

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**TESIS**

“Influencia de la incorporación de poliestireno en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022”

Presentado por:

**Bach. BRAND MICHELL SANCHEZ VALVERDE**

Para optar el grado académico en:

**INGENIERO CIVIL**

**Abancay - Apurímac – Perú**

**2022**

## **Tesis**

“Influencia de la incorporación de poliestireno en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022”

## **Línea de Investigación**

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible – concreto

## **Asesor**

Ph.D. Abbon Alex Vásquez Ramírez



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Influencia de la incorporación de poliestireno en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022”

Presentado por el Bach. **BRAND MICHELL SANCHEZ VALVERDE**, para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL.**

Sustentado y aprobado el 30 de diciembre del 2022 ante el jurado:

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

**Primer miembro** : Mg. Wilfredo Soto Palomino

**Segundo miembro** : Ing. Holguer Cayo Baca

**Asesor** : PhD. Abbon Alex Vásquez Ramírez

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente investigación a Dios por regalarme la vida.

A mi madre Rosa Mercedes y mi abuela Prudencia, por motivarme siempre a creer en mi ante cualquier circunstancia.

A mis hermanos Joseph, Leonel, Alain, por ser mi soporte en los buenos y malos momentos dándome consejos y aportándome enseñanzas.

A mis tíos, primos, mi sobrina Saireth por ser parte de mi desarrollo como profesional.

Brand Michell.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios, a mi familia por la ayuda, apoyo que siempre me ofrecen, mis compañeros, docentes a lo largo del periodo universitario quienes me compartieron sus aprendizajes y conocimientos.

A mi asesor de tesis Ph.D Abbon Alex Vásquez Ramírez por encaminarme en este difícil proceso con su experiencia, compromiso y apoyo.

Brand Michell.

## ÍNDICE

PORTADA .....	i
POSTPORTADA.....	ii
PAGINA DE JURADOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
ACRÓNIMOS.....	xvii
ABREVIATURAS .....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN .....	xx
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
9.1 Realidad problemática .....	1
9.2 Planteamiento del problema .....	5
9.2.1 Formulación del problema .....	5
9.2.2 Problema General .....	5
9.2.3 Problemas específicos .....	5
9.3 Justificación de la investigación .....	6
9.4 Objetivos de la investigación .....	6
9.4.1 Objetivo General .....	6

9.4.2	Objetivos Específicos .....	7
9.5	Delimitación de la investigación .....	7
9.5.1	Espacial .....	7
9.5.2	Temporal .....	7
9.5.3	Social .....	7
9.5.4	Conceptual .....	8
9.6	Viabilidad de la investigación .....	8
9.6.1	Conveniencia .....	8
9.6.2	Técnica .....	8
9.6.3	Relevancia Social.....	8
9.7	Limitaciones.....	9
9.7.1	Científico .....	9
9.7.2	Social .....	9
9.7.3	Económico .....	10
10	CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	11
10.1	Antecedentes de la investigación.....	11
10.1.1	A nivel internacional .....	11
10.1.2	A nivel nacional .....	15
10.1.3	A nivel regional y local.....	19
10.2	Bases teóricas .....	20
10.2.1	Concreto .....	20

10.2.2	Componentes del concreto.....	21
10.2.3	Agua.....	22
10.2.4	Agregados.....	23
10.2.5	Extracción y preparación de muestras.....	28
10.2.6	Caracterización de los áridos .....	28
10.2.7	Diseño de Mezclas (Método ACI -211) .....	36
10.2.8	Concreto liviano .....	41
10.2.9	Áridos livianos .....	42
10.2.10	Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio (NTP 339.183).....	43
10.2.11	Propiedades del concreto.....	45
10.3	Marco conceptual .....	52
11	CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	55
11.1	Hipótesis.....	55
11.1.1	Hipótesis general .....	55
11.1.2	Hipótesis específicas.....	55
11.2	Método.....	55
11.3	Tipo de investigación .....	56
11.4	Nivel o alcance de investigación .....	56
11.5	Diseño de investigación .....	57
11.6	Operacionalización de variables .....	57
11.7	Población, muestra y muestreo .....	58

11.7.1	Población .....	58
11.7.2	Muestra .....	58
11.7.3	Muestreo .....	60
11.8	Técnicas e instrumentos .....	60
11.9	Consideraciones éticas.....	62
11.10	Procesamiento de estadísticos .....	62
12	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	64
12.1	Resultados .....	64
12.1.1	Resultados a nivel de la variable independiente.....	64
12.1.2	Resultados a nivel de la variable dependiente.....	95
12.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	120
12.3	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	125
12.3.1	Prueba de estadística para la hipótesis específica “a” .....	126
12.3.2	Prueba de estadística para la hipótesis específica “b” .....	133
12.3.3	Prueba de estadística para la hipótesis específica “c” .....	139
	CONCLUSIONES .....	146
	RECOMENDACIONES .....	149
	BIBLIOGRAFÍA.....	150
	ANEXOS.....	158

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Tamices empleados para granulometría</i>	24
Tabla 2	<i>Gradación de AF</i>	25
Tabla 3	<i>Gradación del AG</i>	27
Tabla 4	<i>Medida de muestra de AF y AG</i>	28
Tabla 5	<i>Muestra mínima de AG para granulometría</i>	29
Tabla 6	<i>Resistencia de diseño promedio requerida</i>	36
Tabla 7	<i>Asentamientos convenientes según el tipo de construcción</i>	37
Tabla 8	<i>% de aire atrapado en el concreto</i>	37
Tabla 9	<i>Contenido de agua en el concreto</i>	38
Tabla 10	<i>Relación agua/cemento</i>	39
Tabla 11	<i>Volumen del AG</i>	39
Tabla 12	<i>Características del EPS</i>	43
Tabla 13	<i>Asentamiento del concreto plástico</i>	47
Tabla 14	<i>Tolerancia para la rotura de ensayos a compresión</i>	48
Tabla 15	<i>Operacionalización de variables</i>	58
Tabla 16	<i>Muestras para determinar el asentamiento</i>	59
Tabla 17	<i>Muestras para determinar el PU</i>	59
Tabla 18	<i>Muestras para determinar <math>f'c</math></i>	59
Tabla 19	<i>Muestras para determinar la resistencia a la flexión</i>	60
Tabla 20	<i>PUS del EPSD</i>	66
Tabla 21	<i>Finos que pasan la malla N° 200 - AF</i>	69
Tabla 22	<i>Finos que pasan la malla N° 200 - AG</i>	69
Tabla 23	<i>% de humedad del AF</i>	70
Tabla 24	<i>% de humedad del AG</i>	71

Tabla 25 <i>Granulometría del AF</i> .....	72
Tabla 26 <i>Granulometría del AG</i> .....	73
Tabla 27 <i>Peso específico y absorción del AF</i> .....	76
Tabla 28 <i>Peso específico y absorción del AG</i> .....	77
Tabla 29 <i>PUS del AF</i> .....	78
Tabla 30 <i>PUS del AG</i> .....	79
Tabla 31 <i>PUC del AF</i> .....	80
Tabla 32 <i>PUC del AG</i> .....	81
Tabla 33 <i>% de vacíos en relación con el PUS del AF</i> .....	82
Tabla 34 <i>% de vacíos en relación con el PUC del AF</i> .....	82
Tabla 35 <i>% de vacíos en relación con el PUS del AG</i> .....	82
Tabla 36 <i>% de vacíos en relación con el PUC del AG</i> .....	83
Tabla 37 <i>Propiedades físicas de los áridos de la cantera murillo</i> .....	83
Tabla 38 <i>Características del cemento a utilizar</i> .....	84
Tabla 39 <i>Características del concreto</i> .....	84
Tabla 40 <i>Proporciones en masa de los materiales</i> .....	89
Tabla 41 <i>Proporciones en volumen de los materiales</i> .....	89
Tabla 42 <i>Volumen total de diseño de mezclas</i> .....	90
Tabla 43 <i>Dosificación por m<sup>3</sup> con EPSD al 5%</i> .....	91
Tabla 44 <i>Dosificación por m<sup>3</sup> con EPSD al 10%</i> .....	91
Tabla 45 <i>Dosificación por m<sup>3</sup> con EPSD al 15%</i> .....	92
Tabla 46 <i>Dosificación para testigos cilíndricos – CP</i> .....	93
Tabla 47 <i>Dosificación para briquetas con 5% EPSD</i> .....	94
Tabla 48 <i>Dosificación para briquetas con 10% EPSD</i> .....	95
Tabla 49 <i>Dosificación para briquetas con 15% EPSD</i> .....	95

Tabla 50	<i>Resultados de asentamiento</i> .....	97
Tabla 51	<i>PU en estado fresco del CP</i> .....	99
Tabla 52	<i>PU en estado fresco del concreto con 5% EPSD</i> .....	99
Tabla 53	<i>PU en estado fresco del concreto con 10% EPSD</i> .....	100
Tabla 54	<i>PU en estado fresco del concreto con 15% EPSD</i> .....	100
Tabla 55	<i>PU endurecido del CP - briquetas</i> .....	103
Tabla 56	<i>PU endurecido del concreto con 5% EPSD briquetas</i> .....	104
Tabla 57	<i>PU endurecido del concreto con 10% EPSD briquetas</i> .....	105
Tabla 58	<i>PU endurecido del concreto con 15% EPSD briquetas</i> .....	106
Tabla 59	<i>PU endurecido del CP vigas</i> .....	107
Tabla 60	<i>PU endurecido del concreto con 5% EPSD vigas</i> .....	108
Tabla 61	<i>PU endurecido del concreto con 10% EPSD vigas</i> .....	109
Tabla 62	<i>PU endurecido del concreto con 15% EPSD vigas</i> .....	110
Tabla 63	<i>Cuadro comparativo del PU fresco y endurecido</i> .....	111
Tabla 64	<i>Resistencia a compresión - CP</i> .....	112
Tabla 65	<i>Resistencia a compresión del concreto - 5% EPSD</i> .....	113
Tabla 66	<i>Resistencia a compresión del concreto - 10% EPSD</i> .....	113
Tabla 67	<i>Resistencia a compresión del concreto - 15% EPSD</i> .....	114
Tabla 68	<i>Resistencia a la flexión del CP</i> .....	116
Tabla 69	<i>Resistencia a la flexión del concreto - 5% EPSD</i> .....	117
Tabla 70	<i>Resistencia a la flexión del concreto - 10% EPSD</i> .....	117
Tabla 71	<i>Resistencia a la flexión del concreto - 15% EPSD</i> .....	118
Tabla 72	<i>Comparativa de concreto con EPSD y CP</i> .....	125
Tabla 73	<i>Variación en % de concreto con EPSD y CP</i> .....	125
Tabla 74	<i>Cuadro de datos – asentamiento 5% EPSD</i> .....	127

Tabla 75	<i>Distribución “t de student” – asentamiento 5% EPSD.....</i>	127
Tabla 76	<i>Cuadro de datos – PU 5% EPSD.....</i>	128
Tabla 77	<i>Distribución “t de student” – PU 5% EPSD.....</i>	129
Tabla 78	<i>Cuadro de datos – resistencia a compresión 5% EPSD.....</i>	130
Tabla 79	<i>Distribución “t de student” resistencia a compresión 5% EPSD.....</i>	130
Tabla 80	<i>Cuadro de datos resistencia a la flexión 5% EPSD.....</i>	131
Tabla 81	<i>Distribución “t de student” resistencia a la flexión 5% EPSD.....</i>	132
Tabla 82	<i>Cuadro de datos – asentamiento 10% EPSD.....</i>	134
Tabla 83	<i>Distribución “t de student” – asentamiento 10% EPSD.....</i>	134
Tabla 84	<i>Cuadro de datos – PU 10% EPSD.....</i>	135
Tabla 85	<i>Distribución “t de student” – PU 10% EPSD.....</i>	135
Tabla 86	<i>Cuadro de datos – resistencia a compresión 10% EPSD.....</i>	136
Tabla 87	<i>Distribución “t de student” resistencia a compresión 10% EPSD....</i>	137
Tabla 88	<i>Cuadro de datos resistencia a la flexión 10% EPSD.....</i>	138
Tabla 89	<i>Distribución “t de student” resistencia a la flexión 10% EPSD.....</i>	138
Tabla 90	<i>Cuadro de datos – asentamiento 15% EPSD.....</i>	140
Tabla 91	<i>Distribución “t de student” – asentamiento 15% EPSD.....</i>	140
Tabla 92	<i>Cuadro de datos – PU 15% EPSD.....</i>	141
Tabla 93	<i>Distribución “t de student” – PU 15% EPSD.....</i>	141
Tabla 94	<i>Cuadro de datos – resistencia a compresión 15% EPSD.....</i>	142
Tabla 95	<i>Distribución “t de student” resistencia a compresión 15% EPSD....</i>	143
Tabla 96	<i>Cuadro de datos resistencia a la flexión 15% EPSD.....</i>	144
Tabla 97	<i>Distribución “t de student” resistencia a la flexión 15% EPSD.....</i>	144

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Dimensiones del molde para asentamiento</i>	46
Figura 2	<i>Región de aceptación y rechazo - t de student</i>	63
Figura 3	<i>Adquisición de EPS</i>	65
Figura 4	<i>Desintegración del EPS</i>	65
Figura 5	<i>Ensayo del PUS del EPSD</i>	66
Figura 6	<i>Ubicación de la cantera Murillo</i>	67
Figura 7	<i>Abastecimiento de AF y AG de la cantera Murillo</i>	68
Figura 8	<i>Cuarteo manual del AG</i>	68
Figura 9	<i>Lavado del AF por el tamiz N° 200</i>	70
Figura 10	<i>Curva granulométrica del AF</i>	72
Figura 11	<i>Gradación de partículas del AF</i>	73
Figura 12	<i>Curva granulométrica AG</i>	74
Figura 13	<i>Gradación de partículas del AG</i>	74
Figura 14	<i>Peso específico del AF</i>	75
Figura 15	<i>Peso específico del AG</i>	76
Figura 16	<i>Ensayo de PUS del AF</i>	78
Figura 17	<i>Ensayo de PUS del AG</i>	79
Figura 18	<i>Ensayo de PUC del AF</i>	80
Figura 19	<i>Ensayo de PUC del AG</i>	81
Figura 20	<i>Dimensiones de los moldes para ensayos</i>	92
Figura 21	<i>Preparación y elaboración de concreto</i>	96
Figura 22	<i>Vaciado y moldeo de briquetas y vigas</i>	96
Figura 23	<i>Rotulado y curado de testigos de concreto</i>	97
Figura 24	<i>Gráfico comparativo de los asentamientos del concreto</i>	98

Figura 25	<i>Ensayo de asentamiento del concreto</i>	98
Figura 26	<i>Comparación de PU del concreto en estado fresco</i>	101
Figura 27	<i>Ensayo PU del concreto fresco</i>	101
Figura 28	<i>Medición de la masa de las briquetas</i>	102
Figura 29	<i>Variación PU endurecido del CP briquetas</i>	103
Figura 30	<i>Variación PU endurecido concreto 5% EPSD briquetas</i>	104
Figura 31	<i>Variación PU endurecido concreto 10% EPSD briquetas</i>	105
Figura 32	<i>Variación PU endurecido concreto 10% EPSD briquetas</i>	106
Figura 33	<i>Variación PU endurecido del CP vigas</i>	107
Figura 34	<i>Variación PU. endurecido 5% EPSD vigas</i>	108
Figura 35	<i>Variación PU endurecido 10% EPSD vigas</i>	109
Figura 36	<i>Variación PU endurecido 15% EPSD vigas</i>	110
Figura 37	<i>Ensayo de resistencia a la compresión</i>	112
Figura 38	<i>Comparación de las resistencias a compresión obtenidas</i>	114
Figura 39	<i>Preparación de vigas para el ensayo de resistencia a la flexión</i>	115
Figura 40	<i>Rotura de vigas</i>	115
Figura 41	<i>Comparación de las resistencias a la flexión obtenidas</i>	119
Figura 42	<i>Comparativa <math>f'c</math> y <math>M_r</math></i>	119
Figura 43	<i>Resultados obtenidos de los ensayos</i>	124
Figura 44	<i>Campana de gauss – asentamiento 5% EPSD</i>	128
Figura 45	<i>Campana de gauss – PU 5% EPSD</i>	129
Figura 46	<i>Campana de gauss resistencia a compresión 5% EPSD</i>	131
Figura 47	<i>Campana de gauss resistencia a la flexión 5% EPSD</i>	132
Figura 48	<i>Resumen prueba estadística 5% EPSD</i>	133
Figura 49	<i>Campana de gauss – asentamiento 10% EPSD</i>	134

Figura 50	<i>Campana de gauss – PU 10% EPSD</i>	136
Figura 51	<i>Campana de gauss resistencia a compresión 10% EPSD</i>	137
Figura 52	<i>Campana de gauss resistencia a la flexión 10% EPSD</i>	138
Figura 53	<i>Resumen prueba estadística 10% EPSD</i>	139
Figura 54	<i>Campana de gauss – asentamiento 15% EPSD</i>	140
Figura 55	<i>Campana de gauss – PU 15% EPSD</i>	142
Figura 56	<i>Campana de gauss resistencia a compresión 15% EPSD</i>	143
Figura 57	<i>Campana de gauss resistencia a la flexión 15% EPSD</i>	145
Figura 58	<i>Resumen prueba estadística 15% EPSD</i>	145

## **ACRÓNIMOS**

INACAL : Instituto nacional de calidad

## **ABREVIATURAS**

ACI : American Concrete Institute  
(Instituto Americano de Concreto)

AF : Agregado fino

AG : Agregado grueso

BBC : British Broadcasting Corporation  
(Corporación Británica de Radiodifusión)

CP : Concreto Patrón

EPS : Poliestireno expandido

EPSD : Poliestireno expandido desintegrado

f'c : Resistencia a compresión

f'cr : Resistencia a compresión requerida

MEPS : Poliestireno expandido modificado

Mr : Módulo de rotura

NTE : Norma técnica de edificación

NTP : Norma Técnica Peruana

PU : Peso unitario

PUC : Peso unitario compacto

PUS : Peso unitario suelto

PUSC : Peso unitario seco compactado

TMN : Tamaño máximo nominal

## RESUMEN

Existen problemas debido a la excesiva densidad del concreto, por tanto, una alternativa innovadora es la incorporación de materiales aligerantes en las construcciones. El motivo de esta investigación fue determinar la Influencia de la incorporación de poliestireno expandido desintegrado (EPSD) en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . El enfoque de la tesis es cuantitativa, diseño de investigación cuasiexperimental, la prueba de hipótesis se realizó con el método estadístico “t de student”, esta investigación ha evaluado la influencia de la incorporación del 5%, 10% y 15% de EPSD en relación al volumen total de un concreto en las siguientes propiedades: asentamiento, peso unitario (PU) , resistencia a compresión ( $f'c$ ) y resistencia a la flexión elaborado en la ciudad de Abancay el año 2022; para ello se estudió las características físicas de los áridos; se elaboró el diseño de mezclas para  $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ ; posteriormente se realizaron los ensayos: 3 ensayos para el asentamiento, 3 ensayos para el PU, 6 ensayos de  $f'c$  para las edades de 7 y 28 días y 6 ensayos de resistencia a la flexión para las edades de 14 y 28; posterior al análisis de los resultados y tomando en consideración la hipótesis planteada se indica que; solo la incorporación del 10% y 15% de EPSD influye en las propiedades del concreto analizadas en esta tesis.

**Palabras clave:** Poliestireno, asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión, resistencia a la flexión.

## ABSTRACT

There are problems due to the excessive density of concrete, therefore, an innovative alternative is the incorporation of lightening materials in construction. The reason for this investigation was to determine the influence of the incorporation of disintegrated expanded polystyrene (EPSD) in a concrete  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. The approach of the thesis is quantitative, quasi-experimental research design, the hypothesis test was carried out with the statistical method "t de student", this research has evaluated the influence of the incorporation of 5%, 10% and 15% of EPSD in relation to the total volume of a concrete in the following properties: settlement, unit weight (PU), compressive strength ( $f'c$ ) and flexural strength produced in the city of Abancay in 2022; for this, the physical characteristics of the aggregates were studied; the mix design was elaborated for  $f'c =210$  kg/cm<sup>2</sup>; Subsequently, the tests were carried out: 3 tests for settlement, 3 tests for PU, 6  $f'c$  tests for ages 7 and 28 days and 6 flexural strength tests for ages 14 and 28; After the analysis of the results and taking into account the hypothesis, it is indicated that; only the incorporation of 10% and 15% of EPSD influences the properties of the concrete analyzed in this thesis.

**Keywords:** Polystyrene, settlement, unit weight, compressive strength, flexural strength.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el concreto es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción, debido a sus grandes bondades como la versatilidad, bajo costo, facilidad de fabricación, etc. Así como presenta ventajas este material también posee desventajas una de ellas es su peso unitario excesivo o conocido también como densidad. Ante ello surge una interrogante ¿Será posible reducir el peso unitario de un concreto estructural manteniendo una buena trabajabilidad y resistencia?

El contenido de esta investigación demostró que utilizando un material aligerante que posee una densidad baja como el EPSD se puede obtener un concreto con menor densidad; buena trabajabilidad, resistencia a compresión y flexión elaborado en la ciudad de Abancay con material que se puede conseguir con facilidad en la zona.

## **CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **9.1 Realidad problemática**

Cuando los primeros hombres dejan la vida errante y nómada volviéndose sedentarios, vivían y se protegían de las inclemencias del tiempo en cavernas, tiendas armadas de ramas o pieles de animales y cabañas; así surgieron las primeras viviendas y poblaciones. Con el surgimiento de estos lugares también aparecieron diferentes necesidades como caminos, sistemas de transporte, etc.

Gracias a este surgimiento se reflejaron grandes avances en el conocimiento del hombre, de esta forma fueron mejorando primero las ciudades, las viviendas construidas con materiales convencionales, las vías, avenidas, conexiones entre comunidades, teniendo el deseo de una mejora continua. La sociedad va creciendo paulatinamente, hoy en día se aprecian viviendas y edificaciones que son construidas utilizando una gama de materiales como el acero, aluminio, fibra, concreto, etc., esto como una respuesta a las cada vez más exigentes necesidades de las personas.

La construcción es un factor importante en el desarrollo de la economía a nivel mundial, ya que gracias a ella se movilizan gran cantidad de materiales, originando nuevos empleos directa e indirectamente, de esta manera se incrementa también el nivel de vida de muchos habitantes. Uno de los factores de desarrollo de las principales sociedades en el mundo se mide con el crecimiento de la industria

de la construcción, la sociedad evoluciona y paralelamente también van desarrollándose diferentes procesos constructivos.

En la actualidad el concreto es el material que más se usa en la construcción debido a que posee una buena versatilidad, trabajabilidad, simplicidad de fabricación y bajo costo en comparación con otros materiales. A pesar de ello una desventaja del concreto se debe a su alta densidad que llega alrededor de  $2550 \text{ kg/m}^3$  aproximadamente, pudiendo ser este un problema en la cual la carga muerta es un factor fundamental, por ejemplo los elementos estructurales que presentan una densidad elevada están diseñadas también para sostener o soportar las cargas vivas de una edificación estas cargas se transmiten mediante estos elementos (losas-vigas-columnas-cimentaciones) hacia el suelo, lo cual no permite alcanzar grandes luces debido a que estos elementos estructurales son muy pesados. (Arbitto, 2016)

Una masa excesiva en una edificación incrementa de forma innecesaria las fuerzas laterales que produce un movimiento sísmico, reduciéndose la ductilidad de los elementos estructurales generando una mayor posibilidad de colapso debido al efecto P-delta, por ello se debe procurar aligerar el sistema estructural lo máximo que se pueda. (Torres y Zavala, 2021)

En el sismo ocurrido en México el año 1985 se presencié el colapso de diferentes edificios debido a que las cargas verticales eran excesivas. En la mayoría de los casos estas cargas eran producidas debido a las cargas muertas que eran demasiado elevadas o por el cambio de ocupación de los edificios que incrementaban las cargas vivas. (British Broadcasting Corporation [BBC], 2017)

Constantemente se desarrolla materiales de alto desempeño en la construcción, creando técnicas vanguardistas y novedosas que optimizan esta

industria. Las edificaciones de varios niveles tienen cargas muy elevadas por lo que se busca aligerar la carga, sustituyendo el concreto con materiales como el aluminio, estructuras de acero, drywall, etc., que son elementos más livianos. Una opción para disminuir el peso en las edificaciones es el uso concreto aligerado con poliestireno expandido (EPS).

El EPS proviene de la derivación del petróleo igual que otros plásticos; su elaboración se da debido a la inyección de aire en el poliestireno lo cual hace que presente una densidad baja haciéndolo liviano, también es un material económico. Actualmente se le da uso en el ámbito de la construcción y también se encuentra fácilmente como envases y embalajes de diferentes materiales. (Tantaquilla, 2017)

Según (Chuquillin, 2018) Las primeras construcciones con concreto liviano estructural surgieron posterior a la primera guerra mundial. El año 1922 se llevó a cabo la ampliación del Gimnasio perteneciente a la Escuela de Deportes Acuáticos ubicado en Kansas - Estados Unidos, estableciéndose como un hito histórico siendo este el primer caso en la cual se implementaba el concreto liviano, esto fue causado por la reducida capacidad portante que tenía el suelo el cual no era la adecuada para una estructura o construcción de concreto estructural convencional por lo que los especialistas propusieron el uso del concreto liviano para la realización de la ampliación del gimnasio teniendo una menor densidad aligerando la carga muerta así se logró que el suelo resistiera el propio peso de la estructura. Además, manifiesta que en el año 1928 se hizo el estudio para aumentar la cantidad de pisos en el edificio perteneciente a la industria Southwestern Bell ubicada en Estados Unidos en la ciudad de Kansas. Inicialmente esta construcción se constituía de 14 niveles luego de la realización de diferentes estudios se resolvió que se podía incrementar 8 niveles utilizando el concreto convencional, otro estudio

determino que utilizando concreto liviano estructural se podrían aumentar 14 niveles más por lo que se optó por la utilización de este último generando así una mayor construcción de pisos.

Pese a que los materiales empleados en la fabricación del concreto convencional son menos costosos en comparación del concreto ligero este último deberá generar una disminución al costo total de la estructura. El concreto ligero genera una reducción notable del peso total de una edificación por ende también reduce el costo en las cimentaciones, el acero de refuerzo. Por ejemplo, la construcción del puente de la Bahía que enlaza San Francisco y Oakland, en el cual al utilizar concreto ligero se ahorró 3 millones de dólares en reducción al costo del acero. (Ramirez, 2018)

Actualmente en el Perú, el concreto estructural liviano con baja densidad no viene siendo aprovechada óptimamente debido a la poca difusión y bajo conocimiento de este tipo de concreto (Veliz y Vasquez, 2018).

Por lo anteriormente expuesto, se da la necesidad de la investigación que se enfocó en el análisis del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con la adición de EPSD en la ciudad de Abancay, actualmente se evidencia un gran crecimiento inmobiliario en la ciudad donde se presencia el gran desarrollo horizontal y vertical de la ciudad de Abancay, existen nuevas construcciones de 6, 7, 8, 9 pisos, generando una gran proyección inmobiliaria a futuro.

Existen zonas de la ciudad las cuales no son idóneas para edificaciones con cargas excesivas como lo señalan en su investigación Bazán y Chaparro (2018) donde indican que la zona de bellavista presenta un nivel alto de peligro ante los efectos sísmicos y zonas como las Américas, Centro de la Ciudad de Abancay, Patibamba Alta y Baja, Pueblo Joven presentan un nivel medio de peligro sísmico,

en estos casos se tiene que recurrir a cimentaciones, estructuras armadas de mayores dimensiones que resultan poco estéticas y aumenta el costo de las construcciones; el concreto aligerado con EPSD sería muy beneficioso debido a que se reduciría el PU de los elementos estructurales a la vez presentaría un asentamiento, resistencia a compresión y flexión óptimos, lo cual podría generar la disminución de las dimensiones de los elementos estructurales y también sería favorable ante la posible ocurrencia de un sismo en la ciudad, ya que, al haber menos densidad en las construcciones, las fuerzas laterales originarias por el evento disminuyen por lo tanto se reducirían los efectos adversos en las estructuras.

## **9.2 Planteamiento del problema**

### **9.2.1 Formulación del problema**

Debido a lo antes expuesto, se genera la necesidad de estudiar la influencia de añadir EPSD en la fabricación del concreto, para ello se proponen los siguientes problemas.

#### **9.2.2 Problema General**

¿Cómo la incorporación de poliestireno influye en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022?

#### **9.2.3 Problemas específicos**

- a) ¿Cómo el 5% de la incorporación de poliestireno influye en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022?

- b) ¿Cómo el 10% de la incorporación de poliestireno influye en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022?
- c) ¿Cómo el 15% de la incorporación de poliestireno influye en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022?

### **9.3 Justificación de la investigación**

La importancia de esta tesis se sustenta en la innovación del concreto, experimentando con materiales que se pueden encontrar con facilidad en la ciudad de Abancay y que nos permita de alguna manera mejorar el concreto convencional en alguna de sus propiedades. Esta tesis se enfocó en realizar el análisis del incremento del EPSD en el concreto y determinar su influencia en 4 de sus principales propiedades: asentamiento, PU, resistencia a compresión y resistencia a la flexión, para lograr conocer si este material usado como aditivo es factible o no en la mezcla. También se pretende incrementar a la comunidad científica de información sobre el concreto con EPSD elaborado en Abancay con material de la zona, el cual busca disminuir el PU del concreto, pero conservando una buena trabajabilidad y una resistencia óptima para elementos estructurales.

### **9.4 Objetivos de la investigación**

#### **9.4.1 Objetivo General**

Analizar como la incorporación de poliestireno influye en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022.

#### **9.4.2 Objetivos Específicos**

- a) Determinar cómo el 5 % de la incorporación de poliestireno influye en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022.
- b) Determinar cómo el 10 % de la incorporación de poliestireno influye asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022.
- c) Determinar cómo el 15 % de la incorporación de poliestireno influye asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022.

### **9.5 Delimitación de la investigación**

#### **9.5.1 Espacial**

El espacio geográfico donde se llevó a cabo la presente tesis es en la ciudad de Abancay perteneciente a la región de Apurímac, donde se realizaron todos los estudios correspondientes con la finalidad de obtener los datos necesarios para su posterior análisis.

#### **9.5.2 Temporal**

Se considero como el marco temporal el tiempo de la ejecución de esta tesis que se ejecutó de julio del 2022 a octubre del 2022.

#### **9.5.3 Social**

No se presenta delimitación social debido a que esta investigación no se contextualiza en el aspecto social.

#### **9.5.4 Conceptual**

En esta tesis se realizó el análisis de propiedades del concreto en estado fresco y en estado endurecido, utilizando como aditivo el EPSD. Las propiedades evaluadas en estado fresco son el asentamiento y el PU, para el estado endurecido se estudió la resistencia a compresión y la resistencia a la flexión.

### **9.6 Viabilidad de la investigación**

#### **9.6.1 Conveniencia**

Con esta investigación se analizó los resultados del concreto con incorporación de EPSD y se comparó los resultados con un concreto patrón (CP) así poder determinar qué tipo de concreto tiene mayores ventajas en relación con las propiedades del concreto estudiadas en esta investigación.

#### **9.6.2 Técnica**

Esta investigación tendrá una contribución en la especialidad de concreto puesto que con los resultados obtenidos se manifiestan nuevos métodos para la preparación de concreto con menor densidad en la ciudad de Abancay, a la vez estimar la influencia del EPSD en el concreto en relación al asentamiento, resistencia a compresión y flexión.

#### **9.6.3 Relevancia Social**

La presente investigación aspira a beneficiar a los alumnos, profesionales, docentes de la rama de ingeniería civil, bríndales datos de la investigación sobre el concreto con incorporación de EPSD, estableciendo una nueva alternativa del concreto con menor PU, pero preservando sus propiedades

de trabajabilidad y resistencia en la ciudad de Abancay, también se tendrá esta investigación como antecedente para futuras investigaciones relacionadas a este tema.

## **9.7 Limitaciones**

### **9.7.1 Científico**

La información bibliográfica sobre el tema de concreto con incorporación de poliestireno es limitada ya que las investigaciones locales y nacionales indagadas se refieren mayormente a la sustitución del agregado grueso (AG) o agregado fino (AF) por perlas de poliestireno que tienen mayor costo que el EPSD y no se encuentra con facilidad en la ciudad de Abancay. Por lo que se limitó al diseño de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , incrementando EPSD en 5%, 10% y 15% en relación al volumen total, Estos porcentajes de adición se establecieron por conveniencia del investigador para lograr resultados más representativos, además se tomó en consideración los antecedentes de la investigación en donde indican en recomendaciones realizar el incremento de poliestireno en los mismos porcentajes, pero cambiando el tipo de EPS.

### **9.7.2 Social**

Debido a la coyuntura ocasionada por el Coronavirus 2019, diversas entidades públicas, privadas en el periodo de ejecución de esta investigación presentaba un aforo limitado conforme a la accesibilidad de los alumnos, lo cual es una limitante en cierta medida para el proceso de investigación; debido a ello y al progresivo regreso de los alumnos a la universidad, se optó por la realización de las pruebas en un laboratorio privado.

