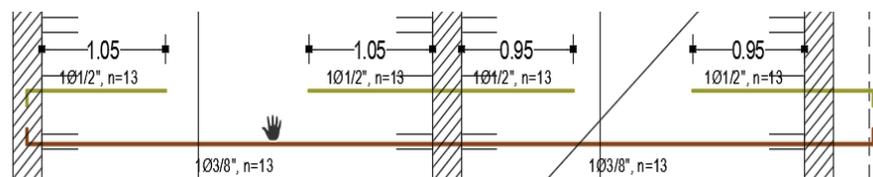
**Tabla N° 98.** Verificación de deflexiones en losa aligerada (DCP50%).

	V. Actual (cm)	Max. Permitido (cm)	
Deflexión inmediata Carga Viva	0.02	$L/360 =$	0.89
Deflexión total ( $\delta_{iv} +$ $\delta_{dm} + \delta_{dv}$ (30%))	0.16	$L/480 =$	0.67

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, realizamos los siguientes diseños para la tela mostrada.

**Figura N° 40.** Paño diseñado (DCP50%).



Fuente: Elaboración propia.

## DISEÑO DE VIGAS

La viga se diseña por flexión y cortante. Se toman las siguientes consideraciones:

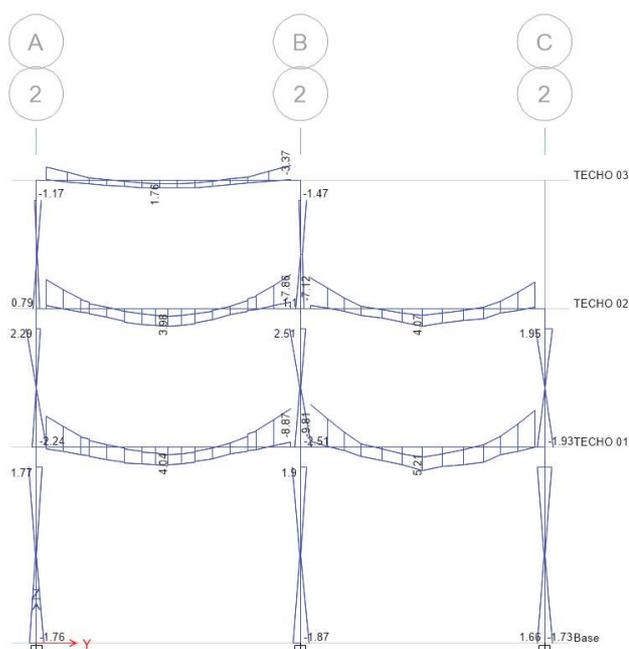
Para obtener el mapa de fuerzas en la viga, se realizó una envolvente de la combinación de terremoto y gravedad. Cada viga está diseñada en la planta baja y el piso superior del primer piso. Para el diseño del primer piso se utilizó la máxima resistencia.

Colocar 1 o 2 capas de refuerzo longitudinal, dependiendo del número de refuerzos. Si solo hay una capa, cubrir una capa de cobertura de 6 cm hasta el centro de masa de la capa de refuerzo; 2 capas con un volumen de 9 cm. La súper altura de la viga principal es de 40 cm, por lo que la súper altura efectiva es de 36 cm para 1 piso o 31 cm para 2 pisos.

El refuerzo transversal se calculará con base en la fuerza cortante encontrada para cada viga. Sin embargo, al menos una cierta cantidad de estribos deben colocarse y colocarse en el intervalo máximo especificado por la norma.

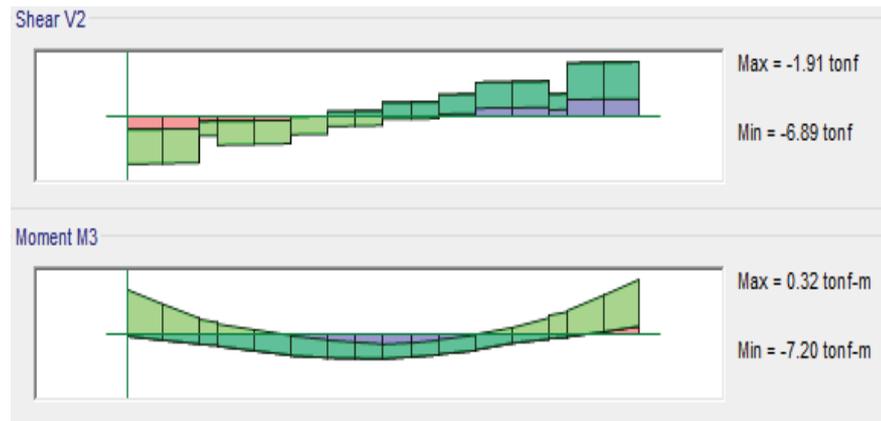
A continuación, se muestra el diseño de la viga VP-102 (25x40).

**Figura N° 41.** Diagrama momento flector Eje 2 (DCP50%).



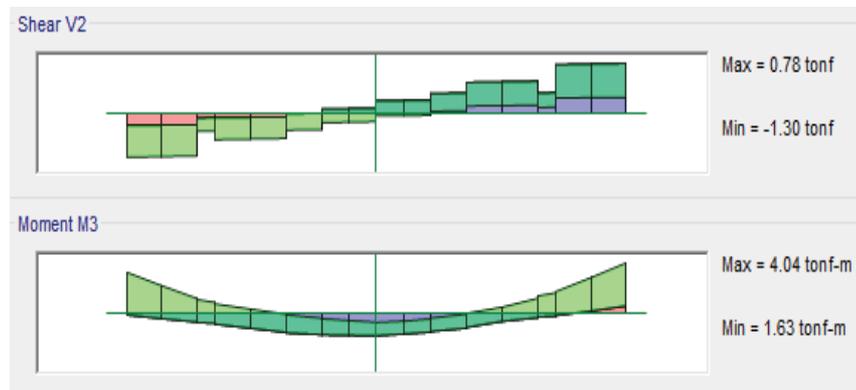
Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 42.** DMF (tn.m) y DFC (tn) lado derecho (DCP50%).



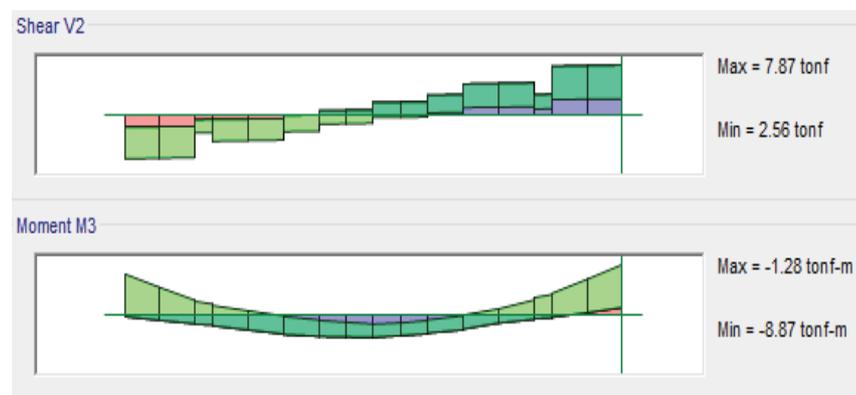
Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 43.** DMF (tn.m) y DFC (tn) centro (DCP50%).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 44.** DMF (tn.m) y DFC (tn) lado izquierdo (DCP50%).



Fuente: Elaboración propia.

## DISEÑO POR FLEXION

**Tabla N° 99.** *Diseño por flexión de la viga VP 102 (DCP50%).*

	Extremo Izquierdo			Extremo derecho	
	Superior	Inferior	Centro	Superior	Inferior
Momento Mu (ton-m)	-7.2	0.32	4.04	-8.87	-1.28
Cuantía Mecánica (w)	0.1771	0.0059	0.0775	0.2253	0.0238
Cuantía Diseño ( $\rho$ )	0.00886	0.00030	0.00388	0.01127	0.00119
Acero Requerido (cm <sup>2</sup> )	6.86	0.25	3.3	8.73	1.01
Acero Colocado	3 Ø 5/8" + 2 Ø 1/2" (8.6 cm <sup>2</sup> )	2 Ø 5/8" (4 cm <sup>2</sup> )	2 Ø 5/8" (4 cm <sup>2</sup> )	3 Ø 5/8" + 2 Ø 1/2" (8.6 cm <sup>2</sup> )	2 Ø 5/8" (4 cm <sup>2</sup> )

Fuente: Elaboración propia.

## DISEÑO POR CORTE

Se toman las fuerzas cortantes a una distancia "d" de la cara de cada nudo.

Sección:

b=25 cm; d1=34 cm; d2=31 cm; Av=4 cm<sup>2</sup>

**Tabla N° 100.** *Diseño por corte de la viga VP 102 (DCP50%).*

	Extremo izquierdo	Extremo derecho
Fuerza cortante Vu (ton)	-6.89	7.87
Resistencia a corte $\Phi V_c$ (ton)	5.95	
Vs requerido (ton)	2.15	3.31
S requerido (cm)	86	56

Fuente: Elaboración propia.

Dado que se obtuvo un espaciado de estribo muy grande, se colocó el estribo más pequeño en la viga sísmica, es decir: Ø 3/8": 1@5; 9@10; Resto@20 cm; A/S.

## CONTROL DE FISURACION

Se muestran respectivamente los cálculos del factor Z de la pieza con el par positivo más grande y la pieza con el par negativo más grande.

Donde:

As: Área de acero colocado

Ms: Momento de servicio.

D: Peralte efectivo.

fs: Esfuerzo del Acero a tracción bajo cargas de servicio.

Act: Área efectiva del concreto en tracción.

Z: Control indirecto del ancho grietas ( $Z_{max} = 26000 \text{ kg/cm}$ ).

**Tabla N° 101.** Verificación de figuración en viga VP 102 (DCP50%).

Sección	As (cm <sup>2</sup> )	Ms (ton-m)	d (cm)	ys (cm)	# barras	bw (cm)
M+ Max	4.00	2.72	34 cm	6 cm	2	25
M- Max	8.58	5.32	31 cm	9 cm	5	cm

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 102.** Cálculo de factor Z en viga VP 102 (DCP50%).

Sección	fs (kg/cm <sup>2</sup> )	Act	Z (kg/cm)
M+ Max	2222.22	150	21455
M- Max	2222.39	90	20716

Fuente: Elaboración propia.

En ambos casos, el parámetro Z es mucho menor que el máximo permitido ( $Z = 26000 \text{ kg / cm}$ ), por lo que el elemento cumple con el límite de configuración.

## CONTROL DE DEFLEXIONES

En los siguientes cuadros se muestra el cálculo de las deflexiones para las viguetas.

Donde:

ln: Longitud libre de viga.

E: Modulo de elasticidad del concreto.

$I_g$ : Momento de inercia de la sección bruta.

$M_{cr}$ : Momento de agrietamiento de la sección.

$I_{cr}$ : Momento e inercia de la sección agrietada.

$I_{ef}$ : Momento de inercia efectiva.

**Tabla N° 103.** *Cálculo de deflexiones en viga VP 102 (DCP50%).*

$I_n$	500	cm
$b$	25	cm
$d$	34	cm
$d'$	31	cm
$A_{s+}$	4.00	cm <sup>2</sup>
$A_{s-}$	8.58	cm <sup>2</sup>
$M_{s+}$	2.72	tn.m
$M_{s-}$	5.32	tn.m
$E$	217371	kg/cm <sup>2</sup>
$I_g$	133333	cm <sup>4</sup>
$f_r$	28.98	kg/cm <sup>2</sup>
$M_{cr}$	193218	kg.cm
$n$	9.2	
$k_{d1}$	8.64	cm
$k_{d2}$	11.19	cm
$I_{cr+}$	29044	cm <sup>4</sup>
$I_{cr-}$	42657	cm <sup>4</sup>
$I_{ef}$	79417	cm <sup>4</sup>
Deflexiones ETABS		
$\delta_m$	0.11	cm
$\delta_v$	0.05	cm
Deflexiones Instantáneas		
$\delta_{im}$	0.33	cm
$\delta_{iv}$	0.10	cm
$\delta_{iv} (30\%)$	0.03	cm
Deflexiones Diferidas		
$\rho'$	0.47	%
$\xi$	2.00	
$\lambda$	1.62	
$\delta_{dm}$	0.53	cm
$\delta_{dv}$	0.16	cm
$\delta_{dv} (30\%)$	0.05	cm

Fuente: Elaboración propia.

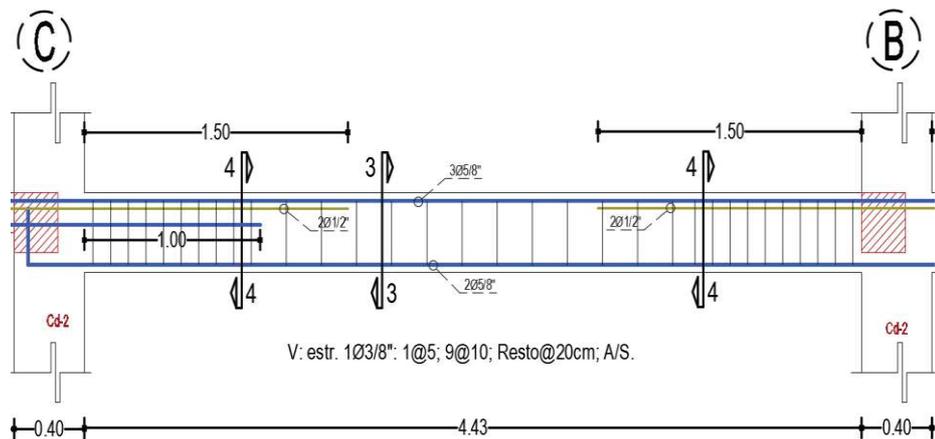
**Tabla N° 104.** Verificación de deflexiones en viga VP 102 (DCP50%).

	V. Actual (cm)	Max. Permitido (cm)	
Deflexión inmediata Carga Viva	0.10	$L/360 =$	1.39
Deflexión total ( $\delta_{iv} + \delta_{dm} + \delta_{dv} (30\%)$ )	0.68	$L/480 =$	1.04

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente tenemos el siguiente diseño de viga VP-102. (25x40).

**Figura N° 45.** Diseño de viga VP 102 (DCP50%):



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.8. Análisis comparativo cuantitativo entre el análisis sismorresistente con concreto convencional y el análisis sismorresistente con concreto modificado

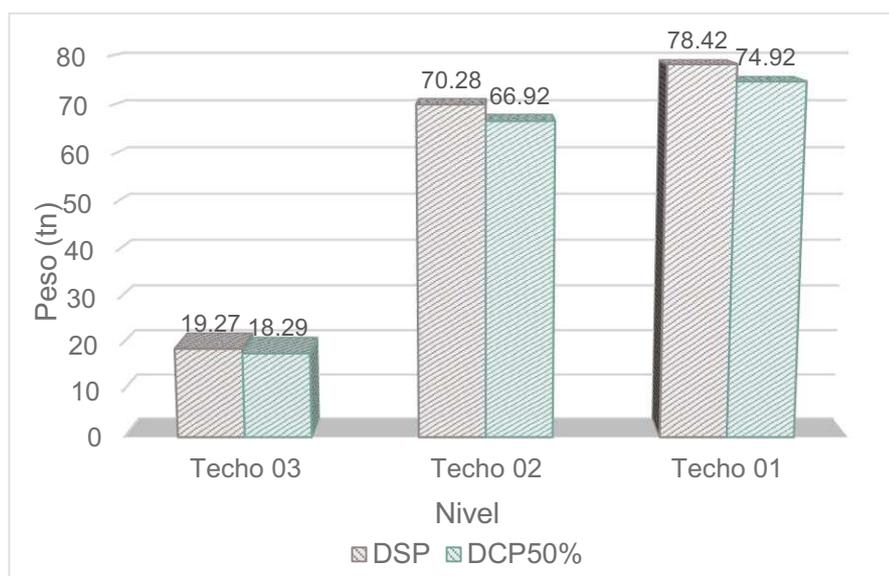
Después del análisis estructural de una vivienda unifamiliar (2 pisos), grupo de concreto convencional ( $F'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> y grupo de concreto modificado ( $F'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> más la sustitución controlada de poliestireno 50%), en el que se analizó la variación de masa y peso de la estructura como del diseño de concreto de vigas y losas aligeradas; se obtuvo los siguientes cuadros comparativos:

**Tabla N° 105.** Comparación de Masa y peso

Story	DSP		DCP 50%	
	Masa	Peso	Masa	Peso
	tonf-s <sup>2</sup> /m	tonf	tonf-s <sup>2</sup> /m	tonf
Techo 03	1.830	19.27	1.734	18.29
Techo 02	6.848	70.28	6.520	66.92
Techo 01	7.811	78.42	7.461	74.92

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 46.** Peso de la Estructura por nivel.

