

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE PERLAS DE
POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL
ASENTAMIENTO, PESO UNITARIO Y
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE
CONCRETOS EN LOSAS ALIGERADAS,
TRUJILLO-2022”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

ABRAHAM ELIAS RIOS ITA

Asesor:

Mg. Ing. ALBERTO RUBEN VASQUEZ DIAZ

<https://orcid.org/0000-0001-9018-5763>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Cinthya Alvarado Ruiz	71412783
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Wiston Azañedo Medina	41526075
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Luis Alva Reyes	42013371
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD



Document Information

Analyzed document	Tesis_AbrahamRios_RevAVD03012023.docx (D154831490)
Submitted	2023-01-03 17:50:00
Submitted by	Alberto Vasquez
Submitter email	ruben.vasquez@upn.pe
Similarity	8%
Analysis address	ruben.vasquez.delnor@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Privada del Norte / 04 ALEJANDRA IVONNE MALDONADO VITERI JORGE JEISON SUAREZ BURGOS.docx Document 04 ALEJANDRA IVONNE MALDONADO VITERI JORGE JEISON SUAREZ BURGOS.docx (D120685860) Submitted by: melving.rivera@upn.pe Receiver: melving.rivera.delnor@analysis.orkund.com	8
W	URL: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/98239/Mart%C3%ADnez_AAN-SD.pdf?se... Fetched: 2022-12-19 22:19:36	1
W	URL: https://1library.co/document/ye31e3eq-influencia-poliestireno-asentamiento-resistencia-compres... Fetched: 2021-06-14 03:05:47	4
SA	Fiorela Tatiana Elera Zurita y Rosibel Maldonado Montenegro-IFT-IC.pdf Document Fiorela Tatiana Elera Zurita y Rosibel Maldonado Montenegro-IFT-IC.pdf (D130509376)	2
SA	Universidad Privada del Norte / EF_Taller de Tesis2_Ramirez Jesus_Cervantes Renzo.docx Document EF_Taller de Tesis2_Ramirez Jesus_Cervantes Renzo.docx (D150357579) Submitted by: jesusramirez096@gmail.com Receiver: robert.carrasco.delnor@analysis.orkund.com	2
SA	Universidad Privada del Norte / TESIS HERNANDEZ RODRIGUEZ, LEÓN ALVA_2022-ADHESIVOS EPOXICOS (1).docx Document TESIS HERNANDEZ RODRIGUEZ, LEÓN ALVA_2022-ADHESIVOS EPOXICOS (1).docx (D136671855) Submitted by: ruben.vasquez@upn.pe Receiver: ruben.vasquez.delnor@analysis.orkund.com	2
SA	Universidad Privada del Norte / TESIS-ESBAN BECERRA GARCIA.pdf Document TESIS-ESBAN BECERRA GARCIA.pdf (D109967641) Submitted by: esbeg0618@gmail.com Receiver: eduar.rodriiguez.delnor@analysis.orkund.com	1
W	URL: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/82223/Vallejos_IME-SD.pdf?sequenc... Fetched: 2022-10-22 07:31:49	1
SA	Universidad Privada del Norte / AVANCE INV 13122022 - ASTETE.docx Document AVANCE INV 13122022 - ASTETE.docx (D153575058) Submitted by: julio.quesada@upn.edu.pe Receiver: julio.quesada.delnor@analysis.orkund.com	2

DEDICATORIA

Primero a Dios por la vida, oportunidades, alegrías y emociones que nos presenta y que hacen que el sentido de la vida sea único y maravilloso.

A mis padres por el apoyo incondicional y excepcional a lo largo de mi formación profesional y personal, por los consejos e invitaciones a continuar un camino prospero para mi propio bienestar y desarrollo en la vida, sin duda forman parte de una estructura principal para que pudiera escalar y superarme a mí mismo en los objetivos y metas, que ante cualquier dificultad o desmotivación pudiera tomar las mejores decisiones para sobreponerme a las adversidades y continuar a la superación tanto en lo profesional como el ser de una persona.

A mi familia por formar parte en este proceso de un desarrollo personal, vivencias y apoyos emocionales que me entregaron en el tiempo de formación académica y de manera incondicional me enseñaron los valores y principios que ante cualquier cosa se sobreponen siendo esto una carta fundamental de presentación para una persona profesional.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por el esfuerzo y labor que desarrollaron, el apoyo incondicional que me brindan y los ánimos para poder continuar con la formación universitaria, por los momentos de concientización y confianza que me brindaron necesariamente para el desenvolvimiento social y profesional, por todos los consejos y recomendaciones que me entregaron a lo largo de estos años y los valores fundamentales aprendidos para ser una mejor persona.

Agradecimiento afectuoso para los excelentes y dedicados docentes de la Universidad Andrés Bello y Universidad Privada del Norte, personas centradas y dedicadas a la verdadera enseñanza para los jóvenes que ingresan al centro de estudios para superar, lograr y convertir sus metas en objetivos logrados.

A mis compañeros y amigos de las instituciones en las cuales realice mi formación académica, por ser gran parte de motivación y alegrías en los años de carrera, también de la misma forma agradecimiento para los docentes y profesionales que me ayudaron a la elaboración del presente trabajo, muchas gracias por su labor y dedicación real para un trabajo responsable y de calidad.

Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	17
1.1. Realidad problemática	17
1.2. Formulación del problema	26
1.3. Justificación	26
1.4. Objetivos	27
1.4.1 Objetivo general	27
1.4.2 Objetivos específicos	28
1.5. Hipotesis	28
1.5.1 Hipotesis general	28
1.5.2 Hipotesis específicas	28
1.6. Antecedentes teóricos	29
1.7. Bases teóricas	34
1.7.1 Poliestireno expandido	34
1.7.2 Concreto	43
1.7.3 Ensayos al concreto	50
1.7.4 Losas aligeradas	53
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	57

2.1	Enfoque	57
2.2	Tipo de Investigacion	57
2.3	Diseño de la Investigacion	57
2.4	Poblacion y muestra	58
2.5	Tecnicas e instrumentos de recoleccion y analisis de datos	62
	2.5.1 Tecnicas	62
	2.5.2 Instrumentos	62
	2.5.3 Materiales y/o herramientas	63
	2.5.4 Analisis y recoleccion de datos	65
2.6	Procedimiento de Analisis de datos	68
	2.6.1 Caracterizacion de Agregados	68
	2.6.2 Ensayo contenido de humedad de acuerdo a NTP 339.185	72
	2.6.3 Peso unitario suelto y compactado de los agregados de acuerdo a NTP 400.017	73
	2.6.4 Peso especifico y absorcion de acuerdo a NTP 400.022 y NTP 400.021	75
	2.6.5 Diseño de mezcla	79
	2.6.6 Determinacion del porcentaje de perlas de poliestireno expandido	83
	2.6.7 Diseño de mezcla del concreto con perlas de poliestireno expandido	84
	2.6.8 Elaboracion de probetas y curado de acuerdo a NTP 339.183/ASTM C-31	85
	2.6.9 Ensayos al concreto en estado fresco	87
	2.6.10 Ensayos al concreto en estado endurecido	91
2.7	Aspectos eticos de la Investigacion	92
2.8	Matriz de Operacionalización de variables	93
2.9	Matriz de Consistencia	95
CAPÍTULO III: RESULTADOS		97
3.1	Caracterizacion de Agregados	97
	3.1.1 Analisis granulométrico del agregado fino de acuerdo a NTP 400.012	97
	3.1.2 Analisis granulométrico del agregado grueso de acuerdo a NTP 400.012	98

3.2	Contenido de humedad de los agregados de acuerdo a NTP 339.185	100
3.3	Peso unitario suelto y compactado de los agregados de acuerdo a NTP 400.017	101
3.4	Peso específico y absorción del agregado fino de acuerdo a NTP 400.022	103
3.5	Peso específico y absorción del agregado grueso de acuerdo a la NTP 400.021	103
3.6	Diseño de mezcla	104
3.7	Determinación del porcentaje de perlas de poliestireno expandido	105
3.8	Diseño de mezclas del concreto con perlas de poliestireno expandido	106
3.9	Ensayos al concreto en estado fresco	107
3.9.1	Asentamiento o slump del concreto con perlas de poliestireno expandido de acuerdo a NTP 339.035	107
3.9.2	Peso unitario del concreto de acuerdo a NTP 339.046	108
3.9.3	Ensayo de temperatura de acuerdo a NTP 339.184 y ASTM C1064	109
3.9.4	Ensayo contenido de aire de acuerdo a NTP 339.081 y ASTM C231	109
3.10	Ensayos al concreto en estado endurecido	110
3.10.1	Ensayo resistencia a la compresión del concreto con adición de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³, a 7 días de su elaboración, de acuerdo a NTP 339.034	110
3.10.2	Ensayo resistencia a la compresión del concreto con adición de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³, a 14 días de su elaboración, de acuerdo a NTP 339.034	113
3.10.3	Ensayo resistencia a la compresión del concreto con adición de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³, a 28 días de su elaboración, de acuerdo a NTP 339.034	116
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		120
4.1	Discusion	120
4.2	Limitaciones	136
4.3	Conclusiones	137
4.4	Recomendaciones	140

REFERENCIAS	142
ANEXOS	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades físicas del poliestireno expandido.....	39
Tabla 2: Propiedades químicas del poliestireno expandido.....	40
Tabla 3: Compuestos principales del cemento portland.....	45
Tabla 4: Granulometría del agregado fino.....	47
Tabla 5: Valores permisibles de asentamiento o slump del concreto (cm)	51
Tabla 6: Valores de resistencia a la compresión, obtenidas del estudio señalado, a una edad de 28 días de su elaboración.....	60
Tabla 7: Valores obtenidos a partir del cálculo promedio de resistencias y su valor al cuadrado	60
Tabla 8: Número total probetas para los ensayos a realizar	62
Tabla 9: Técnica e instrumentos utilizados para registro de ensayos realizados.....	66
Tabla 10: Medida de muestras agregado fino, NTP 400.010	68
Tabla 11: Formato vacío para análisis granulométrico del agregado fino	69
Tabla 12: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso.....	70
Tabla 13: Formato vacío para análisis granulométrico del agregado grueso	71
Tabla 14: Tamaño de la muestra agregado – Contenido de humedad NTP 339.185	72
Tabla 15: Formato vacío para ensayo contenido de humedad agregado fino y grueso NTP 339.185.....	73
Tabla 16: Formato vacío para ensayo peso unitario suelto y compactado de agregados según NTP 400.17.....	74
Tabla 17: Formato vacío para ensayo peso específico y absorción de agregado fino.....	75
Tabla 18: Clasificación toma de muestra de agregado mínimo según TMN	76
Tabla 19: Formato vacío para ensayo peso específico y absorción agregado grueso	77
Tabla 20: Determinación del f'_{cr}	78

Tabla 21: Contenido de aire según TMN agregado grueso	78
Tabla 22: Estimación de cantidad de agua y contenido de aire atrapado	79
Tabla 23: Determinación de la relación agua/cemento	79
Tabla 24: Determinación de factor b/bo Agregado grueso.....	80
Tabla 25: Cuadro resumen peso materiales corregidos por humedad	82
Tabla 26: Diseño de mezcla con 5% de perlas de poliestireno expandido.....	83
Tabla 27: Diseño de mezcla con 10% de perlas de poliestireno expandido.....	83
Tabla 28: Diseño de mezcla con 15% de perlas de poliestireno expandido.....	84
Tabla 29: Asentamiento del concreto (in), formato vacío	86
Tabla 30: Peso unitario del concreto en estado fresco, formato vacío	87
Tabla 31: Formato vacío para registro de temperatura del concreto en estado fresco de acuerdo a NTP 339.184	88
Tabla 32: Formato vacío para registro de contenido de aire del concreto, según NTP 339.081 y ASTM C231	89
Tabla 33: Formato vacío para registro de ensayo de resistencia a la compresión según NTP 339.034	91
Tabla 34: Matriz de operacionalización de variables	93
Tabla 35: Matriz de consistencia	95
Tabla 36: Resultado ensayo granulométrico agregado fino	97
Tabla 37: Resultado ensayo granulométrico agregado grueso	99
Tabla 38: Valores obtenidos del ensayo contenido de humedad para agregado fino.....	100
Tabla 39: Valores obtenidos del ensayo contenido de humedad para agregado grueso....	101
Tabla 40: Valores obtenidos del ensayo peso unitario suelto y compactado del agregado fino	102
Tabla 41: Valores obtenidos del ensayo peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	102

Tabla 42: Resultados obtenidos del ensayo peso específico y absorción del agregado fino.	103
Tabla 43: Resultados obtenidos del ensayo peso específico y absorción del agregado grueso	104
Tabla 44: Proporcionamiento final diseño concreto patrón	105
Tabla 45: Diseño de mezcla con 5 % de perlas EPS en sustitución al agregado fino	106
Tabla 46: Diseño de mezcla con 10 % de perlas EPS en sustitución al agregado fino	106
Tabla 47: Diseño de mezcla con 15 % de perlas EPS en sustitución al agregado fino	107
Tabla 48: Resultados del ensayo asentamiento del concreto con perlas de poliestireno expandido con densidad de 11.21 kg/m ³	107
Tabla 49: Resultados del ensayo peso unitario del concreto con perlas de poliestireno expandido de acuerdo a NTP 339.046.....	108
Tabla 50: Resultados del ensayo de temperatura con perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m ³ , de acuerdo a la NTP 339.184 y ASTM C-1064.....	109
Tabla 51: Resultados del ensayo contenido de aire de acuerdo a la NTP 339.081 y ASTM C231	110
Tabla 52: Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto patrón a 7 días de elaboración	111
Tabla 53: Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 5% de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m ³ a 7 días de elaboración	111
Tabla 54: Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 10% de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m ³ a 7 días de elaboración.....	112
Tabla 55: Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 15% de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m ³ a 7 días de elaboración.....	113
Tabla 56: Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto patrón a 14 días de elaboración	114
Tabla 57: Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 5% de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m ³ a 14 días de elaboración	114
Tabla 58: Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 10% de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m ³ a 14 días de elaboración.....	115

Tabla 59: Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 15% de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m ³ a 14 días de elaboración.....	115
Tabla 60: Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto patrón a 28 días de elaboración	116
Tabla 61: Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 5% de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m ³ a 28 días de elaboración	117
Tabla 62: Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 10% de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m ³ a 28 días de elaboración	118
Tabla 63: Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 15% de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m ³ a 28 días de elaboración.....	119
Tabla 64: Resistencia promedio a la compresión requerida, cuando no existe datos para determinar una desviación estándar.....	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación gráfica de losa apoyada en elementos estructurales	54
Figura 2: Representación gráfica de losa plana	54
Figura 3: Losa maciza en 1 dirección	55
Figura 4: Detalle de losa aligerada	55
Figura 5: Losa unidireccional sobre vigas	56
Figura 6: Losa bidireccional sobre vigas	56
Figura 7: Diagrama Cuasiexperimental	58
Figura 8: Procedimiento desarrollo experimental	67
Figura 9: Curva granulométrica del agregado fino.....	98
Figura 10: Curva granulométrica del agregado grueso	100
Figura 11: Gráfico de barras- Contenido de humedad de los agregados %	123
Figura 12: Gráfico de barras- Peso unitario suelto y compactado de los agregados (kg/m ³)	124
Figura 13: Gráfico de barras- Peso específico de los agregados (kg/m ³).....	125
Figura 14: Gráfico de barras- Absorción de los agregados (kg/m ³)	126
Figura 15: Gráfico de barras- Asentamiento del concreto patrón y con adición de EPS (kg/m ³).....	128
Figura 16: Gráfico de barras- Peso Unitario concreto patrón y con adición de EPS (kg/m ³)	129
Figura 17: Gráfico de barras- Resistencia a la compresión de concreto patrón y con perlas EPS (kg/cm ²)	131

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la ciudad de Trujillo, teniendo como objetivo determinar la influencia de las perlas EPS respecto al asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión en concretos para losas aligeradas.