### **9.7.3 Económico**

Esta investigación se limita solo al estudio del asentamiento, PU, resistencia a compresión y resistencia a la flexión del concreto con incorporación de poliestireno puesto que solo se está realizando por un tesista.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

### 10.1 Antecedentes de la investigación

#### 10.1.1 A nivel internacional

Toro y Villareal (2019) en su Tesis de pregrado "*Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un hormigón alivianado con poliestireno expandido con relación a un hormigón de peso normal*", Pontificia Universidad de Ecuador, Quito, Ecuador; cuyo objetivo consto en realizar el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto ligero alivianado con poliestireno expandido (EPS) y realizar la comparativa con un CP a la edad de 28 días; La metodología utilizada fue constituida por las siguientes etapas, realización de estudio y caracterización de los áridos, elaboración del diseño de mezcla  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , preparación de especímenes para posteriormente realizar las pruebas de compresión, flexión y hallar la PU del concreto en estado fresco reemplazando el AF por EPS en 20%, 30%, 40% y 50%. De estos ensayos se obtuvieron los resultados: PU del concreto patrón es de  $2302 \text{ kg/m}^3$  para los tipos de concreto con remplazo del AF por de EPS en 20%, 30%, 40% y 50% fueron de  $2125 \text{ kg/m}^3$ ,  $2010 \text{ kg/m}^3$ ,  $1980 \text{ kg/m}^3$ ,  $1821 \text{ kg/m}^3$  respectivamente,  $f'c$  promedio a los 28 días del CP fue  $289.56 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c$  promedio para los tipos de concreto con el intercambio del AF por EPS en 20%, 30%, 40% y 50% fueron de  $264.09 \text{ kg/cm}^2$ ,  $245.27 \text{ kg/cm}^2$ ,  $214.56 \text{ kg/cm}^2$ ,  $197.50 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente; la resistencia a la flexión promedio a los 28 días del CP fue de  $49.09$

kg/cm<sup>2</sup> y la resistencia por flexión promedio de los tipos de concreto con remplazo del AF por EPS en 20%, 30%, 40% y 50% fueron de 43.92 kg/cm<sup>2</sup>, 40.22 kg/cm<sup>2</sup>, 35.32 kg/cm<sup>2</sup>, 29.98 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; las conclusiones obtenidas fueron que conforme se incrementa el porcentaje de sustitución o remplazo del AF por EPS f'c, resistencia por flexión y el PU disminuyen.

Trejos y Suarez (2019) en su tesis de pregrado "*Diseño de mezcla de concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar el peso de las probetas y mejorar su resistencia a la compresión*", Universidad Libre Seccional, Pereira, Colombia; cuyo objetivo fue elaborar el diseño de una mezcla de hormigón con diferentes porcentajes de perlas de EPS a través de ensayos de laboratorio y que se logre el aligeramiento del hormigón y mejorar la resistencia a compresión. La metodología que se aplicó consto en realizar los ensayos de calidad de los áridos a ser empleados, seguidamente realizar su dosificación para un diseño f'c= 210 kg/cm<sup>2</sup> para determinar el PU del concreto, la resistencia a compresión adicionando EPS en 3%, 5%, 7%,10%,13% y 15% del volumen del concreto. De estos ensayos se consiguieron los siguientes resultados: f'c promedio del CP a los 28 días fue de 316.11 kg/cm<sup>2</sup>, para los tipos de concreto con incremento de perlas de EPS en 3%, 5%, 7%,10%,13% y 15% fueron de 275.32 kg/cm<sup>2</sup>, 262.07 kg/cm<sup>2</sup>, 254.93 kg/cm<sup>2</sup>, 229.44 kg/cm<sup>2</sup>, 239.63 kg/cm<sup>2</sup>, 229.44 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, el PU del CP fue de 2572 kg/m<sup>3</sup> para los tipos de concreto con incremento de EPS en 3%, 5%, 7%,10%,13% y 15% fueron de 2406 kg/m<sup>3</sup>, 2370 kg/m<sup>3</sup>, 2386 kg/m<sup>3</sup>, 2370 kg/m<sup>3</sup>, 2362 kg/m<sup>3</sup>, 2311 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, ; se llegó a la conclusión que el PU y f'c se reducen a medida que se añade perlas de EPS cabe destacar que todos los tipos de concreto superaron la resistencia de diseño del CP esto se le atribuye a la buena calidad de áridos de la zona.

Frias y Chicaiza (2017) en su tesis de pregrado *“Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre bloques tradicionales y bloques elaborados con poliestireno expandido granular como sustituto parcial del agregado grueso”*, Universidad Técnica de Ambato, Colombia; tuvo como objetivo elaborar el estudio comparativo del concreto basado en la resistencia a compresión entre los bloques tradicionales y los bloques realizados con EPS. La metodología consto en las siguientes etapas: realizar los ensayos y estudios de aceptación al árido grueso y fino para posteriormente proceder con la dosificación de los bloques de concreto  $f'c = 25.5 \text{ kg/cm}^2$  y elaborar los especímenes o moldes cilíndricos para el ensayo para  $f'c$  y roturarlos a los 7, 14 y 28 días, sustituyendo el AG por el 5%, 10%, 15%, 25% y 50% por EPS. De estos ensayos se obtuvieron los siguientes resultados a los 28 días: la resistencia del CP promedio fue de  $26.57 \text{ kg/cm}^2$  mientras que para los tipos de concreto con sustitución 5%, 10%, 15%, 25% y 50% fueron de  $24.22 \text{ kg/cm}^2$ ,  $18.23 \text{ kg/cm}^2$ ,  $17.06 \text{ kg/cm}^2$ ,  $11.94 \text{ kg/cm}^2$  y  $5.19 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Llegando a la conclusión que existe la predisposición a la disminución o reducción de  $f'c$  conforme aumenta el remplazo del árido grueso por EPS, ningún tipo de concreto llego a  $f'c$  de diseño del bloque convencional.

Patiño y Villa (2021) en su tesis de pregrado *“Influencia del poliestireno reciclado en las características físico-mecánicas y sostenibilidad de un hormigón estructural”*, Universidad de Cuenca, Ecuador; cuyo objetivo fue establecer la influencia del remplazo del AF en 30%, 60% y 100% por poliestireno reciclado en el asentamiento, PU del concreto endurecido y  $f'c$ , la metodología usada fue realizar el estudio de los áridos, elaborar el diseño de mezclas de concreto  $f'c = 270 \text{ kg/cm}^2$ , incorporando también un aditivo super plastificante para incrementar la manejabilidad, elaboración de los moldes para los ensayos. Se obtuvieron los siguientes resultados: el asentamiento del CP fue de 70 mm para los tipos de concreto con remplazo del AF por poliestireno reciclado en 30%, 60% y 100% fueron de 45 mm, 40 mm y 35 mm respectivamente, la densidad o PU del CP fue de  $2371 \text{ kg/m}^3$  y los pesos unitarios para los tipos de concreto con el remplazo del AF por poliestireno reciclado en 30%, 60% y 100% fueron de  $2335 \text{ kg/m}^3$ ,  $2218 \text{ kg/m}^3$ ,  $2123 \text{ kg/m}^3$  respectivamente,  $f'c$  promedio a los 28 días del concreto patrón fue de  $270.6 \text{ kg/cm}^2$  para los tipos de concreto con remplazo del AF por poliestireno reciclado en 30%, 60% y 100% fueron de  $245.2 \text{ kg/cm}^2$ ,  $233.7 \text{ kg/cm}^2$ ,  $203.7 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente; llegando a la conclusión que  $f'c$ , el PU y el asentamiento se reducen conforme aumenta el porcentaje de remplazo del AF por poliestireno reciclado lo cual era lo esperado, el porcentaje óptimo de sustitución es de 86.6% ya que supera la resistencia mínima indicada en la normativa por tanto es una buena alternativa el uso del concreto aligerado con poliestireno reciclado en elementos estructurales y no estructurales.

Arboleda y Salazar (2020) en su tesis de pregrado *“Diseño de concreto liviano mediante adición de poliestireno para observar su resistencia y funcionalidad a diferentes porcentajes”*, Universidad libre de Pereira, Colombia; cuyo objetivo fue

determinar el comportamiento del concreto con EPS, con la finalidad de lograr reducir el peso muerto en las construcciones; La metodología utilizada fue constituida por las siguientes etapas, Muestreo, estudio y caracterización de los áridos, diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Elaboración de especímenes para posteriormente realizar las pruebas de compresión y hallar la densidad del concreto solidificado a la edad de 28 días incorporando EPS en 3%, 5% y 7% en relación al volumen total. Se consiguieron los siguientes resultados promedios: la densidad promedio del concreto convencional resulto  $2370 \text{ kg/m}^3$  y para los tipos de concreto con incorporación de EPS en 3%, 5% y 7% fueron de  $2350 \text{ kg/m}^3$ ,  $2320 \text{ kg/m}^3$ ,  $2280 \text{ kg/m}^3$  respectivamente,  $f'c$  promedio a los 28 días del concreto patrón fue de  $284.74 \text{ kg/cm}^2$  para los tipos de concreto con incremento de EPS en 3%, 5% y 7% fueron de  $229.20 \text{ kg/cm}^2$ ,  $223.58 \text{ kg/cm}^2$ ,  $211.62 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente; las conclusiones obtenidas fueron que al incorporar mayor cantidad de poliestireno expandido la resistencia y el PU tienden a disminuir, se presenció que el peso de los tipos de concreto no tiene mucha variabilidad significativa debido a que los porcentajes de incorporación se realizaron en relación al volumen y no al peso de los testigos cilíndricos también se evidencio que la mayoría de las fallas del concreto se deben la deficiencia de los materiales usados en el diseño debido a ello no se llegó a la resistencia de diseño.

### **10.1.2 A nivel nacional**

Vera (2018) en su tesis de pregrado "*Diseño de un concreto liviano con Poliestireno expandido para la ejecución de losas en el Asentamiento Humano Amauta - Ate - Lima Este*", cuyo objetivo fue elaborar un diseño de mezcla de concreto alivianado con poliestireno expandido para precisar la influencia en las propiedades del concreto; La metodología utilizada fue constituida por las

siguientes etapas, realización de los estudios y caracterización de los áridos, diseño para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionando EPS con referencia al peso del cemento en 0.5%, 0.6%, 0.8%, determinar el asentamiento de los tipos de concreto, preparación de especímenes para posteriormente efectuar las pruebas de resistencia a compresión adicionando el material aligerante. Se alcanzaron los resultados siguientes: el asentamiento del concreto patrón fue de 3" y el asentamiento de los tipos de concreto con incorporación de EPS en 0.5%, 0.6%, 0.8%. fueron de 6", 6.5" Y 7" respectivamente, PU del CP es de  $2348 \text{ kg/m}^3$  y para los tipos de concreto con incorporación de EPS en 0.5%, 0.6%, 0.8% fueron de  $1970 \text{ kg/m}^3$ ,  $1883 \text{ kg/m}^3$  y  $1473 \text{ kg/m}^3$  respectivamente,  $f'c$  promedio del CP a los 28 días fue de  $408 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c$  promedio para las muestras de concreto con incorporación de EPS en 0.5%, 0.6%, 0.8%. fueron de  $215 \text{ kg/cm}^2$ ,  $182 \text{ kg/cm}^2$ ,  $123 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente; las conclusiones obtenidas fueron que acorde se incrementa el % incorporación de EPS el asentamiento del concreto se acrecienta, pero el PU y  $f'c$  disminuyen por la baja densidad del material aligerante.

Heredia y Perez (2018) en su tesis de pregrado "*Análisis y evaluación del concreto ligero como concreto Estructural usando como adición controlada (MEPS) aplicado a una losa unidireccional para fines habitacionales*"; Se tuvo como objetivo evaluar el concreto habitual y el concreto adicionado con poliestireno expandido modificado (MEPS); la metodología utilizada se realizó en las siguientes etapas: realizar el estudio de los áridos, determinar la dosificación para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionando MEPS en 5%, 10%, 15%, 20% y 30% en relación al peso del cemento para después de proceder con los ensayos de laboratorio, los resultados fueron los siguientes: el asentamiento para el CP fue de 8.89 cm, el asentamiento para los tipos de concreto adicionados con MEPS en 5%, 10%, 15%, 20% y 30% fueron de

7.11 cm, 5.84 cm, 4.57 cm, 3.30 cm y 1.27 cm respectivamente, el PU del CP endurecido a los 28 días fue de 2332.52 kg/m<sup>3</sup> el PU para el concreto endurecido adicionado con MEPS en 5%, 10%, 15%, 20% y 30% fueron de 2215.20 kg/m<sup>3</sup>, 2146.58 kg/m<sup>3</sup>, 2067 kg/m<sup>3</sup>, 1830.99 kg/m<sup>3</sup>, 1598.92 kg/m<sup>3</sup> respectivamente y  $f'c$  obtenida para el CP fue de 216.04 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c$  para los tipos de concreto adicionados en 5%, 10%, 15%, 20% y 30% fueron de 192.29 kg/cm<sup>2</sup>, 181.06 kg/cm<sup>2</sup>, 167.68 kg/cm<sup>2</sup>, 158.70 kg/cm<sup>2</sup> y 135.48 kg/cm<sup>2</sup> correlativamente. Por tanto, en esta investigación se llegó a la conclusión que conforme se incrementa la adición de poliestireno en relación con el peso del cemento, el PU, el asentamiento y  $f'c$  disminuyen, al no usar ningún tipo de aditivos la mezcla se vuelve más rígida y seca conforme se incrementa el poliestireno.

Vásquez (2018) en su tesis de pregrado *“Resistencia del concreto de  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> con sustitución del agregado grueso por Tecnopor en 10% y 15%- Huaraz”* Cuyo objetivo fue evaluar la resistencia a compresión de un concreto convencional y concreto con un porcentaje del árido grueso sustituido por EPS; la metodología consto en realizar el estudio de los áridos, elaborar el diseño de mezclas para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo el árido grueso por EPS en 10% y 15% para proceder con la preparación de los moldes de concreto y evaluarlas a los 7, 14 y 28 días, los resultados fueron las siguientes:  $f'c$  promedio obtenida a los 28 días para el CP fue de 218.85 kg/cm<sup>2</sup> la resistencia a compresión para los tipos de concreto con intercambio del árido grueso por EPS en 10%, 15% fueron de 212.87 kg/cm<sup>2</sup> y 208.34 kg/cm<sup>2</sup> correlativamente; llegando a la conclusión que se evidencia una diferencia en los resultados obtenidos ya que a mayor sustitución del AG por poliestireno se aminora  $f'c$ .

Larino y Chaiña (2021) en su tesis de pregrado *“Influencia del poliestireno expandido en la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico en unidades de albañilería de concreto en muros portantes en Tacna, 2021”* Cuyo objetivo fue establecer la influencia del poliestireno expandiendo en PU y en  $f'c$  de unidades de albañilería convencional y unidades de albañilería con un porcentaje del AF remplazado por EPS; la metodología consto en realizar el estudio de los áridos, elaborar el diseño de mezclas para un concreto de  $f'c= 140 \text{ kg/cm}^2$  remplazando el AF por EPS en 10%, 20%, 30%, 40% y 50% para proceder con la preparación de los moldes de concreto y evaluarlas a los 7, 14 y 28 días, los resultados fueron los siguientes:  $f'c$  promedio conseguida a los 28 días del CP fue de  $152.15 \text{ kg/cm}^2$ , para los tipos concreto con remplazo del AF por poliestireno en 10%, 20%, 30%, 40% y 50% fueron de  $146.29 \text{ kg/cm}^2$ ,  $141.25 \text{ kg/cm}^2$ ,  $135.10 \text{ kg/cm}^2$ ,  $121.30 \text{ kg/cm}^2$  y  $102.34 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente; el PU para el CP fue de  $2394 \text{ kg/m}^3$ , para los tipos concreto con remplazo del AF por poliestireno en 10%, 20%, 30%, 40% y 50% fueron de  $2364 \text{ kg/m}^3$ ,  $2330 \text{ kg/m}^3$ ,  $2253 \text{ kg/m}^3$ ,  $2180 \text{ kg/m}^3$ ,  $2040 \text{ kg/m}^3$  respectivamente, según los resultados se llega a la conclusión que a mayor remplazo de AF por poliestireno expandido  $f'c$  y el PU de las bloques de albañilería disminuyen, solo el concreto con 10% y 20% de remplazo del AF por EPS supera a la resistencia de diseño.

Chuquillin (2018) en su tesis de pregrado *“Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre PU, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018”*, El objetivo fue establecer la influencia de las perlas de poliestireno en el las propiedades del concreto como el asentamiento, PU y  $f'c$  de un concreto ligero al sustituir en función al volumen del AF por perlas de poliestireno; la metodología consto el estudio de los áridos,

elaborar el diseño de mezclas para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  reemplazando el AF por perlas de poliestireno en 10%, 20%, 30%, 40% y 50% y proceder con la preparación de los moldes de concreto y evaluarlas a los 7, 14 y 28 días, los resultados fueron las siguientes:  $f'c$  promedio alcanzada a los 28 días para el CP fue de  $283 \text{ kg/cm}^2$ , los tipos concreto con remplazo del AF por perlas de poliestireno de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% fueron de  $276 \text{ kg/cm}^2$ ,  $264 \text{ kg/cm}^2$ ,  $256 \text{ kg/cm}^2$ ,  $242 \text{ kg/cm}^2$  y  $222 \text{ kg/cm}^2$  correlativamente; el PU en estado fresco del hormigón promedio para el CP de  $2433.33 \text{ kg/m}^3$ , para los tipos concreto con remplazo del AF por perlas de poliestireno en 10%, 20%, 30%, 40% y 50% fueron de  $2380.33 \text{ kg/m}^3$ ,  $2315.33 \text{ kg/m}^3$ ,  $2251.67 \text{ kg/m}^3$ ,  $2157 \text{ kg/m}^3$ ,  $2059.33 \text{ kg/m}^3$  respectivamente, asentamiento del hormigón en estado fresco promedio del CP fue de 80 mm para los tipos concreto con sustitución del AF por perlas de poliestireno de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% fueron de 86 mm, 90 mm, 93 mm, 100 mm, 110 mm respectivamente, según los resultados se concluyó que a mayor remplazo o sustitución de AF por poliestireno expandido  $f'c$  y el PU se aminoran pero el asentamiento se incrementa.

### **10.1.3 A nivel regional y local**

Cuadros y Herhuay (2022) en su tesis de pregrado "*Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto para uso estructural adicionando EPS y roca volcánica, Abancay – Apurímac, 2021.*" el objetivo de la investigación fue determinar la influencia de las perlas de poliestireno y la roca volcánica en las propiedades de un hormigón al sustituir el árido grueso en función al volumen por perlas de poliestireno; la metodología consto determinar las propiedades de los áridos, elaborar el diseño de mezclas para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  reemplazando el árido grueso por perlas de poliestireno en 15%, 25% para proceder con la preparación de los moldes de concreto y evaluarlas a los 7, 14 y 28 días, los resultados fueron

las siguientes:  $f'c$  promedio obtenida a los 28 días para el CP de 218.09 kg/cm<sup>2</sup> de los tipos concreto con remplazo del árido grueso por perlas de poliestireno de 15%, 25% fueron de 213.29 kg/cm<sup>2</sup>, 203.68 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; el PU del concreto solidificado promedio para el CP fue de 2443.98 kg/m<sup>3</sup>, para los tipos concreto con remplazo del árido grueso por perlas de poliestireno de 15%, 25% fueron de 2359.63 kg/m<sup>3</sup>, 2272.73 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente, asentamiento del concreto en estado fresco promedio del CP de 3.75" para los tipos concreto con remplazo del árido grueso por perlas de poliestireno en 15%, 25% fueron de 4", 3.75" respectivamente, resistencia a la flexión promedio del concreto convencional a los 28 días fue de 24.80 kg/m<sup>3</sup> de los tipos concreto con remplazo del árido grueso por perlas de poliestireno en 15%, 25% fueron de 23.14 kg/m<sup>3</sup> y 21.06 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, se concluye que a mayor remplazo de AG por perlas de poliestireno la resistencia a compresión, flexión y el PU se aminoran, el asentamiento se mantiene debido al uso un aditivo superplastificante. Se evidencio que solo el tipo de concreto con 15% de perlitas de poliestireno supero la resistencia de diseño.

## **10.2 Bases teóricas**

### **10.2.1 Concreto**

Es aquel que puede estar compuesto por dos componentes: la parte pastosa y moldeable que se endurece conforme pasa el tiempo y la parte conformada por fragmentos pétreos que se integran en una pasta, al mismo tiempo esta pasta se integra también de con agua y con el cemento que es un componente aglomerante. El agua tiene la función de dar fluidez al concreto y de también iniciar la reacción química con el cemento para adquirir el endurecimiento del concreto, el concreto

presenta simplicidad respecto a la colocación dentro de los encofrados de cualquier forma (Calapuja, 2020)

### **Concreto Estructural**

Aquel que se utiliza con fines estructurales, puede ser concreto con y sin armadura de refuerzo.  $f'c$  mínima del concreto estructural es  $170 \text{ kg/cm}^2$  y para estructurales resistentes a fuerzas provocadas por sismos  $f'c$  mínima es  $210 \text{ kg/cm}^2$ . (Norma técnica de edificaciones [NTE] E060, 2020)

#### **10.2.2 Componentes del concreto**

##### **10.2.2.1 Cemento Portland**

El cemento es el material aglomerante que tiene características de cohesión y adherencia, estas posibilitan juntar los materiales entre ellos mismos desarrollan un componente compacto con buena durabilidad y alta resistencia, en la construcción, en la elaboración de concreto al mencionar cemento se refiere al cemento portland cuya propiedad principal es endurecerse al interactuar con el agua originando la hidratación esta es la reacción química que debido a ello también se le conoce como cementos hidráulicos. (Rivera, s.f.)

##### **10.2.2.1.1 Fabricación del cemento**

La elaboración del cemento se obtiene de las materias primas que son molidas, mezcladas y se calientan hasta llegar al principio de fusión que se da entre los  $1400^\circ\text{C}$  y  $1450^\circ\text{C}$ , este proceso se da en hornos giratorios de grandes dimensiones que logran medir hasta 5.5 metros de diámetro y 200 metros de longitud. El material fundido en el horno se le conoce como Clinker que tienen la forma de minúsculas esferas de color gris. El Clinker posteriormente es enfriado y triturado llegando a obtenerse un polvo fino, este material es el que forma principalmente el cemento portland cabe destacar en el transcurso de la molienda

del Clinker se le incorpora entre el 3% y 4% de yeso con el objetivo de regular el fraguado del cemento. (Abanto, 2017)

#### **10.2.2.1.2 Características del cemento**

Es un polvo fino gris-verdoso que se despacha en bolsas de 42.5 kilogramos, en el caso en cual no se conozca el valor del peso específico del cemento portland se deberá considerar el valor de 3.15 g/cm<sup>3</sup>. (Abanto, 2017)

#### **10.2.2.1.3 Clasificación del cemento**

Según Abanto (2017) existen cinco tipos de cemento Portland, tipo I de uso general, tipo II para construcciones expuestas moderadamente a sulfatos, tipo III de alta resistencia inicial, Tipo IV requiere bajo calor de hidratación, Tipo V para construcciones que requieran alta resistencia a sulfatos.

### **10.2.3 Agua**

El agua es un componente del concreto, la interacción de este con el cemento genera reacciones químicas que originan el fraguado y endurecimiento del concreto formando un sólido con los áridos. El agua en la construcción se divide en el agua de mezclado y agua de curado. (Calapuja, 2020)

El agua usada para la fabricación de concreto debe ser limpia sin materiales que dañen el concreto como sales, ácidos, aceites o material orgánico. (Abanto, 2017)

#### **10.2.3.1 Agua de mezclado**

El agua para la mezcla es aquella porción que se necesita para un volumen determinado de concreto esta origina la fluidez en la pasta del concreto a la vez posibilita una correcta lubricación de los áridos. (Rivera, s.f.)

### **10.2.3.2 Curado de concreto**

El curado del concreto es el proceso en el cual se dan las circunstancias necesarias para lograr un correcto humedecimiento del concreto hasta que este llegue a alcanzar sus propiedades para la cual fue diseñada, cabe destacar que factores como la humedad y la temperatura son importantes en este proceso; el agua de curado es el que se proporciona adicionalmente para hidratar correctamente el concreto. (Rivera, s.f.)

### **10.2.4 Agregados**

Los agregados o también conocidos como áridos son los elementos que combinados con aglomerantes como el cemento y el agua forman una mezcla denominada mortero y concreto. Los áridos componen un 75% del volumen de un concreto por lo que muy importante que estos presenten una buena resistencia, durabilidad, con superficies libres de impurezas como el limo, materia orgánica que puedan generar la disminución de la cohesión entre la pasta y los áridos. (Abanto, 2017)

Conjunto de fragmentos que se consiguen de manera natural o artificial cuyas dimensiones están determinadas entre los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.037. (Norma Técnica Peruana [NTP] 400.037, 2018)

#### **10.2.4.1 Clasificación:**

Los áridos se clasifican por su composición granulométrica, por su densidad, por su naturaleza, por su forma. (NTP 400.011, 2020)

#### **Por su composición granulométrica**

La composición granulométrica de los áridos se establece en la tabla 1. (NTP 400.011, 2020)

**Tabla 1***Tamices empleados para granulometría*

<b>Agregado</b>	<b>Tamices Normalizados</b>	
<b>Fino</b>	150 um	N° 100
	300 um	N° 50
	600 um	N° 30
	1.18 mm	N°16
	2.36 mm	N°8
	4.75 mm	N°4
<b>Grueso</b>	9.50 mm	3/8
	12.5 mm	1/2
	19.0 mm	3/4
	25.0 mm	1
	37.5 mm	1 1/2
	50.0 mm	2
	63.00 mm	2 1/2
	75.0 mm	3
	90.0 mm	3 1/2
	100.0 mm	4"

*Nota:* Referencia NTP 400.011-2020

**Por su densidad**

Según Rivera (s.f.) La clasificación del agregado según su densidad depende principalmente la masa y volumen de sus poros del material, esta característica es un factor que afecta a la densidad del concreto que se clasifica de la siguiente manera:

- Concreto ligero: PU del concreto ligero varía entre 950 kg/m<sup>3</sup> y 1950 kg/m<sup>3</sup>, PU del agregado a utilizar en el concreto ligero se altera entre 480 kg/m<sup>3</sup> y 1040 kg/m<sup>3</sup>.
- Concreto normal: Para construcción estructural y no estructural, el PU del concreto normal se altera entre 2250 kg/m<sup>3</sup> y 2450 kg/m<sup>3</sup>, PU del árido a utilizar en el concreto normal varía entre 1300 kg/m<sup>3</sup> y 1600 kg/m<sup>3</sup>.
- Concreto pesado: Para protección radioactiva, el PU del concreto pesado varía entre 3000 kg/m<sup>3</sup> y 5600 kg/m<sup>3</sup>, PU del árido a utilizar en el concreto pesado se altera entre 3400 kg/m<sup>3</sup> y 7500 kg/m<sup>3</sup>.

### Por su naturaleza

Para Bazalar y Cadenillas (2019), los áridos se pueden clasificar según su naturaleza en tres grandes grupos: Calizos: Este tipo de árido es el más ordinario, numeroso y barato, se usa mayormente por la facilidad que tiene por pulimentarse y también debido a que dicho material presenta pocos problemas respecto a la adhesividad en la mezcla asfáltica. Silíceos: Este tipo de árido proviene de la trituración o molienda de las gravas naturales, estas pueden no proporcionar una buena adhesividad en una mezcla asfáltica. Ígneos y metamórficos: este tipo de material es el más adecuado como árido grueso en las capas de rodadura.

#### a) Por su forma:

Los áridos se clasifican de formas redondeadas, irregulares, laminares, angulares, alargadas. (NTP 400.011, 2020)

#### 10.2.4.2 Agregados finos

Según Abanto (2017) “Es el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 in.) y queda retenido en el tamiz normalizado 75 µm (N° 200).” (p. 23)

**Tabla 2**

*Gradación de AF*

MALLA		PORCENTAJE QUE PASA ACUMULATIVO
3/8"	9.5mm	100
N°4	4.75mm	95 a 100
N°8	2.36mm	80 a 100
N°16	1.18mm	50 a 85
N°30	600 µm	25 a 60
N°50	300 µm	05 a 30
N°100	150 µm	0 a 10

*Nota:* Referencia NTP 400.037-2018

### **10.2.4.3 Agregados Gruesos**

Es el tipo árido que se retiene en el tamiz normalizado 4.75 mm (N°4), este proviene de la disgregación natural o mecánica de la roca. (NTP 400.037, 2018)

El AG puede ser la piedra chancada, grava, etc. Las gravas o cantos rodados son aquellas agrupaciones de partículas pequeñas de piedra que provienen de la desintegración natural de la roca, este proceso puede deberse a factores como el hielo o agentes atmosféricos, la grava se encuentra normalmente en lechos de ríos y canteras en las que se depositan de manera natural. Las partículas de este tipo de árido grueso carecen de aristas vivas y tienen una característica predominante que es la forma redondeada. El peso de las gravas varía entre 1600 a 1700 kg/m<sup>3</sup>. Piedra chancada o piedra partida, se define así al tipo de AG que se consigue por la desintegración artificial de la roca. Se puede utilizar cualquier tipo de piedra chancada como árido grueso siempre y cuando esta sea resistente, dura y limpia. La principal función de este árido es de dar volumen y también aporta su propia resistencia. Debido a estudios realizados se define que la piedra partida es levemente más resistente que la grava de forma redondeada. (Abanto, 2017)

Tabla 3

## Gradación del AG

Huso	Tamaño máximo nominal	100 mm (4 Pulg)	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados												
			90 mm (3 1/2 Pulg)	75 mm (3 Pulg)	63 mm (2 1/2 Pulg)	50 mm (2 Pulg)	37,5 mm (1 1/2 Pulg)	25,0 mm (1 Pulg)	19,0 mm (3/4 Pulg)	12,5 mm (1/2 Pulg)	9,5 mm (3/8 Pulg)	4,75 mm (Nº. 4)	2,36 mm (Nº. 8)	1,18 mm (Nº. 16)	300um (Nº. 50)
1	90 mma 37,5mm (3 1/2pulg a 1 1/2 pulg)	100	90 a 100	....	25 a 60	....	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....	....	....
2	63 mma 37,5mm (2 1/2pulg a 1 1/2 pulg)	....	....	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....	....	....
3	50 mma 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	....	....	....	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....	....
357	50 mm a 4,75mm (2 pulg a N° 4)	....	....	....	100	95 a 100	....	35 a 70	....	10 a 30	....	0 a 5	....	....	....
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2pulg a 3/4 pulg)	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2pulg a N° 4)	....	....	....	....	100	95 a 100	....	35 a 70	....	10 a 30	0 a 5	....	....	....
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 pulg a 1/2 pulg)	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	....	....	....	....
56	25,0 mm a 9,5mm (1 pulg a 3/8 pulg)	....	....	....	....	....	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	....	....	....
57	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a N° 4)	....	....	....	....	....	100	95 a 100	....	25 a 60	....	0 a 10	0 a 5	....	....
6	19,0 mma 9,5 mm (3/4 pulg 3/8 pulg)	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	....	....	....
67	19,0 mm a 4mm (3/4pulg a N° 4)	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	....	20 a 55	0 a 10	0 a 5	....	....
7	12,5 mm a 4,75mm (1/2pulg a N° 4)	....	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	....	....
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a N° 8)	....	....	....	....	....	....	....	....	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	....
89	12,5 mm a 9,5mm (1/2pulg a 3/8 pulg)	....	....	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75 mm a 1,18mm (N° 4 a N° 16)	....	....	....	....	....	....	....	....	....	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Nota: Referencia NTP 400.037 - 2018

### 10.2.5 Extracción y preparación de muestras

El muestreo de canteras de áridos es fundamental puesto que este establece la idoneidad del empleo de dicho agregado, es importante realizar los controles de calidad del material para asegurar la durabilidad de las estructuras resultantes. (NTP 400.010, 2016)

La obtención de muestras representativas en laboratorio con el método de cuarteo manual según la NTP 339.089 (2019) contribuye a conseguir muestras sin distorsiones para la realización de diferentes ensayos.