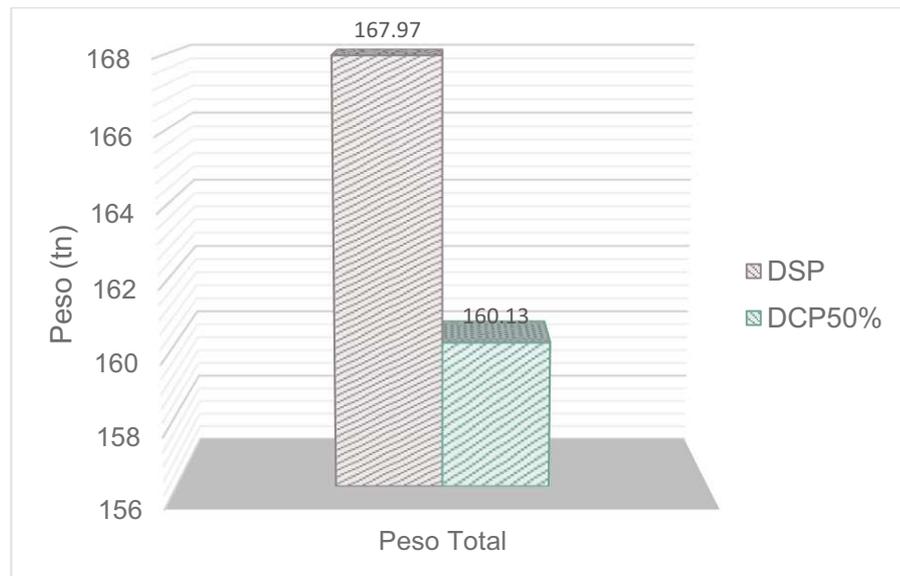


Fuente: Elaboración propia.

De la tabla N° 105 y de la figura N° 46, se observó que el grupo experimental sin poliestireno (DSP), mantiene una diferencia de

peso sobre el grupo experimental con poliestireno 50% (DCP50%); en el que se apreció una diferencia en (tn), en el Techo 01 hay una diferencia de 3.5 tn, Techo 02 hay una diferencia de 3.36 tn y en el Techo 03 hay una diferencia de 0.98 tn, así mismo se visualizó que hay una reducción de peso promedio de 5 % por cada nivel.

**Figura N° 47. Peso de la Estructura Global.**



Fuente: Elaboración propia.

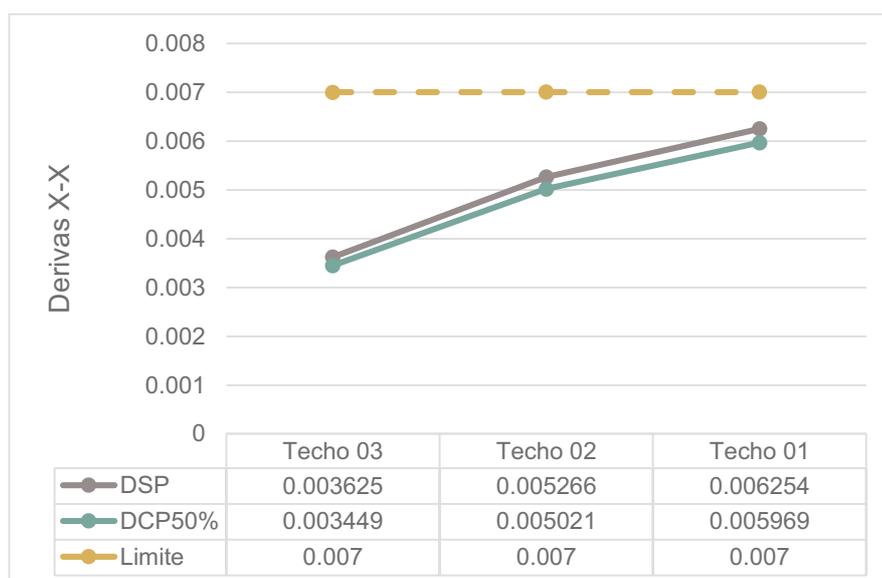
Se observó en el Figura N° 47, la diferencia del peso de la estructura entre el diseño sin poliestireno (DSP) y el diseño con poliestireno 50% (DCP50%) encontrando una diferencia de 4.7 % en el peso global de la estructura.

**Tabla N° 106. Derivas de entrepiso en dirección X-X.**

Story	DSP		DCP50%	
	Direction	Drift	Direction	Drift
Techo 03	X	0.003625	X	0.003449
Techo 02	X	0.005266	X	0.005021
Techo 01	X	0.006254	X	0.005969

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 48.** Derivas en dirección X-X.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°48, se puede visualizar la deriva X-X de cada nivel, lo que indica que el diseño experimental con 50% de poliestireno (DCP50%) es menor en promedio un 5 % que un diseño convencional.

**Tabla N° 107.** Derivas de entrepiso en dirección Y-Y.

Story	DSP		DCP50%	
	Direction	Drift	Direction	Drift
Techo 03	Y	0.003428	Y	0.003259
Techo 02	Y	0.005605	Y	0.005335
Techo 01	Y	0.006680	Y	0.006364

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°107 y Figura N°49, se puede visualizar la deriva Y-Y de cada nivel, lo que indica que el diseño experimental con 50% de poliestireno (DCP50%) es menor en promedio un 5 % que un diseño convencional.

**Figura N° 49. Derivas en dirección Y-Y.**



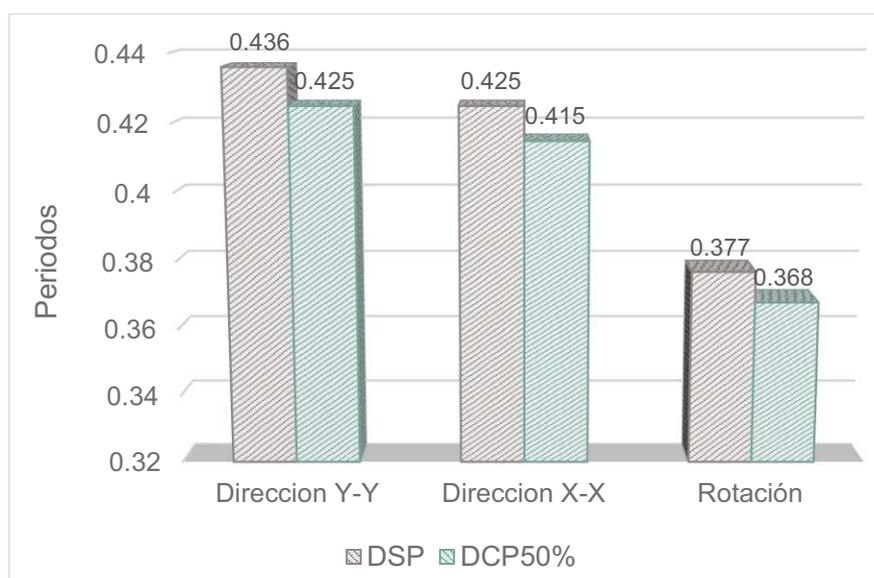
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 108. Periodos y masa participativa.**

	Periodo	% Masa	% Masa
	sec	Particip. X	Particip. Y
DSP	0.436	0.21	91.02
	0.425	93.85	0.23
DCP50%	0.425	0.23	91.02
	0.415	93.83	0.25

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 50. Modos de Vibración.**



Fuente: Elaboración propia.

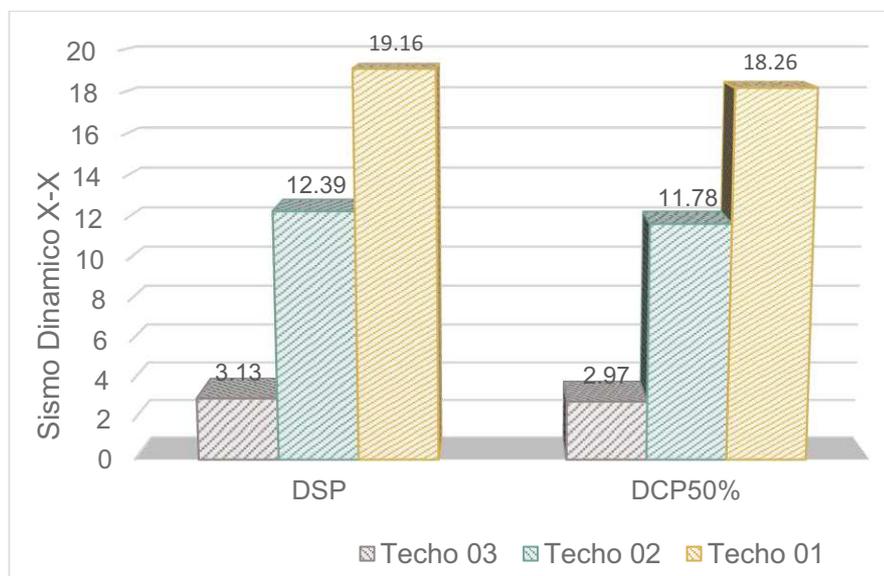
En la Figura N°50, se puede visualizar los periodos de vibración en ambas direcciones (X-Y), mostrando que el diseño experimental con poliestireno 50% (DCP50%) es menor en promedio un 2.5 % que un diseño convencional.

**Tabla N° 109.** Fuerzas Sísmicas por piso en dirección X-X.

Nivel	Dirección de Análisis	DSP	DCP50%
		Vx (tn)	Vx (tn)
Techo 03	Sismo Dinámico X-X	3.13	2.97
Techo 02	Sismo Dinámico X-X	12.39	11.78
Techo 01	Sismo Dinámico X-X	19.16	18.26

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 51.** Fuerzas por Sismo Dinámico (ton) X-X.



Fuente: Elaboración propia.

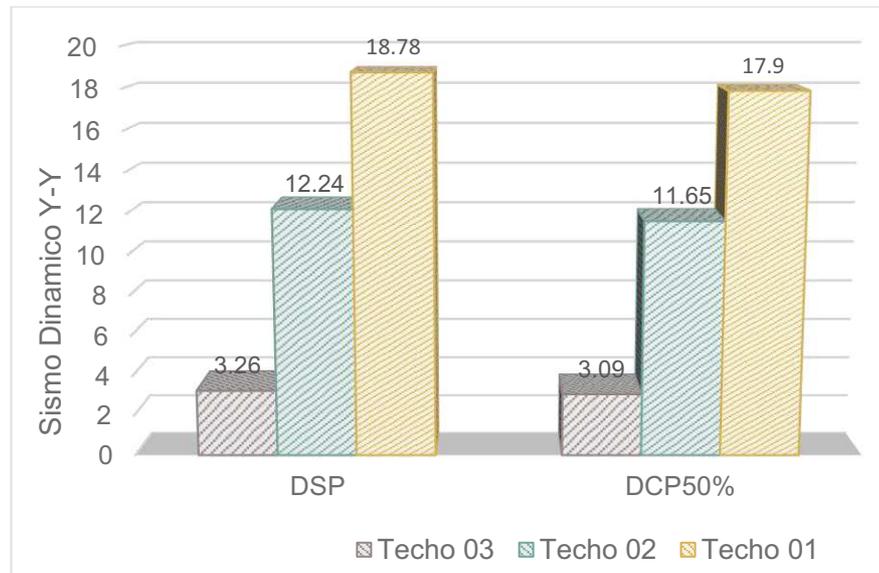
En la Tabla N°109 y Grafico N°51, se puede visualizar las fuerzas sísmicas por piso en dirección X-X, mostrando que el diseño experimental con poliestireno 50% (DCP50%) es menor que un diseño convencional, en el Techo 01 en un 4.70%, en el techo 02 en un 4.92% y en el Techo 03 en un 5.11%.

**Tabla N° 110. Fuerzas Sísmicas por piso en dirección Y-Y.**

Nivel	Dirección de Análisis	DSP	DCP50%
		Vy (tn)	Vy (tn)
Techo 03	Sismo Dinámico Y-Y	3.26	3.09
Techo 02	Sismo Dinámico Y-Y	12.24	11.65
Techo 01	Sismo Dinámico Y-Y	18.78	17.9

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 52. Fuerzas por Sismo Dinámico (ton) Y-Y.**



Fuente: Elaboración propia.

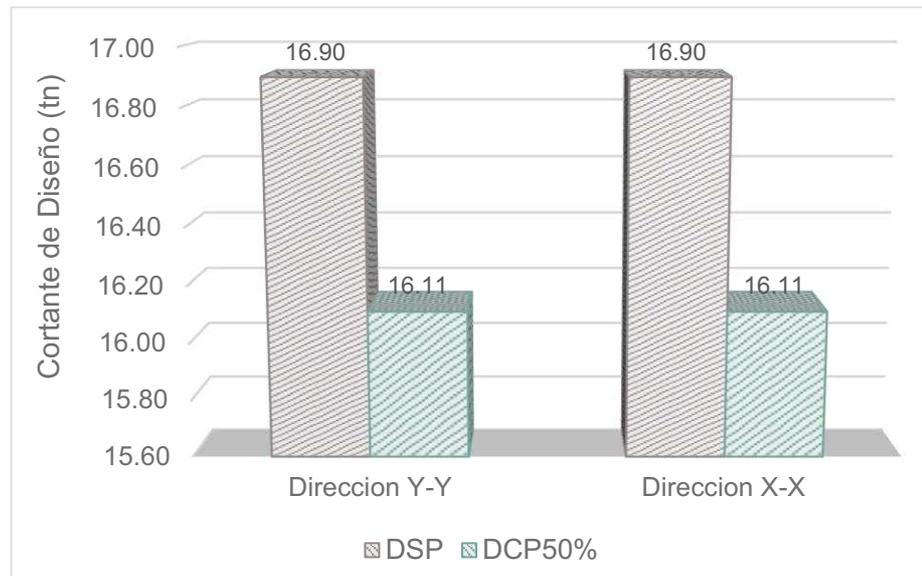
En la tabla N°110 y Figura N°52, se puede visualizar las fuerzas sísmicas por piso en dirección X-X, mostrando que el diseño experimental con poliestireno 50% (DCP50%) es menor que un diseño convencional, en el Techo 01 en un 4.69%, en el techo 02 en un 4.82% y en el Techo 03 en un 5.21%.

**Tabla N° 111. Cortante basal de diseño.**

Dirección	DSP	DCP50%
	V. Diseño (tn)	V. Diseño (tn)
XX	16.90	16.11
YY	16.90	16.11

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 53.** Cortante basal de diseño.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°53, se puede visualizar la cortante de diseño en ambas direcciones (X-Y), mostrando que el diseño experimental con poliestireno 50% (DCP50%) es menor en promedio un 5 % que un diseño convencional.

**Tabla N° 112.** Acero colocado en losa aligerada.

	DSP		DCP50%	
	Mu +	Mu -	Mu +	Mu -
Momento (tn-m)	0.44	-0.69	0.32	-0.51
Acero colocado	1 Ø 1/2" (1.29 cm <sup>2</sup> )	1 Ø 3/8" (0.71 cm <sup>2</sup> )	1 Ø 1/2" (1.29 cm <sup>2</sup> )	1 Ø 3/8" (0.71 cm <sup>2</sup> )

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°112, se puede visualizar el acero colocado en la losa aligerada del proyecto en estudio, mostrando que los momentos de diseño varían en un 27% sin embargo el acero colocado no tiene ninguna variación por ser acero mínimo para este tipo de elementos estructurales.

**Tabla N° 113. Acero colocado en vigas.**

DSP	Extremo Izquierdo		Centro	Extremo derecho	
	Superior	Inferior		Superior	Inferior
Momento (tn-m)	-7.56	0.28	4.22	-9.28	-1.38
Acero Colocado	3 Ø 5/8" + 2 Ø 5/8"	2 Ø 5/8"	2 Ø 5/8"	3 Ø 5/8" + 2 Ø 5/8"	2 Ø 5/8"
	(10 cm <sup>2</sup> )	(4 cm <sup>2</sup> )	(4 cm <sup>2</sup> )	(10 cm <sup>2</sup> )	(4 cm <sup>2</sup> )
DCP50%	Extremo Izquierdo		Centro	Extremo derecho	
	Superior	Inferior		Superior	Inferior
Momento (tn-m)	-7.2	0.32	4.04	-8.87	-1.28
Acero Colocado	3 Ø 5/8" + 2 Ø 1/2"	2 Ø 5/8"	2 Ø 5/8"	3 Ø 5/8" + 2 Ø 1/2"	2 Ø 5/8"
	(8.58 cm <sup>2</sup> )	(4 cm <sup>2</sup> )	(4 cm <sup>2</sup> )	(8.58 cm <sup>2</sup> )	(4 cm <sup>2</sup> )

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°113, se puede visualizar el acero colocado en vigas principales del proyecto en estudio, mostrando que el acero colocado para diseño experimental sin poliestireno en los momentos negativos es de (3 Ø 5/8" + 2 Ø 5/8") sin embargo, para el diseño experimental con poliestireno 50% se usa (3 Ø 5/8" + 2 Ø 1/2"), disminuyendo así un 14% de acero negativo en vigas principales.

## CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS

### 5.1. Asentamiento

- a) La hipótesis con respecto al asentamiento fue rechazada al obtenerse resultados adversos, para los ensayos del asentamiento se realizó según lo indicado en la N.T.P. 339.035.200. En el Figura N° 3, se puede observar que con la sustitución de poliestireno expandido triturado en 0%, 20%, 30%, 40%, 50% el grupo DSP obtuvo un asentamiento promedio de 3.25 pulgadas, de tal forma el grupo DCP20% obtuvo 3.50 pulgadas, el grupo DCP30% obtuvo 3.67 pulgadas, el grupo DCP40% obtuvo 4.08 pulgadas y el grupo DCP50% obtuvo 4.33 pulgadas respectivamente, estos son los resultados del asentamiento, siendo el grupo DCP50% el grupo más trabajable. Dado estos resultados fueron comparados con otras investigaciones.
- b) Según Vera Pulido (2018), se puede verificar que el asentamiento tiene un aumento por cada adición de poliestireno expandido (0.5%, 0.6%, 0.8%), en donde el máximo valor de asentamiento se vio en el grupo DPE-3 con 7 pulgadas, con lo que se puede comprobar nuestra afirmación.
- c) Según Chuquillin García (2018), se puede observar que el asentamiento aumenta por cada adición de poliestireno expandido (0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%), en donde su diseño con poliestireno con 50% de poliestireno obtuvo un valor de 110 mm que en pulgadas es 4 pulgadas, obteniendo resultados similares en nuestra investigación.
- d) Según De la Cruz (2019), se puede observar que sus grupos experimentales (GC, GE1, GE2, GE3 con adición de poliestireno de 0%, 3%, 6%, 9% respectivamente) se obtuvo un asentamiento máximo de 3.9 pulgadas correspondiente al grupo GE3, con lo que se puede afirmar que a mayor adición de poliestireno el concreto es más trabajable.

- e) En el libro Tecnología del concreto (Flavio Abanto, 2014), indica clases de asentamiento según su consistencia que está dividido en 3 partes; Seca (0" – 2", poco trabajable), Plástica (3" – 4", trabajable), Fluida (>5", muy trabajable). En donde el grupo experimental sin poliestireno DSP obtuvo un asentamiento promedio de 3.25" por lo que se considera trabajable, los grupos experimentales con poliestireno (DCP20% - DCP50%) se obtuvo valores en un rango de 3.50" – 4.33" por lo que se considera una consistencia Plástica Trabajable.

## 5.2. Peso específico

- a) La segunda hipótesis fue aceptada al obtener resultados favorables en que el que se afirma que a mayor sustitución de poliestireno mayor es la reducción de peso específico, para la obtención del peso específico del concreto simple se realizó según lo indicado en la norma ASTM c28. En el Figura N° 4, se puede observar que con la sustitución de poliestireno expandido triturado de 0%, 20% 30%, 40%, 50% el grupo DSP se obtuvo un peso específico promedio de 2296 kg/m<sup>3</sup>, en el grupo DCP20% se obtuvo 2246 kg/m<sup>3</sup>, en el grupo DCP30% se obtuvo 2198 kg/m<sup>3</sup>, en el grupo DCP40% se obtuvo 2102 kg/m<sup>3</sup>, en el grupo DCP50% en el grupo 2013 kg/m<sup>3</sup> siendo este último 12% menor que el grupo de control sin poliestireno. Dado estos resultados fueron comprobados con otras investigaciones.
- b) Según Vera Pulido (2018), se puede verificar que el peso específico disminuye por cada adición de poliestireno expandido (0.5%, 0.6%, 0.8%), en donde el máximo valor de asentamiento se vio en el grupo DPE-3 con 1673 kg/m<sup>3</sup>, siendo este el valor de peso específico más bajo con una reducción de 28.74% que su grupo de control.
- c) Según Chuquillin García (2018), se puede observar que el peso específico disminuye por cada adición de poliestireno expandido (0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%), en donde su diseño con poliestireno con 50% de poliestireno obtuvo un valor de 2060 kg/m<sup>3</sup>, siendo este el valor de peso específico más bajo con una reducción de 15.23% que su grupo de control.

- d) Según De la Cruz (2019), se puede observar que sus grupos experimentales (GC, GE1, GE2, GE3 con adición de poliestireno de 0%, 3%, 6%, 9% respectivamente) se obtuvo un valor de peso específico de 2207 kg/m<sup>3</sup> correspondiente al grupo GE3, siendo este el valor de peso específico más bajo con una reducción de 4.37% que su grupo de control.
- e) Según Mónica Lituma (2015), se puede observar que sus grupos experimentales (con sustitución de poliestireno de 0%, 30%, 45%, 60%, 75%, 90%) se obtuvo un valor de peso específico de 1019 kg/m<sup>3</sup> correspondiente al grupo experimental con 60% de poliestireno, siendo este el valor de peso específico más intermedio con una reducción de 8.6% que su grupo de control.

### **5.3. Resistencia la compresión**

- a) La hipótesis con respecto a la resistencia a la compresión fue aceptada en donde todos los grupos experimentales superaron el  $f'c$  de diseño, para la obtención de los ensayos de resistencia a la compresión se realizó según lo indicado en la N.T.P. 339.034. En el Tabla N° 47, se puede observar que con la sustitución de poliestireno expandido triturado de 0%, 20% 30%, 40%, 50% el grupo DSP se obtuvo una resistencia a compresión promedio a los 28 días de 284.21 kg/cm<sup>2</sup>, en el grupo DCP20% se obtuvo 264.19 kg/cm<sup>2</sup>, en el grupo DCP30% se obtuvo 252.38 kg/cm<sup>2</sup>, en el grupo DCP40% se obtuvo 241.93 kg/cm<sup>2</sup>, en el grupo DCP50% en el grupo 215.35 kg/cm<sup>2</sup> siendo este último 24.22% menor que el grupo de control sin poliestireno. Dado estos resultados fueron comprobados con otras investigaciones.
- b) Según Vera Pulido (2018), se puede verificar que su resistencia a compresión disminuye por cada adición de poliestireno expandido (0.5%, 0.6%, 0.8%), en donde el máximo valor de asentamiento se vio en el grupo DPE-3 a los 21 días con 123 kg/cm<sup>2</sup>, siendo este el valor de peso específico más bajo con una reducción de 69.85% que su grupo de control, este resultado es desfavorable ya que no llega a cumplir su resistencia de diseño de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.

- c) Según Chuquillin García (2018), se puede observar que su resistencia a compresión disminuye por cada adición de poliestireno expandido (0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%), en donde su diseño con poliestireno con 50% de poliestireno obtuvo un valor de 222 kg/cm<sup>2</sup>, siendo este el valor de peso específico más bajo con una reducción de 21.55% que su grupo de control, este resultado es favorable ya que llega a cumplir su resistencia de diseño de f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- d) Según De la Cruz (2019), se puede observar que sus grupos experimentales (GC, GE1, GE2, GE3 con adición de poliestireno de 0%, 3%, 6%, 9% respectivamente) se obtuvo un valor de resistencia a compresión de 202 kg/cm<sup>2</sup> correspondiente al grupo GE3, siendo este el valor de peso específico más bajo con una reducción de 4.37% que su grupo de control, este resultado es desfavorable ya que no llega a cumplir su resistencia de diseño de f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- e) Según Mónica Lituma (2015), se puede observar que sus grupos experimentales (con sustitución de poliestireno de 0%, 30%, 45%, 60%, 75%, 90%) se obtuvo un valor de resistencia a compresión de 234 kg/cm<sup>2</sup> correspondiente al grupo experimental con 60% de poliestireno, siendo este el valor de peso específico más intermedio con una reducción de 7.5% que su grupo de control, este resultado es favorable ya que llega a cumplir su resistencia de diseño de f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- f) Según la Norma E.060 Concreto Armado, en el capítulo 5 Calidad del concreto menciona que la resistencia mínima de un concreto estructural no debe ser menor que 21 Mpa o 210 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que el concreto modificado a base de poliestireno expandido triturado del grupo experimental DCP50% 215.35 kg/cm<sup>2</sup> es mayor a lo que establece la norma, lo que indica que este concreto modificado pueda ser usado en un análisis estructural.

#### 5.4. Comportamiento Sísmico

- a) La hipótesis relacionada al análisis con el desempeño sísmico fue aceptada al obtenerse resultados favorables con este concreto modificado, del Figura N°47 se puede observar los resultados del peso de la estructura en donde el diseño con poliestireno con 50% obtiene una reducción de 4.7% del peso en comparación a un concreto convencional, del Figura N° 48 y Figura N° 49 se observa los resultados de las derivas de entrepiso en dirección X-X y Y-Y en donde el diseño con poliestireno con 50% obtiene una reducción de 5% de derivas en comparación a un concreto convencional, del Figura N° 50, se observa los modos de vibración en los 3 ejes donde el diseño con poliestireno con 50% obtiene una reducción de 2.5% de periodos de vibración en comparación a un concreto convencional, del Figura N° 53 se observa los resultados de las cortantes de diseño en dirección X-X y Y-Y en donde el diseño con poliestireno con 50% obtiene una reducción de 5% de cortante basal de diseño en comparación a un concreto convencional, del Cuadro N° 93 se observa los resultados del diseño de concreto armado de una viga en donde el diseño con poliestireno con 50% obtiene una reducción de 14% de acero colocado en comparación a un concreto convencional.
- b) Según De la Cruz (2019), se puede observar que sus grupos experimentales (GC, GE1, GE2, GE3 con adición de poliestireno de 0%, 3%, 6%, 9% respectivamente) donde se obtuvo resultados; con respecto al peso de la estructura hubo una reducción de 1.6%, en la cortante basal de diseño calculo una reducción de 1.69% y en los modos de vibración una reducción de 1.63%.
- c) Según la norma E.030 Diseño Sismorresistente 2018, en el Capítulo V Requisitos de Rigidez, Resistencia y Ductilidad menciona que el desplazamiento lateral relativo Admisible para concreto Armado deberá ser menor que 0.007, en la Tabla N°108 y Tabla N° 109 se puede verificar las derivas de entrepiso en X y Y respectivamente, en donde el valor máximo en la dirección XX es 0.5969 y en la dirección YY el valor máximo es 0.6364; por lo que se considera aceptable.

## CONCLUSIONES

1. El concreto con poliestireno expandido triturado afecta positivamente en el desempeño sísmico de un sistema aperticado, reduciendo; las fuerzas sísmicas en un 4.7%, el peso de la estructura en un 4.7%, cortante basal en un 5%, desplazamiento lateral admisible (derivadas de entrepiso) en un 5% y una reducción de acero en vigas del 14%.
2. Se determinó que el diseño de mezcla con poliestireno al 50% (DCP50) fue el más óptimo para su utilización como concreto estructural, ya que supera la resistencia a compresión de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo una proporción en peso de 1 : 1.12 : 2.42 + 26.94 lts/bls.
3. Se identificó que el diseño con poliestireno al 50% (DCP50%) obtuvo una reducción de peso específico del 12.3% con un valor de 2013 kg/m<sup>3</sup> frente al Diseño sin poliestireno (DSP) con un valor de 2296 kg/m<sup>3</sup>; con estos valores se realizó el análisis de cargas donde se pudo comprobar una reducción de 4.7 % en cargas muertas.
4. Se identificó que la variación del diseño con poliestireno al 50 % (DCP50%), mejora la trabajabilidad incrementando en un 25% con respecto al diseño sin poliestireno (DSP), este resultado mejora la colocación del concreto, en elementos estructurales horizontales con alto tráfico de acero.
5. Se determinó la resistencia a compresión de todos los diseños experimentales (0%, 20%, 30%, 40% 50%) de poliestireno, obteniendo los siguientes valores (284.21 kg/cm<sup>2</sup>, 264.19 kg/cm<sup>2</sup>, 252.38 kg/cm<sup>2</sup>, 241.93 kg/cm<sup>2</sup>, 215.35 kg/cm<sup>2</sup>) respectivamente; pero que el mas óptimo es el diseño con poliestireno al 50% (DCP50%) que tuvo una reducción del 24.2%.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda, para lograr un menor peso específico con el poliestireno expandido triturado en el concreto, hacer el uso de aditivos plastificantes y de microfibras.
2. Para poder sustituir una mayor cantidad del 50% de agregado fino, se recomienda hacer uso de un aditivo plastificante, para garantizar que el concreto cumpla con la resistencia requerida y que la trabajabilidad sea óptima.
3. Usar este concreto modificado favorece económicamente y estructuralmente, pero se recomienda usar este concreto solo en elementos estructurales horizontales, tales como vigas y losas.
4. Para obtener mejores resultados de resistencia a la compresión, se recomienda a las plantas concreteras utilizar fibra de refuerzo, que mejoran en gran medida las propiedades del concreto en estado endurecido.
5. Se recomienda a los futuros investigadores, realizar el ensayo a flexotracción, con el diseño de mezcla experimental propuesto en la presente investigación y continuar con la evaluación de la cimentación de la estructura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. PASQUEL CARBAJAL, Enrique 1999 *Tópicos de tecnología del concreto (segunda edición)*, COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU; CONSEJO NACIONAL Ing. Antonio Blanco Blasco – Decano Nacional.
2. ABANTO CASTILLO, Flavio (1996) *Tecnología del concreto*; EDITORIAL SAN MARCOS; Lima – Perú.
3. VERA PULIDO, ISAU (2018), *Diseño de un concreto liviano con poliestireno expandido para la ejecución de losas en el asentamiento Humano – Ate – Lima Este (2018)*. (Tesis de pregrado), Universidad Ricardo Palma.
4. CAPECO (2018), Cámara Peruana de la Construcción, ed; III Estudio edl Mercado de Edificaciones Urbanas – Perú.
5. MONICA CRISTINA LITUMA Y BRIGIDA TATIANA ZHUNIO (2015), Influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en la resistencia a compresión del concreto (2015). (Tesis de pregrado), Universidad de Cuenca – Ecuador.
6. HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto y otros (2014) *Metodología de la investigación*; Mc GRAW HILL; México.
7. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2016) *Manual de ensayo de materiales*; Lima – Perú.
8. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO (2016) *Reglamento Nacional de Edificaciones (Novena Edición)*; EDITADO POR Instituto de Construcción y Gerencia – ICG; Lima – Perú.
9. RIVVA LOPEZ, Enrique (1992) *Diseño de mezclas*; EDITORIAL MOZLO S.C.R.L.; Lima – Perú.

10. SANCHEZ CARLESSI, Hugo y Reyes M. Carlos (1998) *Metodología y diseño de la investigación científica*; Editorial MANTARO; Lima – Perú.
11. VALDERRAMA, Santiago 2013. Pasos para elaborar Proyectos de investigación científica: cuantitativa, cualitativa y mixta. Segunda Editorial San Marcos, 2013.
12. CEBALLOS M. (2016), El concreto, material fundamental para la infraestructura, Centro de innovación Tecnológica para la Construcción, 24-25.
13. TANTAQUILLA C. (2017), Influencia de la Piedra Pómez sobre el asentamiento, densidad, absorción y resistencia a compresión en concreto liviano estructural, Perú.
14. VIERA PERALTA, Deyby (2014), Mitología de la Investigación Científica.

#### **NORMAS TECNICAS PERUANAS**

15. NTP 339.034:2015 HORMIGON (CONCRETO) Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.
16. NTP 339.035:1999 HORMIGON (CONCRETO) Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.
17. NTP 400.012:2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
18. REGLAMENTO Nacional de Edificaciones, Concreto Armado, E.060, 1 Perú: Biblioteca Nacional del Perú, 2018.
19. REGLAMENTO Nacional de Edificaciones, Concreto Armado, E.030, 1 Perú: Biblioteca Nacional del Perú, 2018.

20. REGLAMENTO Nacional de Edificaciones, Concreto Armado, E.020, 1 Perú:  
Biblioteca Nacional del Perú, 2018.

### **NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES**

21. ACI Committee 211. Práctica estándar para seleccionar el proporcionamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo.