Se realizó la caracterización de los agregados y cumpliendo las Normas técnicas peruanas vigentes, su diseño de mezcla de acuerdo al método ACI 211, se usaron perlas de poliestireno expandido con densidad de 11.21 kg/m^3 . Las cantidades de porcentaje de perlas EPS en sustitución al agregado fino es de 5 %, 10 % y 15 % en función a su volumen.

Realizado la mezcla de los materiales según la Normativa, se elaboraron probetas de medidas 20 cm de alto y 10 cm de ancho, con las distintas dosificaciones señaladas además del concreto patrón, al concreto en estado fresco se realizaron los ensayos de asentamiento y peso unitario de acuerdo a las NTP 339.035 y NTP 339.046 respectivamente y en estado endurecido el ensayo resistencia a la compresión según NTP 339.034.

Los valores del asentamiento promedio del concreto para el concreto patrón tuvo un valor de 4.00 pulgadas, para los concretos con perlas EPS a mayor cantidad su asentamiento es también proporcional, el peso unitario del concreto patrón con valor de 2444 kg/m^3 , y es notorio su disminución, de acuerdo a mayor porcentaje de perlas EPS en sustitución a la arena reduciéndose hasta en 3.76 % respecto al concreto patrón para el diseño con 15 %. Respecto a la resistencia a la compresión se presentó una tendencia positiva en cuanto a mayor cantidad de porcentaje de perlas EPS en la mezcla mayor es su resistencia, a 28 días de su elaboración, en el concreto con adición del 15 % se obtuvo promedio resistencia a la compresión de 263 kg/cm^2 llegando así a obtener la máxima resistencia de todos los diseños de mezcla elaborados.

PALABRAS CLAVES: concreto, EPS, poliestireno expandido, asentamiento, resistencia a compresión

ABSTRACT

This research was carried out in the city of Trujillo, with the objective of determining the influence of EPS beads on the slump, unit weight and compressive strength in concrete for lightened slabs.

The aggregates were characterized and, in compliance with the Peruvian technical standards in force, the mix design was carried out according to ACI 211 method, using expanded polystyrene beads with a density of 11.21 kg/m³. The percentage amounts of EPS beads to replace the fine aggregate are 5%, 10% and 15% according to their volume.

After mixing the materials according to the regulations, specimens measuring 20 cm high and 10 cm wide were prepared with the different dosages indicated, in addition to the standard concrete. The fresh concrete was tested for slump and unit weight according to NTP 339.035 and NTP 339.046, respectively, and the hardened concrete was tested for compressive strength according to NTP 339.034.

The values of the average slump of the concrete for the standard concrete had a value of 4.00 inches, for the concretes with EPS beads the higher the quantity the slump is also proportional, the unit weight of the standard concrete with a value of 2444 kg/m³, and its decrease is notorious, according to the higher percentage of EPS beads in substitution to sand, being reduced up to 3.76 % with respect to the standard concrete for the design with 15 %. Regarding the compressive strength, there was a positive trend as the higher the percentage of EPS beads in the mix, the higher its strength, 28 days after its elaboration, in the concrete with 15% addition, an average compressive strength of 263 kg/cm² was obtained, thus obtaining the maximum strength of all the mix designs elaborated.

Keywords: concrete, EPS, expanded polystyrene, slump, compressive strength, compressive strength

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Actualmente vivimos en una época acelerada, diversificada y desbordada por el uso de materiales plásticos y derivados, no es un secreto que esto sin duda ha llevado a una reacción adversa en el mundo natural y ecológico que teníamos tal que se presentan casos de contaminación desmedida en las ciudades, mares, lagos, etc. Entonces de esta forma nos lleva a pensar de qué manera o con que herramientas podemos contribuir y contrarrestar estas reacciones, a lo largo de los años han surgido diversas maneras y técnicas en las cuales nos indica que la necesidad de poder desarrollar nuevos sistemas alternativos y eficientes para la elaboración de materias sustentables (Galván, 2018). Y siguiendo esta línea como se sabe existe la gran demanda de construcción en el mundo actual, y que esto ha llevado a buscar nuevas tecnologías en materiales y que además tengan como objetivo, mejorar sus propiedades de trabajo, tiempo y principalmente costos (Vidal, 2010); de manera general las materias primas de construcción tienen un alto valor por tal forma se inducen y constantemente se busca innovar y aplicar nuevos métodos constructivos con materias alternas y sustituibles de tal forma que se puede realizar un trabajo sustentable y eficaz.

Las construcciones de viviendas en México, y de manera parecida ocurre en muchos países de América Latina, es uno de los sectores que actualmente presenta más dilación tecnológica puesto se menciona que cerca del 96 % de las viviendas familiares son autoconstruidas (Moreno et. al, 2011); y de manera predecible ocupan el método tradicional del sistema constructivo que como bien se sabe esta forma de construir es pesado, costoso, dilatación del tiempo de ejecución y si se lleva a una escala mayor de proyecto se tienen grandes cantidades de desperdicio y un elevado costo que encarece el

trabajo, pues por ello es que en los tiempos actuales las construcciones en Mexico se encuentran en una nueva faceta de desarrollo implementando nuevos métodos y herramientas que ayudan a agilizar el proceso y de manera sustentable ampliar la gama de materias alternas que pueden ser ocupadas para la construcción (Briceño et. al., 2012).

En España actualmente los profesionales que están dedicados al rubro de la construcción tienen la posibilidad de elegir entre distintos sistemas de construcción y materiales para diseñar y ejecutar sus proyectos, sin embargo, no cuentan con la información suficiente y necesaria que les permita elegir, por lo que mayormente se trabaja sobre el método tradicional y no siempre el más sostenible (García, 2019). De esta forma entonces es que se continua con la línea del diseño tradicional y no sale de ese espacio y no se da el paso a innovar, las materias primas requieren de muchos factores y procesos que demandan para finalmente obtenerlos como tal, pero cuando llega el momento de finalización del uso o tiempo de vida de esta construcción se presentan grandes cantidades de desperdicio y desecho que finalmente ocupan grandes espacios de contaminación visual y ecológico; considerando que en este país rige el reglamento europeo de productos de construcción, que entre algunas exigencias indica desarrollar materiales y productos sostenibles cuando sea posible, la metodología Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es recomendable, pero contiene ciertas limitaciones (Buyle et al, 2013).

En Brasil, con una población cercana a los 212 millones de personas y el ritmo acelerado de crecimiento en los distintos ámbitos del país ha conllevado que muchas personas y profesionales de la construcción civil se renueven e implementen con sistemas de construcción diversos y más seguros (Jaramillo et. al, 2019); pero paralelo a esto con el paso del tiempo se ha observado que el consumo descontrolado de recursos naturales en la construcción tiene una gran repercusión en el medio ambiente, entonces se conlleva

a realizar un estudio y desarrollo para contrarrestar estos efectos y entre sus enunciados está la preferencia por insumos cuyo ciclo de vida represente un menor impacto al ambiente, es ahí donde se destacan los materiales naturales, los materiales reciclados y otros materiales que sustituyen de manera parcial con un adecuado porcentaje que se pueden adicionar a los sistemas tradicionales sustituyendo a los áridos y complementos sin afectar las propiedades de calidad y seguridad en las estructuras (Arzapalo, 2020).

En el Perú, Redacción RPP (30 de enero de 2020), exponen que cerca de las 900 000 toneladas de plástico que desechamos anualmente, solamente cerca del 4 % del total son recicladas, sin duda una cifra exorbitante y preocupante ya que el resto va a parar a basureros y rellenos sanitarios que sin duda afectan y dañan nuestro sistema natural y panorama visual. En el país diverso y variado rigen diversos tipos o materiales que son usados para la construcción de viviendas y edificaciones, ya sea donde nos encontremos el sistema más predominante y que más terreno ha ganado a lo largo de estos años es el sistema tradicional del concreto armado y albañilería moderna (Paulino y Espino, 2017). Esto sin duda generan muchos efectos secundarios pues se sabe que para la elaboración de ladrillos y bloquetas de arcilla se necesita gran cantidad de suelos agrícolas, la extracción de la arcilla como materia prima deja desniveles de gran altura la cual modifica la topografía del lugar explotado y así mismo ocurre con el proceso que se le entrega a estos materiales para que finalmente se obtenga este producto, sin mencionar los diversos factores que conlleva la construcción por esta vía (Lapa, 2020).

En la Ciudad de Trujillo, que en el lapso de los últimos 20 años ha crecido de manera exponencial, en su expansión urbana y población también trae consigo el problema de los procesos de construcción en viviendas y edificaciones que por el tipo de zona y suelo que se encuentra ubicada la ciudad no es la óptima para ello. Paulino y Espino (2017)

en su trabajo de investigación sostienen que la masa del concreto por su misma reacción química y endurecimiento luego de los 28 días de curado y endurecimiento, son estructuras pesadas y surgen complicaciones en situaciones donde las capacidades portantes del lugar a construcción son bajas y de esta forma impide de cierta manera las construcciones de edificaciones más elevadas. En la Universidad privada del Norte se realizó una investigación para determinar la influencia de perlas de poliestireno en un concreto liviano, con el objetivo de hallar una alternativa de trabajo, cumpliendo los requisitos y exigencias mínimas de propiedades que se estipulan en las normas y reglamentos del Perú (Chuquilin, 2018).

De acuerdo al último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017), se expone que el incremento de la población en la provincia de Trujillo fue de 158 037 que representa un 19,5 % del año 2007 al 2017 con una tasa de crecimiento anual de 1,8 %, siendo esta la segunda provincia con mayor aumento de población, uno de los factores que explica estos sucesos y variaciones es la migración de ciudadanos de las zonas rurales y anexas a la ciudad capital de la región (Cuadro N°2.2, Censos nacionales de población y vivienda 2007 y 2017). El incremento de población en la ciudad y la deficiente planeación urbana, recaen en construcciones mal ejecutadas y en sectores donde la capacidad portante del suelo no es la adecuada para algunos tipos de construcciones, Chuquizapon e Ibañez (2020), señalan que la capacidad promedio portante del suelo en la ciudad de Trujillo esta entre 0.794 kg/cm^2 y 1.328 kg/cm^2 , por lo cual hace que no sea recomendable construcciones de gran magnitud o con grandes cargas. Mencionado esto, se tiende a buscar y considerar algunas alternativas en el proceso de construcción, tal manera que pueda ser más ligero, trabajable y optimo, el empleo del poliestireno o polipropileno como agregados son importantes más allá de entregar mejoras

en cuanto al producto de construcción, también es menor la inversión del proyecto sin contar con las numerosas propiedades y agilización del proyecto que trae consigo. (Chávez, 2019).

En el transcurso del tiempo nuestra sociedad ha creado diversos tipos de materiales compuestos, derivados, etc. y que actualmente usamos de manera desproporcionada y sin medida en todos los ambientes sin medir las consecuencias que pueden traer (Moreno, Guzmán y Aguila, 2011). En el año 1925 el químico alemán Staudinger consiguió ensamblar varias moléculas de estireno unas con otras en un proceso denominado polimerización y a este polímero lo denominó Poliestireno y juntamente los diversos estudios que se desarrollaron a partir de este descubrimiento continuando la línea de investigación en ese mismo año el científico alemán Dr. Strasky, del grupo Badische Anilin- und SodaFabrik (BASF), realizó la primera expansión creando así el llamado Poliestireno Expandido, con esta investigación nació un nuevo derivado de los polímeros del que se han desarrollado numerosas aplicaciones, tanto en embalaje, construcción, etc. (Goncalves y Vasconcelos, 2019).

Se puede mencionar entonces que el poliestireno expandido y su aparición en la industria y el mercado global ha influenciado de manera directa y uso en los diferentes ambientes en los cuales se usan, solo por mencionar y que de manera cotidiana vemos los envases, paquetes, vasos, estructuras de protección, industrias, etc. El poliestireno expandido como se le denomina internacionalmente por sus siglas en idioma inglés Expanded Polystyrene (EPS) y la cual data desde la década de los años cincuenta que, al ser conjuntada con una armazón de alambre de acero, la cual es cubierta con mortero de cemento, ofrece como resultado elementos estructurales de consideración (Moreno, Guzmán y Águila, 2011). Esto sin mencionar que conjunto a estas aplicaciones se analizó

las diversas propiedades mecánicas y beneficios que trae consigo el uso de este aditivo en los sistemas de construcción.