#### Medida de muestras

**Tabla 4**

*Medida de muestra de AF y AG*

Tamaño agregado	Masa de la muestra de campo, min. Kg (lbs)	Muestra de campo volume, min L (Gal)
<b>Agregado fino</b>		
2,36 mm (N° 8)	10[22]	8[2]
4,75 mm (N° 4)	10[22]	8[2]
<b>Agregado grueso</b>		
9,5 mm (3/8 in.)	10[22]	8[2]
12,5 mm (1/2 in.)	15[35]	12[3]
19 mm (3/4 in.)	25[55]	20[5]
25 mm (1 in.)	50[110]	40[10]
37,5 mm (1 1/2 in.)	75[165]	60[15]
50 mm (2 in.)	100[220]	80[21]
63 mm (2 1/2 in.)	125[275]	100[26]
75 mm (3 in.)	150[330]	120[32]
90 mm (3 1/2 in.)	175[385]	140[37]

*Nota:* Referencia NTP 400.010 - 2016

### 10.2.6 Caracterización de los áridos

#### 10.2.6.1 Granulometría del AF y AG

Se denomina granulometría a la repartición o distribución de un árido según el tamaño de sus fragmentos. Esta distribución se establece con la división de una

serie de tamices normados. Los tamices normados para ser utilizados en la distribución granulométrica del árido fino son N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100, el AG debe ser gradado de acuerdo a NTP 400.037. (Abanto, 2017)

Según NTP 400.012 (2018) se requiere los siguientes equipos:

- Balanza: Para árido fino: con aproximación de 0,1g.
- Tamices normados.
- Agitador mecánico de tamices: Recomendable para muestras mayores a 20kg, tiempo excesivo mayor a 10 minutos puede degradar la muestra.
- Horno.

Según NTP 400.012 (2018) la cantidad de muestra para el ensayo:

- Árido fino: 300 g. mínimo
- Árido grueso: Muestra mínima para el ensayo de granulometría según la tabla 5.

**Tabla 5**

*Muestra mínima de AG para granulometría*

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Cantidad de la muestra de ensayo mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1(2)
12,5 (1/2)	2(4)
19,0 (3/4)	5(11)
25,0 (1)	10(22)
37,5 (1 1/2)	15(33)
50 (2)	20(44)
63 (2 1/2)	35(77)
75 (3)	60(130)
90 (3 1/2)	100(220)
100 (4)	150(330)
125 (5)	300(660)

*Nota:* Referencia NTP 400.012 - 2018

Según NTP 400.012 (2018) el procedimiento es el siguiente:

- Secar muestra en el horno. Seleccionar los tamices adecuados según el tipo de árido, acomodar los tamices de forma decreciente en relación con el

tamaño de su abertura desde la tapa ubicada en la parte superior hasta el fondo, una vez acomodado se coloca el material sobre la malla superior, zarandear las mallas este proceso puede ser manual o mecánico.

- Para un correcto tamizado se debe limitar la porción del árido sobre el tamiz superior para que todos los fragmentos alcancen las aberturas de los tamices durante el proceso del zarandeado, se debe evitar la sobrecarga del árido sobre cada malla.
- Cuantificar los porcentajes totales retenidos y porcentaje que pasa en cada malla con una aproximación de 0.1% valor que debe ser el más cercano al de la masa seca definida al inicio del ensayo.

#### **10.2.6.2 Peso unitario del árido fino y árido grueso**

Se define como la masa de una unidad de volumen del árido, en este volumen se incluye también el volumen de vacíos y de cada partícula individual. El PU del árido se expresa en  $\text{kg/m}^3$ . (NTP. 400.017, 2016)

Para obtener este dato se divide la masa del árido este puede ser suelto o compactado según se requiera entre el volumen que ocupa, por lo que se obtiene este valor en  $\text{kg/m}^3$ . El cálculo del PU del árido es muy necesario para realizar el diseño de mezclas, para conversiones de masa/volumen del árido y verificar la calidad del árido para aceptación en obra. (Bazalar y Cadenillas, 2019)

Según NTP 400.017 (2016) se requieren los siguientes equipos:

- Balanza: con exactitud de 0,1% de la carga de ensayo, gradación de 0,05 kg.
- Varilla de apisonado.
- Recipiente de metal cilíndrico
- Pala o cucharón.

Según NTP 400.017 (2016) la cantidad de muestra para el ensayo:

- Tamaño de muestra de 125% a 200% de la cantidad necesaria para colmar el recipiente, el árido debe estar seco preferiblemente en estufa.

Según NTP 400.017 (2016) el procedimiento para el ensayo de PUC es el siguiente:

- Determinar la masa del molde vacío con la balanza con exactitud de 0,05 kg.
- Colmar el molde hasta el tercio de su capacidad, nivelar la superficie y apisonar uniformemente la capa del árido con 25 golpes, este apisonado se debe realizar con la varilla de apisonado.
- Colar el molde hasta los dos tercios de su capacidad, nivelar nuevamente y proceder con el apisonado igual a lo descrito anteriormente.
- Llenar el total del molde con el material y realizar el apisonado nuevamente.
- Enrazar la superficie del material, se puede utilizar una espátula de madera o los dedos, este procedimiento se realiza para equilibrar los vacíos que se forman por debajo de la capa superficial del molde.
- Cuando se realice el apisonado del primer tercio del molde se debe evitar no golpear hasta el fondo del recipiente, para la 2da y 3ra capa se puede usar mayor fuerza, pero no debe provocar que el apisonado con la varilla penetre a la capa anterior.
- Establecer en la balanza la masa del recipiente con el árido compactado con exactitud de 0,05 kg.

$$\text{Peso unitario compactado} = \frac{(\text{Masa del molde} + \text{arido compactado}) - \text{Masa del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

Según NTP 400.017 (2016) el procedimiento para el ensayo de PUS es el siguiente:

- Calcular la masa del molde vacío con exactitud. de 0,05 kg
- Colmar el molde hasta la superficie, el árido no debe exceder 50mm de altura por encima del borde superior del molde.

- Evitar la segregación del árido para que los resultados no presenten errores.
- Nivelar la superficie del molde usando una espátula de madera o los dedos para equilibrar los vacíos que se forman por debajo de la parte superficial del molde.
- Establecer la masa del recipiente más el material suelto con exactitud de 0,05 kg.

$$\text{Peso unitario suelto} = \frac{(\text{Masa del molde} + \text{arido suelto}) - \text{Masa del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

### 10.2.6.3      **Peso específico y absorción**

Según la NTP 400.022 (2018) “El peso específico conocida también como densidad relativa o gravedad especifica es la relación que existe entre la densidad de un material y la densidad del agua en una temperatura adecuada.” (p. 7)

La absorción es el incremento en relación con la masa de un árido causado por la penetración del agua en los poros de las partículas del árido en un tiempo determinado, la absorción no incluye el agua que se apega en la parte superficial de las partículas, se expresa este valor como un % de la masa seca. (NTP 400.022, 2018)

#### **Campo de aplicación**

El peso específico del árido es la propiedad que se usa para determinar que volumen ocupa este material en diversas mezclas de concreto que tiene como componente a los áridos en conjunto con el aglomerante o aglutinante según sea el tipo de concreto a utilizar, el volumen de los áridos se obtiene en base al volumen total de la mezcla. (NTP 400.022, 2018)

El uso de la absorción de un árido se da para el cálculo de la variación de la masa de este material a consecuencia del agua que absorbe el árido en los espacios de los poros al interior de las partículas en comparación al estado seco

del árido cuando este se ha sumergido en el agua durante un tiempo determinado para obtener su grado de absorción potencial. (NTP 400.022, 2018)

#### **10.2.6.3.1 *Peso específico y absorción del árido fino***

##### **Método gravimétrico (Picnómetro)**

Según NTP 400.022 (2018) se requieren los siguientes equipos:

- Balanza: con precisión de 0.1%.
- Picnómetro.
- Molde y barra compactadora para los ensayos superficiales de humedad.
- Estufa.

Según NTP 400.022 (2018) la preparación de la muestra se realiza de la siguiente manera:

- Secar la muestra para ensayar en la estufa, una vez seco dejar enfriar
- Cubrir el material con agua y dejar que repose por 24 horas
- Si los áridos para la dosificación del concreto presentan una condición de humedad natural y si la superficie de los áridos no ha perdido humedad hasta la realización de la prueba el secado inicial y el remojo descrito en los pasos anteriores son opcionales.
- Eliminar el agua excedente evitando la pérdida de las partículas del árido fino, desplegar el árido sobre una superficie plana impermeable y proceder al secado mediante corriente ligera de aire caliente hasta llegar al estado de partículas saturadas superficialmente seca, la muestra para obtener dicha característica debe llegar al estado de flujo libre mediante la prueba de humedad superficial.
- La prueba de humedad superficial consta en colocar el molde en una superficie impermeable con el diámetro mayor hacia abajo y colocar el árido

fino suelto en el molde amontonando el material por encima, sujetando el molde proceder con el apisonamiento de 25 golpes este debe ser ligero a 5mm aproximadamente de superficie del molde permitiendo así que el apisonador caiga libremente, una vez realizado el apisonamiento proceder con el levantamiento del molde si la humedad superficial del árido aún existe este mantendrá su forma caso contrario si el material presenta una ligera caída indica que se llegó a la condición de superficialmente seca.

Según NTP 400.022 (2018) el procedimiento para el ensayo es el siguiente:

- Llenar escasamente el picnómetro con agua e incluir en el aparato la muestra de AF saturada superficialmente seca (500g).
- Adicionar el agua hasta el 90% de la capacidad del picnómetro.
- Sacudir el picnómetro para excluir todas las burbujas de aire visibles.
- Llenar el nivel de agua del picnómetro a su capacidad de calibración.
- Hallar la masa total del picnómetro más la muestra más el agua.
- Quitar el AF del picnómetro y secarlo en el horno, dejarlo enfriar y hallar su masa seca.

#### **10.2.6.3.2 *Peso específico y absorción del árido grueso***

Según NTP 400.021 (2018) se requieren los siguientes aparatos:

- Balanza: con precisión de 0,05%
- Recipiente para muestra: canasta de alambre de 3,35 mm (N°6) o malla fina.
- Tanque de agua: recipiente hermético en la que se coloca el recipiente de la muestra.
- Tamices: tamiz N°4 (4.75 mm).
- Estufa.

Según NTP 400.021 (2018) el procedimiento para el ensayo es el siguiente:

- La cantidad de muestra mínima para un árido grueso con Tamaño máximo nominal (TMN) de 1" es de 4 kilos.
- Lavar la muestra prudentemente para eliminar el polvo u otros recubrimientos que se pueden encontrar en la superficie.
- Secar la muestra en el horno, enfriar de 1 a 3 horas.
- Empapar la muestra en agua durante un periodo por 24 horas.
- Si los áridos para para la dosificación del concreto presentan una condición de humedad natural y si la superficie de los áridos no ha perdido humedad hasta la realización de la prueba el secado inicial y el remojo descrito en los pasos anteriores son opcionales.
- Retirar la muestra del agua y ubicarlo en un paño absorbente hasta excluir los fragmentos visibles de agua, evitar la evaporación del agua del árido.
- Hallar la masa en aire de la muestra de ensayo (muestra saturada superficialmente seca)
- Colocar muestra en el recipiente y hallar su masa en agua, el recipiente debe estar sumergido a profundidad para cubrir toda la muestra.
- Secar la muestra en el horno luego enfriar de 1 a 3 horas y hallar la masa.

#### **10.2.6.4 Contenido de humedad del árido fino y grueso**

El ensayo consiste en establecer el % de humedad evaporable en una porción del AF o AG por secado, la humedad evaporable contiene la humedad superficial tanto como la que es contenida en los poros de los áridos. (NTP 339.185, 2018)

Según NTP 339.185 (2018) se requieren los siguientes equipos:

- Balanza: con sensibilidad de 0,1%.
- Horno.

- Recipiente: recipiente que no presente daños ante el calor del horno y que sea capaz de mantener la muestra sin derrames.
- Revolvedor: cuchara de metal.

Según NTP 339.185 (2018) el procedimiento para el ensayo es el siguiente:

- Hallar la masa de la muestra.
- Secar la muestra en el horno evitar la pérdida partículas del árido, el secado veloz en el horno puede causar la explosión de las partículas lo que ocasiona una pérdida de la muestra. Cuando se utilice el horno debe ser con una temperatura controlada para no alterar las características de los áridos así tener una medición más precisa.
- Una vez se haya finalizado el secado dejar que la muestra enfrié y hallar la masa de la muestra seca.

### 10.2.7 Diseño de Mezclas (Método ACI -211)

#### a) Cálculo de la resistencia de diseño promedio requerida ( $f'_{cr}$ ).

El diseño de mezclas de esta investigación se elaborará para la resistencia a compresión  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , puesto que dicha resistencia es la mínima para elementos resistentes a fuerzas sísmicas. Sabiendo ello se procede a calcular la resistencia de diseño requerida según la tabla 6 cuando no se cuenta con resultados estadísticos sobre las desviaciones estándar.

**Tabla 6**

*Resistencia de diseño promedio requerida*

Resistencia de diseño ( $f'_c$ ), kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia de diseño requerida ( $f'_{cr}$ ), kg/cm <sup>2</sup>
$f'_c < 210$	$f'_{cr} = f'_c + 70$
$210 \leq f'_c \leq 350$	$f'_{cr} = f'_c + 84$
$f'_c > 350$	$f'_{cr} = 1.1f'_c + 50$

*Nota:* Adaptado de NTE E.060 Concreto Armado - 2020

## b) Preferencia del asentamiento

**Tabla 7**

*Asentamientos convenientes según el tipo de construcción*

Tipos de edificación	Asentamiento	
	Máximo (")	Mínimo (")
Zapatatas y muros de cimentación reforzados	3	1
Zapatatas simples, cajones y muros de subestructura	3	1
Vigas y muros reforzados	4	1
Columnas de edificios	4	1
Pavimentos y losas	3	1
Concreto ciclópeo	2	1

*Nota:* Adaptado de Abanto (2017)

## c) Tamaño máximo nominal del AG

Corresponde al tamiz donde se origina el primer retenido que varía del 5% al 10%, se determina en el ensayo granulométrico del AG. (NTP 400.037, 2018)

## d) Cálculo de contenido aire atrapado

El cálculo del contenido de aire atrapado se realizará en función TMN del AG de acuerdo con lo establecido en los ensayos de laboratorio.

**Tabla 8**

*% de aire atrapado en el concreto*

Tamaño máximo nominal del Agregado grueso (TMN)	Porcentaje de aire atrapado (%)
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
4"	0.20%

*Nota:* Referencia Abanto (2017)

### e) Contenido de agua

Para calcular la cantidad de agua en la mezcla es necesario conocer dos factores importantes que son el TMN del AG y el asentamiento deseado, este cálculo será para una mezcla de concreto sin aire incorporado según la tabla 9.

*Contenido de agua en el concreto*

**Tabla 9**

*Contenido de agua en el concreto*

Asentamiento	Tamaño máximo nominal del agregado grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	—
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	—
% promedio recomendado para el contenido total de aire	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

*Nota:* Referencia Abanto (2017)

### f) Cálculo de la relación agua /cemento (a/c).

Se establece el cálculo (a/c), teniendo en consideración la resistencia de diseño promedio requerida ( $f'_{cr}$ ), si en la tabla 10 no se encuentran los valores exactos se deberá interpolar entre los valores existentes, este cálculo será para una mezcla de concreto sin aire incorporado.

**Tabla 10***Relación agua/cemento*

f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación (agua/cemento)	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto 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	-

Nota Referencia: Abanto (2017)

**g) Contenido de cemento**

Se conseguirá la porción de cemento en el diseño de mezclas dividiendo la cantidad de agua entre la relación agua/cemento (a/c).

$$\text{Contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua (kg/m}^3\text{)}}{a/c}$$

**h) Cálculo de la masa del árido grueso**

Para este cálculo se debe calcular el volumen del AG seco compactado (b/bo) teniendo en consideración el TMN del AG y el módulo de finura del AF.

**Tabla 11***Volumen del AG*

TMN	Volumen del Agregado grueso seco compactado para diferentes módulos de finura de AF (b/bo)			
	2.4	2.6	2.8	3.0
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"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.78	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota: Referencia Abanto (2017)

Posteriormente, calculamos la masa del AG en relación con el volumen del AG seco compactado ( $b/b_o$ ) y el peso unitario seco compactado (PUSC) del AG obtenido en los estudios de los áridos, con la siguiente formula

$$Masa\ AG\ (kg) = \frac{b}{b_o} (m^3) * PUSC \left(\frac{kg}{m^3}\right)$$

#### **i) Cálculo de volumen absoluto**

Establecer el volumen de los materiales (cemento, aire, agua y AG), este se obtiene dividiendo la masa del material sobre su peso específico, exceptuando el aire que se obtendrá el volumen dividiendo el porcentaje de aire atrapado sobre 100.

$$Volumen\ del\ material\ (m^3) = \frac{Masa\ del\ material\ (kg)}{Peso\ especifico\ del\ material\ \left(\frac{kg}{m^3}\right) * 1000}$$

$$Volumen\ de\ aire = \frac{\% \text{ aire atraapdo}}{100}$$

El volumen del AF se obtendrá como la diferencia de un metro cubico menos la suma de los volúmenes del cemento, agua, aire y AG.

#### **j) Masa del árido fino**

La masa del AF se obtendrá con la formula:

$$Masa\ AF = Volumen\ AF * Pe\ AF$$

#### **k) Corrección de humedad en los áridos**

Se realizará en base al contenido de humedad de los áridos.

$$Masa\ del\ agregado\ final = Masa\ agregado\ seco * \left(\frac{\%w}{100} + 1\right)$$

#### **l) Aporte del agua en la mezcla de concreto**

Se realizará el cálculo del aporte de agua en el AG y AF en estado seco.

$$Aporte\ de\ agua\ del\ Agregado = \left(\frac{\%w - \%abs}{100}\right) * Masa\ agregado\ seco$$

### **m) Agua efectiva**

El agua efectiva final en la mezcla de concreto será la diferencia entre la masa del agua de diseño del ítem e) y la masa de la sumatoria de los aportes de agua del AG y AF del ítem l).

$$\text{Agua efectiva} = \text{Contenido de agua} - (\text{Aporte de agua del AG y AF})$$

### **n) Proporciónamiento del diseño**

Como último paso del diseño de mezclas se obtiene el proporcionamiento del cemento, AG, AF y el agua.

### **10.2.8 Concreto liviano**

El concreto ligero a través del tiempo ha sido obtenido de diversas formas, por ejemplo el uso de espumas ligeras, áridos de densidades menores al árido convencional, debido a la variedad de materiales que se utilizan para elaborar concretos ligeros existe una incompatibilidad de los autores respecto a la definición de concreto ligero, no obstante existen autores como Short & Kinniburgh en su libro *Lightweight Concrete*, acepta de manera general el concreto ligero como aquel concreto que por cualquier método se vuelve más liviano que un concreto de densidad convencional. (Patiño y Villa, 2021)

El concreto liviano estructural es aquel que a la edad de 28 días llega a obtener una resistencia mínima de 175 kg/cm<sup>2</sup> y un PU menor de 1850 kg/m<sup>3</sup>, esta reducción de la densidad se debe principalmente a la incorporación de áridos ligeros al concreto, estos se pueden clasificar concorde a su tipo de fabricación puesto que cada tipo de árido ligero posee propiedades físicas distintas lo cual interviene en las propiedades del concreto liviano como: masa, forma, textura, absorción y densidad. Este tipo de concreto debido a su baja densidad posee la ventaja de utilizar refuerzo en menor cantidad. (Rivera, s.f.).

Durante muchos años se consideró concreto liviano o ligero solamente a aquel que presentaba una densidad que no excedía un límite aproximado de 1650 kg/m<sup>3</sup>, pero habiendo la necesidad de amplificar las aplicaciones del concreto ligero para el uso de este en elementos estructurales se llegó a obtener densidades de hasta 1850 kg/m<sup>3</sup>, aun así estos últimos también se consideraban concretos ligeros, por ello autores como Neville en su libro *Concrete Technology* al igual que Short & Kinniburgh en su libro *Lightweight Concrete*, consideran como concreto ligero a aquel que tenga una densidad menor a la del concreto convencional. Por tanto, para esta investigación se consideró concreto ligero como aquel que presenta una densidad menor a la densidad del concreto convencional.

### **10.2.9 Áridos livianos**

Los áridos con menor densidad que se utilizan en la elaboración de concreto ligero se adoptan de acuerdo con la estructura celular que poseen, puesto que de acuerdo con su estructura se ofrece la ventaja de reducir la densidad del concreto, también poseen propiedades térmicas y acústicas. (Bazalar y Cadenillas, 2019)

Existen dos tipos de áridos ligeros: áridos fabricados por expansión como es el poliestireno expandido, áridos fabricados por sinterización como las cenizas volantes, escorias de alto horno, esquisto, etc. y los áridos que tienen procedencia natural como por ejemplo la piedra pómez. (Rivera, s.f.)

#### **10.2.9.1 Poliestireno expandido**

El poliestireno expandido es un polímero que tiene como principal compuesto el estireno este es un líquido en el cual sus partículas se polimerizan originando las moléculas del poliestireno. El estireno al ser mezclado con agua y con un agente de expansión (hidrocarburo pentano) se obtiene el poliestireno expandido el cual se moldea según el uso que se le va a dar al producto. (Patiño & Villa, 2021)

La fabricación de este tipo de poliestireno es artificial, puesto que no se encuentra este material en la naturaleza por lo que se recurre a procesos artificiales para producirlo, el EPS se pre expande en grandes moldes entre unos 90°C a 105°C incrementando su volumen hasta en 50 veces debido a que se le incorporo el agente de expansión posteriormente se deja en reposo con la finalidad que el aire penetre en el material y se seque. (Patiño y Villa, 2021)

**Tabla 12**

*Características del EPS*

Característica	Descripción
Densidad	El poliestireno expandido se caracteriza por su extremadamente ligero y resistente, la densidad varia entre 10 a 35 kg/m <sup>3</sup> .
Resistencia	La resistencia del poliestireno expandido se evalúa en: Resistencia a la compresión - deformación del 10%, resistencia a la flexión y tracción.
Color	Blanco.
Comportamiento con el agua	Material que tiene valores de absorción entre 1 y 3%.
Aislamiento térmico	Buena capacidad de aislamiento térmico en relación al frio y al calor.
Estabilidad frente a la temperatura	Se puede utilizar el material sin que sus propiedades queden afectadas máximo hasta los 100° C para acciones cortas y 80°C para acciones continuas.

*Nota:* Referencia (Arriola y Velásquez, 2013 como se cito en Patiño y Villa, 2021)

**10.2.10 Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio (NTP 339.183)**

Moldes: moldes cilíndricos para el ensayo de resistencia a compresión y moldes prismáticos de forma rectangular para el ensayo de resistencia a la flexión, deben ser de acero que no presente alteraciones al contacto con el concreto, las dimensiones de los moldes se especifican en cada norma según el tipo de ensayo,

los moldes reutilizables se deben revestir de aceite natural antes de su uso. (NTP 339.183, 2021)

**Numero de especímenes:**

Normalmente se deben elaborar 3 especímenes a más por cada edad de ensayo del concreto, las edades de ensayo para la resistencia a compresión son de 7 y 28 días y para la resistencia a la flexión de 14 y 28 días. (NTP 339.183, 2021)

Según NTP 339.183 (2021) consideraciones para la elaboración de los especímenes:

- El lugar donde se realicen los moldeos de los especímenes debe ser lo más cerca posible del lugar donde se almacenarán hasta desmoldarlos, debe ser un ambiente con superficie libre, rígida sin presencia de algún tipo de alteraciones.
- El moldeo de se debe realizar de acuerdo con las normativas específicas para cada ensayo, si el diámetro del espécimen cilíndrico es mayor a 150mm de debe realizar el varillado en tres capas de igual manera si la profundidad del espécimen prismático es menor de 200mm se pueden realizar el varillado solo en dos capas.

Según NTP 339.183 (2021) consideraciones para el curado de especímenes:

- Una vez finalizado el moldeo de los moldes se debe evitar la evaporación del agua del concreto fresco, se debe cubrir con un material impermeable hasta que se quiten los moldes de los especímenes.
- El desmoldado se debe hacer después de 20 horas a 28 horas después del vaciado.
- El curado se especifica al almacenamiento de los especímenes en tanques de agua.

## **10.2.11 Propiedades del concreto**

### **10.2.11.1 Ensayo para la medición del Asentamiento**

La trabajabilidad o también conocida como manejabilidad es una característica que tiene el concreto en estado fresco, esta propiedad establece la capacidad del concreto para su colocación sin presentar segregación perjudicial. (Rivera, s.f.)

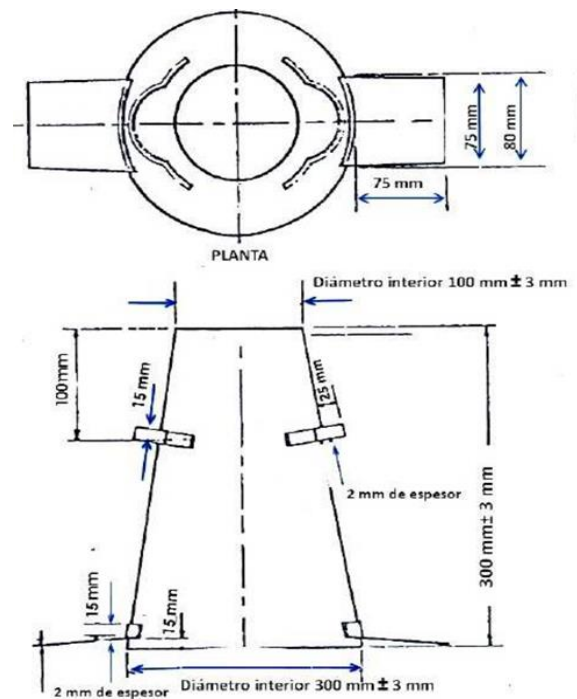
El ensayo para la medición de la trabajabilidad del concreto es el ensayo de asentamiento que es el más utilizado debido a su sencillez y la rapidez en la cual se realiza la prueba, este método mide la consistencia de la mezcla de concretos plásticos con tamaño de áridos máximos de 37.5 mm equivalente a 1 1/2". La cantidad de agua de una mezcla se relaciona con el asentamiento y con la resistencia, a mayor cantidad de agua el asentamiento se incrementa la relación con la resistencia es inversa. (NTP 339.035, 2022)

Según NTP 339.035 (2022) se requieren los siguientes aparatos:

- Moldes: Este espécimen debe ser de metal que no presente daños al contacto con el concreto, espesor no menor de 1.5 mm con una forma de trompo cónico con un diámetro de 20 cm en la parte inferior, de 10 cm en la parte superior y una altura de 30cm, el espécimen debe contar con piezas que brinden soporte y agarraderas, en el momento de la realización de la prueba el espécimen no debe tener residuos de concreto, abolladuras o cualquier otra deformación.
- Barra de compactado: cilíndrica de acero liso de extremo redondeado con un diámetro de 1.6 cm y 60 cm de altura.
- Regla de metal o wincha: con una longitud no mínima de 30 cm.
- Cucharón

**Figura 1**

*Dimensiones del molde para asentamiento*



*Nota:* Referencia NTP 339.035 – 2022

Según NTP 339.035 (2022) el procedimiento para el ensayo de asentamiento es el siguiente:

- Humedecer y colocar el molde en una superficie plana, dura e impermeable, fijar el molde pisando las aletas.
- Llenar con el cucharón la mezcla en el molde en tres capas de 1/3 de capacidad cada una, se debe varillar cada capa con 25 golpes con la barra redondeada de manera uniforme.
- En la tercera capa se debe exceder el llenado antes de realizar la compactación para luego de la realización del varillado se mantenga la cantidad requerida.
- Enrasar la parte superior del molde rodando la varilla, eliminar todo resto de concreto que genere alrededor del molde.

- Retirar el molde en dirección vertical inmediatamente.
- Determinar la diferencia existente entre la altura del molde y la parte superior del concreto deformado, esta medición representa el asentamiento del concreto.

**Tabla 13***Asentamiento del concreto plástico*

Consistencia	Asentamiento (mm)	Tipo de Construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
<i>Medía (plástica)</i>	50-100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones.	Colocación manual.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.

*Nota:* Referencia Concreto Simple - Ing. Gerardo A. rivera L.

### 10.2.11.2 Ensayo para determinar la resistencia a compresión del concreto – NTP 339.034

Este ensayo es utilizado para concretos con PU mayor a 800 kg/m<sup>3</sup>, consta en la aplicación de una carga de compresión a los especímenes cilíndricos a una velocidad constante hasta que llegue a la falla, los resultados que se obtienen se utilizan como referencia del control de calidad del concreto y si este llega a alcanzar la resistencia para la cual es diseñada. (NTP 339.034, 2021)

$f'_c$  mínima de un concreto estructural debe ser mayor a 170 kg/cm<sup>2</sup>, para elementos estructurales resistentes a fuerzas inducidas por sismos la  $f'_c$  mínima debe ser de 210 kg/cm<sup>2</sup>. (NTE E060, 2020)

Según NTP 339.034 (2021) se requieren los siguientes aparatos:

- Máquina de compresión, este debe estar calibrada al menos una vez al año, cuando la maquina se reubique, después de alguna reparación o cuando se dude de los resultados que se obtienen. La máquina no debe

ser de manejo manual debe ser realizada por energía con una aplicación de carga continua sin ninguna paralización. No se debe presentar un margen de error mayor a  $\pm 1\%$  de la carga indicada.

- Los especímenes cilíndricos deben estar en una superficie plana que sea perpendicular al eje del molde

Según NTP 339.034 (2021) el procedimiento para hallar la resistencia a compresión es el siguiente:

- Los cilindros de ensayo deben protegerse de la pérdida de humedad desde el aislamiento de almacenaje de humedad hasta el momento en el que se realizara el ensayo, las probetas se ensayaran aun humedad.
- Las probetas cilíndricas de concreto serán fracturadas solo en el tiempo tolerable para realizar el ensayo según la tabla 14:

**Tabla 14**

*Tolerancia para la rotura de ensayos a compresión*

<b>Edad de ensayo</b>	<b>Tiempo de tolerancia</b>
<b>24 horas</b>	$\pm 0.5$ horas
<b>3 días</b>	$\pm 2$ horas
<b>7 días</b>	$\pm 6$ horas
<b>28 días</b>	$\pm 20$ horas
<b>90 días</b>	$\pm 48$ horas

*Nota:* Referencia NTP 339.034 - 2021

- Posición de los especímenes: posicionar los especímenes cilíndricos en la maquina y alinear el eje de las probetas con los del centro de empuje de la máquina.
- Verificar el cero y el correcto asiento del cilindro de concreto.
- Verificar la carga, esta debe ser continua y sin impacto.

- Aplicación de la carga de compresión hasta llegar a la ruptura del espécimen.
- Cálculo de la resistencia es el resultado de la división de la carga máxima aplicada al espécimen y el área de la sección transversal.

$$\text{Resistencia a compresión} \left( \frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{P}{\pi * r^2}$$

P: Carga máxima aplicada a la briqueta (kg)

r: radio de la superficie de la briqueta (cm<sup>2</sup>)

### 10.2.11.3 Ensayo de Resistencia a la flexión (NTP 339.078)

Este ensayo se da para la determinación de la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, el resultado de esta prueba se representa como el módulo de rotura ( $M_r$ ). (NTP 339.078, 2022)

$M_r$  esta aproximadamente entre el 10% y el 20% de  $f'_c$  del concreto, depende mucho del tipo, dimensiones y volumen del AG. (Rivera, s.f.)

Según NTP 339.078 (2022) se requieren los siguientes equipos:

- Máquina de ensayo: no debe ser manual, este debe ser capaz de aplicar las cargas uniformemente sin interrupciones.
- Aparatos de carga: el método de ensayo de aplicación de las cargas a los tercios se utiliza con unas placas de apoyo que aseguren que las fuerzas que se apliquen a la viga serán perpendiculares a la cara de la viga.

Según NTP 339.078 (2022) el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión es el siguiente:

- Las vigas para el ensayo deberán estar conforme a lo dispuesto en la NTP 339.183, las superficies de las vigas deben ser lisas no deben presentar cangrejas.
- Una vez retirado el molde de la cámara de curado inmediatamente se debe realizar el ensayo para evitar resultados incorrectos.
- Centrar el molde en el sistema de aplicación de cargas, los contactos de aplicación de la carga al bloque prismático se colocan a los tercios de la luz de la viga.
- Aplicar la carga a una velocidad constante sin interrupciones hasta que llegue a la falla.

Según NTP 339.078 (2022) el cálculo para determinar el  $M_r$  es el siguiente:

Cuando la falla ocurre dentro del tercio medio de la viga el  $M_r$  se calcula de la siguiente manera:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

P: Carga máxima aplicada a la viga (kg)

L: luz libre entre los apoyos (cm)

b: ancho de viga (cm)

h: altura de viga (cm)

#### **10.2.11.4 Ensayo para determinar de Peso Unitario (NTP 339.046)**

La densidad o también conocida como peso unitario expresada en (kg/m<sup>3</sup>), se indica a la cantidad de masa que tiene un determinado material por una unidad de volumen. Dependiendo del tipo de material que se utilizan para elaborar un concreto la densidad de este puede variar a pesar de tener un mismo volumen.

Esta característica del concreto guarda relación directa con sus componentes mayormente por el tipo de áridos que se utilizan puede ser gravas, piedra chancada o también otros materiales más ligeros o pesados que representen un cambio de densidad considerable en el concreto. (PAVICONJ, s.f.)