22. ASTM C125 Terminología de norma relacionada con el concreto con el concreto y los agregados para concreto. *Standard Terminology Relating to Concrete and Aggregates.*

23. ASTM C33 Especificación de norma para agregados para concreto. *Standard specification for concrete aggregates.*

### **REVISTAS**

24. SHILSTONE Sr., James M. (Junio de 1990). Concrete Mixture Optimization. Concrete International, p33 - p39.

25. GLOBAL CONSTRUCTION (2015), Global Construction 2030 a global forecast for the construction industry to 2030.

## **ANEXOS**

## ANEXO N° 1 - MATRIZ DE CONSTENCIA

“DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020”

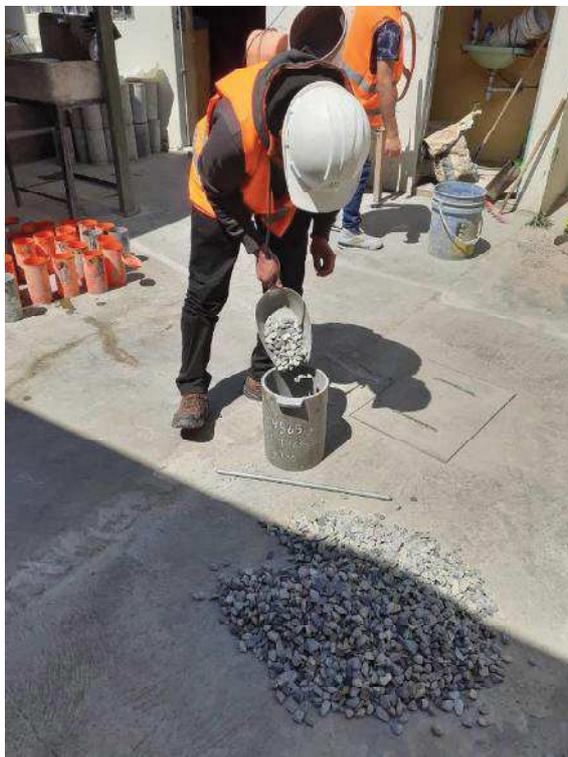
<p><b>P. GENERAL:</b></p> <p>¿Cómo afecta el concreto con poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020?</p> <p><b>P. ESPECÍFICO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál será la dosificación para el concreto <math>F'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> con poliestireno expandido triturado que se utilizará en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020?</li> <li>• ¿Cómo afecta la variación del peso específico del concreto <math>F'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> con poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020?</li> <li>• ¿Cuál es la variación en el asentamiento del concreto <math>F'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> con poliestireno expandido triturado que se utilizara en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020?</li> <li>• ¿Cómo afecta la variación de la resistencia a compresión del concreto <math>F'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> con poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020?</li> </ul>	<p><b>O. GENERAL:</b></p> <p>Analizar cómo afecta el poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020.</p> <p><b>O. ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimar la dosificación para el concreto <math>F'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> con poliestireno expandido triturado que se utilizará en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020.</li> <li>• Determinar la variación del peso específico del concreto <math>F'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> con poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020.</li> <li>• Identificar la variación en el asentamiento del concreto <math>F'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> con poliestireno expandido triturado que se utilizara en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo, 2020.</li> <li>• Evaluar la variación de la resistencia a compresión del concreto <math>F'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> con poliestireno expandido triturado en el desempeño sísmico de un sistema aporticado en el distrito de Huancayo 2020, en comparación a un concreto convencional.</li> </ul>	<p><b>J. PRÁCTICA:</b></p> <p>Esta investigación aportará alternativas para la construcción de edificaciones económicas y que a su vez tengan un mejor comportamiento frente a un evento sísmico, en la que se busca aprovechar los beneficios del poliestireno expandido triturado incorporado al concreto, en los que se tendrá en cuenta la reducción de la carga de servicio, desplazamientos y áreas de acero.</p> <p>Los ingenieros y profesionales involucrados en el sector de la construcción civil se beneficiarán de esta investigación debido a las propiedades que aporta el poliestireno expandido triturado incorporado en el concreto (Aislante térmico y Estructuras Livianas), teniendo como objetivo mejorar el comportamiento sísmico de una estructura convencional</p> <p><b>J. CIENTÍFICA:</b></p> <p>El poliestireno es un material que ya se usa en el sector de la construcción ya sea como un aislador sísmico o reemplazando a los bloques de ladrillo para techo en una losa aligerada, pero se encuentra pocos antecedentes de concreto con poliestireno expandido triturado y su uso en edificaciones. Por lo tanto, esta investigación se ve enfocada en identificar la variación que ocasionó el uso del poliestireno en el peso unitario, asentamiento, resistencia a la compresión y comportamiento sísmico, haciendo de esto un diseño experimental el cual será beneficioso para desarrollar la investigación científica en nuestra ciudad, ampliando conocimiento y alternativas de diseño de mezcla.</p> <p><b>J. METODOLÓGICA:</b></p> <p>La investigación propondrá un diseño de mezcla de concreto con poliestireno expandido triturado con el que se pretende analizar y evaluar el comportamiento sísmico de una edificación en el que se identificará la variación de carga de servicio, desplazamientos y áreas de acero en comparación a una estructura convencional.</p>	<p><b>H. GENERAL:</b></p> <p>El concreto con poliestireno expandido triturado afecta positivamente al desempeño sísmico de un sistema aporticado en comparación a un concreto convencional.</p> <p><b>H. ESPECIFICO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las dosificaciones del concreto con poliestireno expandido triturado superan una resistencia a compresión de <math>210 \text{ kg/cm}^2</math>.</li> <li>• El peso específico de los grupos experimentales con poliestireno se reducen un 10% gradualmente en comparación de un concreto convencional.</li> <li>• El asentamiento de los grupos experimentales con poliestireno triturado se reducen en 5% gradualmente en comparación de un concreto convencional, pero alcanzan ser superior a 3”.</li> <li>• La resistencia a la compresión de los grupos experimentales con poliestireno triturado se reduce un 5% gradualmente en comparación de un concreto convencional, pero alcanza ser superior a los <math>210 \text{ kg/cm}^2</math>.</li> </ul>	<p><b>a) Variable (x):</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Concreto con poliestireno expandido triturado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosificación</li> <li>• Peso Especifico</li> <li>• Asentamiento</li> <li>• Resistencia a la compresión</li> </ul> <p><b>b) Variable (y):</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Desempeño sísmico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metrado de Cargas</li> <li>• Análisis sísmico Estático</li> <li>• Análisis Sísmico Dinámico</li> </ul>	<p><b>MÉTODO:</b></p> <p>Método Científico</p> <p><b>TIPO:</b></p> <p>Investigación Aplicada</p> <p><b>NIVEL:</b></p> <p>Descriptivo</p> <p><b>DISEÑO:</b></p> <p>Experimental</p> <p><b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b></p> <p><b>Población:</b></p> <p>Para esta investigación, la población es <b>no probabilística</b>, en las que se integran todas las edificaciones con sistemas aporticados de uso vivienda unifamiliar construidas en el distrito de Huancayo.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>La muestra es <b>no probabilística</b>, ya que se realizó el diseño de una edificación de tipo vivienda unifamiliar que se ubica en el pje. Los sauces – uñas, distrito de Huancayo.</p>
--	---	--	---	--	--

## ANEXO N° 2

### PANEL FOTOGRÁFICO / CONCRETO SIN POLIESTIRENO



**Foto N° 01:** DETERMINAR EL PUC, En la Fotografía se observa el ensayo para determinar el peso unitario compactado del agregado grueso.



**Foto N° 02:** DETERMINAR EL PUS, En la Fotografía se observa el ensayo para determinar el peso unitario suelto del agregado grueso.



**Foto N° 03:** TAMIZADO DEL AGREGADO, En la Fotografía se observa el tamizado para el análisis granulométrico.



**Foto N° 04:** DETERMINAR EI PESO ESPECIFICO, En la Fotografía se observa el ensayo para determinar el peso específico del agregado fino.



**Foto N° 05:** MATERIALES Y HERRAMIENTAS, En la Fotografía se observa los materiales utilizados para la elaboración del concreto sin poliestireno.



**Foto N° 06:** PREPARACION DEL CONCRETO FC 210, En la Fotografía se observa el mezclado del concreto del grupo de control  $F'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.



**Foto N° 07:** PREPARACION DE ENSAYO DE REVENIMIENTO, En la Fotografía se observa el llenado de cono de abrams.



**Foto N° 08:** CONCRETO RECIEN COLOCADO, En la Fotografía se observa el concreto recién colocado y enrasado.



**Foto N° 09:** ENSAYO DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO FC 210, En la Fotografía se observa la medición del asentamiento.



**Foto N° 10:** CONTROL DE DIMENSIONES DE LA PROBETA, En la Fotografía se observa la medición de la altura de la altura con el calibre digital.



**Foto N° 11:** PROBETA SIN POLIESTIRENO ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE.



**Foto N° 12:** PROBETA SIN POLIESTIRENO ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE.

### ANEXO N° 3

#### PANEL FOTOGRÁFICO / CONCRETO CON POLIESTIRENO



**Foto N° 01:** PROCESAMIENTO DEL POLIESTIRENO, En la Fotografía se observa el procesamiento del poliestireno reciclado.



**Foto N° 02:** PESO UNITARIO, En la Fotografía se observa el procesamiento para la obtención del peso unitario del poliestireno triturado.



**Foto N° 03:** MATERIALES PARA LA PREPARACION DEL CONCRETO CON 30% DE POLIESTIRENO F'c 210, En la Fotografía se observa los materiales que se utilizó para la preparación del concreto con poliestireno.



**Foto N° 05:** MATERIALES PARA LA PREPARACION DEL CONCRETO CON 20% DE POLIESTIRENO F'c 210, En la Fotografía se observa los materiales que se utilizó para la preparación del concreto con poliestireno.



**Foto N° 07:** ENSAYO DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO CON POLIESTIERNO 30% FC 210, En la Fotografía se observa la medición del asentamiento.



**Foto N° 09:** ENSAYO DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO CON POLIESTIERNO 20% FC 210, En la Fotografía se observa la medición del asentamiento.



**Foto N° 10:** CONTROL DE DIMENSIONES DE LA PROBETA, En la Fotografía se observa la medición del diámetro de la probeta con el calibre digital.



**Foto N° 11:** CONTROL DE PESO DE LA PROBETA, En la Fotografía se observa el control de peso con una balanza electrónica.



**Foto N° 12:** PROBETA EXTRAIDAS DEL MOLDE, En la Fotografía se observa el marcado de las probetas para poder ser diferenciadas.



**Foto N° 13:** POZO DE CURADO DE PROBETAS



**Foto N° 14:** PROBETA CON POLIESTIRENO ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE.



**Foto N° 15:** PROBETA CON POLIESTIRENO DESPUES DEL ENSAYO DE COMPRESION



**Foto N° 16:** VISTA DE UNA PROBETA CON POLIESTIERNO DESPUES DEL ENSAYO DE COMPRESION.

**ANEXO N° 4**

<b>FICHA DE EVALUACIÓN DEL ASENTAMIENTO</b>		
<b>MUESTRA:</b> DISEÑO SIN POLIESTIRENO		
<b>FECHA:</b> 27-08-20		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDIDA</b>	
PRUEBA N° 01 - DSP	pulg.	3.25
	cm.	8.26
PRUEBA N° 02 - DSP	pulg.	3.5
	cm.	8.89
PRUEBA N° 03 - DSP	pulg.	3
	cm.	7.62
<b>OBSERVACIONES:</b>		

<b>FICHA DE EVALUACIÓN DEL ASENTAMIENTO</b>		
<b>MUESTRA:</b> DISEÑO CON POLIESTIRENO		
<b>FECHA:</b> 27-08-20		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDIDA</b>	
PRUEBA N° 01 - DCP20%	pulg.	3.5
	cm.	8.89
PRUEBA N° 02 - DCP20%	pulg.	3.25
	cm.	8.26
PRUEBA N° 03 - DCP20%	pulg.	3.75
	cm.	9.52
<b>OBSERVACIONES:</b>		

FICHA DE EVALUACIÓN DEL ASENTAMIENTO		
MUESTRA:	DISEÑO CON POLIESTIRENO	
FECHA:	28-08-20	
DESCRIPCIÓN	MEDIDA	
PRUEBA N° 01 - DCP30%	pulg.	3.75
	cm.	9.52
PRUEBA N° 02 - DCP30%	pulg.	3.5
	cm.	8.89
PRUEBA N° 03 - DCP30%	pulg.	3.75
	cm.	3.52
OBSERVACIONES:		

FICHA DE EVALUACIÓN DEL ASENTAMIENTO		
MUESTRA:	DISEÑO CON POLIESTIRENO	
FECHA:	28-08-20	
DESCRIPCIÓN	MEDIDA	
PRUEBA N° 01 - DCP40%	pulg.	4
	cm.	10.16
PRUEBA N° 02 - DCP40%	pulg.	4.25
	cm.	10.80
PRUEBA N° 03 - DCP40%	pulg.	4
	cm.	10.16
OBSERVACIONES:		

FICHA DE EVALUACIÓN DEL ASENTAMIENTO		
MUESTRA: <i>DISERÑO COO POLIESTIRENO</i>		
FECHA: <i>29-08-20</i>		
DESCRIPCIÓN	MEDIDA	
PRUEBA N° 01 - DCP50%	pulg.	<i>4.5</i>
	cm.	<i>11.43</i>
PRUEBA N° 02 - DCP50%	pulg.	<i>4.5</i>
	cm.	<i>11.43</i>
PRUEBA N° 03 - DCP50%	pulg.	<i>4</i>
	cm.	<i>10.16</i>
OBSERVACIONES:		

**ANEXO N° 5**

<b>FICHA DE EVALUACIÓN DE PESO ESPECÍFICO</b>				
<b>FECHA:</b> 27-08-20				
<b>MUESTRA</b>	<b>DIAMETRO</b>	<b>ALTURA</b>	<b>PESO</b>	<b>VOLUMEN</b>
	mm	mm	gr	m3
MUESTRA N° 07 DSP	152.78	304.17	12974	0.005630
	153.24			
	154.03	305.14		
MUESTRA N° 08 DSP	154.64	303.41	12853	0.005609
	152.58			
	153.01	303.3		
MUESTRA N° 09 DSP	153.94	306.02	12969	0.005654
	152.14			
	154.23	305.57		
<b>OBSERVACIONES:</b>				

<b>FICHA DE EVALUACIÓN DE PESO ESPECÍFICO</b>				
<b>FECHA:</b> 27-08-20				
<b>MUESTRA</b>	<b>DIAMETRO</b>	<b>ALTURA</b>	<b>PESO</b>	<b>VOLUMEN</b>
	mm	mm	gr	m3
MUESTRA N° 07 DCP20%	153.23	305.58	12687	0.005646
	153.58			
	153.25	305.81		
MUESTRA N° 08 DCP20%	153.55	305.64	12668	0.005636
	153.28			
	153.29	304.45		
MUESTRA N° 09 DCP20%	153.86	304.76	12614	0.005622
	152.67			
	153.44	304.24		
<b>OBSERVACIONES:</b>				

FICHA DE EVALUACIÓN DE PESO ESPECÍFICO				
FECHA: 28-08-20				
MUESTRA	DIAMETRO	ALTURA	PESO	VOLUMEN
	mm	mm	gr	m3
MUESTRA N° 07 DCP30%	152.19	304.61	12343	0.005623
	153.92			
	154.2			
MUESTRA N° 08 DCP30%	153.85	305.28	12431	0.005655
	153.26			
	153.22	306.35		
MUESTRA N° 09 DCP30%	153.05	304.67	12368	0.005618
	153			
	153.62	304.68		
OBSERVACIONES:				

FICHA DE EVALUACIÓN DE PESO ESPECÍFICO				
FECHA: 28-08-20				
MUESTRA	DIAMETRO	ALTURA	PESO	VOLUMEN
	mm	mm	gr	m3
MUESTRA N° 07 DCP40%	153.37	305.41	11843	0.005645
	152.65			
	154.16			
MUESTRA N° 08 DCP40%	154.36	305.44	11881	0.005638
	152.54			
	153.11	305.14		
MUESTRA N° 09 DCP40%	153.83	304.16	11758	0.005596
	152.57			
	153.12	303.25		
OBSERVACIONES:				

**FICHA DE EVALUACIÓN DE PESO ESPECÍFICO**

**FECHA:**

29-08-20

MUESTRA	DIAMETRO	ALTURA	PESO	VOLUMEN
	mm	mm	gr	m3
MUESTRA N° 07 DCP50%	152.76	304.99	11324	0.005624
	153.85			
	153.37	304.22		
MUESTRA N° 08 DCP50%	153.4	304.54	11306	0.005626
	153.02			
	153.15	305.99		
MUESTRA N° 09 DCP50%	153.75	304.24	11319	0.005618
	153.31			
	153.29	303.37		

**OBSERVACIONES:**

ANEXO N° 6

FICHA DE ENSAYO A LA COMPRESIÓN					
MUESTRA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	CARGA MAXIMA (KN)	DIAMETRO (mm)
DSP - 1	27/08/20	03/09/20	7	391.89	153.43 153.15 153.15
DSP - 2	27/08/20	03/09/20	7	373.06	153.37 153.15 153.3
DSP - 3	27/08/20	03/09/20	7	382.16	153.53 153.68 152.98
DSP - 4	27/08/20	10/09/20	14	470.65	153.26 152.9 153.61
DSP - 5	27/08/20	10/09/20	14	454.82	152.42 152.78 152.12
DSP - 6	27/08/20	10/09/20	14	466.95	152.82 153.84 153.63
DSP - 7	27/08/20	24/09/20	28	519.78	152.78 153.24 154.03
DSP - 8	27/08/20	24/09/20	28	516.3	154.64 152.58 153.1
DSP - 9	27/08/20	24/09/20	28	509.45	153.94 152.14 154.23