El interés que despertó en el mundo del rubro de la construcción por los compuestos del polímero - EPS se ha intensificado desde 1990, cuando se celebraron varios congresos y simposios sobre el tema, bajo este contexto los compuestos de polímero se implementaban adicionando este material a la mezcla ya obtenida, pero reduciendo distintos agregados como el material grueso o simplemente añadiendo al concreto realizado (Amianti y Botaro, 2008). De hecho, se menciona que el hormigón impregnado de polímero (CIP) fue el primer compuesto de hormigón y polímero en recibir una intensa publicidad, pero a pesar de las diversas propiedades mecánicas, tienen pocas aplicaciones comerciales (Fowler, 1999).

El concreto, como bien se sabe data desde tiempos históricos, según variadas fuentes indican que el concreto remonta desde los años 1300 A.C en el medio oriente, que hacían uso para la fabricación de distintos proyectos de infraestructura, sin duda y por la historia se señala que el Imperio Romano desarrollo y fortaleció la técnica del concreto, y junto con ello su uso se expandió a otras regiones del antiguo continente (Arkiplus, 2022). Según referencias históricas indican que fue en el siglo XIX, Joseph Aspdin fue quien desarrollo y patento el cemento Portland, el cual conocemos hoy en día, a partir de este hecho se da el comienzo del uso de este material en todos los ámbitos tal manera que hoy es un material indispensable para todo tipo de construcción (Chávez, 2019).

Los sistemas de construcción sin duda alguna han evolucionado de manera conjunta a los requerimientos y necesidades de la población que solicita nuevos aspectos e innovaciones en sus viviendas y edificaciones, desde las más antiguas civilizaciones como lo son los Mayas, Aztecas o antiguos egipcios que tenían costumbres y culturas muy

distintas se relacionaban de cierta manera en la forma o método de construcción de sus más grandes proyectos (Galtier, 2015). Estas grandes civilizaciones que por muchos años dominaron grandes territorios, usaban métodos constructivos rígidos y materias primas naturales de la época, el estudio y habilidad de los egipcios para poder explotar las canteras y recursos para obtener las piedras utilizadas en la construcción de las pirámides o sus palacios, viviendas, etc. nos detallan lo excepcional y magnífico ejercicio de sus obras que hasta el día de hoy siguen vigentes y estables (Lapa, 2020).

Si nos remontamos a una época que sin duda tiene una historia increíble y que además las diversas obras maestras que dejaron podemos contar de la antigua Roma, y sus primeras construcciones avanzadas, en el imperio Romano los ingenieros y personas del rubro de construcción usaban como materia prima la piedra, arcilla, el hormigón o concreto que es la base de la mayoría de las construcciones romanas, sin duda una época única en el mundo de la construcción y arquitectura (Paulino y Espino, 2017). Y contando con diversos factores de limitación se realizaron grandes y magníficas obras utilizando métodos de construcción innovadores y arriesgados para la época, que sin duda demuestran la gran capacidad e inteligencia de esta civilización para realizar estos grandes proyectos de construcción.

En el aspecto internacional, con las medidas y reglamentos que se han tomado respecto a la aplicación e invitación a realizar un trabajo sostenible en el rubro de la construcción civil pues nos entregan un panorama innovador para el futuro de la construcción, para la Unión Europea rigen normas e invitan a desarrollar nuevas técnicas y herramientas sostenibles y de tal manera que se ayuden a realizar proyectos con responsabilidad ecológica y responsable (Fernández, 2017). Y como bien se ha mencionado las personas que realizan estos proyectos también incitan al cambio y

renovación en cuanto a los sistemas de construcción, si antes se tenía cierto recelo y desinterés, se puede percibir que muestran capaces y responsables para el uso de materiales alternos que no hayan pasado por procesos de industrialización o cuyo procesamiento haya sido realizado de modo artesanal o semi - industrial, de esta forma se puede observar que en el futuro esto abarcará a muchos sectores de la construcción de las pequeña al más grande proyecto (Jaramillo et. al., 2019).

Bajo el mismo contexto internacional, si se toman las medidas correctas y desarrollo más enfocado y de la mano con el medioambiente pueden traer muchos beneficios a largo plazo, adicionando y sustituyendo en parte a los materiales convencionales que en este momento se usan para la construcción, es más hay muchas investigaciones relacionadas a este tema, pues se ha indicado que el poliestireno expandido (EPS) puede encajar entre estos nuevos materiales para reemplazar el árido en el hormigón, además de los materiales tradicionales: cemento, áridos naturales y agua. Esto entrega una perspectiva de credibilidad y confianza para la aplicación y uso de este material en el futuro y también a corto plazo porque ya se han realizado muchas investigaciones y desarrollos de proyectos con este nuevo sistema de construcción (Carvalho y Motta, 2019).

En el marco nacional, estos aspectos cambian ya que aún no se ha producido ni entregado las herramientas necesarias para realizar un trabajo sostenible, esto podría traer ciertos factores adversos en el Perú puesto que no estamos introduciendo estas nuevas tecnologías y materias alternativas como el EPS que avalado por los estudios y planteamientos ya realizados en muchas investigaciones, y que además el factor relevante es la ayuda ecológica y profesionalismo de contribuir con la sociedad (Paulino y Espino, 2017). En investigaciones nacionales se demuestra que la cantidad de estudios realizados

a nivel nacional son muy limitados respecto al poliestireno expandido, en algunas construcciones si bien se han aplicado la intervención de esta ha sido mínima y no se le ha entregado mucha importancia (Chávez, 2019).

Siguiendo la línea, en el Perú los costos del sector construcción han aumentado de manera exponencial en los últimos años, si bien esto ha contribuido con el crecimiento económico, demográfico y social pues también ha conllevado que en muchas ocasiones las canteras y reservas de materiales sean explotadas de forma irresponsable y desproporcionada, todas estas acciones en el futuro nos pueden traer consecuencias negativas para el crecimiento del país, desabastecimiento y contaminación a gran escala en todo el Perú (Paulino y Espino, 2017). En las últimas construcciones de viviendas en la sierra del Perú cada vez es menos el uso de materiales como adobe, tapia o quincha según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), y se avocan por los sistemas de construcción tradicional de concreto y materiales que demandan de un proceso en ocasiones de manera desmedida, de manera que el desarrollo e investigaciones en el país puede llegar a muchas personas ayudando a la elaboración con materiales sustentables y a la vez eficientes y seguros (Lapa, 2020).

A nivel local, la poca investigación y escasos trabajos sobre el uso de aditivos de poliestireno expandido en el concreto para losas aligeradas, hace que el panorama no sea muy alentador ya que se da el paso al excesivo aumento en la demanda por las materias primas para la construcción, explotación mayor en las canteras y esto conlleva a un cambio en la morfología de los terrenos explotados, contaminación y otros factores medioambientales (Tantaquilla, 2017). Las actividades extractivas generan altos impactos, algunos de estos no son supervisados adecuadamente por las autoridades competentes por lo cual los parámetros ambientales no son respetados y el impacto es

notorio en lo visual y ambiental, sin reglamentos claros que puede conllevar a cierto rechazo por parte de la sociedad (Condori, 2019).

Chuquilin (2018), nos indica que, en la ciudad de Trujillo, uno de los principales problemas es la calidad o capacidad portante de los suelos, puesto que no son idóneos para construcciones con carga excesiva, por ello es que conlleva a un proceso de construcción más costoso y poco estético como platea o cimentaciones y que encarecen el proyecto de las viviendas y hogares, un problema mayor en las edificaciones grandes. El Perú se encuentra como uno de los países en Iberoamérica con mayor porcentaje de la construcción en su Producto Bruto Interno (PBI), esto nos conlleva a pensar sobre los costos elevados de transporte, planificación, obtención de materiales, etc y algunos proyectos no finalizan y quedan en escombros que finalmente son desechos en botaderos o simplemente son abandonados en el lugar y queda el desperdicio de todas estas materias que no pueden ser recuperadas, es por ello que la innovación al uso de otros tipos de concreto pueden impactar de manera positiva con factores beneficiosos para la sociedad (Avalos, 2020).

1.2. Formulación del problema

Bajo este contexto y marco de problemática expuesto con anterioridad nos motiva a realizar la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo influye la adición de perlas de poliestireno expandido en el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de concretos en losas aligeradas, Trujillo - 2022?

1.3. Justificación

La presente investigación se realiza con la finalidad de obtener un conocimiento más próximo y amplio sobre el uso de la adición de perlas de poliestireno en el concreto para

losas aligeradas, teniendo en consideración que no existen variedad de investigaciones acerca del tema en nuestra zona de estudio, por lo cual permite obtener información y resultados más cercanos que se puedan aplicar o no según sus beneficios y/o propiedades.

Se indica que el material adicionado sustituye al agregado fino, de tal forma que llevando a un aspecto masivo su uso en construcciones de viviendas y edificaciones en la ciudad de Trujillo beneficia en aspectos económicos, tecnológicos e innova a realizar obras y proyectos más sustentables, puesto que la extracción de las materias primas para las construcciones es de mayor demanda cada año y puede generar en determinados ambientes, mayor destrucción y explotación para la obtención de estos materiales.

Además de ello, se tiene conocimiento que la composición de este material que sustituye en determinado porcentaje al agregado fino, tiene mayor cantidad de aire por lo cual lo hace un material más ligero y en la introducción al concreto se obtendrá un material más liviano justamente abarcando la problemática de la ciudad en estudio, que tiene porcentajes bajos respecto a sus capacidades portantes del suelo, problema que conlleva a limitar construcciones mayores y el crecimiento de desarrollo urbano.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Habiendo realizado y considerando los trabajos e investigaciones que se presentaron en este proyecto y tomando como referencia los antecedentes, a fin de dar respuesta a la pregunta de investigación anteriormente expuesta se plantea como objetivo general de la investigación: “Determinar la influencia de la adición de perlas de poliestireno expandido en el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de concretos en losas aligeradas, Trujillo-2022”.

1.4.2 Objetivos Específicos

De la misma manera bajo este objetivo general se desprenden los siguientes objetivos específicos de la investigación, los cuales son:

- Evaluar el asentamiento de los concretos a distintas dosificaciones con adición de perlas poliestireno expandido, bajo la NTP 339.035.
- Evaluar el peso unitario de los concretos, con diversos porcentajes de adición de perlas de poliestireno expandido bajo la NTP 339.046.
- Evaluar la resistencia a la compresión de los concretos a distintas dosificaciones con adición de perlas poliestireno expandido de acuerdo a la NTP 339.034.

1.5. Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La adición de perlas de poliestireno expandido influye de manera directa en el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de concretos en losas aligeradas

1.5.2 Hipótesis específica

- La adición de perlas de poliestireno expandido en el concreto para uso en losas aligeradas, de acuerdo a su porcentaje de sustitución por el agregado fino, a mayor cantidad será mayor su asentamiento
- A mayor cantidad de porcentaje de adición de las perlas de poliestireno expandido en la mezcla, será menor su peso unitario.
- La adición de perlas de poliestireno expandido, a mayor incremento de sustitución, se reduce la resistencia a la compresión en el concreto.

1.6. Antecedentes teóricos

1.6.1 Nivel internacional

Respecto a la variable aditivo de poliestireno expandido (EPS), se encontró un artículo de revista titulado “Innovación Al Sistema Constructivo De Paneles De Espuma De Poliestireno Expandido, Para Incorporación De Elementos Estructurales, En Construcción De Viviendas, de los autores Moreno, Guzmán y Águila (2011) publicado por la Universidad Politécnica De Valencia Y Universidad De Guadalajara, Mexico, en el cual el objetivo es la elaboración de paneles de espuma de poliestireno expandido para la incorporación de elementos estructurales. El estudio se realiza en las ciudades de Guadalajara y Valencia (Mexico y España respectivamente) se realizan sobre las muestras de construcciones y paneles hechos de hormigón armado y adicionados con espuma de EPS. Los instrumentos usados y metodología para realizar el trabajo de diseño de investigación es Método TRIZ y tomando como base la elaboración tradicional de paneles estructurales, se realizó un diseño con dosificaciones distintas del material poliestireno, verificando las propiedades e insertando en un mercado. El resultado obtenido es que el sistema constructivo para viviendas a base de paneles EPS, (Panel Estructural RYMSA) es factible. De esta forma el aporte que entrega este antecedente es la expansión al mercado con la nueva tecnología cumpliendo los parámetros de construcción establecidos y de calidad.

En la tesis de pregrado, con respecto a la variable de concreto liviano para losas aligeradas, bajo el título de: “ Comportamiento de losas alivianadas de hormigón tradicional y mezclado con poliestireno expandido” de los autores Torres y Arias (2018), publicado por la Universidad laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil,

Ecuador, se centra con el objetivo de realizar una comparación en el comportamiento de hormigón convencional y hormigón con porcentaje de poliestireno expandido para establecer una dosificación óptima en el diseño de un concreto liviano. El estudio se realizó en los sectores norte y sur de la ciudad de Guayaquil, como muestra se tomó a las personas censadas en la ciudad de Guayaquil. La metodología que se usa en esta investigación es la exploratoria e investigación de campo, usando como instrumento la encuesta, en la cual se recopilaron los datos con el objetivo de estudio. De los resultados obtenidos en esta investigación resaltan que a mayor sustitución de poliestireno expandido por el agregado fino se obtendrán valores inferiores en la resistencia a la compresión, la dosificación más adecuada de las probetas ensayadas se concluye que la dosificación adecuada de sustitución de poliestireno expandido es del 2 %. El aporte que entrega este trabajo de investigación es el experimento real e innovador de un material alternativo que bien puede adecuarse, con una dosificación correcta y obteniendo propiedades adecuadas y mínimas según normas, para su posible integración en un ambiente donde las materias primas son de alta demanda y costos.