Según NTP 339.046 (2019) se requieren los siguientes equipos:

- Balanza: debe tener una precisión de 45g.
- Barra compactadora.
- Recipiente de medida: debe ser cilíndrico de acero de una capacidad mínima de 6 litros para un TMN del árido grueso 1”.
- Placa de alisado.
- Mazo de cabeza de caucho
- Cucharón

Según NTP 339.046 (2019) el procedimiento para determinar el PU del concreto es el siguiente:

- La muestra se obtendrá de acuerdo con la NTP 339.036 (concreto fresco)
- Definir el método de consolidación del concreto, se puede usar el método del apisonado
- Definir el volumen del molde
- Pesar el molde vacío
- Verter la mezcla de concreto de manera uniforme en tres capas compactando con una varilla de 25 veces por capa, después de cada capa se golpea con el martillo de hule de 10 a 15 veces los lados del molde prudentemente con la finalidad de eliminar alguna burbuja de aire que pueda existir en el concreto

- Alisar con la placa de alisado la superficie del hormigón para dejar el molde nivelado y lleno.
- Limpiar el exceso de mezcla que se adhirió en las paredes externas del molde y determinar la masa del molde + el concreto.
- Para determinar la densidad se debe calcular la masa neta del concreto y dividirlo entre el volumen del molde.

$$\text{Peso unitario (kg/m}^3\text{)} = \frac{(\text{Masa del molde} + \text{concreto}) - \text{Masa del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

$$\text{Peso unitario (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Masa neta del concreto}}{\text{Volumen del molde}}$$

### 10.3 Marco conceptual

**Agregado:** Los áridos o áridos son materiales inertes que tiene forma granular pueden originarse natural o artificialmente, estos aglomerados con el agua y cemento portland forma un compacto conocido como concreto. (Rivera, s.f.)

**Agregado fino:** Agregado que surge de la disgregación artificial o natural que pasa por el tamiz 3/8" y que queda retenida en el tamiz N° 200. (NTP 400.037, 2018)

**Agregado grueso:** Agregado que surge de la disgregación natural o mecánica de la roca que es retenido en el tamiz N°4. (NTP 400.037, 2018)

**Agua para concreto:** material fundamental para la elaboración del concreto, este guarda relación con las propiedades del concreto como son la resistencia, la trabajabilidad. (Abanto, 2017)

**Asentamiento:** Es la medida de la manejabilidad del concreto, es el ensayo más usado en el mundo debido a su facilidad y rapidez el cual mide la fluidez de la

mezcla del concreto en estado fresco en el cual el tamaño máximo del agregado grueso puede ser hasta 2". (NTP 339.035, 2022)

**Tamaño máximo nominal:** Se define al menor tamiz que se utiliza donde se origina el primer retenido del árido. (NTP 400.037, 2018)

**Carga muerta:** Peso que proviene de los materiales que soportan la edificación, dispositivos de servicio y equipos, tabiques que tienen carácter permanente en la edificación. (Reglamento Nacional de Edificaciones [RNE] E.020, 2020)

**Carga viva:** Masa de todos los ocupantes, equipos, muebles y otros elementos móviles que la construcción debe soportar. (RNE E.020, 2020)

**Cemento:** Aglomerante pulverizado que al interactuar con una cantidad optima de agua forma una pasta que se endurece, este proceso puede darse bajo el agua o también al aire libre. (NTE E060, 2020)

**Concreto:** Es la mezcla de AG, AF, agua y cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, esta mezcla puede ser con o sin aditivos. (NTE E060, 2020)

**Curado del concreto:** Es el procedimiento en el cual se mantiene un contenido de hidratación optimo del concreto con la finalidad de que se llegue a adquirir las propiedades físicas para la cual ha sido diseñada la mezcla. (NTP 339.183, 2021)

**Poliestireno Expandido:** Material espumado, muy ligero, proveniente del poliestireno. Es un componente bastante versátil que puede ser utilizado en muchos rubros como la construcción, envases u otros, tiene un bajo costo. (Patiño y Villa, 2021)

**Resistencia a compresión:** Se define como la facultad de soportar una carga por una unidad de área. (Cemex, s.f.)

**Resistencia:** Capacidad de un material solido que soporta fuerzas que se le aplican sin quebrarse o sin presentar deformaciones o fallas. (NTE E060, 2020)

**Resistencia a flexión:** Es la resistencia máxima de una viga o muestra sometida a la flexión. (NTP 339.078, 2022)

**Manejabilidad del concreto:** Propiedad del concreto en estado fresco mediante la cual se puede determinar la capacidad que se tiene la mezcla para la colocación y consolidado apropiado sin presentar segregación perjudicial, también se conoce esta propiedad como trabajabilidad. (Rivera, s.f.)

**Peso unitario del concreto:** La cantidad de masa por volumen del concreto se expresa en  $\text{kg/m}^3$ . (NTP 339.046, 2019)

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### 11.1 Hipótesis

#### 11.1.1 Hipótesis general

La incorporación de poliestireno influye en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022.

#### 11.1.2 Hipótesis específicas

- a) El 5% de la incorporación poliestireno influye en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022.
- b) El 10% de la incorporación de poliestireno influye en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022.
- c) El 15% de la incorporación de poliestireno influye en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022.

### 11.2 Método

Esta investigación es de método deductivo, para Pimienta y Orden (2017) el método deductivo es aquel permite estructurar razonamientos mediante los que se obtienen conclusiones a partir de una o varias premisas. Es un método que se

utiliza comúnmente en la enseñanza y se basa en 4 pasos: Observación, formulación de hipótesis, Deducción y Experimentación. Este método parte de conclusiones generales para establecer conclusiones sobre fenómenos particulares.

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, para: Hernandez, et al. (2014, como se cito en Medina, 2022) define que el enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos. Todas las etapas se enlazan entre sí, por lo que no se puede evadir ningún paso. La investigación parte de una idea que origina problemas, objetivos e hipótesis. Para comprobar las diferentes hipótesis planteadas se ejecuta un plan para probarlas, se miden las variables a estudiar y poder determinar su relación, se examina todas las mediciones que se obtienen a través de métodos estadísticos y que finalmente surge un conjunto de conclusiones.

### **11.3 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada Pimienta y Orden (2017) afirma “La investigación aplicada tiene como objetivo principal la búsqueda y consolidación del saber, así como la aplicación de conocimientos cultural y científico, y la producción de tecnología al servicio de la sociedad” (p. 9)

### **11.4 Nivel o alcance de investigación**

El nivel de investigación es descriptiva, Según Rivas (2017) afirma que la investigación descriptiva se enfoca a describir al sujeto de estudio sin realizar ningún tipo de juicio respecto a su valor, pero si analizar las descripciones que este presenta y a la vez indagar relaciones entre ellas. En este nivel de investigación se utiliza estadística descriptiva sencilla la cual se basa en promedios, modas, etc.

### **11.5 Diseño de investigación**

El diseño de investigación es experimental de tipo cuasiexperimental para: Hernandez, et al. (2014, como se cito en Rivas, 2017) Los diseños cuasiexperimentales manipulan, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, la muestra no se elige al azar, las muestras ya están definidas antes de realizar la experimentación, la manera de cómo se obtiene la muestra o los sujetos a estudiar es independiente por elección del investigador.

### **11.6 Operacionalización de variables**

#### **Variables**

- **Variable Independiente**
  - Incorporación de EPSD en 5%, 10% y 15%.
- **Variable Dependiente**
  - Asentamiento
  - Peso unitario
  - Resistencia a compresión
  - Resistencia a la flexión

Tabla 15

## Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento
<b>Independiente:</b> Poliestireno expandido desintegrado empleado como un aditivo en relación del volumen total.	El poliestireno expandido es un polímero a base del estireno, este es un líquido que cuando sus moléculas se polimerizan dan origen al poliestireno el cual se utiliza en muchos ámbitos como: empaques de objetos, construcción, etc. (Patiño y villa, 2021)	Se incorpora un porcentaje de poliestireno expandido desintegrado (EPSD) en la fabricación de concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , la intención de esta es obtener un concreto mas ligero pero que sea optimo como concreto estructural referente a la trabajabilidad y resistencia.	Cantidad de EPSD a incorporar en el concreto	Incorporación del 5%	<b>Fichas de laboratorio:</b> NTP 339.183 Practica normalizada para elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio.
				Incorporación del 10%	
				Incorporación del 15%	
<b>Dependiente:</b> Asentamiento, Peso unitario, Resistencia a compresión y Resistencia a la flexión	El asentamiento es la medida de la manejabilidad del concreto, el cual mide la fluidez de la mezcla del concreto en estado fresco. (NTP 339.035, 2022)	Indicador de trabajabilidad: se realiza en el concreto en estado fresco.	Asentamiento	Medida de asentamiento del concreto en estado fresco	NTP 339.035 - Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto.
	El peso unitario es la cantidad de masa por volumen del concreto se expresa en kg/m <sup>3</sup> . (NTP 339.046, 2019)	Indicador de masa: se realiza en el concreto en estado fresco.	Peso unitario	Medida de peso unitario del concreto en estado fresco	NTP 339.046 - Método de ensayo para determinar el peso unitario del hormigón.
	La resistencia a compresión se define como la facultad de soportar una carga por una unidad de área. (Cemex, s.f.)	Indicador de calidad del concreto, se roturan en testigos cilindricos de 6" x 12".	Resistencia a compresión	Resistencia a los 7 y 28 días	NTP 339.034 - Método de ensayo para la resistencia a la compresión.
	La resistencia a la flexión es la máxima resistencia de una muestra sometida a flexión. (NTP 339.078, 2022)	Indicador de calidad del concreto, se roturan testigos prismáticos de 6" x 6" x 18".	Resistencia a la flexión	Resistencia a los 14 y 28 días	NTP 339.078 - Método de ensayo para la resistencia a la flexión.

Nota: Elaboración propia

## 11.7 Población, muestra y muestreo

### 11.7.1 Población

Acorde con Fracica (1988, como se cito en Santisteban, 2021) población es “El conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación. Se puede definir también como el conjunto de todas las unidades de muestreo” (p. 21) La población para esta investigación es el concreto de resistencia  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, fabricado con cemento Portland Yura tipo I, con árido grueso y árido fino proveniente de la cantera Murillo, agua potable, elaborada en la ciudad de Abancay.

### 11.7.2 Muestra

Acorde con Rivas (2017) muestra se define como una parte de la población de estudio la cual es seleccionada para obtener la información necesaria para realizar la investigación, a esta se le realizara la observación y medición de las variables a de estudio.

Para esta investigación se cuenta con 18 muestras para cada tipo de concreto (3 muestra para el asentamiento, 3 muestra para el PU, 6 muestras para la resistencia a compresión y 6 muestras para la resistencia a la flexión, el total de muestras se detalla a continuación:

**Tabla 16**

*Muestras para determinar el asentamiento*

Muestra para asentamiento	Concreto patrón (unid)	Porcentaje de incorporación de EPSD (unid)		
		5%	10%	15%
Concreto fresco	3	3	3	3
Subtotal	3	3	3	3
Total (unid)		12		

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 17**

*Muestras para determinar el PU*

Muestra para peso unitario	Concreto patrón (unid)	Porcentaje de incorporación de EPSD (unid)		
		5%	10%	15%
Concreto fresco	3	3	3	3
Subtotal	3	3	3	3
Total (unid)		12		

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 18**

*Muestras para determinar  $f'_c$*

Testigos cilíndricos	Concreto patrón (unid)	Porcentaje de incorporación de EPSD (unid)		
		5%	10%	15%
7 días	3	3	3	3
28 días	3	3	3	3
Subtotal	6	6	6	6
Total (unid)		24		

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 19***Muestras para determinar la resistencia a la flexión*

Testigos prismáticos	Concreto patrón (unid)	Porcentaje de incorporación de EPSD (unid)		
		5%	10%	15%
14 días	3	3	3	3
28 días	3	3	3	3
Subtotal	6	6	6	6
Total (unid)		24		

*Nota:* Elaboración propia

Según las tablas 16,17,18,19 se obtiene 72 muestras.

### **11.7.3 Muestreo**

Acorde con Rivas (2017), afirma “En el muestreo no probabilístico o no aleatorio los sujetos tienen un sesgo en su elección, bien sea por comodidad del investigador, por economía o porque se considere justificante que la no aleatoriedad no le resta valor a los hallazgos y capacidad de generalización.” (p. 183)

Por lo tanto, para esta investigación el muestreo corresponde al no probabilístico por conveniencia, ya que el número de replicas para cada ensayo se estableció no al azar si no de acuerdo a la NTP 339.036 la cual indica 2 a más porciones para ensayos de concreto fresco en tambor giratorio, por lo que se consideró 3 ensayos para asentamiento, PU y según la NTP 339.183 indica de tres a más especímenes deben ser moldeados para la resistencia a compresión o resistencia a la flexión, por tanto se consideró 3 especímenes respectivamente.

### **11.8 Técnicas e instrumentos**

**Técnica:** Para esta presente investigación se empleó la técnica de Observación, esta consta de registrar, analizar, ensayar toda información necesaria para posteriormente evaluarla.

**Instrumentos:**

Fichas de recolección de datos: En los cuales se tomaron nota de todos los resultados obtenidos durante la realización de los ensayos en el laboratorio, estas fichas son:

- Ficha de ensayo de Granulometría del AF y AG según la NTP 400.012
- Ficha de ensayo de Contenido de humedad del AF y AG según la NTP 339.185
- Ficha de ensayo de Peso unitario de los áridos según la NTP 400.017
- Ficha de ensayo de Peso específico y absorción del AG según la NTP 400.021
- Ficha de ensayo de Peso específico y absorción del AF según la NTP 400.022
- Ficha de ensayo de Asentamiento del concreto según la NTP 339.035
- Ficha de ensayo de Peso unitario del concreto según la NTP 339.046
- Ficha de ensayo de Resistencia a compresión del concreto según la NTP 339.034
- Ficha de ensayo de Resistencia a la flexión del concreto según la NTP 339.078

La validez de los instrumentos de recolección de datos se realizó mediante el juicio de expertos el cual se encuentra en el ANEXO 3. La confiabilidad de los resultados obtenidos se respalda en el laboratorio en el cual se realizaron los ensayos puesto que este cuenta con certificado de calibración de los equipos y también con operadores calificados.

### 11.9 Consideraciones éticas

- Responsabilidad honestidad, rigurosidad científica en el desarrollo de la investigación y veracidad en toda la documentación obtenida según la normativas e instrumentos para la realización de los diferentes ensayos.
- Los datos que se utilizarán en esta investigación son verídicos y transparentes.
- Los resultados obtenidos corresponderán a una fidelidad ética del investigador.
- Compartir el aprendizaje y conocimientos con la comunidad universitaria.

### 11.10 Procesamiento de estadísticos

Para el procesamiento estadístico se realizó con el tipo de diferencia de medias “t de student”, esta determina y evalúa si dos grupos varían significativamente respecto a sus medias, el procedimiento es el siguiente:

- Plantear la hipótesis nula (Ho) e hipótesis alterna (Hi)

Ho: ( $\mu_1 = \mu_2$ ) Plantea matemáticamente lo que se desea demostrar

Hi: ( $\mu_1 \neq \mu_2$ ) Plantea lo contrario a lo descrito en la Hipótesis nula.

- Establecer el nivel de significancia (Rango de aceptación del Hi)

Para proyectos de investigación se considera: 0.05

- Evidencia muestral

Cálculo de la media y la desviación estándar y distribución t de student a partir de la muestra

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N}$$

$$s_c^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 + \sum(y_i - \bar{y})^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s_c^2}{n_1} + \frac{s_c^2}{n_2}}}$$

**Donde:**

$\bar{x}$ : Media de la muestra 1

$n_2$ : Cantidad muestra 2

$\bar{y}$ : Media de la muestra 2

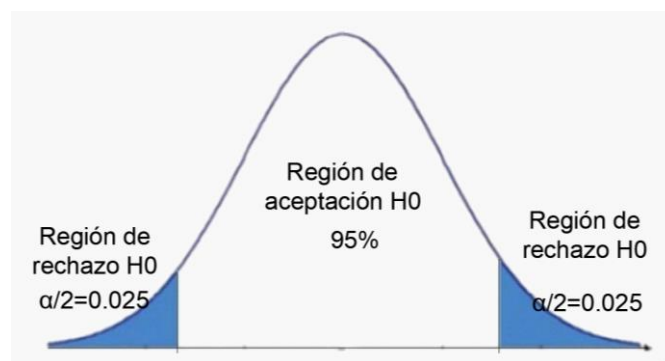
$s_c^2$ : Varianza común

$n_1$ : Cantidad muestra 1

Determinar el nivel de significancia ( $\alpha/2$ ) para t de student de dos colas en las tablas de valores críticos ANEXO 2, tomando en consideración los grados de libertad y el nivel de significancia para investigaciones,  $\alpha/2$  delimita la región de aceptación y la región de rechazo de la hipótesis nula.

**Figura 2**

*Región de aceptación y rechazo - t de student*



Nota: Elaboración propia

En base a la evidencia que se obtiene se acepta o se rechaza la hipótesis nula:

- sí "t" se encuentra dentro del área de aceptación Ho se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.
- sí "t" se encuentra dentro del área de rechazo Ho se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa.

## **CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **12.1 Resultados**

Los resultados de los ensayos de calidad obtenidos en esta investigación se realizaron de acuerdo con las normativas vigentes y se presentan a continuación de manera ordenada con la finalidad aceptar o rechazar la hipótesis planteada.

#### ***12.1.1 Resultados a nivel de la variable independiente***

##### **12.1.1.1 Poliestireno expandido desintegrado (EPSD)**

La incorporación de poliestireno expandido desintegrado se realizó en los porcentajes del 5%, 10% y 15 % en relación con el volumen total del concreto patrón.

#### **Proceso de obtención del EPSD**

Las muestras obtenidas de poliestireno expandido para la realización de esta investigación se obtuvieron de la desintegración de los casetones de poliestireno expandido que se utilizan como elementos de relleno en las losas aligeradas que se encuentra con facilidad en la ciudad de Abancay, este material tiene las siguientes características.

- Dimensiones: 300mm x 30mm x 15mm
- Densidad compactada: 12 kg/m<sup>3</sup>

### Figura 3

#### Adquisición de EPS



*Nota:* Se realizó la adquisición del EPS en la ferretería Ayquipa ubicada en el distrito de Tamburco.

### Figura 4

#### Desintegración del EPS



*Nota:* Se observa en las imágenes la desintegración del EPS con un rastrillo mini manual con el cual se obtuvo del EPSD.

**Cálculo del peso unitario suelto (PUS) de poliestireno expandido desintegrado:**

$$\text{Peso unitario suelto (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Masa total (g)}}{\text{Volumen total (cm}^3\text{)}}$$

**Tabla 20***PUS del EPSD*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2
Masa del molde (g) / A	2007.9	2007.9
Masa del molde + muestra suelta (g) / B	2025.4	2025.6
Masa de la muestra (g) / C=B-A	17.5	17.7
Promedio de Masa de la muestra suelta (g)	17.6	

*Nota:* Elaboración propiaVolumen del Molde: 2831.7 cm<sup>3</sup>

$$\text{Peso unitario suelto} \left( \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{17.60 \text{ g}}{2831.7 \text{ cm}^3} = 0.00622 \text{ g/cm}^3 = 6.22 \text{ kg/m}^3$$

**Figura 5***Ensayo del PUS del EPSD**Nota:* Elaboración propia

### 12.1.1.2 Estudio de Cantera

El árido fino y grueso que se utilizó en esta investigación proviene de la cantera “Murillo”, que se ubica en el kilómetro 14+472 – Pachachaca al sur oeste de la ciudad, el tipo de árido que se encuentra en dicha cantera es de procedencia artificial.

Para la elección de la cantera se realizó en referencia de la tesis de Juárez (2022) titulada “Análisis de la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de

*rastrajo de Zea mays L. en la resistencia mecánica de concreto  $f'c=24.5$  MPa, distrito de Abancay, provincia de Abancay, región Apurímac – 2020” en la cual estudia las características físicas del AF y AG provenientes de la Cantera Murillo en la cual indica que son óptimos, por tanto, existiendo ese antecedente se seleccionó esta cantera para el estudio de los áridos y su posterior uso en los ensayos para esta investigación.*

**Ubicación:**

Coordenada este: 7323430 m, Coordenada norte: 8488099 m, Elevación:1736 m

**Figura 6**

*Ubicación de la cantera Murillo*



*Nota:* Google Earth

**12.1.1.3 Muestreo del árido fino y grueso**

La cantidad de árido necesario para la elaboración de diferentes ensayos a los cuales el material estará sujeto para posteriormente determinar si son óptimas según las normativas técnicas peruanas está sujeta a la NTP 400.010 en la cual especifica que la cantidad mínima de muestra será de 10 kg para el árido fino con TMN N° 04 y cantidad mínima para el árido grueso de 50 kg con TMN de 1”.

## Figura 7

*Abastecimiento de AF y AG de la cantera Murillo*



*Nota:* Elaboración propia

*Nota:* Se visualiza en las imágenes el abastecimiento y posterior transporte del AF y AG de la cantera murillo.

La reducción de las muestras para la realización de los ensayos se hace en base a la NTP 339.089, por el método de cuarteo manual.

## Figura 8

*Cuarteo manual del AG*



*Nota:* Elaboración propia

#### 12.1.1.4 Porcentaje que pasa el tamiz N° 200 (NTP 400.018).

Mediante este ensayo determinamos la cantidad de muestra que es removida mediante el lavado por la malla N°200, estas partículas pueden ser de arcillas u otros que son solubles al agua.

**Tabla 21**

*Finos que pasan la malla N° 200 - AF*

<b>Descripción</b>	<b>Muestra 1</b>
Masa muestra húmeda (g) / A	2989.00
Masa muestra seca (g) / B	2954.00
Masa muestra seca y lavada (g) / C	2823.30
Porcentaje que pasa malla N° 200 (%) / $E = ((B-C)/C) * 100$	4.42

*Nota:* Elaboración propia

El % de material fino que pasa el tamiz N°200 del AF cumple las especificaciones indicadas en la NTP 400.037, la cual define que el % máximo de muestra que debe pasar el tamiz N°200 debe ser de 5%.

**Tabla 22**

*Finos que pasan la malla N° 200 - AG*

<b>Descripción</b>	<b>Muestra 1</b>
Masa muestra húmeda (g) / A	4902.00
Masa muestra seca (g) / B	4900.00
Masa muestra seca y lavada (g) / C	4888.00
Porcentaje que pasa malla N° 200 (%) / $E = ((B-C)/C) * 100$	0.24

*Nota:* Elaboración propia

El % de material fino que pasa el tamiz N°200 del AG cumple las especificaciones indicadas en la NTP 400.037, la cual define que el % máximo de muestra que debe pasar el tamiz N°200 debe ser de 1%.

**Figura 9***Lavado del AF por el tamiz N° 200**Nota: Elaboración propia*

### 12.1.1.5 Porcentaje de Humedad del árido fino y grueso (NTP 339.185)

Se ejecutaron 3 muestras diferentes para la determinación de la humedad para el AF y AG para mayor confiabilidad del ensayo, los resultados de las pruebas para AF se muestran en la tabla 23 y para el AG en la tabla 24.

**Tabla 23***% de humedad del AF*

Descripción	Muestras		
	1	2	3
N° Ensayo	1	2	3
N° Recipiente	x-2	x-3	x-4
Masa del recipiente (g) / A	124.00	66	66
Masa de recipiente y muestra húmeda (g) / B	772.00	764.00	798
Masa de recipiente y muestra seca (g) / C= B-A	763.00	754.00	787
Masa del agua (g) / D=C-B	9.00	10.00	11.00
Masa de muestra seca (g) / E=C-A	639.00	688.00	721.00
Contenido humedad parcial (%)	1.41	1.45	1.53
Contenido humedad final (%)		<b>1.46</b>	

*Nota: Elaboración propia*

**Tabla 24***% de humedad del AG*

Descripción	Muestras		
	1	2	3
N° Ensayo	1	2	3
N° Recipiente	1-a	1-b	1-c
Masa del recipiente (g) / A	330.00	330.00	330.00
Masa de recipiente y muestra húmeda (g) / B	1749.00	1745.00	1757.00
Masa de recipiente y muestra seca (g) / C= B-A	1746.00	1741.00	1754.00
Masa del agua (g) / D=C-B	3.00	4.00	3.00
Masa de muestra seca (g) / E=C-A	1416.00	1411.00	1424.00
Contenido humedad parcial (%)	0.21	0.28	0.21
Contenido humedad final (%)		<b>0.24</b>	

*Nota:* Elaboración propia**12.1.1.6 Granulometría de los áridos (NTP 400.012)**

La granulometría de los áridos se realizó para verificar la gradación que presentan dichos materiales según la normativa peruana así mismo definir su calidad y utilización de estos en el diseño del concreto a diseñar, para la realización de este ensayo se utilizaron los tamices N°: 3/8, 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200, cazuela de fondo para el AF, y las mallas N° 1 ½, 1, ¾, ½, 3/8, 4, 8, cazuela de fondo para el AG. Los resultados de las pruebas para AF se muestran en la tabla 25 y para el AG en la tabla 26.

### 12.1.1.6.1 Granulometría Árido fino

Tabla 25

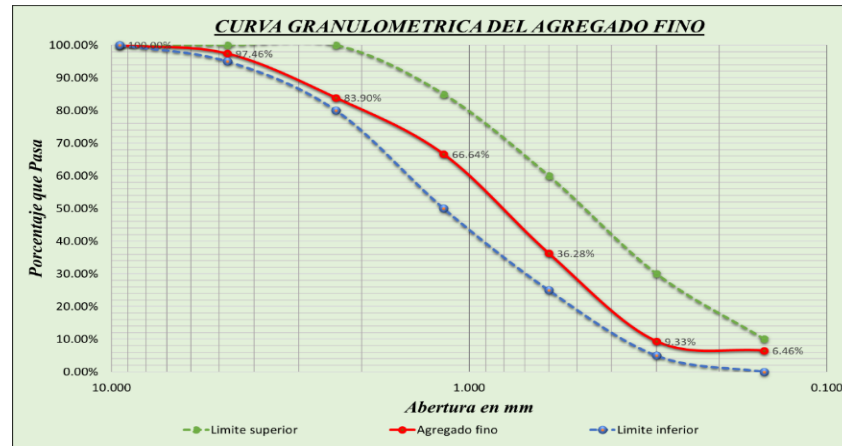
#### Granulometría del AF

Masa muestra seca (g)	2954.00							
Masa muestra seca post lavado (g)	2823.30							
Tamiz #	Tamaño de tamiz en (mm)	Peso retenido (gr)	Peso corregido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Limite granulométricos Limite inferior	Limite superior
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
#4	4.750	75.00	75.00	2.54%	2.54%	97.46%	95.00%	100.00%
#8	2.360	400.50	400.50	13.56%	16.10%	83.90%	80.00%	100.00%
#16	1.180	510.10	510.10	17.27%	33.36%	66.64%	50.00%	85.00%
#30	0.600	896.60	896.60	30.35%	63.72%	36.28%	25.00%	60.00%
#50	0.300	796.10	796.10	26.95%	90.67%	9.33%	5.00%	30.00%
#100	0.150	85.00	85.00	2.88%	93.54%	6.46%	0.00%	10.00%
#200	0.075	55.00	55.00	1.86%	95.41%	4.59%	0	0
Fondo	5.00	135.66	135.66	4.59%	100.00%	0.00%		
<b>TOTAL</b>		<b>2823.3</b>	<b>2954</b>	<b>100.00%</b>				

Nota: Elaboración propia

Figura 10

#### Curva granulométrica del AF



Nota: Elaboración propia

Figura 11

Gradación de partículas del AF



Nota: Elaboración propia

**Cálculo de módulo de fineza del AF:**

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{retenido acumulado de los tamices (3/8, \#4, \#8, \#16, \#30, \#50, \#100)}}{100}$$

$$MF = \frac{0 + 2.54 + 16.10 + 33.36 + 63.72 + 90.67 + 93.54}{100} = 3.00$$

El módulo de fineza del AF cumple las especificaciones indicadas en la NTP 400.037, la cual indica que no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1.

**12.1.1.6.2 Granulometría Árido grueso**

Tabla 26

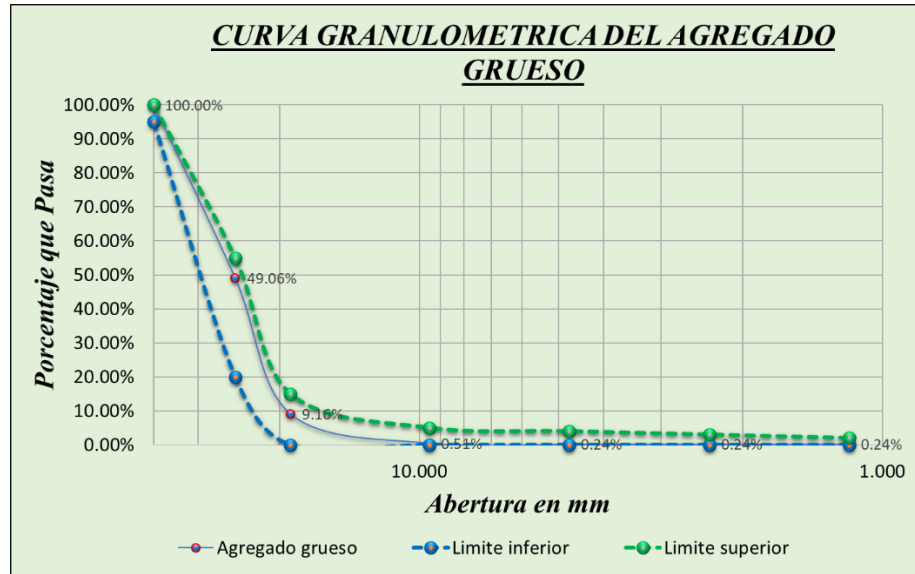
**Granulometría del AG**

Tamiz #	Tamaño de tamiz en mm	Peso retenido (gr)	Peso corregido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Límites granulométricos (HUSO 4)	
							Límite inferior	Límite superior
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	95%	100%
1"	25.000	2496.00	2496.00	50.94%	50.94%	49.06%	20%	55%
3/4"	19.000	1955.00	1955.00	39.90%	39.90%	9.16%	0%	15%
1/2"	12.500	424.00	424.00	8.65%	99.49%	0.51%	0%	10%
3/8"	9.500	13.00	13.00	0.27%	99.76%	0.24%	0%	5%
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00%	99.76%	0.24%		
Nº 8	2.360	0.00	0.00	0.00%	99.76%	0.24%		
Nº 16	1.180	0.00	0.00	0.00%	99.76%	0.24%		
Nº 50	0.300	0.00	0.00	0.00%	99.76%	0.24%		
Nº 200	0.075	0.00	0.00	0.00%	99.76%	0.24%		
Fondo		0.00	12.00	0.24%	100.00%	0.00%		
<b>TOTAL</b>		<b>4888.00</b>	<b>4900.00</b>	<b>100.00%</b>				

Nota: Elaboración propia

**Figura 12**

*Curva granulométrica AG*



Nota: Elaboración propia

**Figura 13**

*Gradación de partículas del AG*



Nota: Elaboración propia

**Cálculo de módulo de fineza del AG:**

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{retenido acumulado de los tamices (1 1/2, 3/4, 3/8, \#4, \#8, \#16, \#30, \#50, \#100)}}{100}$$

$$MF = \frac{0 + 90.84 + 99.76(7)}{100} = 7.89$$

### 12.1.1.7 Peso específico y absorción del árido fino y árido grueso

Se calculo el peso específico y absorción de los áridos con la finalidad de determinar la cantidad de árido que ocupa un volumen conocido, por lo que este ensayo es necesario para establecer cuál es el volumen que ocupa el AF y AG en la mezcla de concreto, el peso específico también es un requerimiento para hallar la cantidad de vacíos del árido. Los resultados de las pruebas para AF se muestran en la tabla 27 y para el AG en la tabla 28.

#### 12.1.1.7.1 Peso específico y absorción del árido fino (NTP 400.022)

**Figura 14**

*Peso específico del AF*



*Nota:* En la figura se observa el pesaje del picnómetro más el árido más agua y el momento en el cual se apisonado con 25 golpes el molde cónico con el árido fino.

**Tabla 27***Peso específico y absorción del AF*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2
Masa del recipiente (g) / A	124.40	126.5
Masa del recipiente + muestra saturada superficialmente seca (g) / B	624.40	626.5
Masa de la muestra superficialmente seca (g) / C=B-A	500.00	500.00
Volumen del picnómetro (ml) / D	500.00	500.00
Masa del picnómetro (g) / E	149.80	149.80
Masa del picnómetro + agua (g) / F	647.90	647.90
Masa del picnómetro + agua + muestra superficialmente seca (g) / G	958.60	958.80
Masa del recipiente mas muestra seca (g) / H	615.10	617.00
Masa muestra sumergida (g) / I=G-F	310.70	310.90
Masa de la muestra seca (g) / J=H-A	490.70	490.50
Peso específico de la muestra (g/cm <sup>3</sup> ) / K=J/(J-I)	2.72611	2.73107
Porcentaje de absorción (%) / L=(C-J)/J*100	1.90%	1.94%
Promedio peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.72859	
Promedio peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	2728.59	
Promedio porcentaje de absorción (%)	1.92%	

*Nota:* En la tabla se indican los resultados de peso específico y absorción del árido fino.