FICHA DE ENSAYO A LA COMPRESIÓN

MUESTRA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	CARGA MAXIMA (KN)	DIAMETRO (mm)
DCP20% - 1	27 / 08 / 20	03 / 09 / 20	7	353.57 KN	153.57
					153.32
					153.33
DCP20% - 2	27 / 08 / 20	03 / 09 / 20	7	351.48 KN	154.04
					152.38
					153.74
DCP20% - 3	27 / 08 / 20	03 / 09 / 20	7	344.1 KN	152.74
					154.14
					152.33
DCP20% - 4	27 / 08 / 20	10 / 09 / 20	14	417.61 KN	153.17
					153.31
					153.37
DCP20% - 5	27 / 08 / 20	10 / 09 / 20	14	415.72 KN	153.3
					154.33
					154.26
DCP20% - 6	27 / 08 / 20	10 / 09 / 20	14	408.71 KN	153.24
					153.4
					152.96
DCP20% - 7	27 / 08 / 20	24 / 09 / 20	28	485.81 KN	153.23
					153.58
					153.25
DCP20% - 8	27 / 08 / 20	24 / 09 / 20	28	477.2 KN	153.55
					153.28
					153.29
DCP20% - 9	27 / 08 / 20	24 / 09 / 20	28	472.56 KN	153.86
					152.67
					153.44

FICHA DE ENSAYO A LA COMPRESIÓN

MUESTRA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	CARGA MAXIMA (KN)	DIAMETRO (mm)
DCP30% - 1	28/08/20	04/09/20	7	324.7 KN	153.61 152.81 153.38
DCP30% - 2	28/08/20	04/09/20	7	330.92 KN	152.5 154.4 152.87
DCP30% - 3	28/08/20	04/09/20	7	333.59 KN	153.03 153.51 153.03
DCP30% - 4	28/08/20	11/09/20	14	391.74 KN	153.9 153.33 153.1
DCP30% - 5	28/08/20	11/09/20	14	389.26 KN	152.69 154.04 153.04
DCP30% - 6	28/08/20	11/09/20	14	379.04 KN	153.58 153.2 152.87
DCP30% - 7	28/08/20	25/09/20	28	457.48 KN	152.19 153.92 154.2
DCP30% - 8	28/08/20	25/09/20	28	465.4 KN	153.85 153.26 153.22
DCP30% - 9	28/08/20	25/09/20	28	448.87 KN	153.05 153 153.62

FICHA DE ENSAYO A LA COMPRESIÓN

MUESTRA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	CARGA MAXIMA (KN)	DIAMETRO (mm)
DCP40% - 1	28/08/20	04/09/20	7	324.7 KN	153.26 152.9 153.61
DCP40% - 2	28/08/20	04/09/20	7	330.92 KN	152.42 152.78 152.12
DCP40% - 3	28/08/20	04/09/20	7	333.59 KN	152.82 153.84 153.63
DCP40% - 4	28/08/20	11/09/20	14	391.74 KN	153.85 152.98 152.96
DCP40% - 5	28/08/20	11/09/20	14	389.26 KN	154.01 153.06 152.76
DCP40% - 6	28/08/20	11/09/20	14	379.04 KN	154.22 152.73 152.9
DCP40% - 7	28/08/20	25/09/20	28	457.48 KN	153.37 152.65 154.16
DCP40% - 8	28/08/20	25/09/20	28	465.4 KN	154.36 152.54 153.11
DCP40% - 9	28/08/20	25/09/20	28	448.87 KN	153.83 152.57 153.12

**FICHA DE ENSAYO A LA COMPRESIÓN**

MUESTRA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	CARGA MAXIMA (KN)	DIAMETRO (mm)
DCP50% - 1	29/08/20	05/09/20	7	278.21 KN	153.55
					152.2
					153.3
DCP50% - 2	29/08/20	05/09/20	7	269.9 KN	153.12
					153.48
					153.36
DCP50% - 3	29/08/20	05/09/20	7	272.62 KN	153.72
					152.79
					153.15
DCP50% - 4	29/08/20	12/09/20	14	322.2 KN	153
					153.29
					153.48
DCP50% - 5	29/08/20	12/09/20	14	326.63 KN	152.01
					152.45
					152.17
DCP50% - 6	29/08/20	12/09/20	14	327.35 KN	152.99
					153.41
					153.89
DCP50% - 7	29/08/20	26/09/20	28	390.23 KN	152.76
					153.85
					153.37
DCP50% - 8	29/08/20	26/09/20	28	380.46 KN	153.4
					153.02
					153.15
DCP50% - 9	29/08/20	26/09/20	28	399.11 KN	153.75
					153.31
					153.29

**ANEXO N° 7**  
**INSTRUMENTO DE EVALUACION**

<b>PROYECTO</b>		<b>"Desempeño Sísmico De Un Sistema Aporticado Utilizando Concreto Con Poliestireno Expandido Triturado En El Distrito De Huancayo, 2020"</b>					
AUTOR		LLANA CORDOVA JONATAN IVAN					
V.INDEPENDIENTE		CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO					
V.DEPENDIENTE		DESEMPEÑO SÍSMICO					
FECHA		DICIEMBRE 2020					
<b>Concreto</b>							
Descripción		Resistencia a la compresión			Slump	F'c	Peso Especifico
		7	14	28			
Concreto normal	0%						
Concreto con Poliestireno	20%						
	30%						
	40%						
50%							
<b>Derivas inelásticas máximas</b>							
Descripción		Limite	Techo 1	Techo 2	Techo 3	Observación	
Concreto Convencional	Dirección XX	0.007					
	Dirección YY	0.007					
Concreto con Poliestireno	Dirección XX	0.007					
	Dirección YY	0.007					
<b>Peso de la estructura</b>							
Descripción		Magnitud	Techo 1	Techo 2	Techo 3	Observación	
Concreto Convencional	Masa	tn-s <sup>2</sup> /m					
	Peso	tn					
Concreto con Poliestireno	Masa	tn-s <sup>2</sup> /m					
	Peso	tn					
<b>Periodos y Masa Participativa</b>							
Descripción		Magnitud	XX	YY	Rotación	Observación	
Concreto Convencional	Periodo	sec.					
	Masa	%					
Concreto con Poliestireno	Periodo	sec.					
	Masa	%					
<b>Fuerzas Sísmicas</b>							
Descripción		Magnitud	Techo 1	Techo 2	Techo 3	Observación	
Concreto Convencional	Dirección XX	tn					
	Dirección YY	tn					
Concreto con Poliestireno	Dirección XX	tn					
	Dirección YY	tn					
Apellidos y nombres		REYNOSO OSCANOA, JAVIER					
CIP		87680					
Grado académico		Magister					

## ANEXO N° 8

### ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS

#### Análisis de precios unitarios

Partida		CONCRETO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>				Costo unitario directo ppg., m <sup>3</sup>	
Rendimiento	m <sup>3</sup> /DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000				302.73
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>						
XXXXXXXX		OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	14.75	5.90
XXXXXXXX		OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	12.84	5.14
XXXXXXXX		PEON	hh	6.0000	2.4000	11.58	27.79
XXXXXXXX		OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.4000	14.75	5.90
							<b>44.73</b>
	<b>Materiales</b>						
XXXXXXXX		GASOLINA	gal		0.0300	12.50	0.38
XXXXXXXX		PIEDRA CHANCADA 3/4"	m <sup>3</sup>		0.3350	60.00	20.10
XXXXXXXX		ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>		0.3270	80.00	26.16
XXXXXXXX		AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>		0.2320	5.00	1.16
XXXXXXXX		CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.6100	23.50	202.34
							<b>250.14</b>
	<b>Equipos</b>						
XXXXXXXX		HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	44.73	2.24
XXXXXXXX		VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.4000	5.11	2.04
XXXXXXXX		MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.4000	8.96	3.58
							<b>7.86</b>

Partida		CONCRETO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> + 50% DE POLIESTIRENO				Costo unitario directo ppg., m <sup>3</sup>	
Rendimiento	m <sup>3</sup> /DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000				292.87
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>						
XXXXXXXX		OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	14.75	5.90
XXXXXXXX		OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	12.84	5.14
XXXXXXXX		PEON	hh	6.0000	2.4000	11.58	27.79
XXXXXXXX		OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.4000	14.75	5.90
							<b>44.73</b>
	<b>Materiales</b>						
XXXXXXXX		GASOLINA	gal		0.0300	12.50	0.38
XXXXXXXX		PIEDRA CHANCADA 3/4"	m <sup>3</sup>		0.3350	60.00	20.10
XXXXXXXX		ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>		0.1630	80.00	13.04
XXXXXXXX		AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>		0.2320	5.00	1.16
XXXXXXXX		POLIESTIRENO EXPANDIDO	m <sup>3</sup>		0.1630	20.00	3.26
XXXXXXXX		CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.2200	23.50	202.34
							<b>240.28</b>
	<b>Equipos</b>						
XXXXXXXX		HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	44.73	2.24
XXXXXXXX		VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.4000	5.11	2.04
XXXXXXXX		MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.4000	8.96	3.58
							<b>7.86</b>

VARIACION DE PRECIO POR M<sup>3</sup> = s/. 9.86

VARIACION PORCENTUAL = 3.25% más económico que un concreto convencional.

**ANEXO N° 9**

**ENSAYO DE AGREGADOS, CERTIFICADOS DE LABORATORIO DE  
TODOS LOS GRUPOS EXPERIMENTALES**



Tesis : DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA APORCADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020  
 Peticionario : BACH. LLANA CORDOVA JONATAN IVAN  
 Fecha de recepción : jueves, 20 de Agosto de 2020  
 Fecha de emisión : miércoles, 26 de Agosto de 2020

**CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO GRUESO**

CANTERA: SAN JERONIMO  
 MUESTRA: M-1

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO  
 N.T.P. 400.017**

**I. PESO UNITARIO SUELTO SECO - PUSS**

	MUESTRA Nº 01		
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJIA (kg)	18.220	18.135	18.160
PESO DE LA VASIJIA (kg)	4.565	4.565	4.565
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (kg)	13.655	13.57	13.595
CONSTANTE (1/Vol.molde)	105	105	105
PESO APARENTE SUELTO (kg/m <sup>3</sup> )	1434	1425	1427
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO HUMEDO (kg/m <sup>3</sup> )	1429		
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO SECO (kg/m <sup>3</sup> )	1427		

**II. PESO UNITARIO COMPACTADO SECO - PUCS**

	MUESTRA Nº 01		
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + VASIJIA (kg)	19.130	19.140	18.995
PESO DE LA VASIJIA (kg)	4.565	4.565	4.565
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (kg)	14.565	14.575	14.430
CONSTANTE (1/Vol.molde)	105	105	105
PESO APARENTE COMPACTADO (kg/cm <sup>3</sup> )	1529	1530	1515
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO HUMEDO (kg/m <sup>3</sup> )	1525		
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (kg/m <sup>3</sup> )	1523		

**CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DEL AGREGADO GRUESO  
 N.T.P. 339.185**

	MUESTRA Nº 01	
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (kg)	533.9	533.9
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (kg)	533.3	533.3
TARA	79.6	80.6
CONTENIDO DE AGUA (kg)	0.6	0.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.13	0.13
PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.13	

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO  
 N.T.P. 400.021**

I. DATOS		
Peso de la muestra secada al horno ( A )	2961	2961
Peso de la muestra saturada con superficie seca ( B )	3000	3000
Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla dentro del agua	2790	2790
Peso de la canastilla dentro del agua	910	910
Peso de la muestra saturada dentro del agua ( C )	1880	1880
II. RESULTADOS		
PESO ESPECIFICO DE MASA [ P.E.M. = A / B - C ]	2.64	2.64
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO [ P.E.M.S.S.S. = B / (B - C) ]	2.68	2.68
PESO ESPECIFICO APARENTE [ P.E.A. = A / (A - C) ]	2.74	2.74
PORCENTAJE DE ABSORCION ( B - A ) / A * 100	1.33	1.33

**OBSERVACIONES** : Muestras provista e identificada por el interesado  
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI. GP 004. 1993)

**EQUIPO UTILIZADO:**  
 Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (FORNEY)  
 Estufa utilizada: Modelo 5THX-2A-120°C, Serie 13018 -  
 Balanza OHAUS SPJ600L, Nº Serie 8411400997 - 6000gr.



Tesis : "DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020"  
 Peticionario : BACH. LLANA CORDOVA JONATAN IVAN  
 Fecha de recepción : jueves, 20 de Agosto de 2020  
 Fecha de emisión : miércoles, 26 de Agosto de 2020

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 400.012:13 - ASTM C 136-96a

Código ASTM C 136-96a  
 Standard Test Method for Sieve Analysis of  
 Titulo Fine and Coarse Aggregates.

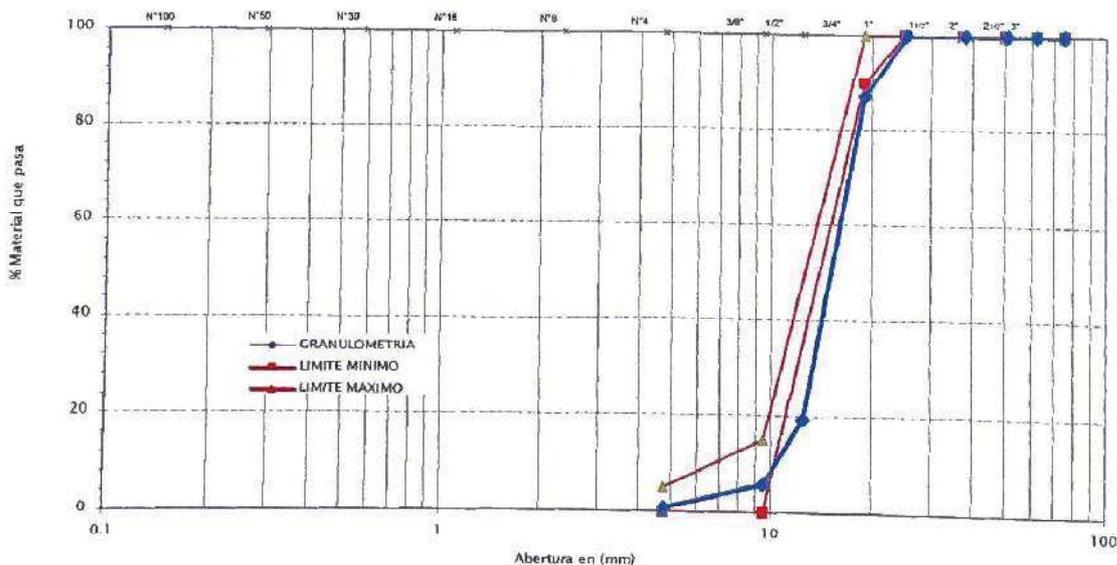
Código NTP 400.012:13  
 Titulo AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado  
 fino, grueso y global

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Abertura (mm)	Material retenido			%Muestra que Pasa	Especif. Huso N°6	
		Peso Ret.	%Ret.	%Ret. Acum.		min. %	max %
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	420.0	12.3	12.8	87.2	90.0	100.0
1/2"	12.50	2222.8	67.8	80.6	19.39	20.0	25.0
3/8"	9.50	445.90	13.60	94.21	5.79	0.0	15.0
N°4	4.75	167.80	5.12	99.33	0.67	0.0	5.0
FONDO	0.00	22.10	0.67	100.00	-	-	-
TOTAL		3278.60	100.00				

Lugar	SAN JERONIMO
Muestra	M1

CURVA GRANULOMETRICA



**OBSERVACIONES** : Muestras provista e identificada por el interesado  
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICATION (FORNEY)  
 Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 - Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración N°MT - LT - 141 - 2019)  
 Balanza OHAUS SPJ6001, N° Serie B411400997 - 6000gr. Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración N°MT - LM - 261 - 2019)



Tesis : "DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA AISLADO EN BARRAS DE CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO"  
 Peticionario : BACH. LLANA-CORDOVA, JONATAN IVAN  
 Fecha de recepción : Jueves, 20 de Agosto de 2020  
 Fecha de emisión : miércoles, 26 de Agosto de 2020

**CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO FINO**

CANTERA: PILCOMAYO  
 MUESTRA: M-1

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO  
 N.T.P. 400.017**

**I. PESO UNITARIO SUELTO SECO - PUSS**

	MUESTRA N° 01		
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJAS (kg)	14.13	14.14	14.11
PESO DE LA VASIJAS (kg)	8.475	8.475	8.475
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (kg)	5.65	5.665	5.635
CONSTANTE (1/Vol.molde)	308.7	308.7	308.7
PESO APARENTE SUELTO (kg/m3)	1744	1749	1739
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO HUMEDO (kg/m3)	1744		
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO SECO (kg/m3)	1724		

**II. PESO UNITARIO COMPACTADO SECO - PUCS**

	MUESTRA N° 01		
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + VASIJAS (kg)	14.40	14.37	14.36
PESO DE LA VASIJAS (kg)	8.48	8.48	8.48
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (kg)	5.92	5.89	5.89
CONSTANTE (1/Vol.molde)	308.66	308.66	308.66
PESO APARENTE COMPACTADO (kg/cm3)	1827	1818	1816
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO HUMEDO (kg/m3)	1821		
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (kg/m3)	1800		

**CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DEL AGREGADO FINO  
 N.T.P. 339.185**

	MUESTRA N° 01	
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr) + TARA	436.70	436.70
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (g) + TARA	432.60	432.60
TARA	76.10	76.10
CONTENIDO DE AGUA (kg)	4.10	4.10
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.15	1.15
PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.15	

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO  
 N.T.P. 400.021**

**I. DATOS**

Peso de la arena superficialmente seca + peso del balon + peso del agua	957.60	957.60
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balon	651.20	651.30
Peso del agua ( W = 1-2 )	306.40	306.30
Peso de la arena secada al horno + peso del balon	635.60	635.70
Peso del balon	151.20	151.30
Peso de la arena secada al horno ( A = 4-5 )	484.40	484.40
Volumen del balon V = 500 ml	500.00	500.00

**II. RESULTADOS**

PESO ESPECIFICO DE MASA [ P.E.M. = A / ( V - W ) ]	2.50	2.50
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO [ P.E.M.S.S.S. = 500 / ( V - W ) ]	2.58	2.58
PESO ESPECIFICO APARENTE [ P.E.A. = A / ( V - W ) - ( 500 - A ) ]	2.72	2.72
PORCENTAJE DE ABSORCION [ ( 500 - A ) / A * 100 ]	3.22	3.22

**OBSERVACIONES**

: Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICATION (FORNEY)

Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 -

Balanza OHAUS SPJ6001, N° Serie B411400997 - 6000gr.