1.6.2 Nivel nacional

En la tesis de pregrado titulado: “Aplicación del poliestireno expandido en la fabricación de Unidades de concreto liviano para muros de tabiquería en la Ciudad de Arequipa” de Naiza (2017), publicado por la Universidad Católica Santa María en Arequipa, Perú. El objetivo de esta investigación es utilizar al poliestireno expandido en la fabricación de unidades de concreto liviano para muros de tabiquería caracterizando similarmente a los ladrillos convencionales de arcilla. El estudio se realizó en la provincia de Arequipa, en la región del mismo nombre sobre las

muestras de unidades de albañilería. La técnica empleada en la investigación es la Observación, y los instrumentos utilizados son las guías de registro, donde plasman la información y la anotación según lo observado en los ensayos. Como resultado se obtiene que con la aplicación del poliestireno y agregado fino (arena) en reemplazo del agregado grueso para los 3 diseños señalados anteriormente tiende a presentar una disminución y pérdida en cuanto a su resistencia, de la misma manera se obtiene una conclusión que indica que el diseño y proporción adecuada para llegar a una resistencia óptima es la del primer bloque o diseño (D1), que para caso el caso del estudio se tiene que 1 balde tiene un volumen de 4 litros, la proporción más adecuada se obtiene con 1 balde de cemento, 2 baldes de arena y 3 baldes de poliestireno expandido (p. 135-136). El aporte que se obtiene de este estudio en mención es el conocimiento y las comparaciones en cuanto a las dosificaciones que se realizan, comparando así su resistencia, pruebas de rotura, etc. Dejando de esta forma una cercanía a la aplicación adecuada que deberíamos tener y realizar para la sustitución de materiales convencionales con el EPS y el agregado fino.

Bajo el mismo contexto nacional, y con respecto a los concretos livianos, tenemos la tesis de pregrado: “Diseño de un concreto liviano con poliestireno expandido para la ejecución de losas en el asentamiento humano Amauta-Ate-Lima Este”, del autor Vera (2018), publicado por la Universidad Ricardo Palma en Lima, Perú. El objetivo de la tesis se centra en realizar un diseño de mezcla de concreto liviano con poliestireno expandido y de esta manera evaluar su influencia en cuanto a las propiedades del concreto, para el uso en construcciones de losas en la zona. El estudio se realizó en el distrito de Ate, provincia de Lima, sobre una muestra de 18 probetas con distintos porcentajes de aditivo de poliestireno expandido para los 3

tipos de ensayo. Los instrumentos ocupados para el registro de los ensayos son las guías de observación. De los resultados obtenidos en el presente trabajo se resalta que, al incrementar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido, los pesos unitarios del concreto disminuyen de gran manera, pero en la resistencia es directamente proporcional, se concluye que la adición de este material no disminuye su resistencia, pero se puede llegar a optimizar con aumento de agua y aditivo Viscocrete 1110- Sika. El aporte que entrega esta investigación es la obtención de un concreto ligero o liviano con un material alternativo, y demostrando que puede llegar a ser más factibles en lo económico y rango de elaboración más acortado.

1.6.3 Nivel local

En el aspecto local y respecto a la variable Aditivo de poliestireno expandido (EPS), se encontró una tesis de pregrado titulado “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”, del autor Chuquilin (2018), publicado por la Universidad Privada del Norte, Perú. El objetivo se centra en determinar la influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre el peso unitario, resistencia a la compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas. El estudio se realizó en la provincia de Trujillo (Perú), teniendo como población a todas las probetas de concreto. La metodología de trabajo usada en esta investigación experimental, empleando la técnica de observación con instrumento de guías de observación. El resultado obtenido es que, a mayores porcentajes de perlas de poliestireno, la resistencia a compresión y el peso unitario disminuyen, mientras que el asentamiento aumenta, el porcentaje adecuado y que cumple con la Norma E.060 para un concreto liviano es la de adición de 40 % de

perlas de poliestireno. El aporte de esta investigación es la relación y recomendación de las dosificaciones que puedan presentar las estructuras aplicando el aditivo de poliestireno expandido en el proceso de la realización de la mezcla para de tal manera obtener el correcto elemento estructural que cumpla las condiciones o requerimientos necesarios para su uso o fin.

En el mismo marco, encontramos el trabajo de pregrado con título: “Influencia de la densidad de las perlas de Poliestireno sobre el costo, peso unitario, Asentamiento, resistencia a compresión y flexión en un concreto ligero estructural para losas Aligeradas, Trujillo 2020” de los autores Chuquizapon y Ibáñez (2020). Realizaron el estudio con el objetivo de determinar la influencia de la densidad de las perlas de poliestireno sobre el costo, peso unitario, asentamiento, resistencia a compresión y flexión en un concreto ligero estructural para losas aligeradas. El estudio se realizó en la ciudad de Trujillo con población de todas las probetas y vigas de concreto en la sede de Trujillo. La Metodología aplicada en este estudio fue la de tipo experimental de manera directa ya que se realizaron los procedimientos y elaboración de muestras de ensayo con diferentes porcentajes de 15 %, 30 %, 45 %, 50 % y 60 % de las perlas de poliestireno por agregado fino en función a su volumen, utilizando como instrumento una planilla de observación. Producto de los ensayos se obtuvo como resultado que el concreto elaborado con perlas de poliestireno presentan reducciones en el peso unitario y resistencia a compresión, esto con respecto al concreto convencional en comparación, asimismo también se concluye que, de acuerdo a las gráficas elaboradas en el estudio, el punto de equilibrio y recomendación es la adición del 40 % de perlas de poliestireno. (p. 159-162). El aporte de esta investigación al presente trabajo es la influencia e impacto que tiene la

variable independiente en el sistema constructivo, entregando una visión más realista sobre el proceso de sustitución de un material convencional, y los efectos negativos y positivos que traen consigo en el proceso y desarrollo.

1.7. Bases teóricas

1.7.1 Poliestireno expandido

1.7.1.1 Definición

El poliestireno expandido es un polímero, de acuerdo al portal Todo en polímeros de la autora e Ingeniera Química Sara L. Reynoso, es un compuesto químico en las cuales las moléculas forman cadenas en las cuales se repite su unidad básica, este material plástico es muy usado en el mercado actual pues se produce en grandes cantidades para el sector de envases y comida. El poliestireno expandido es espumoso y tiene diversas propiedades ya sea de aislamiento, conductividad, etc. El poliestireno como tal no es un producto natural, por lo cual se deben realizar procesos químicos para la obtención final de este producto, que es muy utilizado en el mundo actual, ya sea en los diversos ambientes de aplicación como los envases de comida, bebidas, material que se usa para acolchar artefactos electrónicos, construcción, etc.

1.7.1.2 Obtención del poliestireno

El proceso para llegar a obtener el poliestireno expandido, tal como lo habíamos mencionado se debe realizar un proceso químico, el cual se obtiene de la polimerización del estireno con la presencia de un agente expansor, que de manera habitual es el pentano, pues con este permitirá el aumento del volumen del poliestireno durante luego del proceso de transformación. De esto se obtienen pequeñas perlas de poliestireno expandible, y de estas según sea el tamaño y volumen

se realizará el proceso que consta de 3 etapas para llegar a obtener el poliestireno expandido.

Las cuales según la Asociación Nacional de Poliestireno Expandido son las siguientes:

- Pre-expansión: en esta fase las partículas de la materia base se calientan por la inyección de vapor de agua a una temperatura entre 80° C a 100° C, esto para estimular la dilatación del pentano (agente expansor) y la pre- expansión de las perlas, esto pudiendo alcanzar hasta en 50 veces su tamaño original.
- Reposo intermedio y estabilización: esta es la etapa donde tal como indica el nombre se deja reposar y se almacena durante un tiempo determinado las perlas de poliestireno, y en este tiempo se dan varios procesos como la eliminación del exceso del agente de expansión, se esparcen partículas de aire al interior de esta forma se va logrando la estabilidad mecánica de las partículas y también se da la liberación de humedad, esto mejora su transporte y favorece en el llenado de moldes que se le dará finalmente.
- Expansión y moldeo final: ya en esta última fase las perlas pre-expandidas y ya estabilizadas se llevan a unos moldes, en los cuales nuevamente se realiza el proceso de inyección de vapor de agua a tal temperatura para producir una segunda expansión y unión o cohesión de las perlas entre sí, de tal forma que esto llega a formar una estructura que ocupe todo el molde en el cual se dispuso a realizar, con ello ya se le entrega según sea el uso o fin diferentes formas o tamaños para su posterior uso.

1.7.1.3 Tipos de Poliestireno

Este material actualmente es el cuarto plástico más usado a nivel global delante están los siempre y conocidos plásticos como el polietileno, polipropileno y PVC.

De acuerdo con el portal de información Plastics Technology Mexico, el poliestireno conocido por sus siglas en inglés como PS es un polímero termoplástico, este es muy usado en los rubros de la elaboración para productos como envases que se utilizan en comida, materiales de laboratorio y también como un protector de equipos, juguetería, embalajes y otras aplicaciones más.

Por ello tenemos a los siguientes tipos de poliestireno:

- Poliestireno expandido
- Poliestireno extruido
- Poliestireno Rígido
- Poliestireno rígido transparente
- Poliestireno espejo

1.7.1.4 Características del material EPS

El material poliestireno expandido que comúnmente vemos a diario, comprenden algunas de las siguientes características, que los hace distintos y se logra reconocer por los detalles que presenta su estructura y características como:

- Porosidad: este material es de tipo muy poroso ya que en su interior las celdillas son cerradas y no están conectadas entre sí.

- **Densidad:** según las pruebas y estudios a este tipo de material, su densidad es muy baja ya que las celdillas de aire que la conforman pueden alcanzar hasta un 98 % de su estructura, además posee un bajo peso específico.
- **Según su forma:** de manera original son perlas de poliestireno, que son esferas pequeñas, pero esto según sea su uso o fin.
- **Absorción:** este tipo de material presenta una absorción muy baja, ya que en su estructura y según su composición de celdillas de aire cerradas y no conectadas hacen que el material tenga una baja capacidad de absorción.
- **Rugosidad superficial:** las perlas de poliestireno expandida, las de manera original que se obtienen luego del primer proceso de inyección de vapor de agua, presentan una superficie altamente lisa y sin rugosidad aparente. Esto varía según sea el uso o fin que se le entrega al producto ya sea en planchas de poliestireno, envases cilíndricos, etc.
- **Su posibilidad de uso o reciclado es factible,** ya que los materiales que son desechados y correctamente reciclados pasan nuevamente a un proceso de reinicio de material.

1.7.1.5 Propiedades del EPS

1.7.1.5.1 Propiedades Físicas

- **Aislamiento térmico:** el material EPS presenta una excelente capacidad de aislamiento térmico, altas y bajas temperaturas. Esta netamente se debe a que la estructura interna del material presenta un alto porcentaje de aire que aproximadamente representa el 98 % del total y la parte sólida del material solo representa el 2 %.

- Comportamiento frente al agua: este material de poliestireno expandido al someter a una prueba de ensayo por inmersión después de 28 días presenta valores de 1 % a 3 % en niveles de absorción, valores mínimos si los comparamos con otros tipos de plásticos.
- Estabilidad dimensional: este material de EPS como muchos otros materiales están propensos a variar sus dimensiones originales si son sometidos a pruebas de ensayo de temperatura u otro ejercicio, según la ficha de EPS elaborada por ANAPE las variaciones dimensionales a través del coeficiente de dilatación térmica se sitúa entre los 0.05 y 0.07 milímetros por metro de longitud sobre grado centígrado.
- Estabilidad frente a la temperatura: para este material EPS, según ANAPE, el rango adecuado para su utilización sin que afecte sus propiedades el extremo superior limite es de 100° C para acciones cortas, y en el rango de hasta 80° C para acciones continuadas y el material estando sometido a una carga de 20KPa.

Propiedades físicas del poliestireno expandido

Propiedades	Norma UNE	Und	Valor margen
Densidad Nominal	EN-106	Kg/m ³	10-35
Densidad mínima		Kg/m ³	9- 31.5
Espesor mínimo		mm	50-20
Conductividad térmica (10° C)	92201	mW/(mK)	46-33
Tensión por compresión con Deformación del 10%	EN-826	Kpa	30-250
Resistencia permanente a la compresión con una deformación del 2%		Kpa	15-70
Resistencia a la flexión	EN-12089	Kpa	50-375
Resistencia al cizallamiento	EN-12090	Kpa	25-184
Resistencia a la tracción	EN-1607 EN1608	Kpa	<100-580
Módulo de Elasticidad		MPa	<1.5-10.8
Deformabilidad al calor instantánea		°C	100
Deformabilidad al calor duradera		°C	80
Coefficiente de dilatación térmica lineal		1/K (xE-5)	5-7
Absorción de agua en condiciones de inmersión a cabo de 7 días	EN-12087	% Vol.	0.5-1.5
Absorción de agua en condiciones de inmersión a cabo de 28 días	EN-12087	% Vol.	1-3

Nota: Ficha técnica, elaboración de Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (ANAPE).

1.7.1.5.2 Propiedades Químicas

- El material EPS presenta estabilidad frente a algunos agentes químicos como lo son la pintura, disolventes o derivados, según sea el concentrado del producto pueden presentar contracciones o disoluciones en su estructura.
- El poliestireno expandido no estable frente a ácidos concentrados sin agua, disolventes orgánicos, y entre otras.

Se presenta una tabla resumen de las propiedades químicas del EPS.

Tabla 2

Propiedades químicas del poliestireno expandido

Sustancia activa	Estabilidad
Solución salina (agua de mar)	Estable: El EPS no se destruye
Jabones y soluciones de tensioactivos	Estable: El EPS no se destruye
Lejías	Estable: El EPS no se destruye
Acciones diluidas	Estable: El EPS no se destruye
Ácido clorhídrico (35 %), Ácido nítrico (50 %)	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos concentrados al 100 %	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Soluciones alcalinas	Estable: El EPS no se destruye
Disolventes orgánicos	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Hidrocarburos alifáticos saturados	No estable: El EPS se contrae o se disuelve

Aceite de Diésel	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Alcoholes (metanol, etanol)	Estable: El EPS no se destruye
Aceites de silicona	Relativamente estable: en una acción prolongada el EPS puede contraerse o disolverse.