**12.1.1.7.2 Peso específico y absorción del árido grueso (NTP****400.021)****Figura 15***Peso específico del AG*

*Nota:* En la figura se observa la realización del ensayo de peso específico del AG y la toma de datos para los cálculos posteriores.

**Tabla 28***Peso específico y absorción del AG*

<b>Descripción</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
Masa del recipiente (g) / A	330.00	330.00
Masa del recipiente + muestra saturada superficialmente seca (g) / B	9783.00	9799.00
Masa de la muestra superficialmente seca en aire (g) / C=B-A	9453.00	9469.00
Masa de la canastilla en agua (g) / D	733.00	733.00
Masa de la canastilla en agua + peso de la muestra superficialmente seca en agua (g) / E	6719.10	6735.18
Masa de la muestra saturada superficialmente seca en agua (g) /F= E-D	5986.10	6002.18
Masa de recipiente + muestra seca (g) / G	9728.80	9738.45
Masa de la muestra seca en horno(g) / H=G-A	9398.80	9408.45
Peso específico de la muestra (g/cm <sup>3</sup> ) / I=H/(C-F)	2.71101	2.71386
Porcentaje de absorción (%) / J=((C-H)/H*100)	0.58%	0.64%
Promedio peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.71243	
Promedio peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	2712.43	
Promedio porcentaje de absorción (%)	0.61%	

*Nota:* En la tabla se indican los resultados de peso específico y absorción del AG.

#### **12.1.1.8      Peso unitario suelto y peso unitario compactado (PUC) - (NTP 400.017)**

El PU del árido es la correspondencia que se da entre la masa del material y el volumen que ocupa considerando los vacíos propios del agregado, los resultados obtenidos del PUC del AF y AG se emplearon como datos para la dosificación del concreto de esta tesis.

##### **12.1.1.8.1      PUS del árido fino y árido grueso (NTP 400.017)**

Se realizaron dos pruebas para el PUS, Los resultados del ensayo para el AF se muestran en la tabla 29 y para el AG en la tabla 30.

- **Árido fino**

**Tabla 29**

*PUS del AF*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2
Masa recipiente (g) / A	2008.00	2008.00
Masa recipiente más muestra suelta (g) / B	6576.00	6755.00
Masa muestra suelta (g) / C=B-A	4568.00	4747.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) / D	2831.70	2831.70
Peso Unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> ) / E=C/D	1.61317	1.67638
Peso Unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ) / G=E*1000	1613.17	1676.38
Peso Unitario suelto promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1644.77	

*Nota: Elaboración propia*

**Figura 16**

*Ensayo de PUS del AF*



*Nota: Se observa el procedimiento para el PUS del AF, se lleno el material suelto al molde cilindrico.*

- **Árido grueso**

**Tabla 30**

*PUS del AG*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2
Masa recipiente (g) / A	4812.00	4812.00
Masa recipiente más muestra suelta (g) / B	19127.00	18924.00
Masa muestra suelta (g) / C=B-A	14315.00	14112.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) / D	9438.95	9438.95
Peso Unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> ) / E=C/D	1.51659	1.49508
Peso Unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ) / G=E*1000	1516.59	1495.08
Peso Unitario suelto promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1505.83	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 17**

*Ensayo de PUS del AG*



*Nota:* En las imágenes se observa la realización del ensayo de PUS del AG.

#### **12.1.1.8.2 PUC del árido fino y árido grueso (NTP 400.017)**

Se realizaron dos pruebas para el peso unitario compactado, Los resultados del ensayo para el AF se muestran en la tabla 31 y para el AG en la tabla 32.

- **Árido fino**

**Tabla 31**

*PUC del AF*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2
N° Capas	3	3
N° golpes por capa	25	25
Masa recipiente (g) / A	2008.00	2008.00
Masa recipiente más muestra compacta (g) / B	7259.00	7376.00
Masa muestra compactada (g) / C=B-A	5251.00	5368.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) / D	2831.70	2831.70
Peso Unitario compactado (g/cm <sup>3</sup> ) / E=C/D	1.85436	1.89568
Peso Unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1854.36	1895.68
Peso Unitario compactado promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1875.02	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 18**

*Ensayo de PUC del AF*



*Nota:* En las imágenes se observa la realización del ensayo de PUC del AF y el pesaje del material.

- **Árido grueso**

**Tabla 32**

*PUC del AG*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2
N° Capas	3	3
N° golpes por capa	25	25
Masa recipiente (g)	4812.00	4812.00
Masa recipiente más muestra compacta (g)	20405.00	20393.00
Masa muestra compactada (g)	15593.00	15581.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	9438.95	9438.95
Peso Unitario compactado (g/cm <sup>3</sup> )	1.65198	1.65071
Peso Unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1651.98	1650.71
Peso Unitario compactado promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1651.35	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 19**

*Ensayo de PUC del AG*



*Nota:* Elaboración propia

### 12.1.1.9 Porcentaje de Vacíos en los áridos (NTP 400.017)

Según la NTP 400.017, el % de vacíos de un árido se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Vacios} = \frac{((Pe \times W) - Pu)}{(Pe \times W)} * 100$$

Donde:

Pe= Peso específico del árido (g/cm<sup>3</sup>)

Pu= PU del árido (g/cm<sup>3</sup>)

W= Densidad del agua (1 g/cm<sup>3</sup>)

### 12.1.1.9.1 Porcentaje de Vacíos en el árido fino

- **Porcentaje de vacíos en relación con el PUS**

**Tabla 33**

*% de vacíos en relación con el PUS del AF*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> ) / A	2728.59	2728.59
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> ) / B=A/1000	2.72859	2.72859
Peso unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> ) / C	1.61317	1.67638
Densidad del agua (g/cm <sup>3</sup> ) / D	1.00	1.00
Porcentaje de vacíos (%) / E=((B*D)-C)/(B*D)*100	40.88	38.56
Porcentaje de vacíos promedio (%)	39.72	

*Nota:* Elaboración propia

- **Porcentaje de vacíos en relación con el peso unitario compactado**

**Tabla 34**

*% de vacíos en relación con el PUC del AF*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> ) / A	2728.59	2728.59
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> ) / B=A/1000	2.72859	2.72859
Peso unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> ) / C	1.85436	1.89568
Densidad del agua (g/cm <sup>3</sup> ) / D	1.00	1.00
Porcentaje de vacíos (%) / E=((B*D)-C)/(B*D)*100	32.04	30.53
Porcentaje de vacíos promedio (%)	31.28	

*Nota:* Elaboración propia

### 12.1.1.9.2 Porcentaje de Vacíos en el árido grueso

- **Porcentaje de vacíos en relación con el PUS**

**Tabla 35**

*% de vacíos en relación con el PUS del AG*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> ) / A	2712.43	2712.43
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> ) / B=A/1000	2.71243	2.71243
Peso unitario compactado (g/cm <sup>3</sup> ) / C	1.51659	1.49508
Densidad del agua (g/cm <sup>3</sup> ) / D	1.00	1.00
C)/(B*D))*100	44.09	44.88
Porcentaje de vacíos promedio (%)	44.48	

*Nota:* Elaboración propia

- **Porcentaje de vacíos en relación con el peso unitario compactado**

**Tabla 36**

*% de vacíos en relación con el PUC del AG*

<b>Descripción</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> ) / A	2712.43	2712.43
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> ) / B=A/1000	2.71243	2.71243
Peso unitario compactado (g/cm <sup>3</sup> ) / C	1.65198	1.65071
Densidad del agua (g/cm <sup>3</sup> ) / D	1.00	1.00
Porcentaje de vacíos (%) / E=((B*D)-C)/(B*D))*100	39.10	39.14
Porcentaje de vacíos promedio (%)	39.12	

*Nota:* Elaboración propia

### 12.1.1.10 Diseño de mezclas (ACI - 211)

En este apartado se realizó el cálculo de diseño de mezclas del concreto cuyo objetivo es la elaboración de una óptima mezcla de concreto que presente f'c para la cual ha sido diseñada, en este sentido se realizó el diseño en relación con las propiedades físicas del AF y AG de la cantera Murillo, utilizando el cemento Portland Tipo I de marca Yura, para un slump de 3" – 4".

**Tabla 37**

*Propiedades físicas de los áridos de la cantera murillo*

<b>Características</b>	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado grueso</b>
Perfil	—	Angular
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1644.77	1505.83
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1875.02	1651.31
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	2728.59	2712.43
% Modulo de fineza	4.42	0.24
TMN	—	1"
% absorción	1.92	0.61
% humedad	1.45	0.24

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 38***Características del cemento a utilizar*

<b>Características del cemento</b>	
Tipo	I
Marca	Yura
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	3.14
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	3140

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 39***Características del concreto*

<b>Consideraciones para el diseño</b>	
Slump (")	3" - 4"
Concreto (f'c)	210 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota:* Elaboración propia

**12.1.1.11 Procedimiento del diseño de mezclas ACI -211****a) Cálculo de la resistencia de diseño promedio requerida f'cr.**

Se determina el valor de f'cr de la tabla 6, según la tabla antes mencionada para el concreto f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> se tiene f'cr = f'c + 84.

Por tanto: f'cr = 210 + 84 = 294 kg/cm<sup>2</sup>.

**b) Preferencia del asentamiento**

Para este diseño de mezcla se opta por la consistencia plástica del concreto con un asentamiento promedio de 3" a 4" la cual es utilizada para elementos estructurales como zapatas, vigas, columnas como se indica en la tabla 7.

**c) Tamaño máximo nominal del árido**

El tamiz donde se origina el primer retenido en el proceso del ensayo de granulometría del AG fue en el tamiz de 1", por tanto, el TMN según la NTP 400.037 para el diseño de mezclas es de 1".

**d) Cálculo de contenido aire atrapado**

El contenido de aire atrapado lo obtenemos de la tabla 8, la cual se obtiene en relación con el TMN del AG.

TMN (1")  $\Rightarrow$  1.50% aire atrapado

### e) Contenido de agua

Se determina la porción de agua para la mezcla de la tabla 9, de acuerdo con los datos antes obtenidos: asentamiento de 3" a 4", TMN de 1" y 1.5% aire atrapado.

Por tanto, se tiene la cantidad de agua = 195 lt/m<sup>3</sup>

### f) Cálculo de la relación agua /cemento (a/c).

La relación agua/cemento se obtiene interpolando los datos de la tabla 10, la cual se calcula con relación al  $f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$ .

$f'_{cr} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	Concreto sin aire incorporado
250	0.62
294	x
300	0.55

$$\frac{(300 - 294)}{(0.55 - x)} = \frac{(300 - 250)}{(0.55 - 0.62)}$$

Despejando x:

$$x = - \left( \frac{(300 - 294) * (0.55 - 0.62)}{(300 - 250)} - 0.55 \right) = 0.5584$$

$$a/c = 0.5584$$

### g) Contenido de cemento

Se calcula el contenido de cemento para el diseño de mezclas con relación al contenido de agua calculado en la referencia e) y la relación a/c obtenido en la referencia f).

$$\text{Contenido de cemento (kg)} = \frac{\text{Agua de mezclado (kg/m}^3\text{)}}{a/c}$$

$$\text{Contenido de cemento (kg)} = \frac{195 \text{ kg/m}^3}{0.5584}$$

$$\text{Contenido de cemento (kg)} = 349.212 \text{ kg/m}^3$$

### Cálculo del peso del árido grueso

Realizamos el cálculo del peso del AG para ello necesitamos calcular de la tabla 11 el volumen del AG por unidad de volumen del concreto ( $b/b_o$ ) con relación al TMN del AG y el módulo de fineza del AF conseguidos en el estudio de áridos.

TMN = 1"

Módulo de fineza del AF = 3.00

Obtenemos de la tabla 11:

TMN	b/b <sub>o</sub>
1"	0.65

Calculamos el peso del AG (Masa AG) con la siguiente formula:

$$\text{Masa AG (kg)} = \frac{b}{b_o} (m^3) * P. U. S. C \left( \frac{kg}{m^3} \right)$$

$$(b/b_o) = 0.65$$

$$\text{PUSC del AG} = 1651.35 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masa AG} = 0.65 \text{ m}^3 * 1651.35 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Masa AG} = 1073.377 \text{ kg}$$

### h) Cálculo de volumen absoluto

En este paso determinamos el volumen del cemento, aire, agua y AG para posteriormente poder hallar la masa del AF.

$$\text{Volumen del material (m}^3\text{)} = \frac{\text{Masa del material (kg)}}{\text{Peso especifico del material} \left( \frac{kg}{m^3} \right)}$$

$$\text{Volumen de aire} = \frac{\% \text{ aire atraapdo}}{100}$$

Contenido de aire = 1.50%

$$\text{Volumen de aire} = \frac{1.50}{100} = 0.015$$

Contenido de agua = 195 lts = 195 kg

$$\text{Volumen del agua (m}^3\text{)} = \frac{195 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Volumen del agua (m}^3\text{)} = 0.1950 \text{ m}^3$$

Contenido de cemento = 349.212 kg

$$\text{Volumen del cemento (m}^3\text{)} = \frac{349.212 \text{ kg}}{3140 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Volumen del cemento (m}^3\text{)} = 0.1112 \text{ m}^3$$

Masa del AG = 1073.38 kg

$$\text{Volumen A.G (m}^3\text{)} = \frac{1073.38 \text{ kg}}{2712.43 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Volumen A.G (m}^3\text{)} = 0.3957 \text{ m}^3$$

Calculamos el volumen del AF:

$$\text{Volumen AF (m}^3\text{)} = 1 - (\text{volumen (aire + agua + cemento + AG)})$$

$$\text{Volumen AF (m}^3\text{)} = 1 - (0.015 + 0.1950 + 0.1112 + 0.3957)$$

$$\text{Volumen AF (m}^3\text{)} = 0.2831 \text{ m}^3$$

#### **i) Masa del árido fino**

$$\text{Masa AF} = \text{Volumen AF (m}^3\text{)} * \text{Pe AF (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Masa AF} = 0.2831 \text{ m}^3 * 2728.59 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masa AF} = 772.357 \text{ kg}$$

#### **j) Corrección de humedad en los áridos**

Calculamos la masa húmeda de los áridos

$$\text{Peso húmedo del árido (kg)} = \text{Masa seca} * \left( \frac{\%w}{100} + 1 \right)$$

**Árido fino:**

$$\text{Masa húmeda AF (kg)} = 772.357 \text{ kg} * \left( \frac{1.46}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Masa húmeda AF (kg)} = 783.633 \text{ kg}$$

**Árido grueso:**

$$\text{Masa húmeda AG (kg)} = 1073.377 \text{ kg} * \left( \frac{0.24}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Masa húmeda AG (kg)} = 1075.953 \text{ kg}$$

**k) Aporte del agua en la mezcla**

$$\text{Aporte de agua del Árido (kg)} = \left( \frac{\%w - \%abs}{100} \right) * \text{Peso árido}$$

Árido fino:

$$\text{Aporte de agua del AF (kg)} = -3.522 \text{ kg}$$

Árido grueso:

$$\text{Aporte de agua del AG (kg)} = -3.930 \text{ kg}$$

**l) Agua efectiva**

$$\text{Agua efectiva} = \text{Masa de agua} - (\text{Aporte de agua del AF} + \text{AG})$$

$$\text{Agua efectiva} = 195 \text{ Lts} - (-3.522 - 3.930)$$

$$\text{Agua efectiva} = 202.542 \text{ Lts}$$

Volumen corregido del agua efectiva:

$$\text{Volumen del agua (m}^3\text{)} = \frac{202.542 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Volumen del agua (m}^3\text{)} = 0.2025 \text{ m}^3$$

**m) Proporciones del diseño**

En relación con el peso:

**Tabla 40***Proporciones en masa de los materiales*

<b>Proporciones de materiales en peso para el diseño para un m<sup>3</sup></b>	
<b>Descripción</b>	<b>Peso</b>
Agua (lts)	202.452
Cemento (kg)	349.212
Agregado fino (kg)	783.633
Agregado grueso (kg)	1075.953

*Nota: Elaboración propia***En relación con el volumen:**

Calculamos el volumen por 1 m<sup>3</sup> del AF Y AG tomando en consideración el PUS del agregado, por tanto:

$$\text{Volumen del material (m}^3\text{)} = \frac{\text{Masa del árido (kg)}}{\text{PUS (kg/m}^3\text{)}}$$

**Árido fino:**

$$\text{Vol AF (m}^3\text{)} = \frac{783.653 \text{ (kg)}}{1644.772 \text{ (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Vol AF (m}^3\text{)} = 0.4765 \text{ m}^3$$

**Árido grueso:**

$$\text{Vol A.G (m}^3\text{)} = \frac{1075.953 \text{ (kg)}}{1505.835 \text{ (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Vol A.G (m}^3\text{)} = 0.7145 \text{ m}^3$$

**Tabla 41***Proporciones en volumen de los materiales*

<b>Proporciones de materiales en volumen para el diseño para 1 m<sup>3</sup></b>	
<b>Descripción</b>	<b>Volumen</b>
Agua (m <sup>3</sup> )	0.2025
Cemento (m <sup>3</sup> )	0.1112
Agregado fino(m <sup>3</sup> )	0.4764
Agregado grueso (m <sup>3</sup> )	0.7145

*Nota: Elaboración propia*

### 12.1.1.12 Diseño de mezclas por m<sup>3</sup> con incorporación de EPSD

Para el cálculo del diseño de mezclas considerando la incorporación de poliestireno expandido desintegrado (EPSD), realizamos la sumatoria total de los materiales para el concreto (agua + cemento + A.F + A.G).

**Tabla 42**

*Volumen total de diseño de mezclas*

<b>Proporciones de materiales en volumen para el diseño para 1 m<sup>3</sup></b>	
<b>Descripción</b>	<b>Volumen</b>
Agua (m <sup>3</sup> )	0.2025
Cemento (m <sup>3</sup> )	0.1112
Agregado fino(m <sup>3</sup> )	0.4764
Agregado grueso (m <sup>3</sup> )	0.7145
Volumen total	1.5047

*Nota:* Elaboración propia

### 12.1.1.13 Diseño de mezclas con incorporación de EPSD al 5% en relación con el volumen total

Volumen total = 1.5047 m<sup>3</sup>

5% volumen total = 0.0752 m<sup>3</sup>

Calculamos de la masa de EPSD en relación al 5% del volumen total con la Sgte.

formula:

$$Masa\ EPSD = P.U.S\ (EPSD) * Volumen$$

$$Masa\ EPSD = 0.46797\ kg = 467.97\ g$$

Por tanto, tenemos:

**Tabla 43***Dosificación por m<sup>3</sup> con EPSD al 5%*

Descripción	Peso
Agua (lts)	202.452
Cemento (kg)	349.212
Agregado fino (kg)	783.633
Agregado grueso (kg)	1075.953
EPSD 5% (kg)	0.46797

*Nota: Elaboración propia*

#### 12.1.1.14 Diseño de mezclas con incorporación de EPSD al 10% en relación con el volumen total

Volumen total = 1.5047 m<sup>3</sup>

10% volumen total = 0.1505 m<sup>3</sup>

Calculamos de la masa de EPSD en relación al 10% del volumen total con la Sgte. formula:

$$\text{Masa EPSD} = P.U.S (\text{EPSD}) * \text{Volumen}$$

$$\text{Masa EPSD} = 0.93594 \text{ kg} = 935.94\text{g}$$

Por tanto, tenemos:

**Tabla 44***Dosificación por m<sup>3</sup> con EPSD al 10%*

Descripción	Peso
Agua (lts)	202.452
Cemento (kg)	349.212
Agregado fino (kg)	783.633
Agregado grueso (kg)	1075.953
EPSD 10% (kg)	0.93594

*Nota: Elaboración propia*

#### 12.1.1.15 Diseño de mezclas con incorporación de EPS al 15% en relación al volumen total

Volumen total = 1.5047 m<sup>3</sup>

15% volumen total = 0.2257 m<sup>3</sup>

Calculamos de la masa de EPSD en relación al 15% del volumen total con la Sgte.

formula:

$$\text{Masa EPSD} = P.U.S (\text{EPSD}) * \text{Volumen}$$

$$\text{Masa EPSD} = 1.40391 \text{ kg} = 1403.91 \text{ g}$$

Por tanto, tenemos:

**Tabla 45**

*Dosificación por m<sup>3</sup> con EPSD al 15%*

Descripción	Peso
Agua (lts)	202.452
Cemento (kg)	349.212
Agregado fino (kg)	783.633
Agregado grueso (kg)	1075.953
EPSD 15% (kg)	1.40391

*Nota:* Elaboración propia

#### 12.1.1.16 Cálculo de peso de EPSD para ensayos de resistencia a compresión y flexión de concreto.

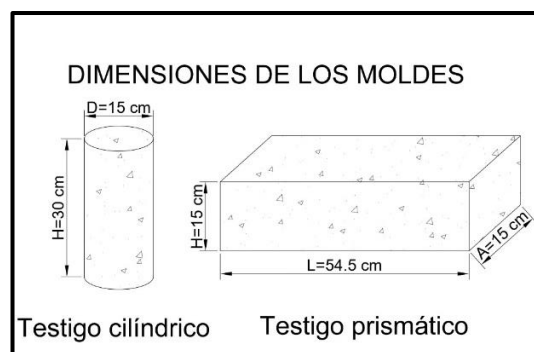
Numero de ensayos en total:

Moldes cilíndricos (briquetas): 24 testigos

Moldes prismáticos (vigas): 24 testigos

**Figura 20**

*Dimensiones de los moldes para ensayos*



*Nota:* Elaboración propia

**Cálculo de volúmenes:**

Testigos cilíndricos:

$$Vol = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * H$$

$$Vol = \pi * \left(\frac{15 \text{ cm}}{2}\right)^2 * 30 \text{ cm}$$

$$Vol = 5301.438 \text{ cm}^3 = 0.0053 \text{ m}^3$$

Testigos prismáticos

$$Vol = H * L * A$$

$$Vol = 15 \text{ cm} * 54.5 \text{ cm} * 15 \text{ cm}$$

$$Vol = 12150 \text{ cm}^3 = 0.01226 \text{ m}^3$$

**a) Concreto patrón**

Numero de ensayos:

Testigos cilíndricos (briquetas): 06 testigos

Testigos prismáticos (vigas): 06 testigos

Volumen briquetas:  $0.0053 \text{ m}^3 * 6 = 0.0318 \text{ m}^3$ Volumen vigas:  $0.01226 * 6 = 0.07336 \text{ m}^3$ Volumen total =  $0.1054 \text{ m}^3$ **Tabla 46***Dosificación para testigos cilíndricos – CP*

Descripción	Peso (kg)	Volumen (m³)
Agua	36.795	0.0117
Cemento	21.332	0.0213
Agregado fino	113.369	0.0753
Agregado grueso	82.568	0.0502
<b>Sumatoria</b>		<b>0.1585</b>

*Nota:* Se calcula el volumen considerando el PUS del AF y AG.

Para calcular la masa de EPSD para cada incorporación se realizará con la Sgte. formula:

$$Masa\ EPSD\ (kg) = PUS\ del\ EPSD(kg/m^3) * Volumen(m^3)$$

### **b) Concreto con incorporación del 5% de EPSD**

Numero de ensayos:

Testigos cilíndricos (briquetas): 06 testigos

Testigos prismáticos (vigas): 06 testigos

Volumen total = 0.1585 m<sup>3</sup>

5% Vol. Total= 0.00793 m<sup>3</sup>

**Tabla 47**

*Dosificación para briquetas con 5% EPSD*

<b>Descripción</b>	<b>Peso (kg)</b>
Agua	36.795
Cemento	21.341
Agregado fino	113.364
Agregado grueso	82.570
<i>EPSD (kg)</i>	0.04930

*Nota:* Elaboración propia

### **c) Concreto con incorporación del 10% de EPSD**

Numero de ensayos:

Testigos cilíndricos (briquetas): 06 testigos

Testigos prismáticos (vigas): 06 testigos

Volumen total = 0.1585 m<sup>3</sup>

10% Vol. Total= 0.01585 m<sup>3</sup>

**Tabla 48***Dosificación para briquetas con 10% EPSD*

<b>Descripción</b>	<b>Peso (kg)</b>
Agua	36.795
Cemento	21.341
Agregado fino	113.364
Agregado grueso	82.570
<i>EPSD (kg)</i>	0.09861

*Nota:* Elaboración propia**d) Concreto con incorporación del 15% de EPSD**

Numero de ensayos:

Testigos cilíndricos (briquetas): 06 testigos

Testigos prismáticos (vigas): 06 testigos

Volumen total = 0.1585 m<sup>3</sup>15% Vol. Total= 0.02378 m<sup>3</sup>**Tabla 49***Dosificación para briquetas con 15% EPSD*

<b>Descripción</b>	<b>Peso (kg)</b>
Agua	36.795
Cemento	21.341
Agregado fino	113.364
Agregado grueso	82.570
<i>EPSD (kg)</i>	0.14791

*Nota:* Elaboración propia**12.1.2 Resultados a nivel de la variable dependiente****12.1.2.1 Elaboración y curado de los especímenes de concreto (NTP 339.183)**

Una vez calculado el diseño de mezclas y la cantidad exacta requerida para el concreto patrón y las 3 concretos con incorporaciones de EPSD al 5%, 10% y 15

% con relación al volumen total del concreto, se procedió a elaborar en el laboratorio las diferentes mezclas de concreto realizando ensayos como, asentamiento, peso unitario y posteriormente moldear 24 testigos cilíndricos y 24 testigos prismáticos para realizar los ensayos de compresión y flexión.

**Figura 21**

*Preparación y elaboración de concreto*



*Nota:* Se observa en las imágenes la preparación de los materiales previamente pesados para cada dosificación y el momento en el cual se realiza la mezcla de concreto en una mezcladora tipo trompo.

**Figura 22**

*Vaciado y moldeo de briquetas y vigas*



*Nota:* Se observa en las imágenes el moldeo de los testigos para la realización de los ensayos de resistencia a compresión y flexión.

Figura 23

*Rotulado y curado de testigos de concreto*



*Nota:* Se visualiza en las imágenes el rotulado de los testigos prismáticos una vez desencofrados y posteriormente introducidos a la cámara de curado.

### 12.1.2.2 Asentamiento del concreto (NTP 339.035)

Se determino el asentamiento para el CP y también para el concreto con incorporaciones de 5%, 10% y 15% de EPSD, se presentan los resultados en la tabla 50.

Tabla 50

*Resultados de asentamiento*

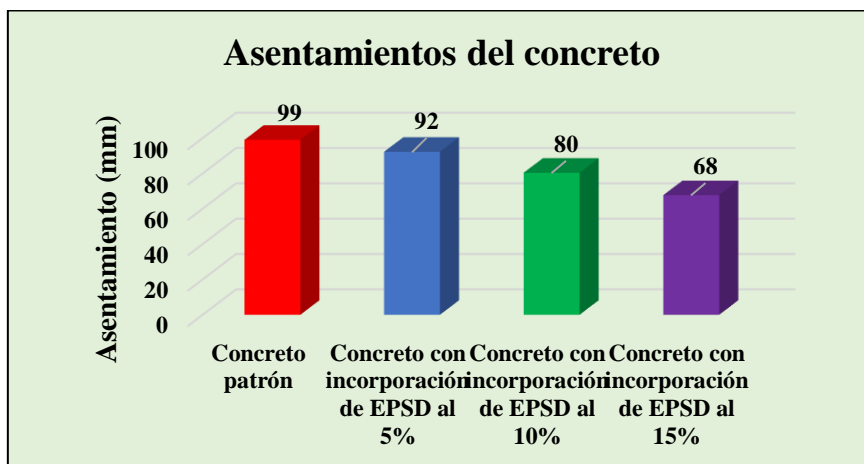
DESCRIPCIÓN	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Asentamiento promedio	
	(")	(mm)	(")	(mm)	(")	(mm)	(")	(mm)
Concreto patrón	4.0	102	3.7	94	4.0	102	3.9	99
Concreto con incorporación de EPSD al 5%	3.6	91	3.5	89	3.8	97	3.6	92
Concreto con incorporación de EPSD al 10%	3.2	81	3.0	76	3.3	84	3.2	80
Concreto con incorporación de EPSD al 15%	2.8	71	2.6	66	2.6	66	2.7	68

*Nota:* Se observa en la tabla que conforme se incrementa la incorporación de EPSD en el concreto el asentamiento disminuye sin embargo los resultados del

asentamiento del concreto patrón y las 3 incorporaciones de EPSD presentan consistencia media estando los resultados dentro del rango plástico.

**Figura 24**

*Gráfico comparativo de los asentamientos del concreto*



*Nota:* En la imagen se observa la variación del asentamiento que tienen los 4 tipos de concreto, se confirma que a mayor % de poliestireno disminuye el asentamiento debido, aun así, los resultados están dentro del rango plástico.

**Figura 25**

*Ensayo de asentamiento del concreto*



*Nota:* Se observa en la imagen la realización del ensayo de asentamiento y la medición de la temperatura.

### 12.1.2.3 Peso unitario del concreto

Se evaluó el PU del CP y concreto con incorporaciones de 5%, 10% y 15% de EPSD en estado fresco y también en estado endurecido para los días de 7, 14, 21 y 28 días para así evaluar el cambio de PU que se produce en el concreto debido a la pérdida del agua evaporable de la mezcla.

### 12.1.2.4 Peso unitario en el concreto fresco (NTP 339.046)

#### a) Concreto patrón

**Tabla 51**

*PU en estado fresco del CP.*

DESCRIPCIÓN	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) / A	6827.55	6827.55	6827.55
Masa del molde (g) / B	3549	3549	3549
Masa del molde mas muestra varillada (g) / C	20611	20584	20627
Masa de la muestra (g) / D=C-B	17062	17035	17078
Peso Unitario de concreto (g/cm <sup>3</sup> ) / E=D/A	2.49899	2.49504	2.50134
Peso unitario del concreto promedio (g/cm <sup>3</sup> )		2.49846	
Peso unitario del concreto promedio (kg/m <sup>3</sup> )		2498.46	

*Nota:* Elaboración propia

#### b) Concreto con incorporación del 5% de EPSD

**Tabla 52**

*PU en estado fresco del concreto con 5% EPSD*

DESCRIPCIÓN	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) / A	6827.55	6827.55	6827.55
Masa del molde (g) / B	3549	3549	3549
Masa del molde mas muestra varillada (g) / C	20275	20316	20175
Masa de la muestra (g) / D=C-B	16726	16767	16626
Peso Unitario de concreto (g/cm <sup>3</sup> ) / E=D/A	2.44978	2.45579	2.43513
Peso unitario del concreto promedio (g/cm <sup>3</sup> )		2.44690	
Peso unitario del concreto promedio (kg/m <sup>3</sup> )		2446.90	

*Nota:* Elaboración propia

**c) Concreto con incorporación del 10% de EPSD**

**Tabla 53**

*PU en estado fresco del concreto con 10% EPSD*

DESCRIPCIÓN	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) / A	6827.55	6827.55	6827.55
Masa del molde (g) / B	3549	3549	3549
Masa del molde mas muestra varillada (g) / C	19475	19374	19345
Masa de la muestra (g) / D=C-B	15926	15825	15796
Peso Unitario de concreto (g/cm <sup>3</sup> ) / E=D/A	2.33	2.32	2.31
Peso unitario del concreto promedio (g/cm <sup>3</sup> )		2.32133	
Peso unitario del concreto promedio (kg/m <sup>3</sup> )		2321.33	

*Nota:* Elaboración propia

**d) Concreto con incorporación del 15% de EPSD**

**Tabla 54**

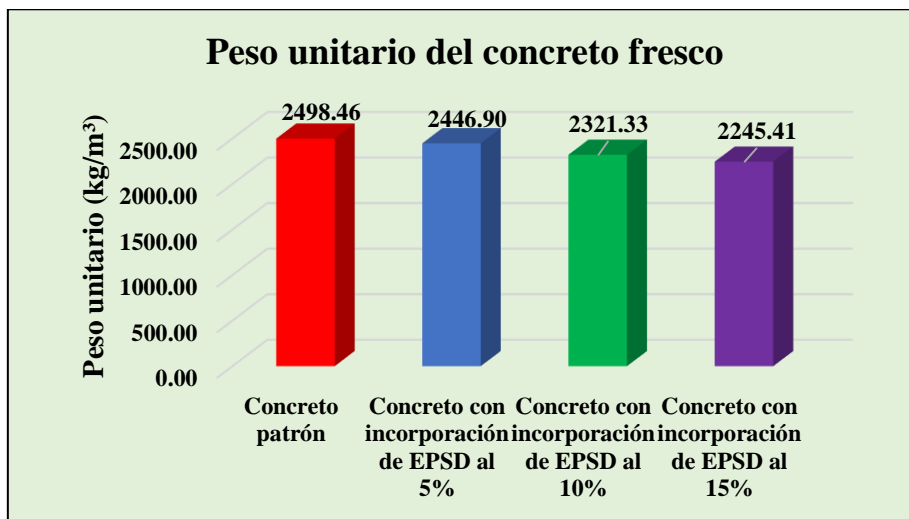
*PU en estado fresco del concreto con 15% EPSD*

DESCRIPCIÓN	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) / A	6827.55	6827.55	6827.55
Masa del molde (g) / B	3549	3549	3549
Masa del molde mas muestra varillada (g) / C	18872	18782	18985
Masa de la muestra (g) / D=C-B	15323	15233	15436
Peso Unitario de concreto (g/cm <sup>3</sup> ) / E=D/A	2.24429	2.23111	2.26084
Peso unitario del concreto promedio (g/cm <sup>3</sup> )		2.24541	
Peso unitario del concreto promedio (kg/m <sup>3</sup> )		2245.41	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 26**

*Comparación de PU del concreto en estado fresco*



*Nota:* En la imagen se observa la variación de PU que tienen los 4 tipos de concreto, se observa que a mayor % de EPSD disminuye el PU del concreto debido a baja densidad del EPSD.