Tesis

“DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO  
CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO  
DE HUANCAYO, 2020”

Peticionario

BACH. LLANA CORDOVA JONATAN IVAN

Fecha de recepción

jueves, 20 de Agosto de 2020

Fecha de emisión

miércoles, 26 de Agosto de 2020

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 400.012:13 - ASTM C 136-96a

Código ASTM C 136-96a

Standard Test Method for Sieve Analysis of  
Fine and Course Aggregates.

Código NTP 400.012:13

AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado  
fino, grueso y global

Título

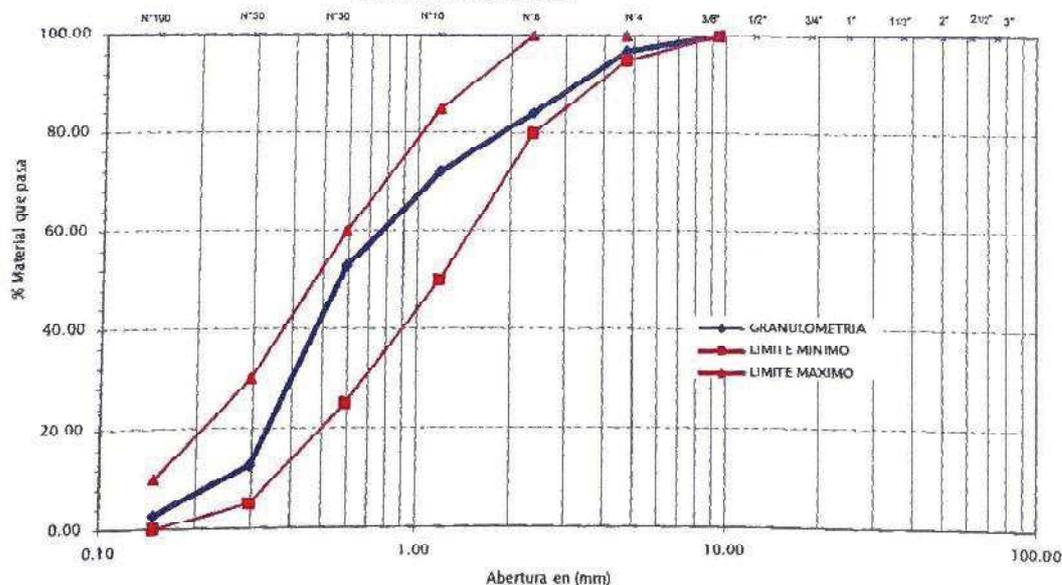
Título

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Abertura (mm)	Material retenido			%Muestra que Pass.	Especif.	
		Peso Ret.	%Ret.	%Ret. Acum.		min. %	max %
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	5.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N°4	4.75	67.80	3.14	3.14	96.86	95.00	100.00
N°8	2.36	236.10	12.81	15.94	84.06	80.00	100.00
N°16	1.18	220.60	11.98	27.92	72.08	50.00	85.00
N°30	0.59	355.70	19.29	47.21	52.79	25.00	60.00
N°50	0.30	741.40	40.21	87.42	12.58	5.00	30.00
N°100	0.15	180.70	9.90	97.22	2.78	0.00	10.00
FONDO	0.00	51.20	2.78	100.00			
TOTAL		1843.70	100.00				

Lugar	PILCOMAYO
Muestra	M1

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES

Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICATION (FORNEY)

Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 - Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración N°MT - LT - 141 - 2019)

Balanza OHAUS SPJ6001, N° Serie B411400997 - 6000gr. Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración N°MT - LM - 261 - 2019)



DS0012826082020

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 AGREGADOS Y CONCRETO**
**INFORME N° DS0012826082020**

Tesis : "DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020"

Peticionario : BACH. LLANA CORDOVA JONATAN IVAN

Fecha de recepción : jueves, 20 de Agosto de 2020

Fecha de emisión : miércoles, 26 de Agosto de 2020

**DISEÑO DE MEZCLAS ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ )**

CEMENTO : ANDINO TIPO I  
 Peso específico : 3.12

**AGREGADO FINO**  
 ARENA GRUESA  
 CANTERA: PILCOMAYO

**AGREGADO GRUESO**  
 PIEDRA CHANCADA 3/4"  
 CANTERA: SAN JERONIMO

Peso específico de masa	: 2.50	Peso específico de masa	: 2.64
Peso específico de masa S.S.S.	: 2.58	Peso específico de masa S.S.S.	: 2.68
Peso específico de aparente	: 2.72	Peso específico de aparente	: 2.74
Peso unitario suelto	: 1724 Kg/m <sup>3</sup>	Peso unitario suelto	: 1427 Kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	: 1800 Kg/m <sup>3</sup>	Peso unitario compactado	: 1523 Kg/m <sup>3</sup>

**GRANULOMETRIA**

Malla	% Retenido	Malla	% Retenido
1/2"	1.2	2"	0.0
3/8"	2.6	1 1/2"	0.0
N°4	15.0	1"	0.0
N°8	13.0	3/4"	18.6
N°16	8.3	1/2"	74.0
N°30	9.1	3/8"	6.8
N°50	30.1	N°4	0.4
N°100	15.8	FONDO	0.1
FONDO	5.0		

Modulo de fineza	: 3.174	Tamaño Maximo Nominal	: 3/4"
Absorción	: 3.22 %	Absorción	: 1.33%
Humedad	: 1.15 %	Humedad	: 0.13%

Van...///



Vienen...!!!



DS0012826082020

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES AGREGADOS Y CONCRETO

INFORME N° DS0012826082020

Tesis : "DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020"  
Peticionario : BACH. LLANA CORDOVA JONATAN IVAN  
Fecha de recepción : jueves, 20 de Agosto de 2020  
Fecha de emisión : miércoles, 26 de Agosto de 2020

### DISEÑO DE MEZCLAS ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ )

ASENTAMIENTO : 3 - 4 pulg.  
FACTOR CEMENTO : 8.61  $\text{bc/m}^3$   
RELACION AGUA CEMENTO DE OBRA : 0.630  
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO : 0.560  
PROPORCIÓN EN PESO : 1 : 2.23 : 2.42 / 26.94 lt/bolsa de cemento  
PROPORCIÓN EN VOLUMEN : 1 : 1.92 : 2.54 / 26.94 lt/bolsa de cemento

### CANTIDAD DE MATERIALES SECOS POR METRO CUBICO

CEMENTO	:	366 kg	: ANDINO TIPO I
AGUA	:	205 L	: POTABLE
AGREGADO FINO	:	808 kg	CANTERA: PILCOMAYO
AGREGADO GRUESO	:	883 kg	CANTERA: SAN JERONIMO

### CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO, CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	:	366 kg	: ANDINO TIPO I
AGUA	:	232 L	: POTABLE
AGREGADO FINO	:	817 kg	CANTERA: PILCOMAYO
AGREGADO GRUESO	:	884 kg	CANTERA: SAN JERONIMO

\*MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

\*EN OBRA CORREGIR POR HUMEDAD.

\*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



DSD0012826092020

 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 AGREGADOS Y CONCRETOS

INFORME N° DSD0012826092020

Tesis : "DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020"

Peticionario : BACH. LLANA CORDOVA JONATAN IVAN

Fecha de recepción : jueves, 24 de Setiembre de 2020

Fecha de emisión : jueves, 24 de Setiembre de 2020

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a**

**Código** : NTP 339.034:2008, (revisada el 2013)

**Título** : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

**Código** : ASTM C39 / C39M - 14a

**Título** : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO (cm)	CARGA MÁXIMA (KN)	Fc DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	Fc (kg/cm <sup>2</sup> )
1	POLIESTIRENO AL 0%	15.32	391.89	210	27/08/2018	3/09/2018	7	216.66
2	POLIESTIRENO AL 0%	15.33	373.06	210	27/08/2018	3/09/2018	7	206.17
3	POLIESTIRENO AL 0%	15.34	382.16	210	27/08/2018	3/09/2018	7	210.86
4	POLIESTIRENO AL 0%	15.33	470.65	210	27/08/2018	10/09/2018	14	260.16
5	POLIESTIRENO AL 0%	15.24	454.82	210	27/08/2018	10/09/2018	14	254.11
6	POLIESTIRENO AL 0%	15.34	466.95	210	27/08/2018	10/09/2018	14	257.53
7	POLIESTIRENO AL 0%	15.34	519.78	210	27/08/2018	24/09/2018	28	286.97
8	POLIESTIRENO AL 0%	15.34	516.3	210	27/08/2018	24/09/2018	28	284.71
9	POLIESTIRENO AL 0%	15.34	509.45	210	27/08/2018	24/09/2018	28	280.95

**Observaciones:** Muestras provista e identificada por el interesado

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolución N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**Equipo Utilizado**

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°033-566, certificado de calibración MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory de Maryland, USA), patrón utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibración LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



Nataly Lucía Cordova Zorrilla  
 CIP. 148899  
 Serente de Mecánica de Suelos y Geotecnia



DSD0012826092020

 LABORATORIO DE ENsayOS MECANICOS  
 AGREGADOS Y CONCRETOS

INFORME N° DSD0012826092020

Tesis : "DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020"

Peticionario : BACH. LLANA CORDOVA JONATAN IVAN

Fecha de recepción : jueves, 24 de Setiembre de 2020

Fecha de emisión : jueves, 24 de Setiembre de 2020

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a**

**Código** : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

**Título** : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

**Código** : ASTM C39 / C39M - 14a

**Título** : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO (cm)	CARGA MÁXIMA (KN)	Fc DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Dias)	fc (kg/cm <sup>2</sup> )
1	POLIESTIRENO AL 20%	15.34	353.57	210	27/08/2018	3/09/2018	7	195.06
2	POLIESTIRENO AL 20%	15.34	351.48	210	27/08/2018	3/09/2018	7	193.96
3	POLIESTIRENO AL 20%	15.31	344.1	210	27/08/2018	3/09/2018	7	190.67
4	POLIESTIRENO AL 20%	15.33	417.61	210	27/08/2018	10/09/2018	14	230.76
5	POLIESTIRENO AL 20%	15.40	415.72	210	27/08/2018	10/09/2018	14	227.69
6	POLIESTIRENO AL 20%	15.32	408.71	210	27/08/2018	10/09/2018	14	226.09
7	POLIESTIRENO AL 20%	15.34	485.81	210	27/08/2018	24/09/2018	28	268.20
8	POLIESTIRENO AL 20%	15.34	477.2	210	27/08/2018	24/09/2018	28	263.38
9	POLIESTIRENO AL 20%	15.33	472.56	210	27/08/2018	24/09/2018	28	260.99

**Observaciones:** Muestras provista e identificada por el interesado

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**Equipo Utilizado**

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-XS, serie 011926, certificado de calibración MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA), Patrón utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1 - certificado de calibración LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



**Nataly Lucía Cordova Zorrilla**  
 CIP. 143899  
 Serenista de Mecánica de Suelos y Geotecnia



DSD0012826092020



INFORME N° DSD0012826092020

Tesis : "DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020"

Peticionario : BACH. LLANA CORDOVA JONATAN IVAN

Fecha de recepción : viernes, 25 de Setiembre de 2020

Fecha de emisión : viernes, 25 de Setiembre de 2020

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a**

**Código** : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

**Título** : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

**Código** : ASTM C39 / C39M - 14a

**Título** : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO (cm)	CARGA MÁXIMA (KN)	Fc DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	fc (kg/cm <sup>2</sup> )
1	POLIESTIRENO AL 30%	15.33	324.7	210	28/08/2018	4/09/2018	7	179.46
2	POLIESTIRENO AL 30%	15.33	330.92	210	28/08/2018	4/09/2018	7	182.92
3	POLIESTIRENO AL 30%	15.32	333.59	210	28/08/2018	4/09/2018	7	184.56
4	POLIESTIRENO AL 30%	15.32	391.74	210	28/08/2018	11/09/2018	14	216.59
5	POLIESTIRENO AL 30%	15.33	389.26	210	28/08/2018	11/09/2018	14	215.17
6	POLIESTIRENO AL 30%	15.32	379.04	210	28/08/2018	11/09/2018	14	209.63
7	POLIESTIRENO AL 30%	15.34	457.48	210	28/08/2018	25/09/2018	28	252.29
8	POLIESTIRENO AL 30%	15.34	465.4	210	28/08/2018	25/09/2018	28	256.63
9	POLIESTIRENO AL 30%	15.32	448.87	210	28/08/2018	25/09/2018	28	248.23

**Observaciones:** Muestras provista e identificada por el interesado

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**Equipo Utilizado**

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°000256, certificado de calibracion MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory de Maryland, USA), certificado de calibracion Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibracion LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



**Nataly Lucia Cordova Zorrilla**  
 CIP. 148899  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia



DSD0012826092020

 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIAS  
 AGREGADOS Y CONCRETOS

INFORME N° DSD0012826092020

Tesis : "DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020"

Peticionario : BACH. LLANA CORDOVA JONATAN IVAN

Fecha de recepción : viernes, 25 de Setiembre de 2020

Fecha de emisión : viernes, 25 de Setiembre de 2020

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a**

**Código** : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

**Título** : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

**Código** : ASTM C39 / C39M - 14a

**Título** : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO (cm)	CARGA MÁXIMA (KN)	Fc DISEÑO kg/cm <sup>2</sup>	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	fc (kg/cm <sup>2</sup> )
1	POLIESTIRENO AL 40%	15.33	313.01	210	28/08/2018	4/09/2018	7	173.02
2	POLIESTIRENO AL 40%	15.24	305.21	210	28/08/2018	4/09/2018	7	170.52
3	POLIESTIRENO AL 40%	15.34	310.14	210	28/08/2018	4/09/2018	7	171.05
4	POLIESTIRENO AL 40%	15.33	370.01	210	28/08/2018	11/09/2018	14	204.51
5	POLIESTIRENO AL 40%	15.33	373.74	210	28/08/2018	11/09/2018	14	206.54
6	POLIESTIRENO AL 40%	15.33	360.33	210	28/08/2018	11/09/2018	14	199.09
7	POLIESTIRENO AL 40%	15.34	442.49	210	28/08/2018	25/09/2018	28	244.16
8	POLIESTIRENO AL 40%	15.33	433.02	210	28/08/2018	25/09/2018	28	239.11
9	POLIESTIRENO AL 40%	15.32	438.28	210	28/08/2018	25/09/2018	28	242.53

**Observaciones:** Muestras provista e identificada por el interesado

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**Equipo Utilizado**

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°03-2565, Certificado de calibración MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA), patrón utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibración LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
 CIP: 148899  
 Serente de Mecánica de Suelos y Geotecnia



DSD0012826092020



INFORME N° DSD0012826092020

Tesis : "DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020"

Peticionario : BACH. LLANA CORDOVA JONATAN IVAN

Fecha de recepción : sábado, 26 de Setiembre de 2020

Fecha de emisión : sábado, 26 de Setiembre de 2020

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a**

**Código** : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

**Título** : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

**Código** : ASTM C39 / C39M - 14a

**Título** : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO (cm)	CARGA MÁXIMA (KN)	Fc DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	Fc (kg/cm <sup>2</sup> )
1	POLIESTIRENO AL 50%	15.34	278.21	210	29/08/2018	5/09/2018	7	153.60
2	POLIESTIRENO AL 50%	15.33	269.9	210	29/08/2018	5/09/2018	7	149.07
3	POLIESTIRENO AL 50%	15.32	272.62	210	29/08/2018	5/09/2018	7	150.77
4	POLIESTIRENO AL 50%	15.33	322.2	210	29/08/2018	12/09/2018	14	178.10
5	POLIESTIRENO AL 50%	15.22	326.63	210	29/08/2018	12/09/2018	14	183.04
6	POLIESTIRENO AL 50%	15.34	327.35	210	29/08/2018	12/09/2018	14	180.54
7	POLIESTIRENO AL 50%	15.33	390.23	210	29/08/2018	26/09/2018	28	215.51
8	POLIESTIRENO AL 50%	15.32	380.46	210	29/08/2018	26/09/2018	28	210.49
9	POLIESTIRENO AL 50%	15.35	399.11	210	29/08/2018	26/09/2018	28	220.06

**Observaciones:** Muestras provista e identificada por el interesado

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**Equipo Utilizado**

Presna de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie 1032595, certificado de calibracion MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory de Maryland, USA, primer uso) Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibracion LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



Nataly Lucia Coruña Zorrilla  
 CIP 148200  
 Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

**ANEXO N° 10**  
**PLANOS**

**ESPECIFICACIONES SISMO RESISTENTES**

NORMA DE DISEÑO SISMO RESISTENTE: E-030, (DECRETO SUPREMO N°003-2016/INMENA)  
 METODO DEL ANALISIS SIMICO: ANALISIS DINAMICO MODAL ESPECTRAL.