Nota: ficha técnica del EPS, elaboración de ANAPE.

1.7.1.6 Usos y aplicaciones del EPS

El uso y las distintas aplicaciones del poliestireno expandido en el ámbito general es variado y tiene como fin muchos usos según sea el caso, y esto se da en varios campos laborales, de estudio, investigación, etc. Según el portal Chemical Safety Facts, algunos de los usos y aplicaciones que se le otorgan al poliestireno son los siguientes:

- En dispositivos electrónicos: se usan para la fabricación de carcasas y componentes externos como en la tv, radio u otros equipos relacionados.
- En servicios de alimentos o refrigerio: en este sector es uno de los que más consume y usa el poliestireno, tal como se ve a diario los envases para almacenar comida, bebidas, ingredientes, etc y todo lo relacionado con alimentos.
- Uso en sistemas de aislamiento: como tal de su forma y estructura, el poliestireno es espumoso, y además internamente las celdillas cerradas y sin conexiones entre si otorgan un excelente aislamiento térmico, esto ya sea en la aplicación en el rubro de la construcción o también para la protección de artículos eléctricos durante su transporte.

- Uso en la industria automotriz: el poliestireno en muchas ocasiones es ocupado para la elaboración de autopartes como son las manijas de las puertas, paneles, etc. Y como tal por su composición y textura espumoso también es base para la fabricación en asientos de autos o relacionados.
- En el ambiente de la medicina: ya que este es un material de fácil esterilización se ocupa para la fabricación de productos de laboratorio, componentes de máquinas de diagnóstico, carcasas de protección para los equipos de pruebas y dispositivos médicos.

1.7.1.7 Parámetros característicos

- Granulometría: los productos más finos, con diámetros comprendidos entre 0,2 y 1,0 mm se destinan principalmente a la fabricación de embalajes, respecto a los productos con mayor diámetro que se sitúan entre 1 a 3 milímetros se destina para uso en aislamientos térmicos o afín.
- Expansión potencial: por la misma naturaleza del polímero y el contenido en agente expandente además de la presencia de ciertos aditivos presentes se pueden llegar a obtener productos con densidad final más acertada.
- Agente anti-fuego: en algunas ocasiones y de mayor uso en el sector de la construcción se realiza o mejor dicho se aplican ciertos aditivos ignífugantes para que el material tenga una mejor respuesta ante la exposición al fuego, de tal manera que se tiene un material con el cual se puede trabajar en construcciones o para usos de aislamiento térmico.
- Bajo contenido en pentano: el contenido regular del pentano en el poliestireno expandible se sitúa alrededor del 6 % a 7 %. En estos últimos años se ha desarrollado materias primas con bajo contenido en pentano

(4 %) que es más adecuado para la fabricación de piezas y bloques de densidad de rango media-alta y con los que se consiguen reducciones en los tiempos de estabilización y en los ciclos de moldeo/desmolde.

- De manera general la industria actual ha innovado y por la misma demanda actual del mercado se busca productos que tengan mejores capacidades de uso y aislamiento por lo cual estos productos originales se replantean su composición o variaciones para finalmente obtener productos más resistentes y que puedan satisfacer la demanda.

1.7.2 Concreto

1.7.2.1 Definición

En el estudio de Investigación de Avalos (2020), se define el concreto como una mezcla de materiales: cemento, agregado grueso, agregado fino y agua; conforme al tiempo y el avance de la reacción química que genera el agua y cemento esta va endureciendo. El concreto presenta dos etapas características, su estado en fresco y endurecido, las cantidades de los materiales en la mezcla va a depender según sea su propósito o finalidad de uso, ya sea para la construcción de viviendas, edificios, puentes, etc. Busta et. al. (2014).

1.7.2.2 Materiales

1.7.2.2.1 Cemento

De acuerdo con lo que nos señala Rivva (2010), “el cemento es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, con ello permiten unión de partículas minerales, finalmente formando un todo compacto”. Este es un material que tiene la capacidad unir elementos en un

solo compuesto dándole cohesión. Se produce cuando la caliza y arcillas sometidas a procesos de calcinación y molienda, se obtienen Clinker y que luego al añadirse yeso se produce cemento.

El cemento según Molina y Saldaña (2014), “es un aglomerante hidráulico, es decir que este material reacciona fuertemente con el agua. Y este al ser mezclado con agregado grueso (grava), agregado fino (arena) y agua, crea una mezcla llamada concreto. En cuanto a su composición química es una combinación de silicatos y aluminatos de calcio”.

El cemento como tal tiene diversas aplicaciones y es masivamente usado en la construcción global: una de ellas es conformar parte del concreto, pues este tiene gran importancia en lo que respecta a la resistencia de la estructura conjuntamente con los materiales adicionales que se requieren para la obtención de un concreto específico, también sirve como pegante entre objetos de distintos materiales, se usa para el recubrimiento de los muros, pero en diversas dosificaciones según para su uso y fin.

De acuerdo a Avalos (2020), indica que el cemento portland está constituido principalmente por los siguientes compuestos, que se detallan en la Tabla N° 3.

Tabla 3
Compuestos principales del cemento portland

Compuesto	Nomenclatura química	Porcentaje (%)	Función
Silicato tritálcico (alita)	C3S	30-50	Resistencia Inicial Calor de hidratación
Silicato di cálcico (belita)	C2S	15-30	Resistencia largo plazo
Aluminato tricálcico	C3AF	4-12	Fraguado violento
Cal libre	CaO		
Magnesia libre	Mg		

Nota: Adaptado de “Influencia del superplastificante y poliestireno expandido en un concreto ligero en losas sobre, conductividad acústica, asentamiento y compresión”, por Avalos, K. (2020).

De acuerdo a la Norma técnica peruana 334.009, de Cementos Portland, requisitos; se establecen seis tipos de cementos portland que se presentan de acuerdo según su uso.

- Tipo I: Para uso en general, este tipo de cemento no requiere propiedades especiales.
- Tipo II: Uso general, en específico su uso cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo II (MH): Su uso en general, y específicamente cuando se requiere de un moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.

- Tipo III: Este tipo de cemento es para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales
- Tipo IV: Para su uso cuando se desea bajo calor de hidratación
- Tipo V: Su uso para cuando se requiere alta resistencia a los sulfatos.

1.7.2.2.2 Agregado grueso

Según la NTP 400.037 el agregado grueso se considera a las partículas que son retenidas en la malla N° 04 mediante el proceso de tamizado. Estos agregados deben ser de formas regulares como rodadas o cúbicas y no de forma irregular alargadas, porosas y ásperas; también es necesario que el agregado grueso no posea ángulos excesivos, porque eso demandaría más agua en la mezcla, así como afectaría la trabajabilidad de la misma.

Se denomina al grupo de partículas que pueden provenir de procesos de trituración (artificial) o ser obtenidos de manera natural en canteras debidamente comprobadas en cuanto a su calidad y de acuerdo a las exigencias requeridas para el diseño del concreto.

De acuerdo a Bustamante y Diaz (2014), señalan que los agregados conforman este marco o esqueleto granular, representan entre el 80 % y 90 % del peso total del concreto.

1.7.2.2.3 Agregado fino

Según la NTP 400.037 el agregado fino es aquel grupo de partículas que pasa la malla 3/8'' y que es retenida por la malla N°200. Al igual que los agregados gruesos estos pueden proceder de la trituración de las rocas o de

manera natural por medio de erosión y fragmentación de macizos rocosos, y este tipo de agregados son desplazados a depósitos por medio del viento o agua, también estas partículas son conformadas principalmente de sílice, además para ser usados en el concreto deben de ser de aspecto redondeado y de suave textura.

Siguiendo la normativa NTP 400.037, el agregado fino deberá tener la gradación según los límites que se establecen en la Tabla 4.

Tabla 4

Granulometría del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa (%)
9.5 mm (3/8 pulg)	100
4.75 mm (No. 4)	95 a 100
2.3 mm (No. 8)	80 a 100
1.18 mm (No. 16)	50 a 85
600 μ m (No. 30)	25 a 60
300 μ m (No. 50)	5 a 30
150 μ m (No. 100)	0 a 10

Nota: Adaptado de “Granulometría del agregado fino”, NTP 400.037

1.7.2.2.4 Agua

Según lo que nos indica Rivva (2010), el agua es un ingrediente muy esencial en la confección del concreto desde que éste, está en su modo fresco, hasta cuando está en su modo endurecido (p.47), pues en su modo fresco, el agua cumple el papel de dar lubricación a la mezcla entre agregado y cemento

permitiéndole que el concreto fresco presente en función de su dosificación realizada una consistencia plástica.

Según la ACI 318S-11, el agua que no tenga olor y sabor acentuado puede ser empleado para el concreto además de presentarse sin impurezas, objetos extraños, libre de sales, cloruros, álcalis, etc puede ser usado para consumo humano.

El agua al ser un factor importante dentro del concreto se desempeña de dos maneras según Quiroz y Salamanca (2006):

- El agua de amasado. “cumple una doble funcione en el concreto, por un lado, participa en la reacción del cemento, y por otro confiere al concreto el grado de trabajabilidad necesaria para su correcta puesta en obra”. (p. 65).
- El agua para curado. “es el más importante durante la etapa de fraguado y el endurecimiento. Tiene por objetivo evitar la desecación, mejorar la hidratación del cemento y evitar la retracción”, cuando el concreto está en su estado endurecido el agua se encarga a través del curado, que el concreto logre obtener su resistencia proyectada.

1.7.2.2.5 Aditivos

Según lo que señala Aragón y Solano (2006), dice: “los aditivos son específicamente los productos o sustancias ya sean químicas o naturales y que se incorporan al concreto en una proporción menor al 5 % del peso del cemento, y esto para modificar alguna característica, propiedad o comportamiento en su estado fresco o endurecido”. Su empleo está

justificado pues con ellos se alcanzan propiedades mejoradas que no se podrían obtener de manera tradicional o si se obtuvieran serían por procesos poco económicos. Es necesario que las cantidades de aditivos sean correspondientes a las especificadas en el aditivo y si en caso se requiera usar cantidades más elevadas del rango de dosificación se deberá de hacer ensayos o pruebas en laboratorio previos.

Según Rivva (2010), el empleo de aditivos genera lo siguiente en el concreto:

- Reducción del costo de fabricación del concreto.
- Elevar las especificaciones del concreto.
- Garantizar con su empleo la calidad del concreto frente a condiciones de exposiciones severas o perjudiciales en el proceso de mezclado, transporte, colocación, curado, etc.

Los aditivos, según la ASTM C494 se clasifican de la siguiente manera:

- TIPO A - Reductores de agua.
- TIPO B – Retardantes de fraguado.
- TIPO C – Acelerantes de fraguado.
- TIPO D – Reductores de agua Retardantes.
- TIPO E - Reductores de agua Acelerantes.
- TIPO F – Reductores de agua de alto rango.
- TIPO G – Reductores de agua de alto rango retardantes

1.7.2.3 Concreto ligero

De acuerdo a lo que nos indica Naiza (2017), el concreto liviano es un material artificial que está compuesto por los ya principales usados en la elaboración del concreto común y acondicionando o sustituyendo agregados inorgánicos u otros para que de esta forma este material presente un peso reducido y generalmente de baja resistencia. Su uso y aplicación ha sido variable, pues esta se ha ido expandiendo en la industria de la construcción en varios lugares del mundo, esto según las necesidades y requerimientos que las sociedades e industrias de la construcción han solicitado al mercado por variedades de aplicación que se le pueden entregar.

Definiciones que guardan relación, el concreto ligero o liviano es aquel cuya densidad en su estado plástico no sobrepasa el valor de 1900 kg/m^3 y por lo general presenta pesos unitarios menores que la del concreto común o convencional, según indican en su trabajo de estudio profesional de Bustamante y Diaz (2014), mencionan también que su uso es recomendado para el tipo de construcciones livianas o ligeros, aislamientos y su uso es muy variado en la fabricación de estructuras comerciales y viviendas que requieren este tipo de característica y propiedades.

1.7.3 Ensayos al concreto

1.7.3.1 Ensayos al concreto en estado fresco

- Ensayo de asentamiento

De acuerdo a lo que nos indica la NTP 339.035, Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto en cemento Portland, básicamente

consiste en realizar una medición de la consistencia al concreto, y en el cual se debe tener una trabajabilidad y rango aceptable para que de esta forma la compactación sea correcta y se obtenga buenas propiedades.

Tabla 5

Valores permisibles de asentamiento o slump del concreto (cm)

Asentamiento o slump (cm)				
Tipo de estructura	Asentamiento concreto sin bombear	Tolerancia concreto sin bombear	Asentamiento concreto bombeado	Tolerancia concreto bombeado
Losas	10	+/-2.5	14	+/- 2.0
Cimientos, sobrecimientos	10	+/-2.5	14	+/- 2.0
Fundaciones	10	+/-2.5	14	+/- 2.0
Pavimentos	10	+/-2.5	14	+/- 2.0
Vigas, columnas, muros y losas	10	+/-2.5	14	+/- 2.0
Banco de ductos	10	+/-2.5	14	+/- 2.0

Nota: Elaboración adaptado de Tabla IV de Procedimiento para efectuar el ensayo de consistencia del concreto.

- **Contenido de aire**

Según lo referido en la Norma ASTM C231, este ensayo permite determinar el contenido de aire por medio del método de presión, esta determinación se especifica mediante métodos gravimétricos. Esta se debe realizar con una muestra de concreto recién mezclado, siguiendo los pasos de la normativa señalada, debe llenar completamente el recipiente de medición y realizar los pasos para el cálculo de esta.

- Ensayo para determinar la temperatura de mezcla del concreto

Según lo que refiere la NTP 339.184, del método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezcla del concreto, es netamente tomar la temperatura de esta mediante un dispositivo de medición de temperatura sumergido en un recipiente, el cual debe estar en todas sus partes y direcciones sumergidas para que pueda tomar una correcta medición.