**Figura 27**

*Ensayo PU del concreto fresco*



*Nota:* En las imágenes se observa el momento cuando se realiza el pesado del molde más la mezcla para determinar el PU de concreto fresco y la determinación del contenido de aire.

### 12.1.2.5 Peso unitario en el concreto endurecido

Se cuantifico el PU del concreto endurecido para los testigos cilíndricos y testigos prismáticos a las edades de 7,14,21 y 28 días para comparar los resultados con el PU fresco del concreto obtenido.

**Figura 28**

*Medición de la masa de las briquetas*



*Nota:* En las imágenes se observa el momento cuando se realiza el pesado de los testigos cilíndricos en estado endurecido del concreto con 10 y 15 % de incorporación de EPSD.

### 12.1.2.5.1 *Peso unitario en el concreto endurecido (Testigos cilíndricos)*

#### a) **Concreto patrón**

**Tabla 55**

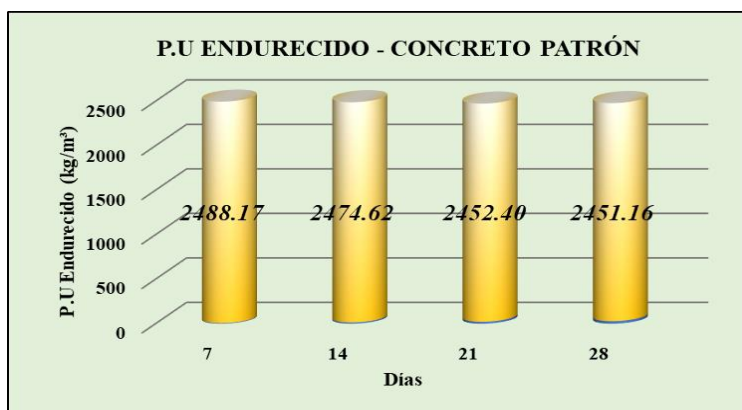
*PU endurecido del CP - briquetas*

DESCRIPCIÓN	7 días			14 días			21 días			28 días		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Diámetro de la muestra (cm) / A	15.20	15.10	15.10	15.20	15.10	15.10	15.20	15.10	15.10	15.20	15.10	15.10
Altura de la muestra (cm) / B	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> ) / C= $\pi \cdot (A/2)^2 \cdot B$	5443.76	5372.37	5372.37	5443.76	5372.37	5372.37	5443.76	5372.37	5372.37	5443.76	5372.37	5372.37
Masa muestra (kg) / D	13.56	13.33	13.39	13.44	13.27	13.35	13.3	13.14	13.26	13.3	13.13	13.25
Peso unitario endurecido (g/cm <sup>3</sup> ) / E=D*1000/C	2.49092	2.48121	2.49238	2.46888	2.47005	2.48494	2.44316	2.44585	2.46818	2.44316	2.44399	2.46632
Peso unitario endurecido promedio (g/cm <sup>3</sup> )	2.48817			2.47462			2.45240			2.45116		
Peso unitario endurecido promedio (kg/m <sup>3</sup> )	2488.17			2474.62			2452.40			2451.16		

*Nota:* En la tabla se determina el PU endurecido del concreto patrón con relación a los testigos cilíndricos para los 7,14,21 y 28 días.

**Figura 29**

*Variación PU endurecido del CP briquetas*



*Nota:* En la figura se observa la variación del PU endurecido del concreto patrón, donde se evidencia que conforme se incrementa la edad en días el PU disminuye llegando a valores parecidos a los 21 y 28 días.

## b) Concreto con incorporación del 5% de EPSD

**Tabla 56**

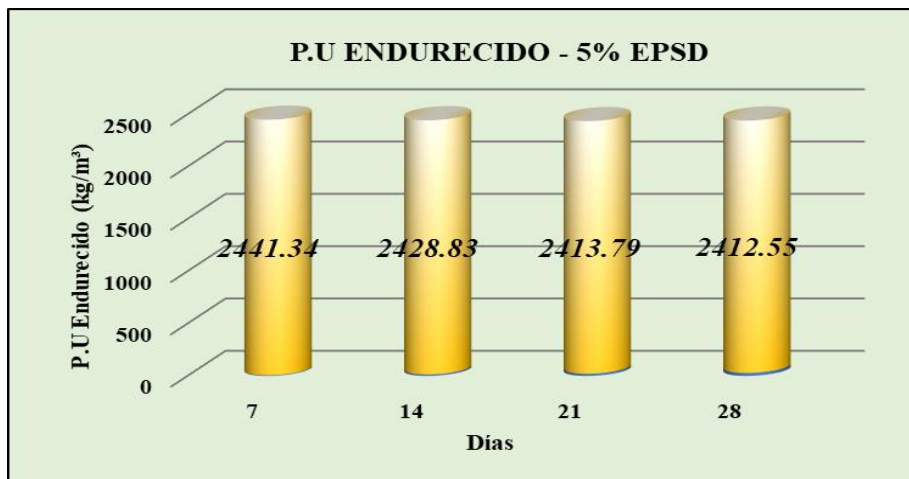
*PU endurecido del concreto con 5% EPSD briquetas*

DESCRIPCIÓN	7 días			14 días			21 días			28 días		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Diámetro de la muestra (cm) / A	15.00	15.00	15.10	15.00	15.00	15.10	15.00	15.00	15.10	15.00	15.00	15.10
Altura de la muestra (cm) / B	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> ) / C= $\pi \cdot (A/2)^2 \cdot B$	5301.45	5301.45	5372.37	5301.45	5301.45	5372.37	5301.45	5301.45	5372.37	5301.45	5301.45	5372.37
Masa muestra (kg) / D	12.96	13.01	13.03	12.91	12.93	12.96	12.82	12.85	12.89	12.81	12.85	12.88
Peso unitario endurecido (g/cm <sup>3</sup> ) / E=D*1000/C	2.44461	2.45405	2.42537	2.43518	2.43896	2.41234	2.41821	2.42387	2.39931	2.41632	2.42387	2.39745
Peso unitario endurecido promedio (g/cm <sup>3</sup> )		2.44134			2.42883			2.41379			2.41255	
Peso unitario endurecido promedio (kg/m <sup>3</sup> )		2441.34			2428.83			2413.79			2412.55	

*Nota:* En la tabla se determina el PU endurecido del concreto con 5% EPSD con relación a los testigos cilíndricos para los 7,14,21 y 28 días.

**Figura 30**

*Variación PU endurecido concreto 5% EPSD briquetas*



*Nota:* En la figura se observa la variación del PU endurecido del concreto con 5% EPSD, donde se evidencia que conforme se incrementa la edad en días el PU disminuye llegando a valores parecidos a los 21 y 28 días.

### c) Concreto con incorporación del 10% de EPSD

**Tabla 57**

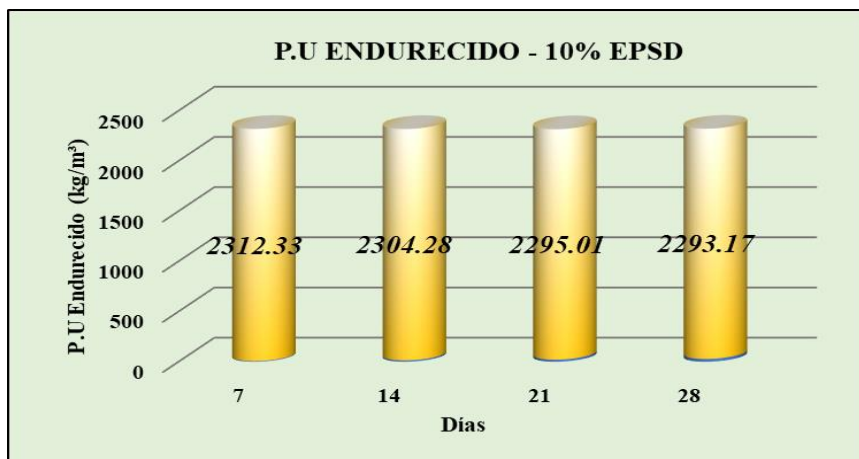
*PU endurecido del concreto con 10% EPSD briquetas*

DESCRIPCIÓN	7 días			14 días			21 días			28 días		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestr a 1	Muestr a 2	Muestr a 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Diámetro de la muestra (cm) / A	15.20	15.00	15.20	15.20	15.00	15.20	15.20	15.00	15.20	15.20	15.00	15.20
Altura de la muestra (cm) / B	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> ) / C=π*(A/2) <sup>2</sup> *B	5443.76	5301.45	5443.76	5443.76	5301.45	5443.76	5443.76	5301.45	5443.76	5443.76	5301.45	5443.76
Masa muestra (kg) / D	12.52	12.42	12.49	12.48	12.36	12.46	12.43	12.31	12.41	12.43	12.31	12.38
Peso unitario endurecido (g/cm <sup>3</sup> ) / E=D*1000/C	2.29988	2.34276	2.29437	2.29253	2.33144	2.28886	2.28335	2.32201	2.27967	2.28335	2.32201	2.27416
Peso unitario endurecido promedio (g/cm <sup>3</sup> )		2.31233			2.30428			2.29501			2.29317	
Peso unitario endurecido promedio (kg/m <sup>3</sup> )		2312.33			2304.28			2295.01			2293.17	

*Nota:* En la tabla se determina el PU endurecido del concreto con 10% EPSD con relación a los testigos cilíndricos para los 7,14,21 y 28 días.

**Figura 31**

*Variación PU endurecido concreto 10% EPSD briquetas*



*Nota:* En la figura se observa la variación del PU endurecido del concreto con 10% EPSD, donde se evidencia que conforme se incrementa la edad en días el PU disminuye llegando a valores parecidos a los 21 y 28 días.

### d) Concreto con incorporación del 15% de EPSD

**Tabla 58**

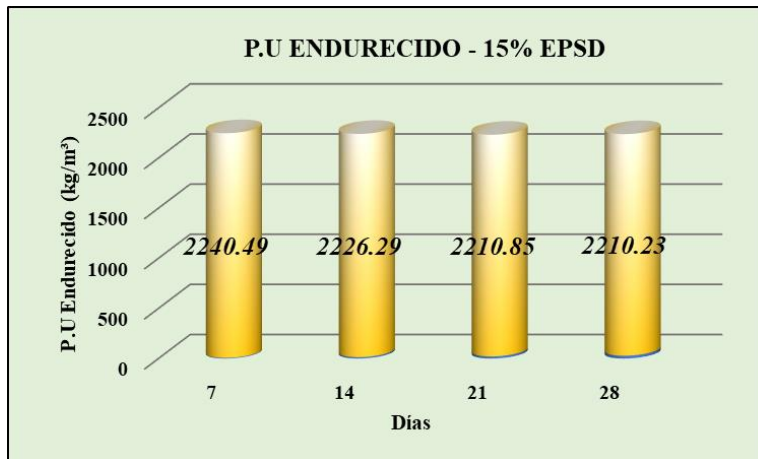
*PU endurecido del concreto con 15% EPSD briquetas*

DESCRIPCIÓN	7 días			14 días			21 días			28 días		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Diámetro de la muestra (cm) / A	15.20	15.10	15.10	15.20	15.10	15.10	15.20	15.10	15.10	15.20	15.10	15.10
Altura de la muestra (cm) / B	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> ) / $C=\pi \cdot (A/2)^2 \cdot B$	5443.76	5372.37	5372.37	5443.76	5372.37	5372.37	5443.76	5372.37	5372.37	5443.76	5372.37	5372.37
Masa muestra (kg) / D	12.18	12.08	12.01	12.1	12.01	11.93	12.01	11.93	11.85	12.01	11.92	11.85
Peso unitario endurecido (g/cm <sup>3</sup> ) / $E=D \cdot 1000/C$	2.23742	2.24854	2.23551	2.22273	2.23551	2.22062	2.20619	2.22062	2.20573	2.20619	2.21876	2.20573
Peso unitario endurecido promedio (g/cm <sup>3</sup> )		2.24049			2.22629			2.21085			2.21023	
Peso unitario endurecido promedio (kg/m <sup>3</sup> )		2240.49			2226.29			2210.85			2210.23	

*Nota:* En la tabla se determina el PU endurecido del concreto con 15% EPSD con relación a los testigos cilíndricos para los 7,14,21 y 28 días.

**Figura 32**

*Variación PU endurecido concreto 10% EPSD briquetas*



*Nota:* En la figura se observa la variación del PU endurecido del concreto con 15% EPSD, donde se evidencia que conforme se incrementa la edad en días el PU disminuye llegando a valores parecidos a los 21 y 28 días.

### 12.1.2.5.2 *Peso unitario en el concreto endurecido (Testigos prismáticos)*

#### a) Concreto patrón

**Tabla 59**

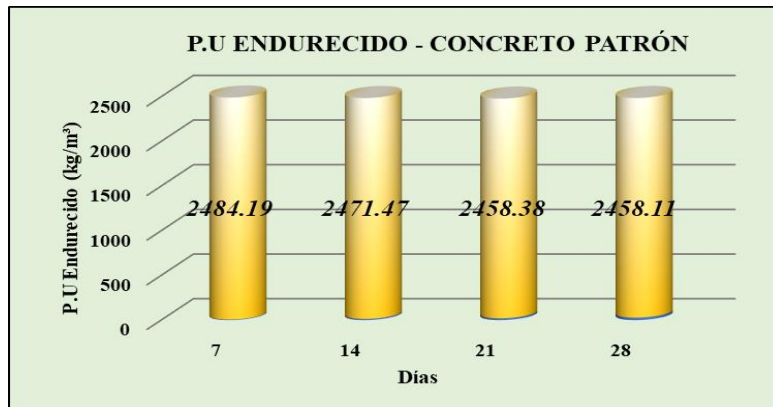
*PU endurecido del CP vigas*

DESCRIPCIÓN	7 días			14 días			21 días			28 días		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Largo de la muestra (cm) / A	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5
Ancho de la muestra / B	15	15.3	15	15	15.3	15	15	15.3	15	15	15.3	15
Altura de la muestra (cm) / C	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> ) / D=A*B*C	12262.5	12507.75	12262.5	12262.5	12507.8	12262.5	12262.5	12507.8	12262.5	12262.5	12507.8	12262.5
Masa muestra (kg) / E	30.69	30.74	30.56	30.41	30.65	30.46	29.98	30.21	30.84	29.98	30.21	30.83
Peso unitario endurecido (g/cm <sup>3</sup> ) / F=(E*1000)/D	2.50275	2.45768	2.49215	2.47992	2.45048	2.48400	2.44485	2.41530	2.51498	2.44485	2.41530	2.51417
Peso unitario endurecido promedio (g/cm <sup>3</sup> )	2.48419			2.47147			2.45838			2.45811		
Peso unitario endurecido promedio (kg/m <sup>3</sup> )	2484.19			2471.47			2458.38			2458.11		

*Nota:* En la tabla se determina el PU endurecido del concreto patrón con relación a los testigos prismáticos para los 7,14,21 y 28 días.

**Figura 33**

*Variación PU endurecido del CP vigas*



*Nota:* En la figura se observa la variación del PU endurecido del concreto patrón, donde se evidencia que conforme se incrementa la edad en días el PU disminuye llegando a valores parecidos a los 21 y 28 días.

## b) Concreto con incorporación del 5% de EPSD

**Tabla 60**

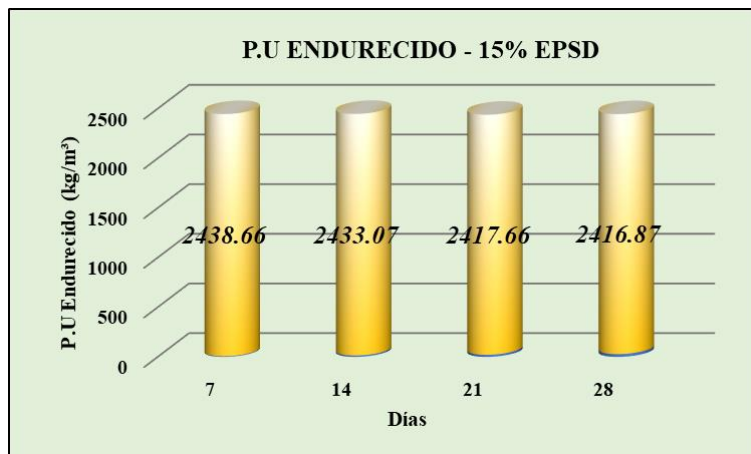
*PU endurecido del concreto con 5% EPSD vigas*

DESCRIPCIÓN	7 días			14 días			21 días			28 días		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Largo de la muestra (cm) / A	53.5	54.5	54.5	53.5	54.5	54.5	53.5	54.5	54.5	53.5	54.5	54.5
Ancho de la muestra / B	15	15.5	15	15	15.5	15	15	15.5	15	15	15.5	15
Altura de la muestra (cm) / C	15.5	15	15	15.5	15	15	15.5	15	15	15.5	15	15
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> ) / D=A*B*C	12438.75	12671.25	12262.5	12438.75	12671.3	12262.5	12438.8	12671.3	12262.5	12438.8	12671.3	12262.5
Masa muestra (kg) / E	30.52	30.55	30.06	30.42	30.46	30.04	30.32	30.4	29.63	30.31	30.38	29.63
Peso unitario endurecido (g/cm <sup>3</sup> ) / F=(E*1000)/D	2.45362	2.41097	2.45138	2.44558	2.40387	2.44975	2.43754	2.39913	2.41631	2.43674	2.39755	2.41631
Peso unitario endurecido promedio (g/cm <sup>3</sup> )	2.43866			2.43307			2.41766			2.41687		
Peso unitario endurecido promedio (kg/m <sup>3</sup> )	2438.66			2433.07			2417.66			2416.87		

*Nota:* En la tabla se determina el PU endurecido del concreto con 5% EPSD con relación a los testigos prismáticos para los 7,14,21 y 28 días.

**Figura 34**

*Variación PU. endurecido 5% EPSD vigas*



*Nota:* En la figura se observa la variación del PU endurecido del concreto con 5% EPSD, donde se evidencia que conforme se incrementa la edad en días el PU disminuye llegando a valores parecidos a los 21 y 28 días.

### c) Concreto con incorporación del 10% de EPSD

**Tabla 61**

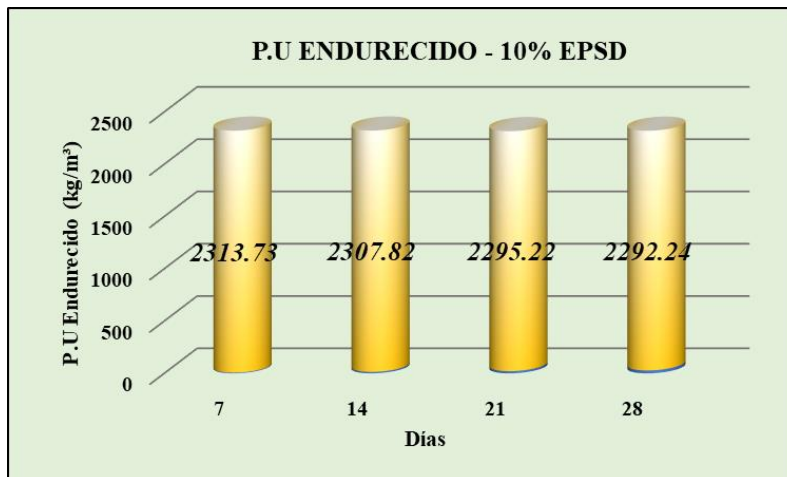
*PU. endurecido del concreto con 10% EPSD vigas*

DESCRIPCIÓN	7 días			14 días			21 días			28 días		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Largo de la muestra (cm) / A	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5
Ancho de la muestra / B	15.2	15	15	15.2	15	15	15.2	15	15	15.2	15	15
Altura de la muestra (cm) / C	15.2	15.2	15	15.2	15.2	15	15.2	15.2	15	15.2	15.2	15
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> ) / D=A*B*C	12591.68	12426	12262.5	12591.68	12426	12262.5	12591.68	12426	12262.5	12591.68	12426	12262.5
Masa muestra (kg) / E	28.91	28.73	28.61	28.84	28.67	28.52	28.71	28.44	28.41	28.69	28.44	28.32
Peso unitario endurecido (g/cm <sup>3</sup> ) / F=(E*1000)/D	2.29596	2.31209	2.33313	2.29040	2.30726	2.32579	2.28008	2.28875	2.31682	2.27849	2.28875	2.30948
Peso unitario endurecido promedio (g/cm <sup>3</sup> )		2.31373			2.30782			2.29522			2.29224	
Peso unitario endurecido promedio (kg/m <sup>3</sup> )		2313.73			2307.82			2295.22			2292.24	

*Nota:* En la tabla se determina el PU endurecido del concreto con 10% EPSD con relación a los testigos prismáticos para los 7,14,21 y 28 días.

**Figura 35**

*Variación PU endurecido 10% EPSD vigas*



*Nota:* En la figura se observa la variación del PU endurecido del concreto con 10% EPSD, donde se evidencia que conforme se incrementa la edad en días el PU disminuye llegando a valores parecidos a los 21 y 28 días.

### d) Concreto con incorporación del 15% de EPSD

**Tabla 62**

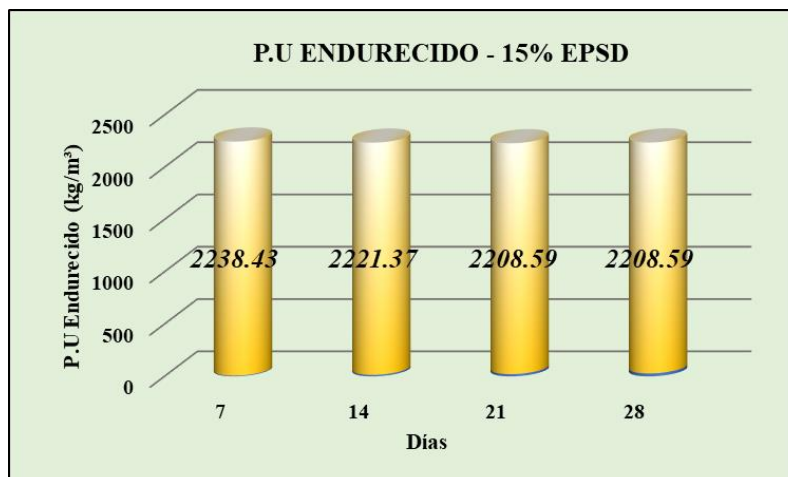
*PU endurecido del concreto con 15% EPSD vigas*

DESCRIPCIÓN	7 días			14 días			21 días			28 días		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
	Largo de la muestra (cm) / A	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5
Ancho de la muestra / B	15.2	15	15.3	15.2	15	15.3	15.2	15	15.3	15.2	15	15.3
Altura de la muestra (cm) / C	15.2	15.1	15	15.2	15.1	15	15.2	15.1	15	15.2	15.1	15
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> ) / D=A*B*C	12591.7	12344.3	12507.8	12591.7	12344.3	12507.8	12591.7	12344.3	12507.8	12591.7	12344.3	12507.8
Masa muestra (kg) / E	27.88	27.86	28.07	27.64	27.72	27.81	27.32	27.61	27.76	27.32	27.61	27.76
Peso unitario endurecido (g/cm <sup>3</sup> ) / F=(E*1000)/D	2.21416	2.25692	2.24421	2.19510	2.24558	2.22342	2.16969	2.23667	2.21942	2.16969	2.23667	2.21942
Peso unitario endurecido promedio (g/cm <sup>3</sup> )	2.23843			2.22137			2.20859			2.20859		
Peso unitario endurecido promedio (kg/m <sup>3</sup> )	2238.43			2221.37			2208.59			2208.59		

*Nota:* En la tabla se determina el PU endurecido del concreto con 15% EPSD con relación a los testigos prismáticos para los 7,14,21 y 28 días.

**Figura 36**

*Variación PU endurecido 15% EPSD vigas*



*Nota:* En la figura se observa la variación del PU endurecido del concreto con 15% EPSD, donde se evidencia que conforme se incrementa la edad en días el PU disminuye llegando equivalentes a los 21 y 28 días.

### 12.1.2.5.3 Comparación de peso unitario fresco y endurecido

**Tabla 63**

*Cuadro comparativo del PU fresco y endurecido*

Descripción	A	B	C	Diferencia del P.U entre concreto fresco y endurecido	
	P.U fresco (kg/m <sup>3</sup> )	P.U endurecido - briqueta (kg/m <sup>3</sup> )	P.U endurecido - viga (kg/m <sup>3</sup> )	A-B (kg/m <sup>3</sup> )	A-C (kg/m <sup>3</sup> )
Concreto Patrón	2498.46	2451.16	2458.11	47.30	40.35
Concreto con incorporación del 5% de EPSD	2446.90	2412.55	2416.87	34.35	30.03
Concreto con incorporación del 10% de EPSD	2321.33	2293.17	2292.24	28.16	29.09
Concreto con incorporación del 15% de EPSD	2245.41	2210.23	2208.59	35.18	36.82

*Nota:* En la tabla se evidencia la variación que existe entre el PU del concreto fresco y endurecido a los 28 días, la cual indica que el concreto pierde masa debido a la evaporación del agua de la mezcla, siendo el PU endurecido menor al PU fresco en todos los casos.

### 12.1.2.6 Resistencia a compresión del concreto (NTP 339.034)

Para obtener  $f'_c$  del concreto se procedió a roturar los ensayos en las edades de 7 días y 28 días teniendo 3 especímenes por edad según lo indicado en la NTP 339.183. Se evaluará el comportamiento del resultado de  $f'_c$  del concreto a la edad de los 28 días puesto que a esa edad el concreto llega aproximadamente a obtener el 100% de su resistencia.

Figura 37

## Ensayo de resistencia a la compresión



*Nota:* En las imágenes se observa la realización del ensayo de resistencia a la compresión, evidenciando falla columnar y falla por corte.

## a) Resistencia a compresión del concreto patrón

Tabla 64

## Resistencia a compresión - CP

DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE CURADO	DÍAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIMENSIONES			DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	FUERZA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
					Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )					
Concreto patrón - (1/6)	16/08/2022	17/08/2022	7	23/08/2022	15.10	30.00	179.08	210	32105	179.28	corte	
Concreto patrón - (2/6)	16/08/2022	17/08/2022	7	23/08/2022	15.00	30.00	176.71	210	32942	186.41	columnar	184.38
Concreto patrón - (3/6)	16/08/2022	17/08/2022	7	23/08/2022	15.00	30.00	176.71	210	33124	187.44	corte	
Concreto patrón - (4/6)	16/08/2022	17/08/2022	28	13/09/2022	15.20	30.00	181.46	210	57345	316.02	columnar	
Concreto patrón - (5/6)	16/08/2022	17/08/2022	28	13/09/2022	15.10	30.00	179.08	210	56913	317.81	corte	314.71
Concreto patrón - (6/6)	16/08/2022	17/08/2022	28	13/09/2022	15.10	30.00	179.08	210	55569	310.31	corte	

*Nota:* En la tabla se obtiene los resultados de  $f'_c$  de los testigos cilíndricos para el concreto patrón a la edad de 7 y 28 días obteniendo una  $f'_c$  promedio a los 28 días de 314.71 kg/cm<sup>2</sup>.

**b) Resistencia a compresión de concreto con incorporación del 5% de EPSD**

**Tabla 65**

*Resistencia a compresión del concreto - 5% EPSD*

DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE CURADO	DÍAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIMENSIONES			DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	FUERZA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
					Diámetro (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )					
Concreto con incorporación de EPSD al 5% - (1/6)	16/08/2022	17/08/2022	7	23/08/2022	15.10	30.00	179.08	210	32221	179.93	corte	
Concreto con incorporación de EPSD al 5% - (2/6)	16/08/2022	17/08/2022	7	23/08/2022	15.20	30.00	181.46	210	32841	180.98	corte	181.55
Concreto con incorporación de EPSD al 5% - (3/6)	16/08/2022	17/08/2022	7	23/08/2022	15.00	30.00	176.71	210	32469	183.74	corte	
Concreto con incorporación de EPSD al 5% - (4/6)	16/08/2022	17/08/2022	28	13/09/2022	15.00	30.00	176.71	210	55536	314.27	corte	
Concreto con incorporación de EPSD al 5% - (5/6)	16/08/2022	17/08/2022	28	13/09/2022	15.00	30.00	176.71	210	54125	306.28	corte	306.92
Concreto con incorporación de EPSD al 5% - (6/6)	16/08/2022	17/08/2022	28	13/09/2022	15.10	30.00	179.08	210	53758	300.19	corte	

*Nota:* En la tabla se obtiene los resultados de  $f'_c$  para los testigos cilíndricos para el concreto con 5% de EPSD a la edad de 7 y 28 días obteniendo  $f'_c$  promedio a los 28 días de 306.92 kg/cm<sup>2</sup>.

**c) Resistencia a compresión de concreto con incorporación del 10% de EPSD**

**Tabla 66**

*Resistencia a compresión del concreto - 10% EPSD*

DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE CURADO	DÍAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIMENSIONES			DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	FUERZA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
					Diámetro (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )					
Concreto con incorporación de EPSD al 10% - (1/6)	17/08/2022	18/08/2022	7	24/08/2022	15.00	30.00	176.71	210	29985	169.68	corte	
Concreto con incorporación de EPSD al 10% - (2/6)	17/08/2022	18/08/2022	7	24/08/2022	15.00	30.00	176.71	210	28792	162.93	corte	165.14
Concreto con incorporación de EPSD al 10% - (3/6)	17/08/2022	18/08/2022	7	24/08/2022	15.10	30.00	179.08	210	29154	162.80	corte	
Concreto con incorporación de EPSD al 10% - (4/6)	17/08/2022	18/08/2022	28	14/09/2022	15.20	30.00	181.46	210	52152	287.40	corte	
Concreto con incorporación de EPSD al 10% - (5/6)	17/08/2022	18/08/2022	28	14/09/2022	15.00	30.00	176.71	210	51487	291.36	corte	289.11
Concreto con incorporación de EPSD al 10% - (6/6)	17/08/2022	18/08/2022	28	14/09/2022	15.20	30.00	181.46	210	52365	288.58	corte	

*Nota:* En la tabla se obtiene los resultados de  $f'_c$  para los testigos cilíndricos para el concreto con 10% de EPSD a la edad de 7 y 28 días obteniendo una  $f'_c$  promedio a los 28 días de 289.11 kg/cm<sup>2</sup>.

## d) Resistencia a compresión de concreto con incorporación del 15% de EPSD

**Tabla 67**

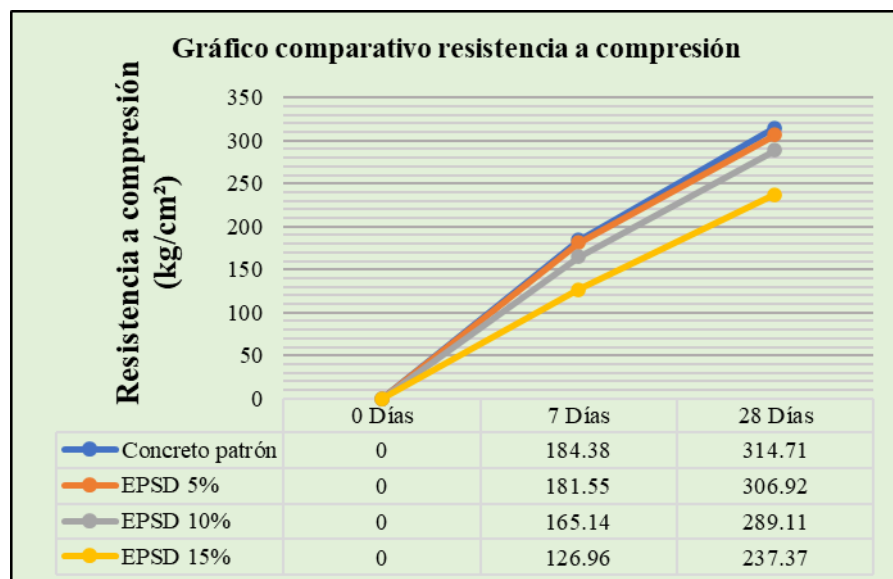
### *Resistencia a compresión del concreto - 15% EPSD*

DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE CURADO	DÍAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIMENSIONES			DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	FUERZA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
					Dímetro (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )					
Concreto con incorporación de EPSD al 15% - (1/6)	17/08/2022	18/08/2022	7	24/08/2022	15.00	30.00	176.71	210	21914	124.01	corete	
Concreto con incorporación de EPSD al 15% - (2/6)	17/08/2022	18/08/2022	7	24/08/2022	15.00	30.00	176.71	210	22141	125.29	corete	126.96
Concreto con incorporación de EPSD al 15% - (3/6)	17/08/2022	18/08/2022	7	24/08/2022	15.10	30.00	179.08	210	23564	131.58	corete	
Concreto con incorporación de EPSD al 15% - (4/6)	17/08/2022	18/08/2022	28	14/09/2022	15.20	30.00	181.46	210	42869	236.25	corete	
Concreto con incorporación de EPSD al 15% - (5/6)	17/08/2022	18/08/2022	28	14/09/2022	15.10	30.00	179.08	210	43275	241.65	corete	237.37
Concreto con incorporación de EPSD al 15% - (6/6)	17/08/2022	18/08/2022	28	14/09/2022	15.10	30.00	179.08	210	41944	234.22	corete	

*Nota:* En la tabla se obtiene los resultados de  $f'_c$  para los testigos cilíndricos para el concreto con 15% de EPSD a la edad de 7 y 28 días obteniendo  $f'_c$  promedio a los 28 días de 237.37 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 38**

### *Comparación de las resistencias a compresión obtenidas*



*Nota:* En la tabla se obtiene los resultados de  $f'_c$  de los testigos cilíndricos para los 4 tipos de concreto en la cual a los 28 días todas superan la resistencia de diseño

$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , pero solo el concreto patrón y con 5% EPSD superan el  $f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$ , sin embargo, los 4 tipos cumplen la especificación de resistencia mínima para ser usados como concreto estructural.