**PARAMETROS DE DISEÑO DE LAS EST.**

PARAMETROS PARA DEFINIR EL ESPECTRO DE DISEÑO (Sd)  
 ZONIFICACION : HUANCAYO - ZONA 3

CONDICIONES LOCALES  
 FACTOR DE ZONA (Z): 0.35

PERFIL DEL SUELO: TIPO S2  
 FACTOR DE AMPLIFICACION DEL SUELO (S) = 1.15

CATEGORIA DE LA EDIFICACION  
 CATEGORIA: C (EDIFICACION COMUN)

FACTOR DE USO (U), (B) = 1.00

SISTEMA ESTRUCTURAL: SISTEMA DUAL AMBOS SENTIDOS  
 COEFICIENTE DE REDUCCION SISTEMA DE PORTICOS: R=8 (X-X)

CONFIGURACION ESTRUCTURAL: ESTRUCTURA REGULAR

SISTEMA ESTRUCTURAL: SISTEMA DUAL AMBOS SENTIDOS  
 COEFICIENTE DE REDUCCION SISTEMA DE PORTICOS: R=8 (Y-Y)

CONFIGURACION ESTRUCTURAL: ESTRUCTURA REGULAR

DESPLAZAMIENTO LATERAL PERMISIBLE DE ENTREPISO:  
 Difer = 0.007, CONCRETO ARMADO

CARGAS DE DISEÑO:  
 CARGAS PERMANENTES (C.M.)

PESO ESPECIFICO DEL CONCRETO = 2400 kg/m<sup>3</sup>

PESO DE PISOS Y ACABADOS = 10 kg/m<sup>2</sup>

SOBRECARGAS O CARGAS VIVAS (C.V.)

SOBRECARGA EN TECHO = 200 kg/m<sup>2</sup>

RESISTENCIA REQUERIDA:  
 U = 1.40 + 1.70 CV

U = 1.25 (CM + CV) ± CS

U = 0.90 CM ± CS

CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO:  
 C.P. = 2.80 kg/cm<sup>2</sup>

PERIODO FUNDAMENTAL:  
 Lx = 0.425 sec

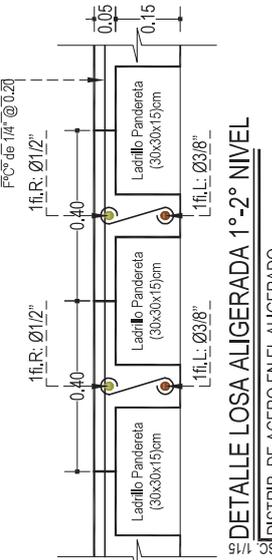
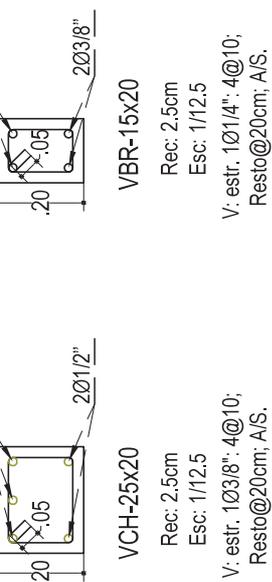
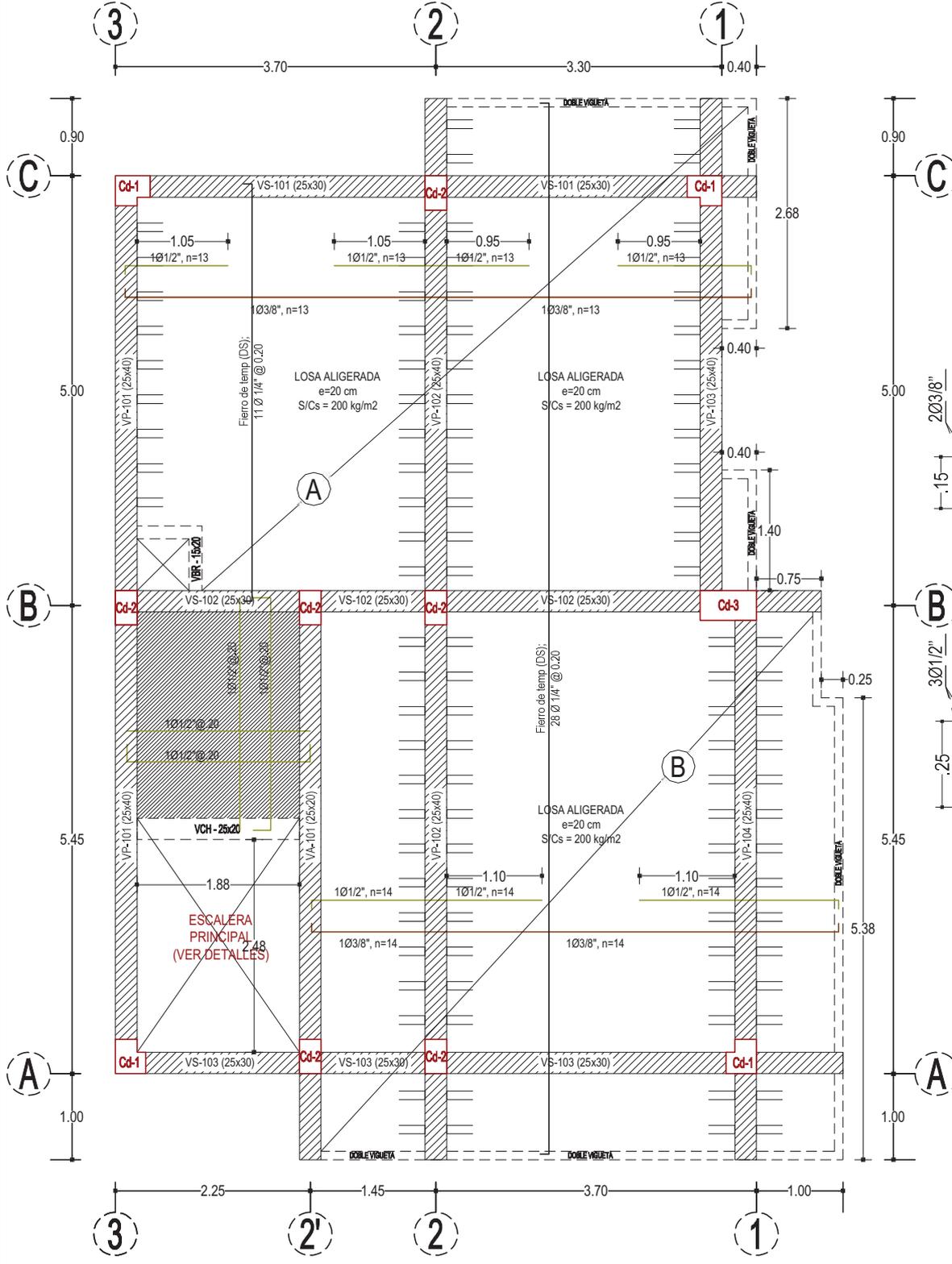
Ly = 0.436 sec

FUERZA CORTANTE DE DISEÑO:  
 Vx = 16.90 tn

Vy = 16.90 tn

DERIVAS MAX. DE ENTREPISO:  
 Difer X = 0.006264 < 7/1000

Difer Y = 0.006880 < 7/1000



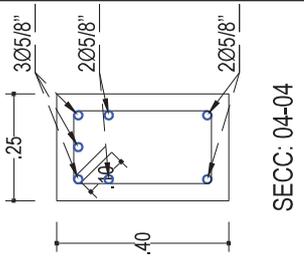
ESCALA: 1/15  
**LOSA ALIGERADA 1° NIVEL**  
 DISTRIB. DE ACERO EN ALIGERADO



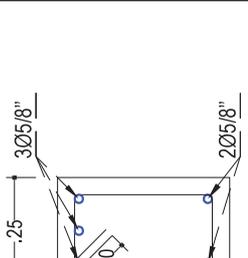
**TESIS**

<b>TESIS:</b> "DESEMPEÑO SIMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020"	
<b>TESISTA:</b> BACH. LLANA CORDOVA, JONATAN IVAN	
<b>PLANO:</b> LOSA ALIGERADA	<b>FECHA:</b> OCTUBRE 2020
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>GRUPO:</b> Fc 210 DSP

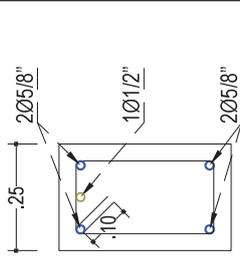
**E1**



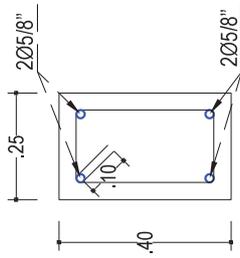
**SECC: 04-04**  
Rec: 4cm  
Esc: 1/12.5



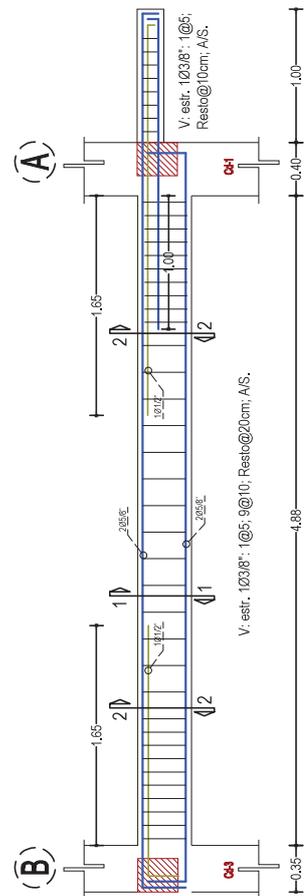
**SECC: 03-03**  
Rec: 4cm  
Esc: 1/12.5



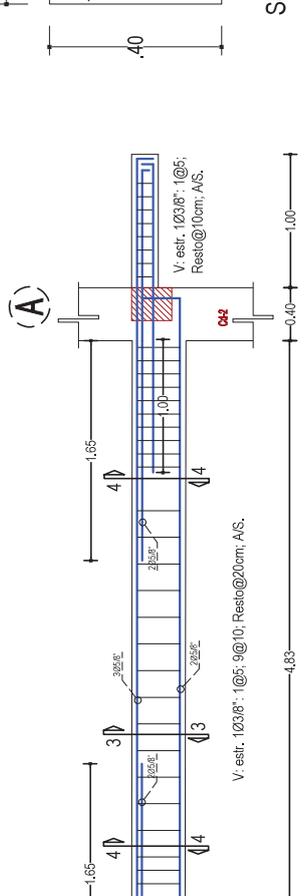
**SECC: 02-02**  
Rec: 4cm  
Esc: 1/12.5



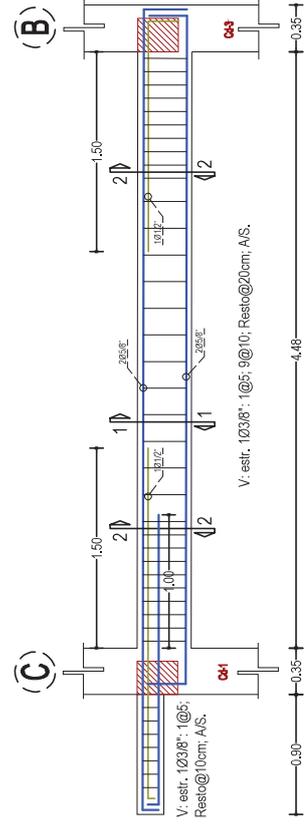
**SECC: 01-01**  
Rec: 4cm  
Esc: 1/12.5



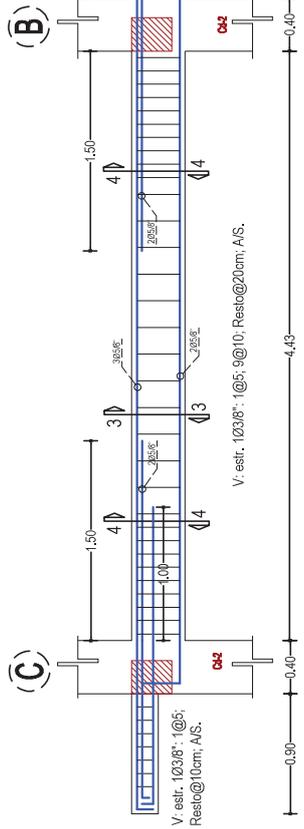
**DETALLE DE VIGA (25x40) VP 104-204**  
CORTE EJE 1'



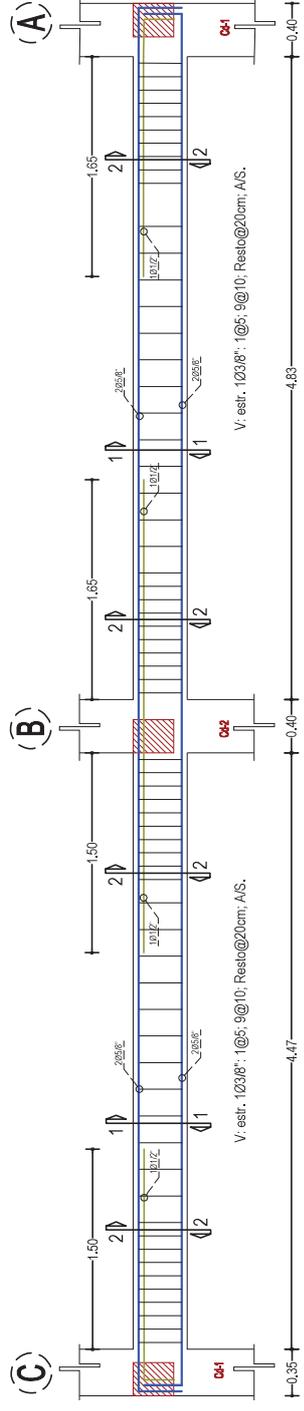
**DETALLE DE VIGA (25x40) VP 102-202**  
CORTE EJE 2'



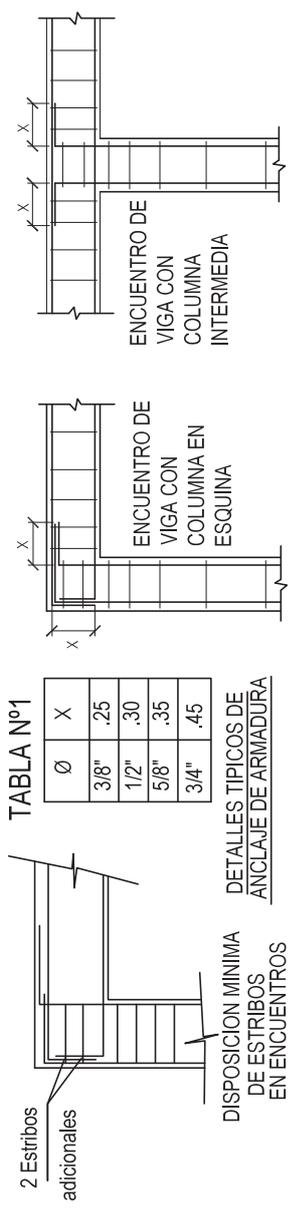
**DETALLE DE VIGA (25x40) VP 103-203**  
CORTE EJE 1'



**DETALLE DE VIGA (25x40) VP 101-201**  
CORTE EJE 3'



**DETALLE DE VIGA (25x40) VP 101-201**  
CORTE EJE 3'



**TABLA N°1**

Ø	X
3/8"	.25
1/2"	.30
5/8"	.35
3/4"	.45

DETALLES TÍPICOS DE ANCLAJE DE ARMADURA EN ENCUENTROS



**TESIS**

**TESIS:** "DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020"

**TESISTA:** BACH. LLANA CORDOVA, JONATAN IVAN

**PLANO:** DETALLE DE VIGAS  
**FECHA:** OCTUBRE 2020

**ESCALA:** INDICADA  
**GRUPO:** F c 210 DSP

**E2**

**ESPECIFICACIONES SISMO RESISTENTES**

NORMA DE DISEÑO SISMO RESISTENTE: E-030, (DECRETO SUPREMO N°003-2016/INMENA)  
 METODO DEL ANALISIS SIMICO: ANALISIS DINAMICO MODAL ESPECTRAL.