- Ensayo para determinar la densidad del concreto

Reglamentado por la Norma Técnica peruana 339.046, método de ensayo para determinar la densidad, rendimiento y contenido de aire del hormigón, como objetivo se tiene permitir encontrar el valor para la densidad (peso unitario). Se realiza con una muestra de concreto colocándolo en un molde con medidas estándar, se consolida (apisonado) y se eliminan sobrantes por medio del enrazado para luego realizar el peso de la muestra en el molde, de acuerdo a estos valores se calcula el valor de la densidad.

1.7.3.2 Ensayos al concreto en esta endurecido

- Ensayo de resistencia a la compresión

En nuestra reglamentación nacional se tiene a NTP 339.04, que es el método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Y consiste básicamente en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados a una velocidad o fuerza de tal forma que llega al punto de falla, esta puede ser calculada por la división de la carga máxima alcanzada entre el área de sección del espécimen analizado.

- **Ensayo de resistencia a la flexión**

El ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas está bajo la NTP 339.078, el cual nos da el alcance del procedimiento para la realización de la resistencia de vigas simplemente apoyadas a los tercios de luz. El método consiste netamente en la aplicación de una carga en los tercios de luz de la viga hasta que se produzca la falla. Se realiza con máquina de ensayo adecuada y apta que tenga la capacidad de realizar estas cargas continuas.

1.7.4 Losas aligeradas

1.7.4.1 Definición de losas

Según lo que nos indica en su proyecto de tesis pregrado del autor Quino (2019), las losas son elementos estructurales que hoy en la actualidad son los más utilizados dentro del rubro de la construcción, pues con este elemento es lo que conforma lo que comúnmente nosotros conocemos como los pisos o techos. La función que debe tener este elemento estructural será la de transmitir las cargas gravitacionales hacia los puntos de apoyo y continuamente estos elementos pasaran las cargas a las cimentaciones, por ello es que de acuerdo al portal web de Aceros Arequipa las construcciones, elaboraciones y diseño de las losas debe ser realizadas de manera responsable y criteriosa.

1.7.4.2 Tipos de losas de concreto

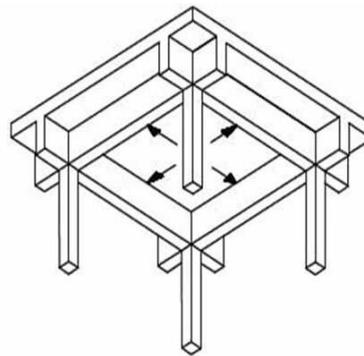
La clasificación de losas de concreto según Segura (2017), como se citó en Quina,2019) se categoriza según sus características, entre estas se tiene:

1.7.4.2.1 En función de sus apoyos

- Losas perimetralmente apoyadas: bajo este sistema, es donde se basa la distribución de las cargas en elementos estructurales es decir a las vigas y continuamente hacia las columnas, puedes ser en una o dos direcciones.

Figura 1

Representación gráfica de losa apoyada en elementos estructurales

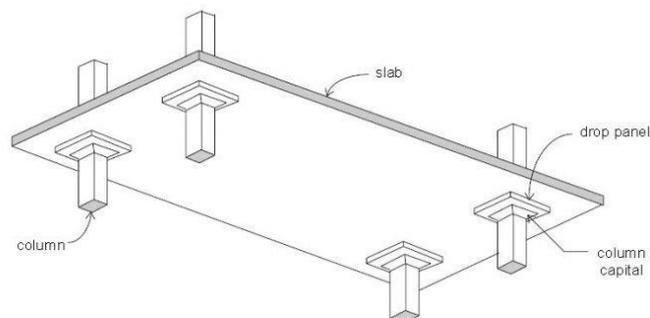


Nota: Imagen extraída de la publicación del Ing. Carlos A. Saavedra (2016).

- Losas planas: las losas de este tipo tienen entre su principal característica de poseer un espesor constante y trabajar en 2 direcciones, de tal forma que se transmite la carga generalizada a la estructura del soporte, es decir únicamente a las columnas.

Figura 2

Representación gráfica de losa plana

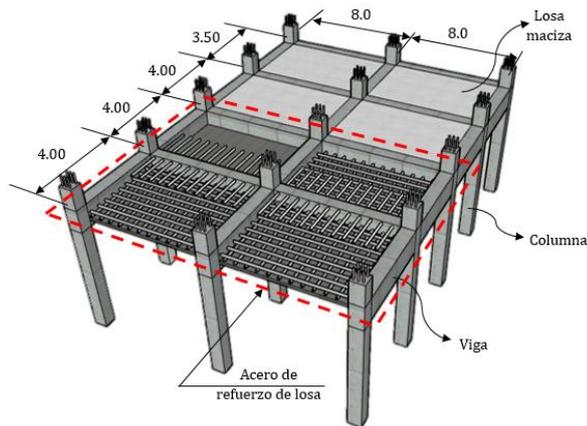


Nota: Imagen representativa de una losa reforzada apoyado únicamente en pilares.

- Losas macizas: este tipo de losa de hormigón armado, fabricada a medida, y muy utilizado en la edificación residencial e industrial, de sección transversal rectangular completa y de espesor constante.

Figura 3

Losa maciza en 1 dirección

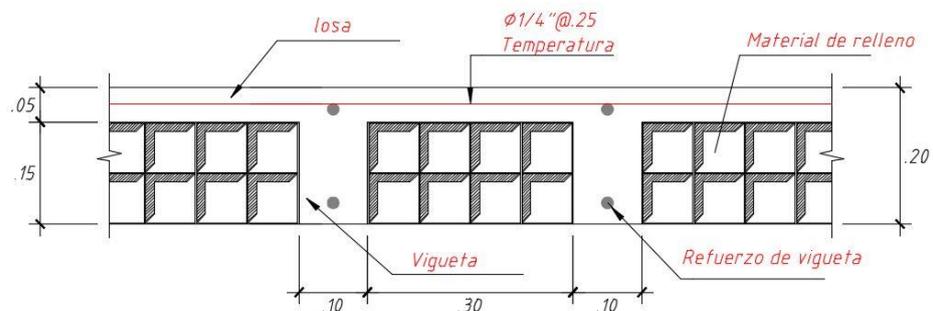


Nota: Extraído de web Libre Ingeniería Civil, del Ing. Fernando Condori (2021).

- Losas aligeradas: este es un elemento estructural constituido de concreto armado que se construyen in situ. Se obtiene un valor inferior del peso ya que se dejan espacios para los elementos de relleno comúnmente suelen ser ladrillos o productos alternativos como bovedillas de poliestireno o Tecnopor, etc.

Figura 4

Detalle de losa aligerada

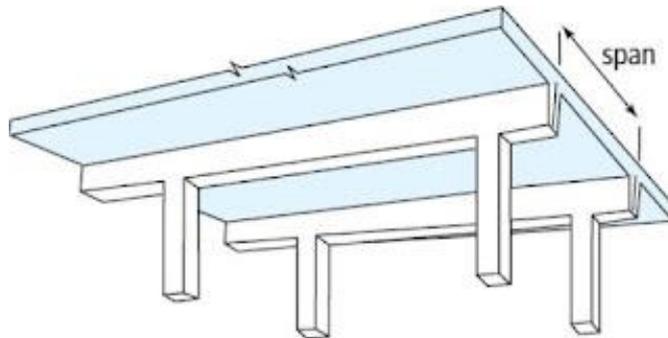


Nota: Figura extraída de la página web: www.construyemejor.com

- Losas unidireccionales: tal como se nombra son del tipo de losas en las cuales las cargas verticales son transferidas únicamente en una dirección, y esta estará soportado por una viga en la dirección más corta.

Figura 5

Losa unidireccional sobre vigas

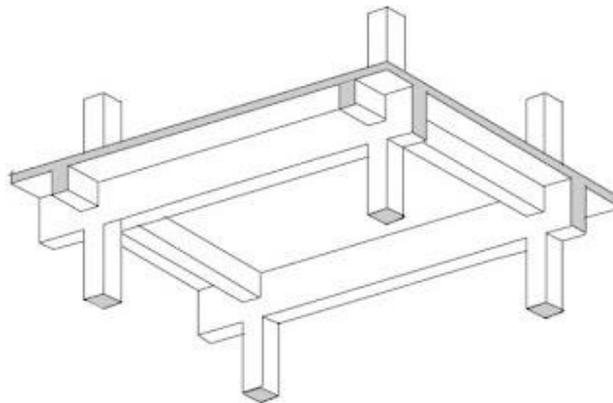


Nota: Sistema estructural unidireccional que se apoya únicamente en vigas de 1 dirección.

- Losas bidireccionales: elemento también compuesto de hormigón armado en dos direcciones y que está constituido por vigas de borde de apoyo, estas son consideradas cuando los esfuerzos se direccionan de manera ortogonal en la losa.

Figura 6

Losa bidireccional sobre vigas



Nota: Elemento estructural armado en ambos sentidos, apoyado sobre sus cuatro lados.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 ENFOQUE

En este presente trabajo que se ha considerado para esta investigación es el Enfoque Cuantitativo, comprendiendo que en este tipo o modelo se usan la recolección de datos numéricos y análisis estadístico, tal como se recogen de las investigaciones y estudios los detalles y evaluaciones para establecer un determinado comportamiento y evaluación sobre ellos.

De tal forma que en esta presente investigación se tiene la presente dirección por que utiliza la recolección de datos numéricos y el análisis estadístico, los cuales se toman y se analizan respecto a las variables que comprenden, para de esta forma descubrir y comprender mejor en la interpretación de la evaluación sobre el uso de estos materiales y/o variables que pueden influir y responder a las preguntas de investigación que se han establecido.

2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación, de acuerdo a la Guía de Investigación de la UPN, se enmarca en el tipo de investigación que según su propósito tenemos es Aplicada, y tal como ya habíamos mencionado anteriormente por la naturaleza de sus datos tenemos que es Cuantitativa, de tal forma que según su profundidad tenemos que es una Investigación de tipo Descriptiva.

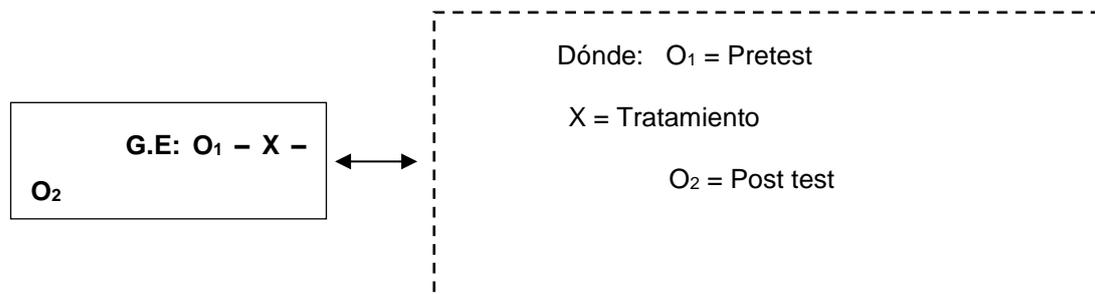
2.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de Diseño cuasiexperimental, ya que como se tiene conocimiento y de acuerdo a las bases de investigación, en este presente proyecto de investigación se manipula una variable para de esta forma determinar cómo influye en las otras variables dependientes, es por ello que en esta investigación se observa y correlaciona los fenómenos tal como se dan en su contexto natural para posteriormente ser analizados.

Se presenta un esquema representativo del diseño de investigación presente en este entregable:

Figura 7

Diagrama Cuasiexperimental



Nota: Fuente en Guía Investigación UPN 2018

2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

▪ Población

Según lo que nos indica López (2004), la población, es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación, el universo o población puede estar constituido por personas, animales, registros médicos, los nacimientos, las muestras de laboratorio, los accidentes viales entre otros”. De esta manera indica que en nuestro campo pueden ser artículo de prensa, editoriales, películas, videos, novelas, etc.

Bajo esta definición y conociendo los términos de población, en nuestra presente investigación la población son todas las probetas de concreto elaboradas con adición de perlas de poliestireno expandido, Trujillo-2022.

▪ Muestra

De acuerdo a los que nos señala López, P. (2004). La muestra es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación. Hay procedimientos para obtener la cantidad de los componentes de la muestra como

fórmulas, la muestra es una parte representativa de la población.

La técnica de muestreo seleccionado es el probabilístico del tipo Aleatorio estratificado, ya que una de sus ventajas como indican las bases de investigación es a asegurar que la muestra represente adecuadamente la población en función al criterio de estratificación y por ello se obtienen estimaciones más precisas.

Para calcular el tamaño de la muestra usaremos las siguientes formulas:

$$N_0 = \frac{Z^2 * S^2}{E^2}$$

Fuente: Guía investigación UPN 2018

Donde tenemos que:

Z: Valor normal a un nivel de confianza dado, en este caso siguiendo los parámetros estableceremos un valor de 1.96, para el grado de confianza del 95%

S: Valor de la desviación estándar estimado mediante revisión bibliográfica, estudios.

E: Precisión (error máximo tolerable en la estimación del parámetro)

Para determinar la desviación estándar (S), debemos tener en consideración la siguiente formula, en la cual aplicaremos valores de resistencia a la compresión promedio del estudio: “Influencia *del poliestireno expandido reciclado y la fibra de polipropileno en la resistencia a la compresión del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$* ” del autor Chávez (2019).

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - X')^2}{N - 1}}$$

Fuente: Guía investigación UPN 2018

Donde tenemos:

S: desviación estándar

X' : promedio de los valores de resistencia a la compresión, los cuales serán obtenidos del estudio anteriormente señalado

N: Numero de muestras

Presentamos la siguiente tabla, con valores promedio de resistencia a la compresión obtenidas del estudio de investigación pregrado, indicado anteriormente.

Tabla 6

Valores de resistencia a la compresión, obtenidas del estudio señalado, a una edad de 28 días de su elaboración

Edad de curado	Adición % de perlas poliestireno expandido			
	0	0.11	0.22	0.33
28 días	223.39	204.99	202.86	194.73

Nota: Elaboración propia, datos extraídos de la tesis pregrado Chuquizapon & Ibañez (2021)

A continuación, se presenta la tabla con los valores de la suma de las resistencias promedio menos el promedio, y al costado derecho están los valores al cuadrado.