#### 12.1.2.7 Resistencia a flexión del concreto (NTP 339.078)

Para obtener la resistencia a la flexión del concreto se procedió a roturar los testigos prismáticos (vigas) en las edades de 14 días y 28 días teniendo 3 especímenes por edad según lo indicado en la NTP 339.183. Se evaluará el comportamiento del resultado de resistencia a la flexión del concreto a la edad de los 28 días puesto que a esa edad el concreto llega aproximadamente a obtener el 100% de la resistencia a la flexión.

#### Figura 39

*Preparación de vigas para el ensayo de resistencia a la flexión*



*Nota:* En la figura se aprecia la cuantificación de las medidas de largo, ancho y altura de las vigas y la preparación del molde para la rotura ubicando los tercios de la luz de la viga para la aplicación de las cargas proceder con el ensayo.

#### Figura 40

*Rotura de vigas*



*Nota:* En la figura se aprecia la colocación del espécimen en la máquina de ensayo y la rotura de la viga, donde se verifica que la falla se encuentra en el tercio medio de la luz.

#### a) Resistencia a la flexión del concreto patrón

**Tabla 68**

#### *Resistencia a la flexión del CP*

DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE CURADO	DÍAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIMENSIONES				DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	FUERZA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
					Largo (cm)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Luz entre apoyos					
Concreto patrón - (1/6)	16/08/2022	17/08/2022	14	30/08/2022	54.50	15.00	15.00	45.00	210	3483	46.44	Tercio medio	
Concreto patrón - (2/6)	16/08/2022	17/08/2022	14	30/08/2022	54.50	15.50	15.30	45.00	210	3582	43.85	Tercio medio	45.57
Concreto patrón - (3/6)	16/08/2022	17/08/2022	14	30/08/2022	54.50	15.00	15.30	45.00	210	3551	46.42	Tercio medio	
Concreto patrón - (4/6)	16/08/2022	17/08/2022	28	13/09/2022	54.50	15.00	15.00	45.00	210	3483	46.44	Tercio medio	
Concreto patrón - (5/6)	16/08/2022	17/08/2022	28	13/09/2022	54.50	15.00	15.30	45.00	210	3524	46.07	Tercio medio	47.44
Concreto patrón - (6/6)	16/08/2022	17/08/2022	28	13/09/2022	54.50	15.00	15.00	45.00	210	3735	49.80	Tercio medio	

*Nota:* Se obtiene los resultados de la resistencia a la flexión de las vigas para el concreto patrón a la edad de 14 y 28 días obteniendo una resistencia máxima promedio a los 28 días de 47.44 kg/cm<sup>2</sup>.

## b) Resistencia a la flexión de concreto con incorporación del 5% de EPSD

**Tabla 69**

### *Resistencia a la flexión del concreto - 5% EPSD*

DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE CURADO	DÍAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIMENSIONES				DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	FUERZA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
					Largo (cm)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Luz entre apoyos					
Concreto con incorporación de EPSD al 5% - (1/6)	16/08/2022	17/08/2022	14	30/08/2022	54.50	15.00	15.20	45.00	210	3483	45.83	Tercio medio	
Concreto con incorporación de EPSD al 5% - (2/6)	16/08/2022	17/08/2022	14	30/08/2022	54.50	15.20	15.00	45.00	210	3560	46.23	Tercio medio	46.19
Concreto con incorporación de EPSD al 5% - (3/6)	16/08/2022	17/08/2022	14	30/08/2022	54.50	15.00	15.00	45.00	210	3489	46.52	Tercio medio	
Concreto con incorporación de EPSD al 5% - (4/6)	16/08/2022	17/08/2022	28	13/09/2022	53.50	15.50	15.00	45.00	210	3255	40.65	Tercio medio	
Concreto con incorporación de EPSD al 5% - (5/6)	16/08/2022	17/08/2022	28	13/09/2022	54.50	15.00	15.50	45.00	210	4296	55.43	Tercio medio	47.44
Concreto con incorporación de EPSD al 5% - (6/6)	16/08/2022	17/08/2022	28	13/09/2022	54.50	15.00	15.00	45.00	210	3469	46.25	Tercio medio	

*Nota:* Se obtiene los resultados de la resistencia a la flexión de las vigas para el concreto con 5% de EPSD a la edad de 14 y 28 días obteniendo una resistencia máxima promedio a los 28 días de 47.44 kg/cm<sup>2</sup>.

## c) Resistencia a la flexión de concreto con incorporación del 10% de EPSD

**Tabla 70**

### *Resistencia a la flexión del concreto - 10% EPSD*

DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE CURADO	DÍAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIMENSIONES				DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	FUERZA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
					Largo (cm)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Luz entre apoyos					
Concreto con incorporación de EPSD al 10% - (1/6)	17/08/2022	18/08/2022	14	31/08/2022	54.50	15.20	15.00	45.00	210	3204	41.60	Tercio medio	
Concreto con incorporación de EPSD al 10% - (2/6)	17/08/2022	18/08/2022	14	31/08/2022	54.50	15.00	15.20	45.00	210	3231	42.51	Tercio medio	42.22
Concreto con incorporación de EPSD al 10% - (3/6)	17/08/2022	18/08/2022	14	31/08/2022	54.50	15.00	15.30	45.00	210	3254	42.54	Tercio medio	
Concreto con incorporación de EPSD al 10% - (4/6)	17/08/2022	18/08/2022	28	14/09/2022	54.50	15.20	15.20	45.00	210	3356	43.00	Tercio medio	
Concreto con incorporación de EPSD al 10% - (5/6)	17/08/2022	18/08/2022	28	14/09/2022	54.50	15.20	15.00	45.00	210	3256	42.28	Tercio medio	43.22
Concreto con incorporación de EPSD al 10% - (6/6)	17/08/2022	18/08/2022	28	14/09/2022	54.50	15.00	15.00	45.00	210	3329	44.39	Tercio medio	

*Nota:* En la tabla se obtiene los resultados de la resistencia a la flexión de las vigas para el concreto con 10% de EPSD a la edad de 14 y 28 días obteniendo una resistencia máxima promedio a los 28 días de 43.22 kg/cm<sup>2</sup>.

#### d) Resistencia a la flexión de concreto con incorporación del 15% de EPSD

**Tabla 71**

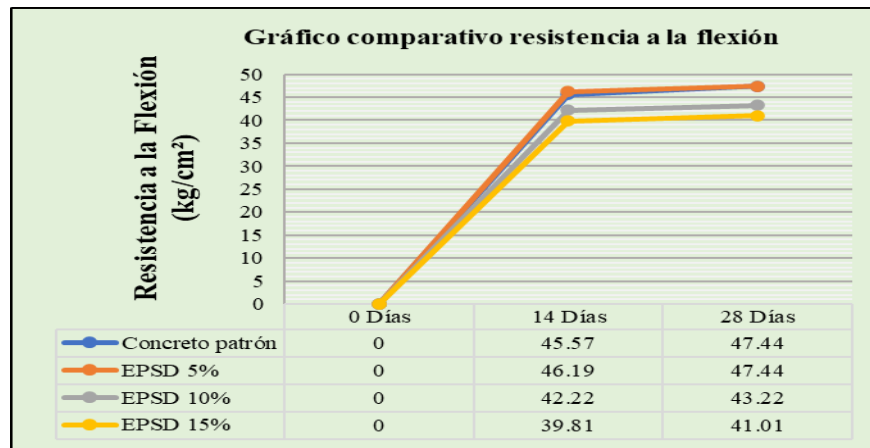
##### *Resistencia a la flexión del concreto - 15% EPSD*

DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE CURADO	DÍAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIMENSIONES				DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	FUERZA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
					Largo (cm)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Luz entre apoyos					
Concreto con incorporación de EPSD al 15% - (1/6)	17/08/2022	18/08/2022	14	31/08/2022	54.50	15.00	15.00	45.00	210	3101	41.34	Tercio medio	
Concreto con incorporación de EPSD al 15% - (2/6)	17/08/2022	18/08/2022	14	31/08/2022	54.50	15.00	15.00	45.00	210	2903	38.70	Tercio medio	39.81
Concreto con incorporación de EPSD al 15% - (3/6)	17/08/2022	18/08/2022	14	31/08/2022	54.50	15.00	15.20	45.00	210	2993	39.38	Tercio medio	
Concreto con incorporación de EPSD al 15% - (4/6)	17/08/2022	18/08/2022	28	14/09/2022	54.50	15.20	15.20	45.00	210	3035	38.89	Tercio medio	
Concreto con incorporación de EPSD al 15% - (5/6)	17/08/2022	18/08/2022	28	14/09/2022	54.50	15.10	15.00	45.00	210	3296	43.37	Tercio medio	41.01
Concreto con incorporación de EPSD al 15% - (6/6)	17/08/2022	18/08/2022	28	14/09/2022	54.50	15.00	15.30	45.00	210	3119	40.77	Tercio medio	

*Nota:* En la tabla se obtiene los resultados de la resistencia a la flexión de las vigas para el concreto con 15% de EPSD a la edad de 14 y 28 días obteniendo una resistencia máxima promedio a los 28 días de 41.01 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 41**

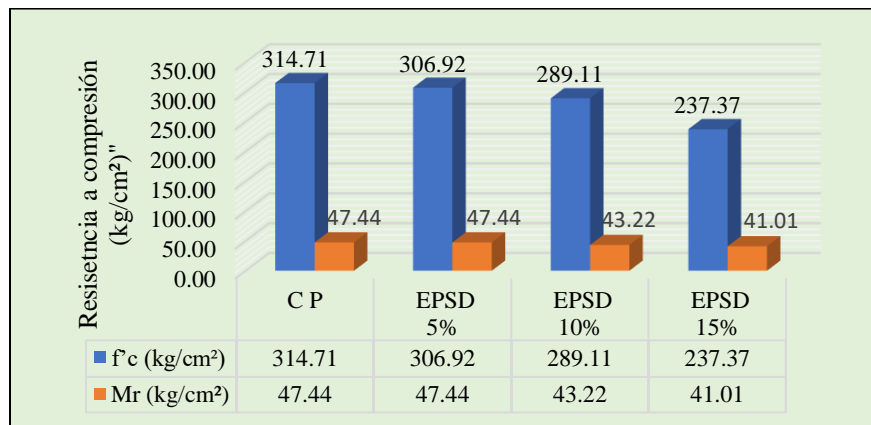
*Comparación de las resistencias a la flexión obtenidas*



*Nota:* En la figura se obtiene los resultados de las resistencias a la flexión de las vigas para los 4 tipos de concreto en la cual se evidencia que no existe variación del módulo de rotura del CP con el concreto con 5% de EPSD.

**Figura 42**

*Comparativa  $f'_c$  y  $M_r$*



*Nota:* La relación existente entre  $f'_c$  y  $M_r$  es de 15.1%, 15.5%, 14.9%, 17.3% para el CP, con 5% EPSD, con 10% EPSD, con 15% EPSD respectivamente.

## 12.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### a) Discusión de resultados del objetivo específico “a”

Los ensayos realizados al incorporar el 5% de EPSD en relación al volumen total del concreto muestra los siguientes resultados: asentamiento de 92 mm, PU – concreto fresco de 2446.90 kg/m<sup>3</sup>, resistencia a la compresión (28 días) de: 306.92 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia a la flexión (28 días) de: 47.44 kg/cm<sup>2</sup>, existiendo una variación desestimable en relación a los ensayos realizados con el concreto patrón de 7.07%, 2.06%, 2.48%, 0.00% respectivamente; cabe señalar que (Trejos y Suarez, 2019) en su investigación obtuvieron los resultados con una incorporación de perlas de EPS en 5%; f'c (28 días) de 262.07 kg/cm<sup>2</sup> y una densidad de 2370 kg/m<sup>3</sup> siendo 14.61% y 3.14% menores respectivamente f'c y al PU de los resultados obtenidos en esta investigación lo cual presenta una variación mínima que pudo ser provocada por el tipo de poliestireno utilizado, por otro lado la investigación realizada por (Heredía y Pérez, 2018) con la adición de 5% de MEPS obtuvo un asentamiento de 71.1 mm, f'c (28 días) de 192.29 kg/cm<sup>2</sup>, un PU de 2215.20 kg/m<sup>3</sup>, resultados que se reducen en 22.72%, 9.47% y 37.35% respectivamente al asentamiento, PU y f'c obtenidos en esta investigación; por tanto, se puede señalar que la dosificación del concreto con adición de MEPS en relación al peso del cemento, la calidad de los áridos y agua utilizados, el tipo de poliestireno influyen en esta variación; cabe destacar que con la adición de 5% de EPSD f'c supera la resistencia mínima para elementos estructurales resistentes a fuerzas sísmicas f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> lo que indica según la norma E-060 en el apartado 21.3.2.1, posee un asentamiento que según lo indicado en el libro concreto simple de Gerardo Rivera L, apartado 4.1 se encuentra dentro del rango de con una consistencia media (plástica) de 50 mm a 100 mm lo cual demuestra a esta mezcla de concreto como trabajable, posee un módulo de rotura que representa el

15.5% de  $f'c$  dicho valor se encuentra dentro del rango de 10% - 20% según lo indicado en el numeral 6.6 del libro concreto simple de Gerardo Rivera L.; presenta un PU de concreto fresco menor al del concreto patrón lo cual aligera la densidad del concreto en un 2.06%.

#### **b) Discusión de resultados del objetivo específico “b”**

Los ensayos realizados al incorporar el 10% de poliestireno expandido desintegrado en relación al volumen total del concreto muestra los siguientes resultados: asentamiento de 80 mm, PU – concreto fresco de 2321.33 kg/m<sup>3</sup>, resistencia a la compresión (28 días) de: 289.11 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia a la flexión (28 días) de: 43.22 kg/cm<sup>2</sup>, existiendo una variación en relación a los ensayos realizados con el CP de 19.19%, 7.09%, 8.13%, 8.90% respectivamente; cabe señalar que (Trejos y Suarez, 2019) en su investigación obtuvieron los resultados con una incorporación de perlas de poliestireno en 10%,  $f'c$  (28 días) de 229.44 kg/cm<sup>2</sup> y PU de 2370 kg/m<sup>3</sup> siendo 20.64% menor respecto a  $f'c$  y 2.10% mayor respecto al PU en relación a los resultados obtenidas en esta investigación esta variación puede ser provocada por el tipo de poliestireno utilizado, por otro lado la investigación realizada por (Vásquez, 2018) en su investigación en la cual sustituye el 10% del AG por perlitas de EPS y obtiene  $f'c$  (28 días) de 212.87 kg/cm<sup>2</sup> el resultado que se reduce en 26.37% respecto a  $f'c$  obtenida en esta tesis, esta variación pudo ser provocada por el tipo de poliestireno y la dosificación del concreto aligerado que se realizó en base a la sustitución del AG, (Heredia y Pérez, 2018) en su investigación adicionaron el 10% de MEPS donde obtuvieron un asentamiento de 58.4 mm,  $f'c$  (28 días) de 181.06 kg/cm<sup>2</sup>, un PU de 2146.58 kg/m<sup>3</sup>, resultados que disminuyen en 27%, 37.37% y 7.52% respecto al asentamiento,  $f'c$  y al PU en base a los resultados obtenidos en esta investigación, la variación puede ser provocada por que la adición de MEPS se realizó

en relación al peso del cemento, la calidad de los áridos y agua utilizados, el tipo de poliestireno; de la misma manera comparamos los resultados de la investigación de (Chuquillin, 2018) en la cual sustituye el AF por el 10% de perlas EPS el cual da los siguientes resultados: Asentamiento promedio de 86 mm, PU de 2380.33 kg/m<sup>3</sup>, f'c (28 días) de 276 kg/cm<sup>2</sup>, resultados que son mayores a los de esta investigación en 7.5%, 2.54% respecto al asentamiento y PU y 4.54% menor respecto a f'c, esta variación mínima pudo ser causada por que la dosificación del concreto se realizó en base a la sustitución del AF por Perlas de EPS; cabe destacar en esta investigación f'c supera la resistencia de diseño f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> lo que indica según la norma E-060 cumple lo indicado en el apartado 21.3.2.1 acerca de f'c de elementos estructurales resistentes a fuerzas sísmicas, posee un asentamiento que según lo indicado en el libro concreto simple de Gerardo Rivera L, apartado 4.1 se encuentra dentro del rango de con una consistencia media (plástica) de 50 mm a 100 mm lo cual indica a esta mezcla de concreto como trabajable, posee un módulo de rotura que representa el 14.9% de f'c dicho valor se encuentra dentro del rango de 10% - 20% según lo indicado en el numeral 6.6 del libro concreto simple de Gerardo Rivera L.; presenta un PU de concreto fresco menor al del concreto patrón lo cual aligera la densidad del concreto en un 7.09%.

### **c) Discusión de resultados del objetivo específico “c”**

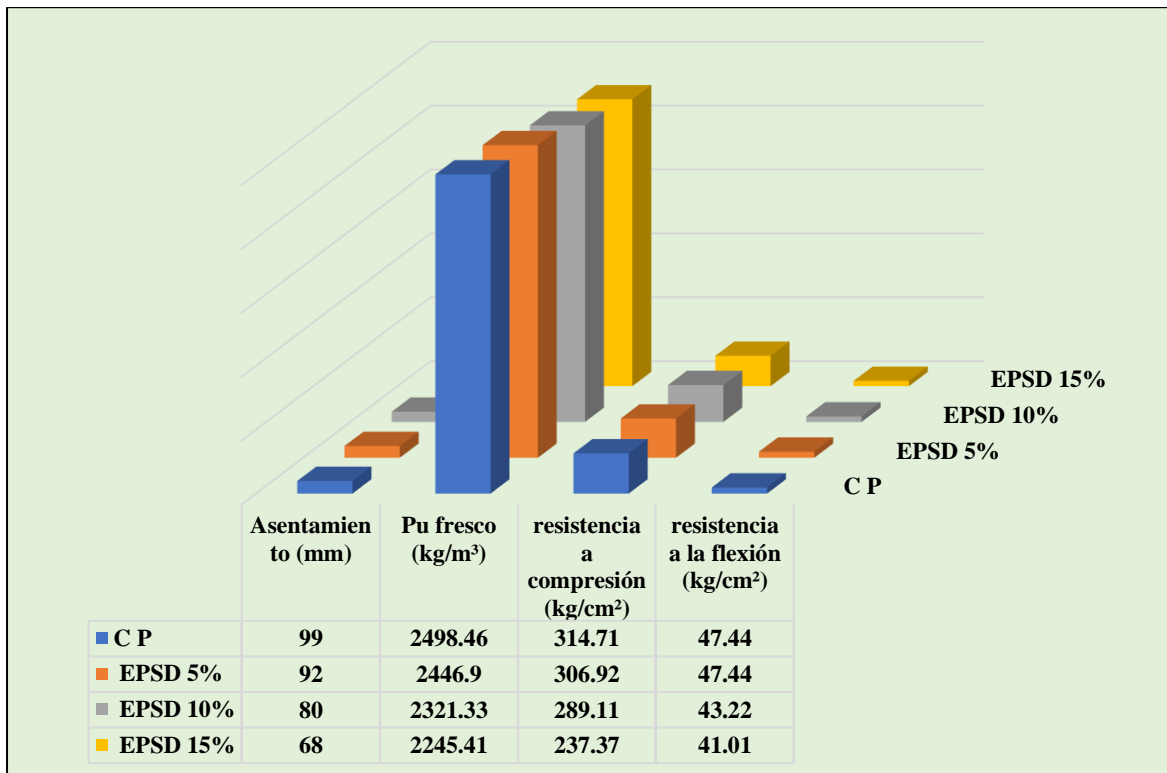
Los ensayos realizados al incorporar el 15% de poliestireno expandido desintegrado en relación al volumen total del concreto muestra los siguientes resultados: asentamiento de 68 mm, PU – concreto fresco de 2245.41 kg/m<sup>3</sup>, resistencia a la compresión (28 días) de: 237.37 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia a la flexión (28 días) de: 41.01 kg/cm<sup>2</sup>, existiendo una variación en relación a los ensayos realizados con el concreto patrón de 31.31%, 10.13%, 24.57%, 13.55% respectivamente; cabe señalar (Trejos y

Suarez, 2019) en su investigación obtuvieron los resultados con una incorporación de perlas de EPS en 15%,  $f'c$  (28 días) de 229.44 kg/cm<sup>2</sup> y un PU de 2311 kg/m<sup>3</sup> siendo 3.34% menor respecto a  $f'c$  y 2.92% mayor al PU de los resultados de esta investigación, la variación de resultados es mínima lo cual guarda relación con esta investigación, esta irrisoria variación puede ser provocada por el tipo de poliestireno utilizado, por otro lado la investigación realizada por (Vásquez., 2018) en la cual sustituye el 15% del AG por perlitas de EPS obtiene  $f'c$  a (28 días) de 208.34 kg/cm<sup>2</sup> el resultado que disminuye en 12.23% respecto a  $f'c$  obtenida en esta tesis, esta variación pudo ser provocada por el tipo de poliestireno y la dosificación del concreto aligerado que se realizó en base a la sustitución del AG, (Heredia y Pérez, 2018) con la adición de 10% de MEPS obtuvo un asentamiento de 45.7 mm,  $f'c$  de 167.68 kg/cm<sup>2</sup>, un PU de 2067 kg/m<sup>3</sup>, resultados que son inferiores en 32.79%, 29.35% y 7.95 % respecto al asentamiento,  $f'c$  y al PU de esta investigación esta variación puede ser provocada por que la adición de MEPS se realizó en relación al peso del cemento, la calidad de los áridos y agua utilizados, el tipo de poliestireno; de la misma manera comparamos los resultados de la investigación de (Cuadros y Herhuay, 2018) con la sustitución del 15% del AG por perlas de EPS obtuvieron un asentamiento de 4" equivalente a 101.6mm, PU de 2359.63 kg/m<sup>3</sup>,  $f'c$  (28 días) de 213.29 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a la flexión de 23.14 kg/cm<sup>2</sup> notándose un incremento del asentamiento y PU en 49.41% y 5.09% respectivamente y una reducción en 10.14% y 56.42% de  $f'c$  y resistencia a la flexión respectivamente en relación a los resultados obtenidos en esta investigación, esta variación pudo ser provocado por la adición del aditivo plastificante lo cual incrementa el asentamiento y por otro lado puede ser el tipo de poliestireno ya que el árido utilizado proviene de la cantera Murillo el cual también se empleó para esta investigación. Cabe destacar en esta investigación  $f'c$  supera la

resistencia de diseño  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  lo que indica según la norma E-060 cumple lo indicado en el apartado 21.3.2.1 acerca de  $f'c$  mínima de elementos estructurales resistentes a fuerzas sísmicas, posee un asentamiento que según lo indicado en el libro concreto simple de Gerardo Rivera L, apartado 4.1 se encuentra dentro del rango de con una consistencia media (plástica) de 50 mm a 100 mm lo cual indica a esta mezcla de concreto como trabajable, posee un módulo de rotura que representa el 17.3% de  $f'c$  dicho valor se encuentra dentro del rango de 10% - 20% según lo indicado en el numeral 6.6 del libro concreto simple de Gerardo Rivera L.; presenta un PU de concreto fresco menor al del concreto patrón lo cual aligera la densidad del concreto en un 10.13%.

**Figura 43**

*Resultados obtenidos de los ensayos*



*Nota:* En la figura se observa los resultados para el CP y para los concretos con 5%, 10% y 15% de incorporación con EPSD de los ensayos de asentamiento, PU,  $f'c$  y resistencia a flexión.

**Tabla 72**

*Comparativa de concreto con EPSD y CP.*

Variación del concreto con EPSD respecto al CP				
Tipo de concreto	Asentamiento (mm)	Pu fresco (kg/m <sup>3</sup> )	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
5% EPSD	7	51.56	7.80	0.00
10% EPSD	19	177.13	25.60	4.22
15% EPSD	31	253.05	77.34	6.43

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 73**

*Variación en % de concreto con EPSD y CP*

% de variación del concreto con % EPSD respecto al CP				
Tipo de concreto	Asentamiento	PU fresco	$f'c$	Mr
5% EPSD	7.07%	2.06%	2.48%	0.00%
10% EPSD	19.19%	7.09%	8.13%	8.90%
15% EPSD	31.31%	10.13%	24.57%	13.55%

*Nota:* En la tabla se visualiza las variaciones de los ensayos de los concretos con incorporación de EPSD de 5%, 10% y 15% con respecto al concreto patrón.

### 12.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS

La prueba de hipótesis es una pauta que indica si se rechaza o si se acepta una aseveración de una población basada en la evidencia muestral de los datos; esta estudia el comportamiento de dos hipótesis de una población que son opuestas: la hipótesis nula y la hipótesis alterna. La hipótesis nula indica que no se presentan

efectos ni diferencias mientras que la hipótesis alterna es la que asevera que es verdadera fundamentándose en todas las evidencias que se han obtenido por los datos de las muestras. (Minitab, s.f.)

El tipo estadística que se utilizará en esta investigación será la “t” de student, esta está recomendada para comparar los promedios de dos muestras y determinar si se rechaza o acepta la hipótesis nula o alterna.

a) Nivel de significancia (alfa)

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

b) Prueba estadística – t de student

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s_c^2}{n_1} + \frac{s_c^2}{n_1}}}$$

$$s_c^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 + \sum(y_i - \bar{y})^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$\bar{x}$ : Media de la muestra 1 (CP)

$\bar{y}$ : Media de la muestra 2 (concreto con % EPSD)

$n_1$ : Cantidad muestra 1 (CP)

$n_2$ : Cantidad muestra 2 (concreto con % EPSD)

$s_c^2$ : Varianza común

### c) Región crítica

Se define el tc (t tabular) según la tabla de distribución t de student considerando  $\alpha = 5\% = 0.05$  y los grados de libertad.

#### **12.3.1 Prueba de estadística para la hipótesis específica “a”**

Hipótesis específica “a”

**H<sub>0</sub>: ( $\mu_1 = \mu_2$ )** El 5% de la incorporación poliestireno **no influye** en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022.

**H<sub>1</sub>: ( $\mu_1 \neq \mu_2$ )** El 5% de la incorporación poliestireno **influye** en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022.

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

**a) Prueba hipótesis específica “a” – asentamiento con 5% incorporación de EPSD**

**Tabla 74**

*Cuadro de datos – asentamiento 5% EPSD*

Datos de asentamiento (mm)	
Concreto Patrón	Concreto con 5% EPSD
n1	n2
102	91
94	89
102	97

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 75**

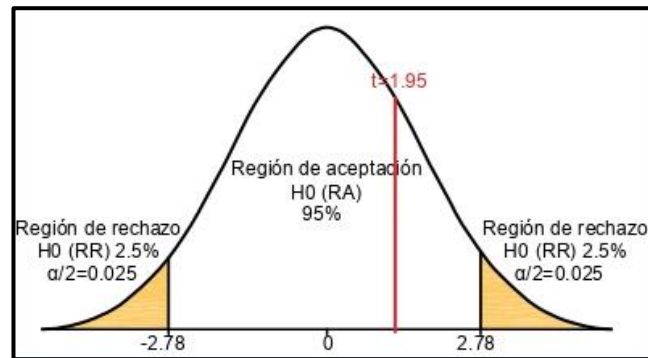
*Distribución “t de student” – asentamiento 5% EPSD*

Descripción	n1	n2
Media	99.33	92.33
Varianza	21.33	17.33
Muestra	3.00	3.00
Varianza agrupada	19.33	
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	1.95	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 44**

*Campana de gauss – asentamiento 5% EPSD*



*Nota:* Elaboración propia

$t = 1.95 \in$  a la región de aceptación, por tanto, aceptamos  $H_0$  y rechazamos  $H_1$

**$H_0$ :** El 5% de la incorporación poliestireno **no influye** en el asentamiento en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022.

**b) Prueba hipótesis específica “a” – peso unitario concreto fresco con 5% incorporación de EPSD**

**Tabla 76**

*Cuadro de datos – PU 5% EPSD*

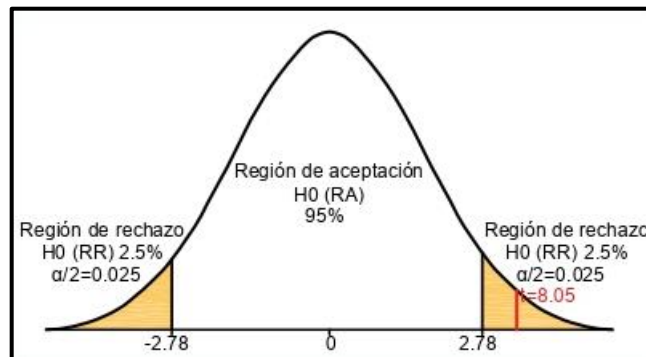
Datos de peso unitario - concreto fresco ( $\text{kg/m}^3$ )	
Concreto Patrón	Concreto con 5% EPSD
n1	n2
2498.99	2449.78
2495.04	2455.79
2501.34	2435.13

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 77***Distribución "t de student" – PU 5% EPSD*

Descripción	n1	n2
Media	2498.46	2446.90
Varianza	10.14	112.93
Muestra	3.00	3.00
Varianza agrupada	61.53	
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	8.05	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 45***Campana de gauss – PU 5% EPSD*

*Nota:* Elaboración propia

$t = 8.05 \in$  a la región de rechazo, por tanto, rechazamos  $H_0$  y aceptamos  $H_1$

**$H_1$ :** El 5% de la incorporación poliestireno **influye** en el peso unitario en un concreto

$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022.

c) Prueba hipótesis específica “a” – resistencia a compresión con 5%  
incorporación de EPSD

**Tabla 78**

*Cuadro de datos – resistencia a compresión 5% EPSD*

<b>Datos de resistencia a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		
<b>Edad de rotura</b>	<b>Concreto Patrón</b>	<b>Concreto con 5% EPSD</b>
	n1	n2
	316.02	314.27
28 días	317.81	306.28
	310.31	300.19

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 79**

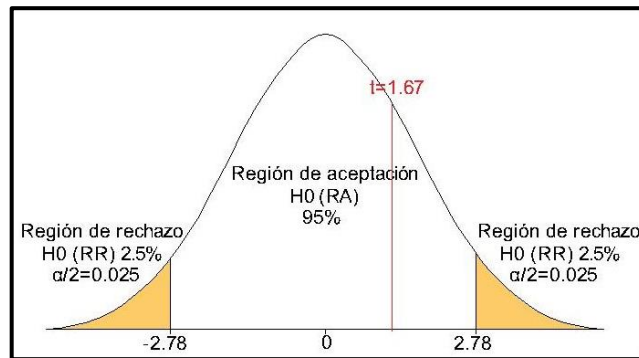
*Distribución “t de student” resistencia a compresión 5% EPSD*

<b>Descripción</b>	<b>n1</b>	<b>n2</b>
Media	314.71	306.91
Varianza	15.34	49.86
Muestra	3.00	3.00
Varianza agrupada	32.60	
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	1.67	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 46**

*Campana de gauss resistencia a compresión 5% EPSD*



*Nota:* Elaboración propia

$t = 1.67 \in$  a la región de aceptación, por tanto, aceptamos  $H_0$  y rechazamos  $H_i$

**$H_0$ :** El 5% de la incorporación poliestireno **no influye** en la resistencia a compresión en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022.