**PARAMETROS DE DISEÑO DE LAS EST.**

PARAMETROS PARA DEFINIR EL ESPECTRO DE DISEÑO (Sd)  
 ZONIFICACION : HUANCAYO - ZONA 3

CONDICIONES LOCALES  
 FACTOR DE ZONA (Z): 0.35

PERFIL DEL SUELO: TIPO S2  
 FACTOR DE AMPLIFICACION DEL SUELO (S) = 1.15

CATEGORIA DE LA EDIFICACION  
 CATEGORIA: C (EDIFICACION COMUN)

SISTEMA ESTRUCTURAL: SISTEMA DUAL AMBOS SENTIDOS  
 COEFICIENTE DE REDUCCION SISTEMA DE PORTICOS: R=8 (X-X)

SISTEMA ESTRUCTURAL: SISTEMA DUAL AMBOS SENTIDOS  
 CONFIGURACION ESTRUCTURAL: ESTRUCTURA REGULAR

SISTEMA ESTRUCTURAL: SISTEMA DUAL AMBOS SENTIDOS  
 COEFICIENTE DE REDUCCION SISTEMA DE PORTICOS: R=8 (Y-Y)

DESPLAZAMIENTO LATERAL PERMISIBLE DE ENTREPISO:  
 Difer = 0.007, CONCRETO ARMADO

CARGAS DE DISEÑO:  
 CARGAS PERMANENTES (C.M.)

PESO ESPECIFICO DEL CONCRETO MODIFICADO=2113 kg/m<sup>3</sup>  
 PESO DE PISOS Y ACABADOS = 10kg/m<sup>2</sup>  
 SOBRECARGAS O CARGAS VIVAS (C.V.)  
 SOBRECARGA EN TECHO = 200 kg/m<sup>2</sup>

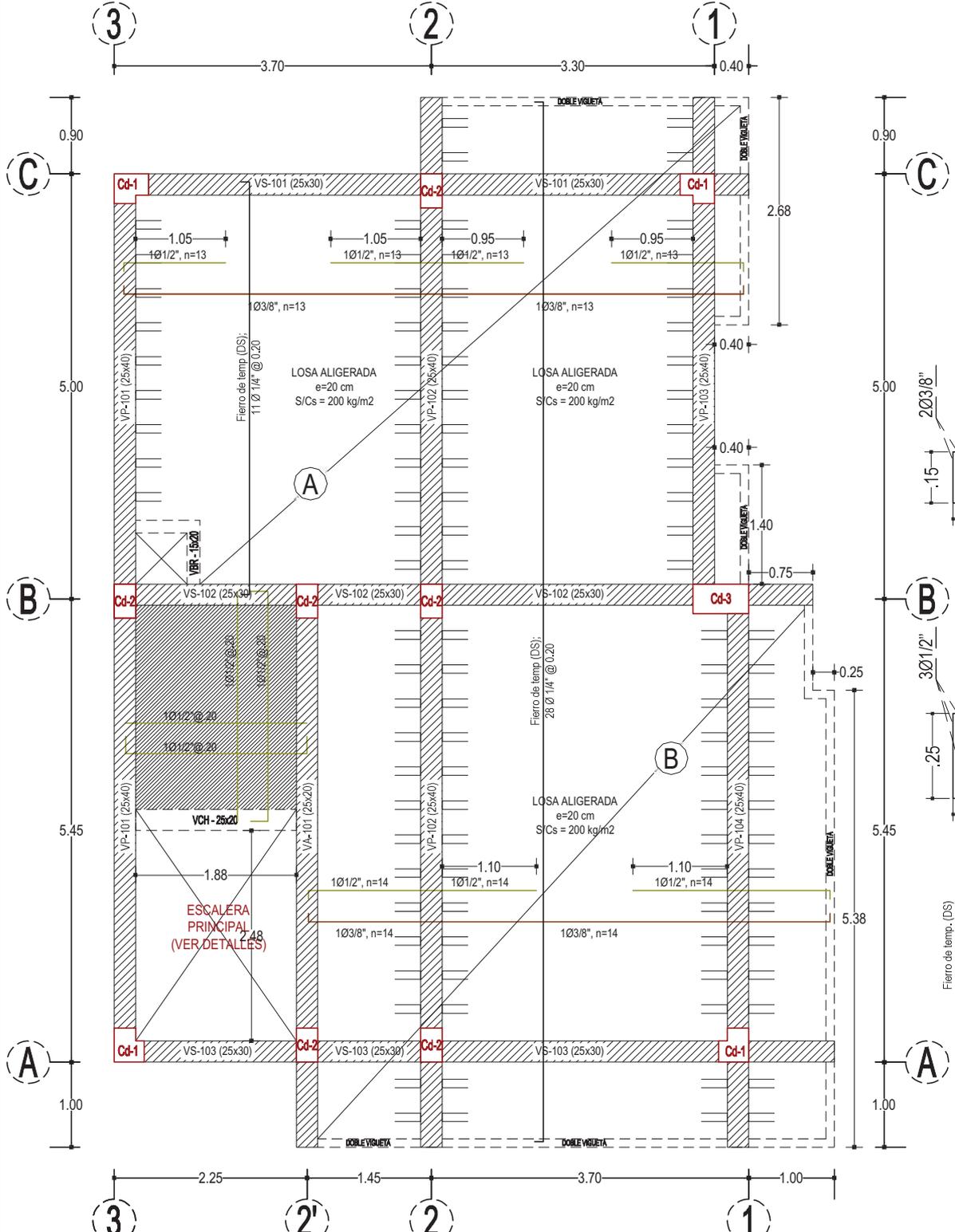
RESISTENCIA REQUERIDA:  
 U = 1.40 + 1.70 CV  
 U = 1.25 (CM + CV) ± CS  
 U = 0.80 CM ± CS

CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO:  
 C.F. = 2.80 kg/cm<sup>2</sup>

PERIODO FUNDAMENTAL:  
 Lx = 0.415 sec  
 Ly = 0.425 sec

FUERZA CORTANTE DE DISEÑO:  
 Vx = 16.11 tn  
 Vy = 16.11 tn

DERIVAS MAX. DE ENTREPISO:  
 Difer X = 0.005969 < 7/1000  
 Difer Y = 0.006364 < 7/1000



ES 150 LOSA ALIGERADA 1° NIVEL  
 DISTRIB. DE ACERO EN ALIGERADO

**UNIVERSIDAD BERUANA LOS ANDES**  
**UPLA**  
**TESIS**

TESIS: "DESEMPEÑO SIMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020"

TESISTA: BACH. LLANA CORDOVA, JONATAN IVAN

PLANO: LOSA ALIGERADA

FECHA: OCTUBRE 2020

ESCALA: INDICADA

GRUPO: Fc 210 DCF50%

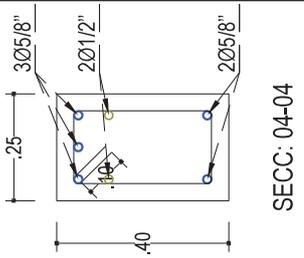
**E3**

**DETALLE LOSA ALIGERADA 1°-2° NIVEL**  
 DISTRIB. DE ACERO EN ALIGERADO

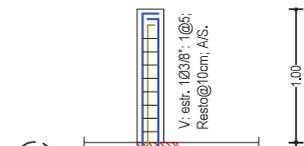
Reinforcement details for the slab, including stirrups (VBR-15x20, VCH-25x20) and longitudinal bars (1Ø1/2", 1Ø3/8", 1Ø1/4").

VBR-15x20  
 Rec: 2.5cm  
 Esc: 1/12.5  
 V: estr. 1Ø1/4"; 4@10;  
 Resto@20cm; A/S.

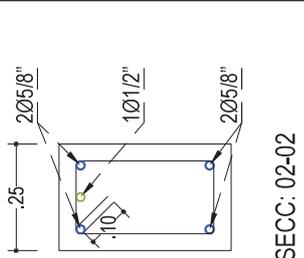
VCH-25x20  
 Rec: 2.5cm  
 Esc: 1/12.5  
 V: estr. 1Ø3/8"; 4@10;  
 Resto@20cm; A/S.



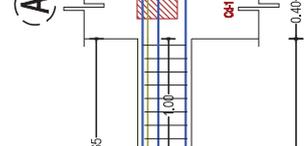
**SECC: 04-04**  
 Rec: 4cm  
 Esc: 1/12.5



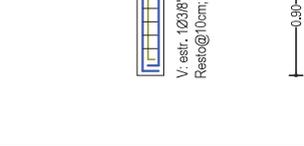
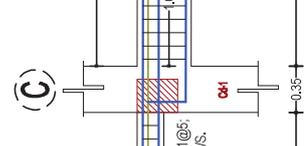
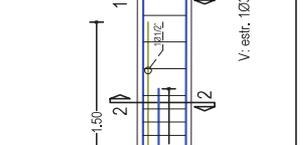
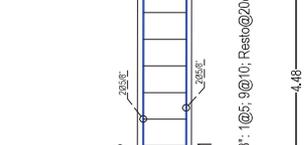
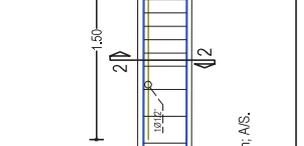
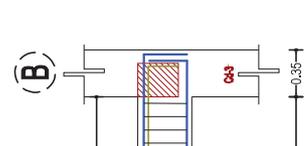
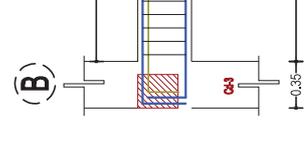
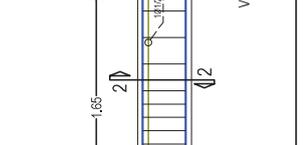
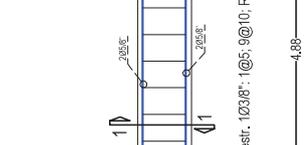
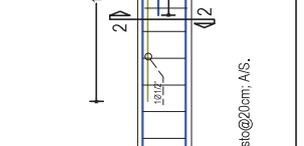
**SECC: 03-03**  
 Rec: 4cm  
 Esc: 1/12.5



**SECC: 02-02**  
 Rec: 4cm  
 Esc: 1/12.5

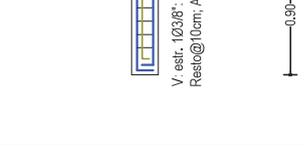
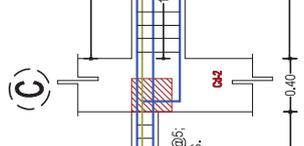
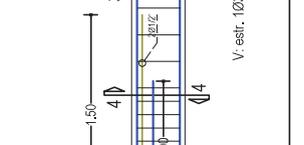
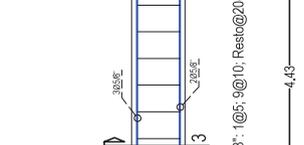
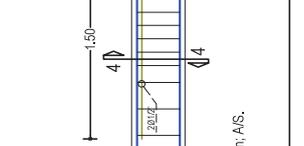
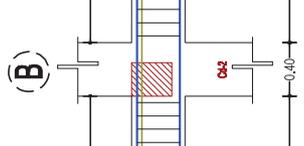
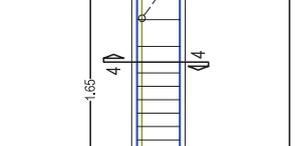
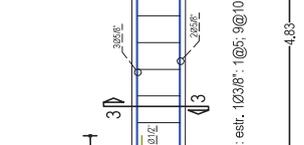
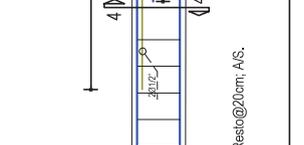
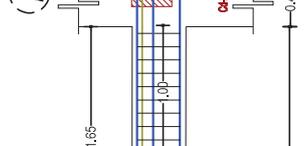
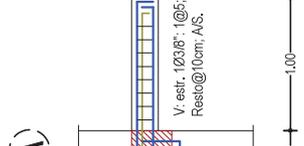


**SECC: 01-01**  
 Rec: 4cm  
 Esc: 1/12.5



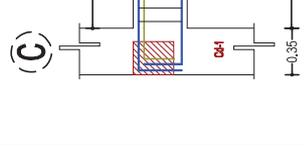
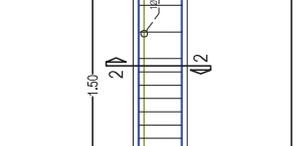
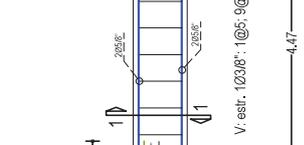
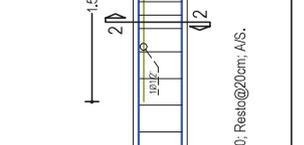
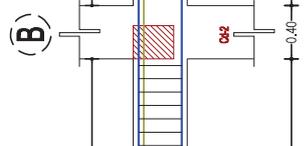
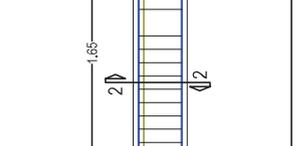
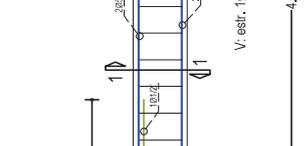
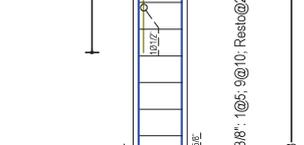
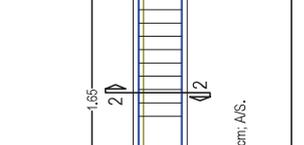
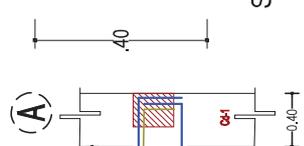
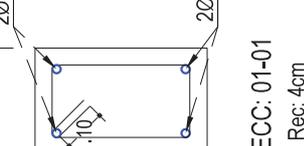
**DETALLE DE VIGA (25x40) VP 104-204**  
 CORTE EJE 1'

**DETALLE DE VIGA (25x40) VP 103-203**  
 CORTE EJE 1'

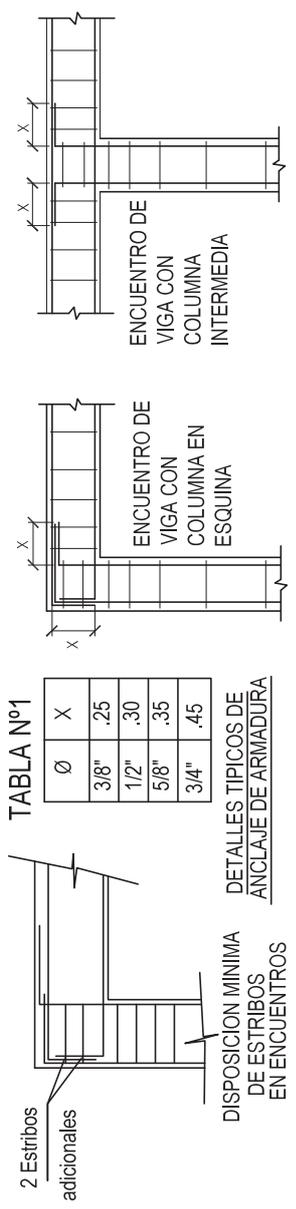


**DETALLE DE VIGA (25x40) VP 104-204**  
 CORTE EJE 2'

**DETALLE DE VIGA (25x40) VP 102-202**  
 CORTE EJE 2'



**DETALLE DE VIGA (25x40) VP 101-201**  
 CORTE EJE 3'



**TABLA N°1**

Ø	X
3/8"	.25
1/2"	.30
5/8"	.35
3/4"	.45

**UNIVERSIDAD BERUANA LOS ANDES**  
UPLA

**TESIS**

**TESIS:** "DESEMPEÑO SISMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO TRITURADO EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2020"

**TESISTA:** BACH. LLANA CORDOVA, JONATAN IVAN

**PLANO:** DETALLE DE VIGAS      **FECHA:** OCTUBRE 2020

**ESCALA:** INDICADA      **GRUPO:** Fc 210 DCF50%

**E4**