Tabla 7

Valores obtenidos a partir del cálculo promedio de resistencias y su valor al cuadrado.

	X	X-X'	(X-X') ^2
	223.39	16.8975	285.526
	204.99	-1.5025	2.258
	202.86	-3.6325	13.195
	194.73	-11.7625	138.356
PROMEDIO	206.4925	SUMATORIA	439.334

Continuando el procedimiento, se da paso a realizar el reemplazo de los valores en la fórmula para el cálculo de la desviación estándar.

$$S = \sqrt{\frac{439.334}{3}}$$

$$S = 12.10$$

Procedemos a realizar el cálculo de E, es necesario pues con ello se calcula finalmente el número de muestras.

$$X' = \frac{223.39 + 204.99 + 202.86 + 194.73}{4}$$

$$X' = 206.4925$$

$$E = 5\% * (X') = 0.05 * (206.4925) = 10.3246$$

Finalmente reemplazamos en la formula:

$$N_0 = \frac{(1.96)^2 * (12.10)^2}{(10.3246)^2}$$

$$N_0 = 5.28 \approx 6 \text{ probetas}$$

Obteniendo el valor establecido del número de muestras, y bajo nuestro contexto de evaluar la influencia de las perlas de poliestireno expandido sustituyendo al agregado fino en porcentajes de 5%, 10%, 15% y además elaborando la muestra patrón, es decir con sin adición de perlas eps (0%), obtenemos el total de numero de muestras por los ensayos a realizar como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

Número total probetas para los ensayos a realizar.

Número total de muestras							
Descripción	Tipo de ensayo	Densidad del EPS	0%	5%	10%	15%	Total
ESTADO ENDURECIDO	RESISTENCIA LA COMPRESION	11	6	6	6	6	24
		11	6	6	6	6	24
		11	6	6	6	6	24
TOTAL							72

Nota: Cálculo del número total de muestras o probetas realizadas en la investigación experimental.

2.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

2.5.1 TÉCNICAS

Según lo que nos señala Orellana y Sánchez. (2006), toda investigación, sin importar su espacio de actuación, requiere de una búsqueda, lectura, interpretación y apropiación de información relacionada con el tema objeto de estudio, es decir de un marco teórico referencial. Y justamente las técnicas son fundamentales pues este es el conjunto de mecanismos, recursos y medios que permite analizar, desarrollar y comprender mejor las variables o el objetivo del estudio de la investigación.

Siguiendo con la línea de lo que nos indica la Guía de Investigación UPN, entonces por lo tanto la técnica que emplearemos para la recolección de datos en esta presente investigación es la Observación.

2.5.2 INSTRUMENTOS

Respecto a los instrumentos, que según en la Guía de Investigación UPN y material de apoyo, un instrumento de medición es el recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente. Para el presente caso como habíamos mencionado que se trabajara con la Técnica de Observación emplearemos los instrumentos de Guías de Observación – Guías de Registro.

2.5.2.1 Validación del instrumento de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos fueron validados por el Msc.Ing. Wilmer Vásquez Diaz, CIP N° 248191, Ing. Civil Alberto Vásquez Diaz, CIP N° 166228 y el Ing. Oswaldo Diaz Pino, con código de Registro CIP N° 275591, profesionales que cuenta con experiencia en el rubro de la construcción civil y docencia universitaria, por lo cual se remitió a entregar los instrumentos de validación y absolver las recomendaciones brindadas por el Asesor Ingeniero especialista, para que de tal manera se pueda dar cumplimiento de obtener los instrumentos adecuados y convenientes para el desarrollo de la presente investigación.

2.5.3 MATERIALES Y/O HERRAMIENTAS

2.5.3.1 Caracterización de los materiales

2.5.3.1.1 Análisis Granulométrico

- Balanza
- Juego de tamices
- Agitador mecánico de tamices

2.5.3.1.2 Contenido de humedad

- Muestra del agregado
- Balanza con aproximación de 0.1 gr.
- Horno eléctrico

- Recipientes metálicos

2.5.3.1.3 Peso unitario suelto y compactado

- Balanza electrónica calibrada
- Varilla compactadora 5/8"
- Mazo de goma
- Recipiente o molde de volumen conocido
- Herramientas para llenado

2.5.3.1.4 Peso específico y absorción del agregado fino

- Balanza electrónica con capacidad mínima de 1kg
- Picnómetro
- Recipientes metálicos
- Muestra del agregado
- Molde y barra compactadora para los ensayos superficiales de humedad
- Horno eléctrico
- Recipiente para sumergir la muestra

2.5.3.1.5 Peso específico y absorción del agregado grueso

- Recipientes metálicos
- Balanza electrónica con aproximación del 0.1 gr.
- Horno o estufa eléctrica
- Recipiente para sumergir la muestra
- Muestra del agregado

2.5.3.2 Ensayos en estado fresco

2.5.3.2.1 Asentamiento o slump

- Base plana metálica

- Cono de Abrams
- Varilla para chucear de 5/8"
- Wincha
- Muestra seleccionada de mezcla
- Mazo de goma

2.5.3.2.2 Contenido de aire

- Mazo de goma
- Varilla para remover el exceso de hormigón
- Varilla para chucear de 5/8"
- Equipo medidor de aire
- Medidor Tipo A
- Medidor Tipo B

2.5.3.2.3 Densidad

- Varilla compactadora de 5/8"
- Recipiente metálico cilíndrico
- Muestra seleccionada de mezcla
- Balanza electrónica

2.5.3.3 Ensayos en estado endurecido

2.5.3.3.1 Resistencia a la compresión

- Máquina a compresión
- Micrómetro

2.5.4 ANÁLISIS Y RECOLECCIÓN DE DATOS

En la presente investigación que como habíamos indicado es de diseño Experimental cuantitativa, por lo tanto, se utiliza el método de Estadística Descriptiva, en el cual

se aplican los instrumentos de la elaboración y apoyo como son las guías de observación, los cuales servirán como una base y compilado de toda la información de los análisis, ensayos realizados en Laboratorio.

Además, se hace el uso de tablas y gráficos, en las cuales se expone la información y valores obtenidos que se contrastaran con la relación de los antecedentes expuestos en la presente investigación, se hará uso de ambos metodos para que se pueda apreciar de una manera atractiva y entendible los resultados de la investigación. Luego de exponer en la sección resultados se realiza las secciones de Conclusiones y Discusiones donde en relación con nuestros antecedentes, hipótesis planteada, objetivos generales y específicos se realizará el análisis correspondiente.

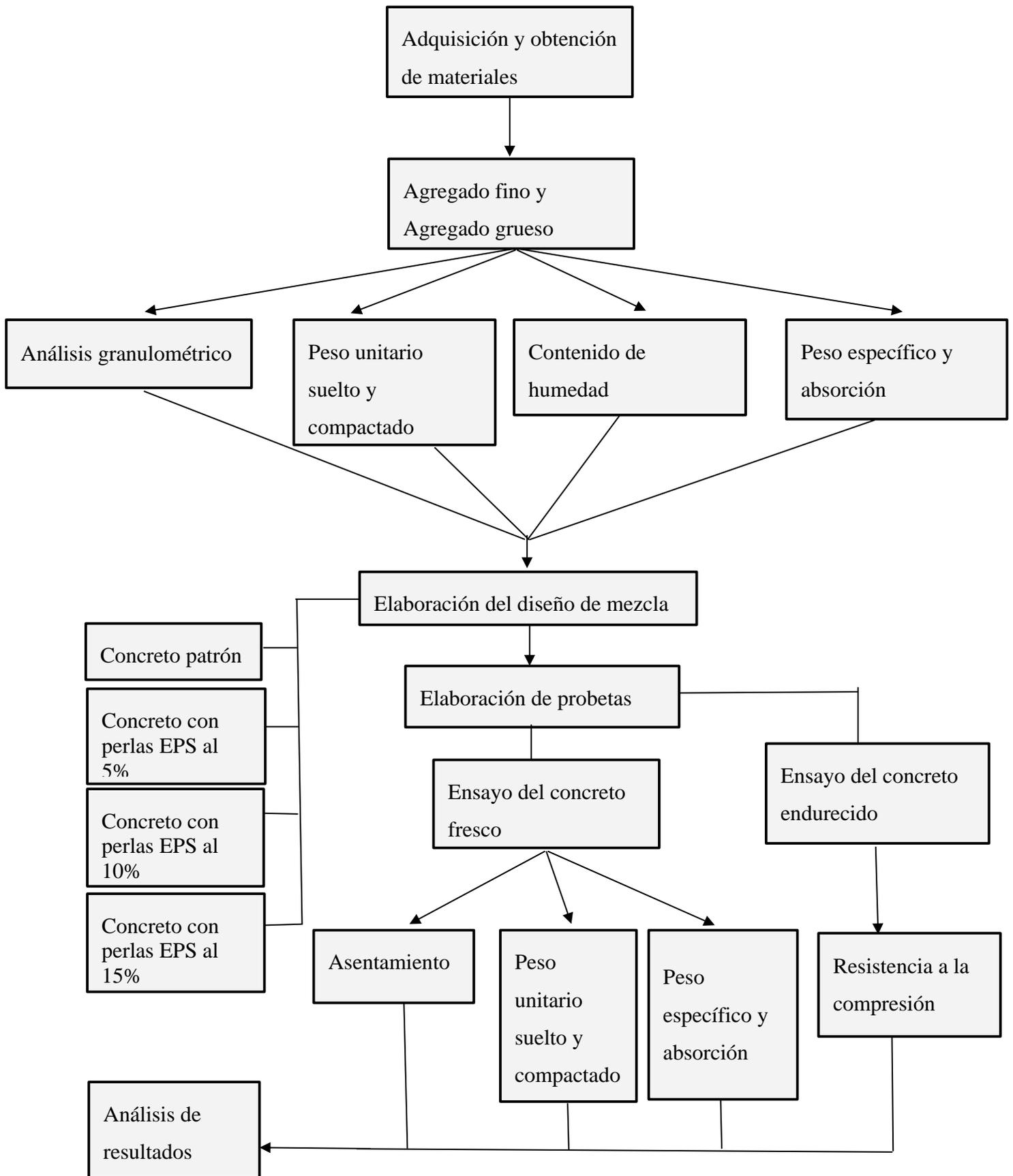
Tabla 9

Tecnica e Instrumentos utilizados para registro de ensayos realizados

Tecnica empleada	Observación directa
Instrumento de recolección	Guia de registro TEM
Ensayos realizados en Laboratorio	Análisis Granulométrico A.F y A. G Asentamiento o slump Peso unitario Resistencia a la compresión

Figura 8

Procedimiento desarrollo experimental



2.6 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

2.6.1 Caracterización de agregados

Se realizaron los ensayos de caracterización a los agregados fino y grueso basándonos en la NTP vigente 400.012, edición del año 2013, el cual establece el método indicado para la determinación de la distribución de partículas de los agregados por tamizado.

2.6.1.1 Análisis granulométrico de agregado fino según NTP 400.012

1. Se realizó la compra y obtención de los materiales, seleccionando de esta manera la cantera más adecuada y óptima para que puedan luego sean puestos a disposición a realizar los ensayos en el Laboratorio TEM ubicado en la ciudad de Trujillo. La cantidad de masas de las muestras, según lo que nos señala en la NTP 400.010, deberán ser previstas para el tipo y cantidad de ensayos a los cuales este material va a estar sujeto y de esta forma obtener cantidad de material suficiente para realizar todos los ensayos que se quiera evaluar.

Tabla 10

Medida de muestras agregado fino, NTP 400.010

Medida de las muestras		
Tamaño agregado	Masa de la muestra de campo mínimo Kg (lbs)	Muestra de campo Volumen mínimo
2.36 mm (No 8)	10 (22)	8 (2)
4.75 mm (No 4)	10 (22)	8 (2)

Nota: Tabla adaptada de NTP 400.010, medida de muestras.

2. Se realiza la selección de tres muestras, con un valor de muestra de 1000 gramos cada una.
3. Posteriormente se seleccionan y pesaran los tamices necesarios para realizar el ensayo (N° 3/8, N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200) para nuestro caso.
4. Se realiza el ordenamiento de los tamices de manera descendente.
5. Se colocan las muestras, de manera separada en el tamiz superior para posteriormente empezar agitar por un periodo de 5 minutos.
6. Luego de ello, en cada tamiz se realiza el pesado de la muestra retenida en esta.
7. Se realiza 3 veces el ensayo según NTP 400.012
8. Luego para obtener el módulo de finura se determina según fórmula en la cuál de la sumatoria de todos los pesos retenidos en los tamices entre 100.

Tabla 11

Formato vacío para análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz estándar	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	Límites (NTP 400.037)	
						Mínimo	Máximo
3/8	9.500					100	100
N°4	4.750					95	100
N°8	2.360					80	100
N°16	1.180					50	85
N°30	0.600					25	60
N°50	0.300					5	30
N°100	0.150					0	10
N°200	0.075					0	5
Fondo							
		0.0	0				

Nota: Elaborado a partir de la NTP 400.012.

2.6.1.2 Análisis granulométrico de agregado grueso según NTP 400.012

- De la misma forma se realizó la adquisición del material agregado grueso seleccionando de la misma cantera que el agregado fino según recomendación y luego se realizó el transporte a las instalaciones del Laboratorio TEM. Tal como habíamos mencionado la cantidad de masas de las muestras, de acuerdo a nuestra NTP 400.012 nos indican las cantidades mínimas de la muestra de agregado grueso o global según el tamaño máximo nominal aberturas cuadradas, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12

Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso

Tamaño máximo nominal Aberturas cuadradas mm (pulg)	Cantidad de 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: Datos e información extraído de la Tabla A.1 de la NTP 400.012.

- Se realiza la selección de tres muestras, con un valor de muestra de 5 kilogramos cada una, ya que la piedra con la que contamos es de ¾ de pulgada.