**d) Prueba hipótesis específica “a” – resistencia a la flexión con 5% incorporación de EPSD**

**Tabla 80**

*Cuadro de datos resistencia a la flexión 5% EPSD*

<b>Datos de resistencia a flexión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		
<b>Edad de rotura</b>	<b>Concreto Patrón</b>	<b>Concreto con 5% EPSD</b>
	<b>n1</b>	<b>n2</b>
	46.44	40.65
28 días	46.07	55.43
	49.8	46.25

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 81**

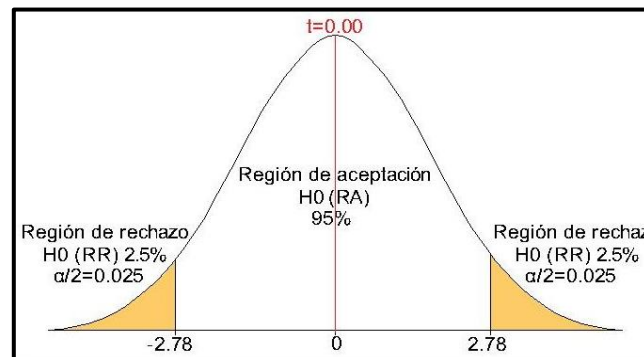
*Distribución "t de student" resistencia a la flexión 5% EPSD*

Descripción	n1	n2
Media	47.44	47.44
Varianza	4.22	55.68
Muestra	3.00	3.00
Varianza agrupada	29.95	
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	0.00	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 47**

*Campana de gauss resistencia a la flexión 5% EPSD*



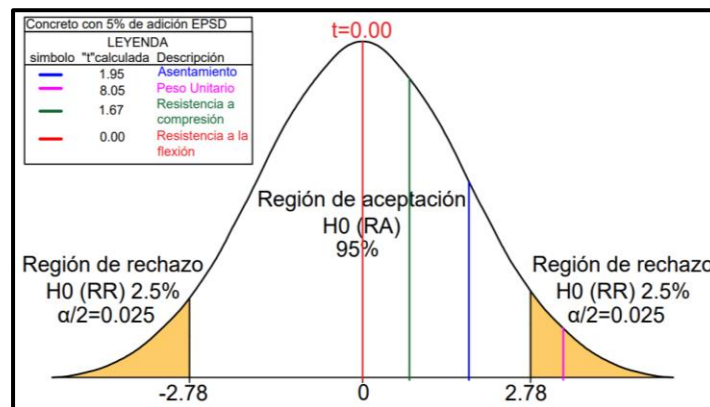
*Nota:* Elaboración propia

$t = 0.00 \in$  a la región de aceptación, por tanto, aceptamos  $H_0$  y rechazamos  $H_i$

**$H_0$ :** El 5% de la incorporación poliestireno **no influye** en la resistencia a la flexión en un concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022

**Figura 48**

*Resumen prueba estadística 5% EPSD*



*Nota:* Según la prueba estadística la incorporación en 5% de EPSD en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , no influye en el asentamiento, resistencia a compresión y resistencia a la flexión, pero si influye en el peso unitario.

### **12.3.2 Prueba de estadística para la hipótesis específica “b”**

Hipótesis específica “b”

**H<sub>0</sub>: ( $\mu_1 = \mu_2$ )** El 10% de la incorporación poliestireno **no influye** en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022.

**H<sub>i</sub>: ( $\mu_1 \neq \mu_2$ )** El 10% de la incorporación poliestireno **influye** en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022.

$\alpha = 5\% = 0.05$

a) Prueba hipótesis específica “b” – asentamiento con 10 % incorporación de EPSD

**Tabla 82**

*Cuadro de datos – asentamiento 10% EPSD*

Datos de asentamiento (mm)	
Concreto Patrón	Concreto con 10% EPSD
n1	n2
102	81
94	76
102	84

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 83**

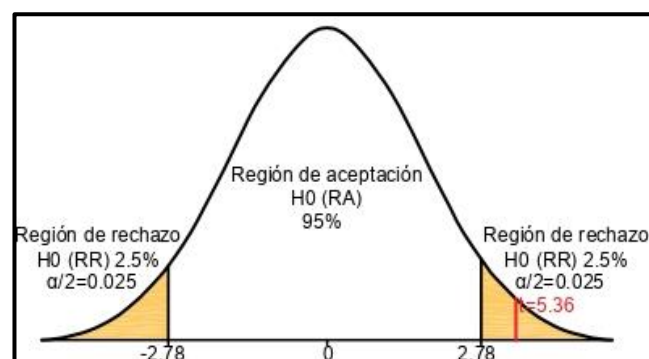
*Distribución “t de student” – asentamiento 10% EPSD*

Descripción	n1	n2
Media	99.33	80.33
Varianza	21.33	16.33
Muestra	3.00	3.00
Varianza agrupada	18.83	
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	5.36	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 49**

*Campana de gauss – asentamiento 10% EPSD*



*Nota:* Elaboración propia

$t = 5.36 \in$  a la región de rechazo, por tanto, rechazamos  $H_0$  y aceptamos  $H_1$

**$H_1$ :** El 10% de la incorporación poliestireno **influye** en el asentamiento en un concreto

$f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022.

**b) Prueba hipótesis específica “b” – peso unitario concreto fresco con 10% incorporación de EPSD**

**Tabla 84**

*Cuadro de datos – PU 10% EPSD*

<b>Datos de peso unitario - concreto fresco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	
<b>Concreto Patrón</b>	<b>Concreto con 10% EPSD</b>
n1	n2
2498.99	2332.61
2495.04	2317.82
2501.34	2313.57

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 85**

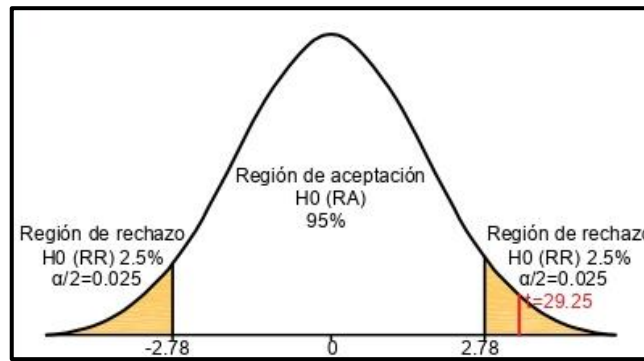
*Distribución “t de student” – PU 10% EPSD*

<b>Descripción</b>	<b>n1</b>	<b>n2</b>
Media	2498.46	2321.33
Varianza	10.14	99.89
Muestra	3.00	3.00
Varianza agrupada	55.01	
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	29.25	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 50**

*Campana de gauss – PU 10% EPSD*



*Nota:* Elaboración propia

$t = 29.25 \in$  a la región de rechazo, por tanto, rechazamos  $H_0$  y aceptamos  $H_1$

**$H_1$ :** El 10% de la incorporación poliestireno **influye** en el peso unitario en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022.

**c) Prueba hipótesis específica “b” – resistencia a compresión con 10% incorporación de EPSD**

**Tabla 86**

*Cuadro de datos – resistencia a compresión 10% EPSD*

Datos de resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
Edad de rotura	Concreto Patrón n1	Concreto con 10% EPSD n2
28 días	316.02	287.4
	317.81	291.36
	310.31	288.58

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 87**

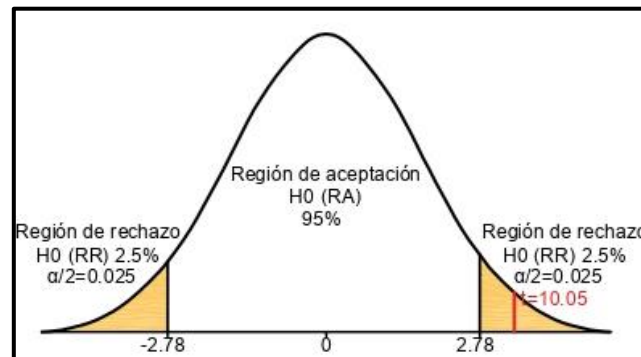
*Distribución "t de student" resistencia a compresión 10% EPSD*

Descripción	n1	n2
Media	314.71	289.11
Varianza	15.34	4.13
Muestra	3.00	3.00
Varianza agrupada	9.74	
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	10.05	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 51**

*Campana de gauss resistencia a compresión 10% EPSD*



*Nota:* Elaboración propia

$t = 10.05 \in$  a la región de rechazo, por tanto, rechazamos  $H_0$  y aceptamos  $H_1$

**$H_1$ :** El 5% de la incorporación poliestireno **influye** en la resistencia a compresión en un concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022.

d) Prueba hipótesis específica “b” – resistencia a la flexión con 10%  
incorporación de EPSD

**Tabla 88**

*Cuadro de datos resistencia a la flexión 10% EPSD*

Datos de resistencia a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )		
Edad de rotura	Concreto Patrón	Concreto con 10% EPSD
	n1	n2
	46.44	43
28 días	46.07	42.28
	49.8	44.39

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 89**

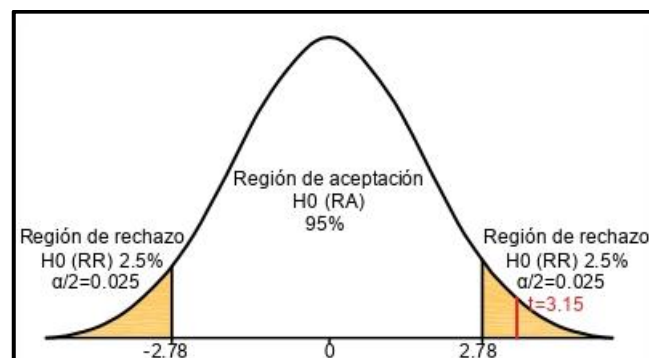
*Distribución “t de student” resistencia a la flexión 10% EPSD*

Descripción	n1	n2
Media	47.44	43.22
Varianza	4.22	1.15
Muestra	3.00	3.00
Varianza agrupada	2.69	
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	3.15	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 52**

*Campana de gauss resistencia a la flexión 10% EPSD*



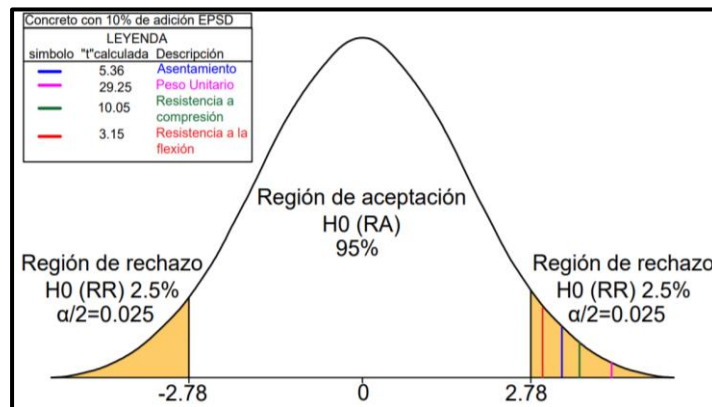
*Nota:* Elaboración propia

$t = 3.15 \in$  a la región de rechazo, por tanto, rechazamos  $H_0$  y aceptamos  $H_1$

**$H_1$ :** El 10% de la incorporación poliestireno **influye** en la resistencia a la flexión en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022.

**Figura 53**

*Resumen prueba estadística 10% EPSD*



*Nota:* Según la prueba estadística la incorporación en 10% de EPSD en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , si influye en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y resistencia a la flexión.

### 12.3.3 Prueba de estadística para la hipótesis específica "c"

Hipótesis específica "c"

**$H_0: (\mu_1 = \mu_2)$**  El 15% de la incorporación poliestireno **no influye** en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022.

**$H_1: (\mu_1 \neq \mu_2)$**  El 15% de la incorporación poliestireno **influye** en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022.

$\alpha = 5\% = 0.05$

a) Prueba hipótesis específica “c” – asentamiento con 15 %  
incorporación de EPSD

**Tabla 90**

*Cuadro de datos – asentamiento 15% EPSD*

Datos de asentamiento (mm)	
Concreto Patrón	Concreto con 15% EPSD
n1	n2
102	71
94	66
102	66

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 91**

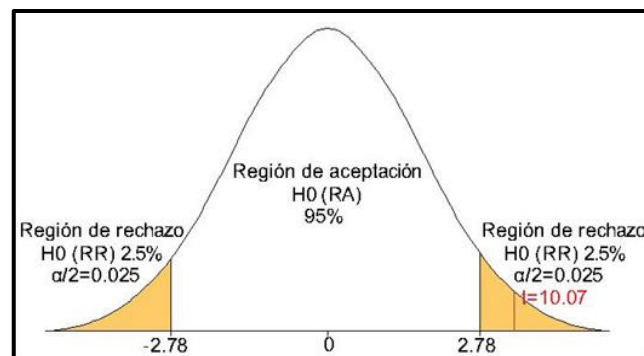
*Distribución “t de student” – asentamiento 15% EPSD*

Descripción	n1	n2
Media	99.33	67.67
Varianza	21.33	8.33
Muestra	3.00	3.00
Varianza agrupada	14.83	
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	10.07	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 54**

*Campana de gauss – asentamiento 15% EPSD*



*Nota:* Elaboración propia

$t = 10.07 \in$  a la región de rechazo, por tanto, rechazamos  $H_0$  y aceptamos  $H_1$

**$H_1$ :** El 15% de la incorporación poliestireno **influye** en el asentamiento en un concreto

$f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022.

**b) Prueba hipótesis específica “c” – peso unitario concreto fresco con 15% incorporación de EPSD**

**Tabla 92**

*Cuadro de datos – PU 15% EPSD*

<b>Datos de peso unitario - concreto fresco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	
<b>Concreto Patrón</b>	<b>Concreto con 15% EPSD</b>
n1	n2
2498.99	2244.29
2495.04	2231.11
2501.34	2260.84

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 93**

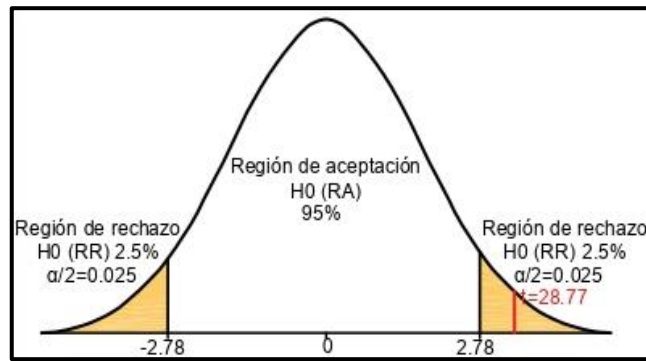
*Distribución “t de student” – PU 15% EPSD*

<b>Descripción</b>	<b>n1</b>	<b>n2</b>
Media	2498.46	2245.41
Varianza	10.14	221.91
Muestra	3.00	3.00
Varianza agrupada	116.03	
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	28.77	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 55**

*Campana de gauss – PU 15% EPSD*



*Nota:* Elaboración propia

$t = 28.77 \in$  a la región de rechazo, por tanto, rechazamos  $H_0$  y aceptamos  $H_1$

**$H_1$ :** El 15% de la incorporación poliestireno **influye** en el peso unitario en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022.

**c) Prueba hipótesis específica “c” – resistencia a compresión con 15% incorporación de EPS**

**Tabla 94**

*Cuadro de datos – resistencia a compresión 15% EPSD*

Datos de resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
Edad de rotura	Concreto Patrón n1	Concreto con 15% EPSD n2
28 días	316.02	236.25
	317.81	241.65
	310.31	234.22

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 95**

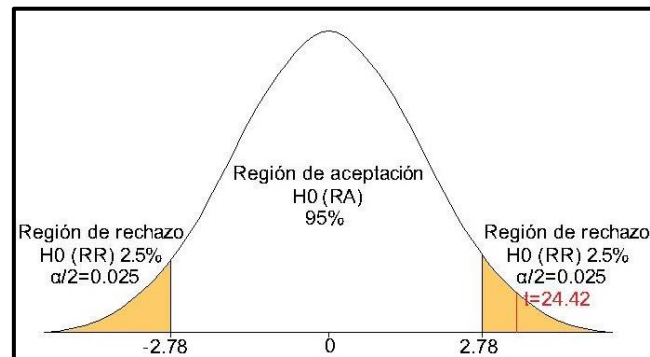
*Distribución "t de student" resistencia a compresión 15% EPSD*

Descripción	n1	n2
Media	314.71	237.37
Varianza	15.34	14.75
Muestra	3.00	3.00
Varianza agrupada	15.05	
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	24.42	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 56**

*Campana de gauss resistencia a compresión 15% EPSD*



*Nota:* Elaboración propia

$t = 24.42 \in$  a la región de rechazo, por tanto, rechazamos  $H_0$  y aceptamos  $H_1$

**$H_1$ :** El 5% de la incorporación poliestireno **influye** en la resistencia a compresión en un concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022.

**d) Prueba hipótesis específica “a” – resistencia a la flexión con 15% incorporación de EPSD**

**Tabla 96**

*Cuadro de datos resistencia a la flexión 15% EPSD*

<b>Datos de resistencia a flexión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		
<b>Edad de rotura</b>	<b>Concreto Patrón</b>	<b>Concreto con 15% EPSD</b>
	n1	n2
	46.44	38.89
28 días	46.07	43.37
	49.8	40.77

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 97**

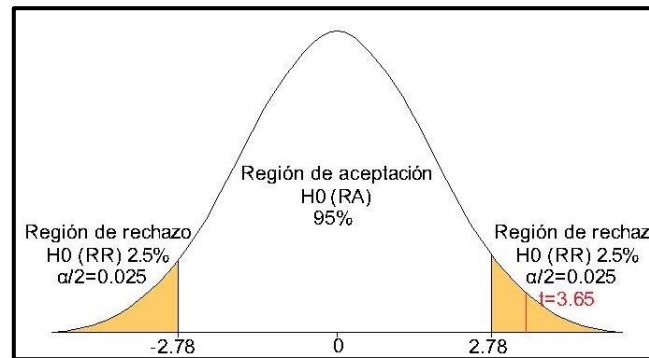
*Distribución “t de student” resistencia a la flexión 15% EPSD*

<b>Descripción</b>	<b>n1</b>	<b>n2</b>
Media	47.44	41.01
Varianza	4.22	5.06
Muestra	3.00	3.00
Varianza agrupada	4.64	
Grados de libertad	4.00	
Estadístico t	3.65	
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 57**

*Campana de gauss resistencia a la flexión 15% EPSD*



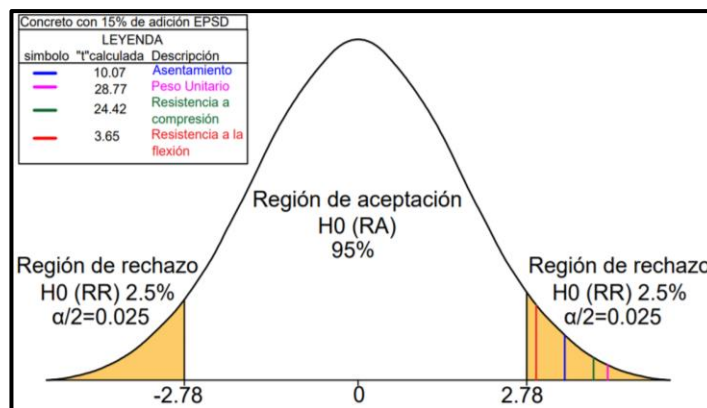
*Nota:* Elaboración propia

$t = 3.65 \in$  a la región de rechazo, por tanto, rechazamos  $H_0$  y aceptamos  $H_1$

**$H_1$ :** El 5% de la incorporación poliestireno **influye** en la resistencia a la flexión en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022.

**Figura 58**

*Resumen prueba estadística 15% EPSD*



*Nota:* Según la prueba estadística la incorporación en 15% de EPSD en un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , si influye en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y resistencia a la flexión.

## CONCLUSIONES

### Conclusión Objetivo general

Se analizó la influencia de la incorporación de EPSD en 5%, 10% y 15% con relación al volumen total de la mezcla en un concreto estructural  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , usando árido fino y grueso de la cantera Murillo, cemento yura tipo I y agua potable. Donde se corrobora que a mayor cantidad de EPSD en el concreto el asentamiento, PU, resistencia a compresión y resistencia a la flexión se reducen, por lo tanto, se concluye de manera general que la incorporación de EPSD influye en las propiedades del concreto estudiadas en esta investigación.

### Conclusión del objetivo específico "a"

El 5 % de la incorporación de EPSD disminuye el asentamiento, PU y la resistencia a compresión en un concreto estructural  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de la zona - Abancay 2022, ya que conforme a los resultados obtenidos se evidencia que debido a la incorporación del 5% de EPSD el asentamiento presenta una variación de 7.07% con una diferencia de 7 mm con el CP teniendo resultados similares lo cual según la prueba de hipótesis la incorporación del 5% de EPSD no influye en el asentamiento, el PU disminuye en un 2.06% teniendo una diferencia de  $51.56 \text{ kg/m}^3$  con el PU del CP lo cual según la prueba de hipótesis la incorporación del 5% de EPSD influye en el PU,  $f'c$  se reduce en un 2.48% teniendo una diferencia de  $7.80 \text{ kg/cm}^2$  con el CP teniendo resultados similares lo cual según la prueba de hipótesis la incorporación del 5% de EPSD no influye en  $f'c$  y la resistencia a la flexión no presenta variación alguna con el CP lo cual según la prueba de hipótesis la incorporación del 5% de EPSD no influye en la resistencia a flexión. Por tanto, se determina que al incorporar el 5% de EPSD a un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  no influye

en el asentamiento, resistencia a compresión y resistencia a la flexión, pero si influye en el PU. (Tabla 73 - Variación en % de concreto con EPSD y CP).

### **Conclusión del objetivo específico “b”**

El 10 % de la incorporación de EPSD disminuye el asentamiento, PU, ,resistencia a compresión y resistencia a la flexión en un concreto estructural  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022, ya que conforme a los resultados obtenidos se evidencia que debido a la incorporación del 10% de EPSD el asentamiento presenta una variación de 19.19% con una diferencia de 19 mm con el CP pese a ello el concreto conserva la consistencia plástica lo cual le da buena trabajabilidad y según a la prueba de hipótesis la incorporación del 10% de EPSD influye en el asentamiento, el PU disminuye en un 7.09% teniendo una diferencia de 177.13 kg/m<sup>3</sup> con el PU del CP lo cual según la prueba de hipótesis la incorporación del 10% de EPSD influye en el PU,  $f'c$  se reduce en un 8.13% teniendo una diferencia de 25.60 kg/cm<sup>2</sup> con el CP pero superando la resistencia establecida para elementos estructurales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> lo cual según la prueba de hipótesis la incorporación del 10% de EPSD influye en  $f'c$ , la resistencia a la flexión se reduce en 8.90% teniendo una diferencia de 4.22 kg/cm<sup>2</sup> con el CP lo cual confirma la hipótesis alterna donde indica la según la prueba de hipótesis la incorporación del 10% de EPSD influye en la resistencia a flexión. Por tanto, se determina que al incorporar el 10% de EPSD a un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> influye en el asentamiento, PU, resistencia a compresión y resistencia a la flexión. (Tabla 73 - Variación en % de concreto con EPSD y CP).

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

El 15 % de la incorporación de EPSD disminuye el asentamiento, PU, ,resistencia a compresión y resistencia a la flexión en un concreto estructural  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando material de la zona - Abancay 2022, ya que conforme a los resultados obtenidos se evidencia que debido a la incorporación del 15% de EPSD el asentamiento presenta una variación de 31.31% con una diferencia de 31 mm con el CP pese a ello el concreto conserva la consistencia plástica lo cual le da buena trabajabilidad y según a la prueba de hipótesis la incorporación del 10% de EPSD influye en el asentamiento, el PU disminuye en un 10.13% teniendo una diferencia de 253.41 kg/m<sup>3</sup> con el PU del CP lo cual según la prueba de hipótesis la incorporación del 15% de EPSD influye en el PU,  $f'c$  se reduce en un 24.57% teniendo una diferencia de 77.34 kg/cm<sup>2</sup> con el CP pero superando la resistencia establecida para elementos estructurales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> lo cual según la prueba de hipótesis la incorporación del 15% de EPSD influye en  $f'c$ , la resistencia a la flexión se reduce en 13.55% teniendo una diferencia de 6.43 kg/cm<sup>2</sup> con el CP lo cual confirma la hipótesis alterna donde indica la según la prueba de hipótesis la incorporación del 15% de EPSD influye en la resistencia a flexión. Por tanto, se determina que al incorporar el 15% de EPSD a un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> influye en el asentamiento, PU, resistencia a compresión y resistencia a la flexión. (Tabla 73 – Variación en % de concreto con EPSD y CP).

## RECOMENDACIONES

### **Recomendación de la conclusión General**

Se recomienda de manera general el uso como aditivo de otros tipos de materiales ligeros en el concreto con el propósito de poder obtener un PU del concreto menor al determinado en la presente investigación como por ejemplo la piedra pómez, arcillas expandidas etc.

### **Recomendación de la conclusión específica “a”**

Al incorporar el 5% de EPSD en relación con el volumen total del concreto el asentamiento, PU, resistencia a compresión y resistencia a la flexión no presenta variaciones importantes, por lo que se recomienda realizar investigaciones con otros tipos de poliestireno como el reciclado, extruido que presenten densidades del material aligerante más optimas.

### **Recomendación de la conclusión específica “b”**

Se recomienda el uso de este del concreto con incorporación de EPSD en 10% en relación con el volumen total, cuando se requiera un concreto con menor densidad hasta en 7.09% y  $f'c$  mínima de 280 kg/cm<sup>2</sup> para elementos estructurales.

### **Recomendación de la conclusión específica “c”**

Se recomienda el uso del concreto con incorporación en 15% de EPSD para elementos estructurales que requieran  $f'c$  mínima de 210 kg/cm<sup>2</sup>, un aligeramiento del concreto hasta en 10.13% y una consistencia plástica, a pesar que este tipo de concreto estudiado presenta los mejores resultados en esta investigación, no es la más optima, también se recomienda realizar nuevas investigaciones para determinar el porcentaje de incorporación ideal la cual brinde un PU aún menor pero conservando una consistencia plástica, superando  $f'c$  mínima estructural de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, C. F. (2017). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú: San Marcos. Obtenido de [http://www.editorialsanmarcos.com/index.php?id\\_product=263&controller=product](http://www.editorialsanmarcos.com/index.php?id_product=263&controller=product)
- ACI, A. C. (1998). *Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete (ACI 211.2-98)*.
- Arbitto, C. G. (2016). *Concreto celular para uso estructural [Tesis de Maestría, Universidad de Cuenca]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25669>
- Arboleda, K., & Salazar, D. (2020). *Diseño de concreto liviano mediante adición de poliestireno para observar su resistencia y funcionalidad a diferentes porcentajes [Tesis de pregrado, Universidad Libre de Pereira]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/22473>
- ASTM (C 29M - 97), A. S. (s.f.). *Método de Ensayo Normalizado para determinar la densidad aparente ("peso unitario") e Índice de Huecos en los Áridos*. ASTM Internacional.
- ASTM (C 330 –05), A. S. (2005). *Especificación Normalizada para Agregados Livianos para Concreto Estructural (C 330 –05)*. ASTM Internacional.
- Barriga, P. P. (s.f.). *Tecnología del Concreto de alto desempeño*. Edit. Perú. Leonardo DaVinci.
- Bazalar, L., & Cadenillas, M. (2019). *Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  en estructuras aporticadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación ambiental [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]*. Repositorio

- Institucional. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/628103>
- Bazan, D., & Chaparro, A. (2018). *Microzonificación sísmica de la ciudad de Abancay [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/145>
- Behar, R. D. (2008). *Metodología de la investigación*. Editorial Shalom.
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson Edición.
- British Broadcasting Corporation. (2017). (19 de setiembre del 2017) *Terremoto de 1985*. Obtenido de [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/09/150917\\_mexico\\_sismo\\_antes\\_despues\\_fotos\\_an](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/09/150917_mexico_sismo_antes_despues_fotos_an)
- Calapuja, C. N. (2020). *Tecnología del Concreto*. Lima, Perú.
- Chuquillín, J. (2018). *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 [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14821>
- Cuadros, Y., & Herhuay, C. (2022). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto para uso estructural adicionando EPS y roca volcánica, Abancay – Apurímac, 2021 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88311>
- Frias, A., & Chicaiza, V. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre bloques tradicionales y bloques elaborados con poliestireno expandido granular y bloques elaborados con tusa de maíz triturado como sustituto parcial*

- del agregado grueso [Tesis de pregrado].* , Universidad Técnica de Ambato], Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26499>
- Heredia, E., & Perez, J. (2018). *Análisis y evaluación del concreto ligero como concreto estructural usando como adición controlada poliestireno expandido modificado (meps) aplicado a una losa unidireccional para fines habitacionales” [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa].* Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3174>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación.* Distrito Federal, Mexico: Mc graw hill education.
- Holm, T. A. (1971). *Diseño estructural de hormigón ligero.* expanded shale, clay and slate institute, Utah.
- Larino, R., & Chaiña, N. (2021). *Influencia del poliestireno expandido en la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico en unidades de albañilería de concreto en muros portantes en Tacna, 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna].* Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2161#:~:text=Finalmente%20se%20concluy%C3%B3%20que%20la,unidades%20de%20alba%C3%B1iler%C3%ADa%2C%20y%20tambi%C3%A9n>
- Medina, A. (2022). *Influencia de la incorporación de agregado grueso de concreto reciclado, en las propiedades mecánicas a compresión y flexión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> -Abancay 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes].* Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/342>

- NTE E060. (2020). *Norma Técnica de Edificación NTE E060 Concreto Armado*. Lima, Perú: SENCICO.
- NTP 339.034. (2021). *Concreto: Metodo de ensayo normalizado para la determinacion de la resistencia a compresion del concreto en muestras cilindricas*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 339.035. (2022). *Concreto. Metodo de ensayo para la medicion del asentamiento del cocnreto de cemento Portland*. Lima, Peru: INACAL.
- NTP 339.046. (2019). *Concreto. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto*. Lima, Perú.
- NTP 339.078. (2022). *Concreto. Determinacion de la resistencia a la flexión del cocnreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre los apoyos*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 339.089. (2019). *Obtencion en labpratorio de muestras representativas (cuarteo)*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 339.183. (2021). *Concreto. Practica Normalizada para elaboracion y curado de especimenes de concreto en laboratorio*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 339.185. (2018). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. lima,peru: INACAL.
- NTP 400.010. (2016). *AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 400.011. (2020). *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 400.012. (2018). *AGREGADOS. Analisis granulometrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú: INACAL.

- NTP 400.022. (2018). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 400.037. (2018). *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados de concreto*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP. 400.017. (2016). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP. 400.021. (2018). *Agregados. Metodo de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso especifico) y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú: INACAL.
- Orden & Pimienta, J. P. (2017). *Metodología de la Investigación*. Pearson.
- Padilla Rodriguez, A. (2004). *Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista*.
- Pariona, J. (2021). *"Propuesta de bloques de concreto con adición de aserrín para reducción de cargas en edificaciones - Abancay, Apurímac 2021"*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional, Lima, Perú.
- Patiño, J., & Villa, D. (2021). *Influencia del poliestireno reciclado en las características físico-mecánicas y sostenibilidad de un hormigón estructural* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/35906>
- PAVICONJ. (s.f.). *Hormigón densidad*. España. Obtenido de <https://www.paviconj-es.es/hormigon-precios/densidad->



- Toro, E., & Villareal, G. (2019). *Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un hormigón alivianado con Poliestireno expandido con relación a un hormigón de peso normal [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/17665>
- Torres, C., & Zavala, D. (2021). *Influencia del efecto p-delta y la irregularidad en masa en el comportamiento estructural de una estructura de mediana altura [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/655015>
- Trejos, C., & Suarez, D. (2019). *Diseño de mezcla de concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar el peso de las probetas y mejorar su resistencia a la compresión [Tesis de Pregado, Universidad Libre Seccional Pereira]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/22478>
- Vásquez, H. (2018). *Resistencia del concreto de  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> con sustitución del agregado grueso por tecnopor en 10% y 15% - Huaraz [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7940>
- Veliz, A., & Vasquez, J. (2018). *Obtención de concreto ligero estructural mediante el uso de aditivos [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]*. Repositorio Institucional, Arequipa, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5719>
- Vera, J. (2018). *Diseño de un concreto liviano con Poliestireno expandido para la ejecución de losas en el Asentamiento Humano Amauta -Ate - Lima Este*

(2018)[*Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma*]. Repositorio Institucional, Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/1636?locale-attribute=en>

**ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de consistencia .....	159
Anexo 2: Tabla de valores críticos distribución t de student .....	160
Anexo 3: Validación de instrumentos de recolección de datos .....	161
Anexo 3: Comparación de costos del Concreto .....	177
Anexo 4: Certificado de uso de laboratorio de áridos y concreto .....	179
Anexo 5: Resultado de laboratorio .....	180
Anexo 6: Instrumento de recolección de datos / fichas .....	221
Anexo 7: Certificados de calibración de los equipos .....	243

Los anexos, instrumentos de recolección de datos entre otros documentos administrativos se encuentran resguardados en la oficina de repositorio digital institucional de la biblioteca central-UTEA