3. Posteriormente se seleccionan y pesan los tamices necesarios para realizar el ensayo (N° 1 ½, N° 1, N° ¾, N° ½, N° 3/8, N° 4, N° 8 y N° 16) para nuestro caso.
4. Se realiza el ordenamiento de los tamices de manera descendente.
5. Posteriormente se colocan las muestras, de manera separada en el tamiz superior para realizar la agitación manual por un periodo de 5 minutos.
6. Luego de ello, la muestra retenida en cada tamiz se realiza su respectivo pesado.
7. Finalmente, para hallar el módulo de finura se determina según fórmula, tal como se realiza para el agregado fino, en la cual tenemos a la sumatoria de todos los pesos retenidos y dividiremos este valor entre 100.

Tabla 13

Formato vacío para análisis granulométrico del agregado grueso

Tamiz estándar	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	Límites Huso 67 (NTP 400.037)	
						Mínimo	Máximo
N° 1 ½	37.50						
N° 1	25.00					100	100
N° ¾	19.00					90	100
N° ½	12.50						
N° 3/8	9.50					20	55
N° 4	4.75					0	10
N° 8	2.36					0	5
N° 16	1.18					0	0
Fondo	-						

Nota: Elaborado a partir de las tablas expuestas en la NTP 400.012.

2.6.2 Ensayo Contenido de humedad de los agregados de acuerdo a NTP

339.185, año 2013.

1. El muestreo se realiza de acuerdo a la NTP vigente, con excepción del tamaño de muestra.

Tabla 14

Tamaño de la muestra agregado – Contenido de humedad NTP 339.185

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4,75 (0,187) (No. 4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
5,0 (1)	4,0
37,5 (1 1/2)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2 1/2)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3 1/2)	16,0
100,0 (4)	25,0
150,0 (6)	50,0

Nota: Elaboración según la base de datos indicado en la NTP 339.185, Tabla 1.

2. Se toma el peso del recipiente
3. Se toman las muestras de los agregados tanto el fino como grueso y se realizan sus respectivos pesados en estado natural más el recipiente a usar.
4. Posteriormente cada muestra se coloca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C por un tiempo de 24 horas.
5. Luego de transcurrido este periodo, se toma el peso de la muestra seca.
6. Realizado esto, se determina el contenido de humedad para el agregado grueso y fino con la formula a continuación, como indica en la NTP 339.185.

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

Fuente: Formula extraída de la NTP 339.185, Cap. 8

Donde:

P = contenido total de humedad evaporable la muestra en %

W = masa de la muestra húmeda original en gramos

D = masa de la muestra seca en gramos

Tabla 15

Formato vacío para ensayo contenido de humedad agregado fino y grueso NTP 339.185

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr			
Peso recipiente + muestra húmeda	gr			
Peso recipiente + muestra seca	gr			
Peso de muestra húmeda	gr			
Peso de muestra seca	gr			
Peso de agua	gr			
Contenido de humedad	%			

Nota: Formato de elaboración propia, según datos y registros de la NTP 339.185.

2.6.3 Peso unitario suelto y compactado de los agregados de acuerdo a la NTP

400.017

1. Lo primero que se realizara será el cálculo del volumen del molde a usar, si es ya conocido se anotara en la guía o ficha de registro.
2. Se procede también a tomar el peso del recipiente.
3. Luego se realiza el llenado con la muestra en 3 capas o tiempos tal como indica la NTP, para el caso del peso unitario compactado, y se compactara con la varilla de fierro una cantidad de 25 veces y 16 golpes con el mazo de goma en el exterior del recipiente.
4. Después de realizar estos pasos, se realiza 3 repeticiones como mínimo y se

procede a pesar la muestra con el molde o recipiente.

Para encontrar los valores de Peso unitario suelto (PUSS) y peso unitario compactado (PUCS), se pueden ocupar las siguientes formulas:

$$PUSS = \frac{(\text{Peso agregado suelto} - \text{Peso del recipiente})}{\text{Volumen del recipiente}}$$

$$PUCS = \frac{\text{Peso agregado compactado} - \text{Peso del recipiente}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Fuente: Formulas extraídas de la NTP 400.017

Tabla 16

Formato vacío para ensayo peso unitario suelto y compactado de agregados según NTP 400.017

Descripción	U.M	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg				
Peso recipiente + muestra apisonada	kg				
Peso de recipiente	kg				
Peso de muestra en estado suelto	kg				
Peso de muestra en estado compactado	kg				
Volumen del recipiente	m ³				
Peso unitario suelto	kg/m ³				
Peso unitario compactado	kg/m ³				

Nota: Formato de elaboración propia bajo la NTP 400.017.

2.6.4 Peso específico y absorción de acuerdo a NTP 400.022

2.6.4.1 Peso específico y absorción agregado fino según NTP 400.022

Para la obtención de los valores peso específico y absorción del agregado fino se sigue el procedimiento ya conocido según la Norma Técnica Peruana 400.022.

Para calcular el peso específico y absorción, nos apoyamos en las siguientes

formulas indicadas en la NTP 400.022

$$\text{Densidad seca} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{Densidad saturada superficialmente seca} = \frac{S}{B + S - C}$$

$$\text{Densidad aparente} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S - A}{A} * 100$$

Fuente: Formulas adaptadas de la NTP 400.022

Donde tenemos que:

A= Peso al natural de la muestra seca (gr)

B= Peso del picnómetro + agua (gr)

C= Peso total del picnómetro con la muestra + el agua (gr)

S= Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr)

Tabla 17

Formato vacío para ensayo peso específico y absorción agregado fino

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno a aire	gr			
Peso del picnómetro lleno de agua	gr			
Peso del picnómetro lleno de muestra y agua	gr			
Peso de la muestra en estado SSS	gr			
Peso específico base seca	gr/cm ³			
Peso específico base SSS	gr/cm ³			
Absorción	%			

Nota: Formato de elaboración propia bajo la NTP 400.022.

2.6.4.2 Peso específico y absorción agregado grueso según NTP 400.021

1. Seleccionamos una muestra del agregado, la cantidad variara de acuerdo a nuestro tamaño máximo nominas (según cuadro N° 18), para nuestro caso tomamos 3 kg de

muestra para luego sumergir en agua por 24 ± 4 horas.

Tabla 18

Clasificación toma de muestra de agregado mínimo según TMN

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Masa mínima de muestra de ensayo kg(lb)
12,5 (1/2) o menor	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 1/2)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 1/2)	12 (26)
75(3)	18 (40)
90 (3 1/2)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
125 (5)	75 (165)

Nota: Datos del tamaño de la muestra del agregado de acuerdo a NTP 400.021

2. Pasado el tiempo indicado se retira la muestra para su secado y se pasa a balanza para obtener su peso saturado superficial seco.
3. Esta muestra luego se coloca en un cesto o recipiente y determinamos su masa aparente en agua.
4. Habiendo realizado el paso anterior, se ingresa la muestra en el horno a una temperatura $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 horas.
5. Finalmente se obtiene el peso de la muestra seca.
6. Nos apoyamos en las siguientes fórmulas para la obtención del peso específico y absorción.

$$\text{Densidad seca} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Densidad saturada superficial seca} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Densidad aparente} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{B - A}{A} * 100(\%)$$

Fuente: Formulas adaptadas de la NTP 400.021

Donde tenemos que:

A: Peso de muestra seca (gr)

B: Peso de muestra SSS (gr)

C: Peso de muestra suspendida en agua (gr)

Tabla 19

Formato vacío para ensayo peso específico y absorción agregado grueso

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno a aire	gr			
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr			
Peso de la muestra saturada en agua	gr			
Peso específico base seca	gr/cm ³			
Peso específico base SSS	gr/cm ³			
Absorción	%			

Nota: Formato de elaboración propia bajo la NTP 400.021.

2.6.5 Diseño de Mezcla

1. Lo primero que debemos realizar será la elección de la resistencia del diseño y para este caso calcularemos la resistencia promedio requerida con la Tabla siguiente.

Tabla 20
Determinación del f'_{cr}

Resistencia especificada a la compresión	Resistencia promedio requerida a la compresión
$f'_c < 210$	$f'_{cr} = f'_c + 70$
$210 \leq f'_c \leq 350$	$f'_{cr} = f'_c + 84$
$f'_c > 350$	$f'_{cr} = 1.10 f'_c + 50$

Nota: Adaptado de la Norma ACI 318

2. Luego de determinar la resistencia del diseño requerida, procedemos a hallar el contenido de aire atrapado en función del TMN de nuestro agregado grueso, que es de $\frac{3}{4}$ pulgadas para nuestro caso.

Tabla 21
Contenido de aire según TMN agregado grueso

TMN del Agregado grueso	Aire atrapado (%)
3/8 in	3.0
1/2 in	2.5
3/4 in	2.0
1 in	1.5
1 1/2 in	1.00
2 in	0.5
3 in	0.3
6 in	0.2

Nota: Adaptado de la Norma ACI 318 y ACI 211.1

3. Continuamente se determina el contenido de agua, esto lo realizaremos en función del asentamiento y el Tamaño máximo nominal de nuestro agregado grueso, debemos elegir las cantidades de agua para un concreto sin aire

Tabla 22

Estimación de cantidad de agua y contenido de aire atrapado

Asentamiento (mm)	Agua kg*m ³ de concreto, para los tamaños de agregados							
	3/8 pulg	1/2 pulg	3/4 pulg	1 pulg	1 1/2 pulg	2 pulg	3 pulg	6 pulg
Concreto sin aire incluido								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Cantidad aprox. de aire atrapado en un concreto sin aire incluido (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---
Promedio del contenido de aire total recomendado para el nivel de exposición %								
Exposición leve	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Nota: Datos extraídos de las normas ACI 318 y ACI 211.1.

4. Se prosigue a encontrar la relación de agua/cemento en función a la resistencia promedio requerida, que ya habíamos encontrado en los pasos anteriores, si el caso lo requiere se realizara interpolación de los valores.

Tabla 23

Determinación de la Relación agua/cemento

Resistencia a compresión a los 28 días kg/cm ²	Relación agua-material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido

450	0.38	0.31
400	0.43	0.34
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.72

Nota: Adaptado del ACI 211.1 y de ACI 211.3

5. Luego se realiza el cálculo del contenido de cemento, podemos emplear la siguiente fórmula para hallar el valor.

$$\text{cantidad de cemento} = \frac{\text{volumen de agua (l)}}{\text{relacion } \frac{a}{c}}$$

6. Se determina el volumen del agregado grueso, esto en función del TMN del agregado grueso y el módulo de finura de nuestro agregado fino.

Tabla 24

Determinación de factor b/bo Agregado grueso

Tamaño máximo nominal del agregado (pulg)	Módulo de finura de agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
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	0.8	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota: Adaptado de las normas ASTM C-29 y del ACI 211.1.

7. Pasamos a determinar el volumen de los materiales a usar, estos valores los obtendremos dividiendo la cantidad de cada material entre su peso

específico, para el caso del agregado grueso.

8. Para obtener el volumen del agregado fino, realizaremos la diferencia de 1m^3 con la sumatoria de los volúmenes del otro material AG.

$$\text{Volumen material} = \frac{\text{Cantidad de material}}{\text{Peso específico del material}}$$

$$\text{Volumen de agua} = \frac{\text{cantidad de agua}}{1000}$$

$$V_{\text{aire}} = \frac{\% \text{ aire atrapado}}{100}$$

9. Se procede a realizar el cálculo el peso del Agregado fino, nos apoyamos en las fórmulas indicadas en la Norma ACI 211.1, 2016.

$$\text{Peso AF} = \text{Volumen AF} * \text{Peso específico AF}$$

10. Obteniendo los datos, pasamos a la etapa de corrección por humedad de los agregados, apoyados de la siguiente formula señaladas en Norma ACI 211.1:

$$\text{Peso corregido AF} = \text{Peso seco AF} * \left(1 + \frac{\%W}{100}\right)$$

$$\text{Peso corregido AG} = \text{Peso seco AG} * \left(1 + \frac{\%W}{100}\right)$$

Donde tenemos que:

W= Contenido de humedad del agregado

11. Se realiza el cálculo de aporte de agua a la mezcla, para los agregados. Obtendremos estos valores con el producto de la cantidad del agregado en su estado seco y la diferencia entre el contenido de humedad de los agregados y la absorción, que a su vez estarán divididos entre 100.

$$\text{Contribucion de agua para AG} = \text{Peso seco AG} * \left(\frac{\%W_{ag} - \%A_{ag}}{100}\right)$$

$$\text{Contribucion de agua para AF} = \text{Peso seco AF} * \left(\frac{\%W_{af} - \%A_{af}}{100}\right)$$

12. Cálculo del agua efectiva en la mezcla; es decir la cantidad final de agua que se ocupara para la elaboración del concreto. Se obtiene mediante la formula donde tendremos que hacer la diferencia entre el agua de diseño seco y la sumatoria del agua aporte de los agregados fino y grueso

$$\text{Agua efectiva} = A_{\text{seco}} - (A_{\text{ag}} + A_{\text{ag}})$$

13. Diseño de mezcla obtenido

Tabla 25

Cuadro resumen pesos materiales corregidos por humedad

Material	Unidades
Cemento	kg/m ³
Agregado grueso	kg/m ³
Agregado fino	kg/m ³
Agua	L/m ³

2.6.6 Determinación del porcentaje de perlas de poliestireno

Para la determinación de porcentajes de perlas de poliestireno en la mezcla en sustitución al agregado fino se tomó como base y antecedentes de estudios a las pruebas piloto de ensayos anteriores con el mismo fin, del trabajo de investigación de los autores Chuquizapon e Ibañez y la tesis de pregrado realizada por Chuquilin García. Por lo cual en ambos estudios indican como un límite recomendado y según sus resultados de la resistencia a la compresión obtenidos, se señala como una sustitución del agregado fino por las perlas de poliestireno expandido que no sea mayor a un 40%.

2.6.7 Diseño de mezcla del concreto con perlas de poliestireno expandido

Luego de realizar el análisis y verificación de los resultados antecesores a esta investigación, se encuentra y se determina valores de sustitución del agregado fino por las perlas de poliestireno en 3 distintas proporciones y valores: 5%, 10% y 15%. De tal forma que, mediante cálculo de sustitución por el agregado mencionado, en función de su volumen, se tienen las siguientes tablas de los diseños de mezcla de concreto con los porcentajes de perlas de poliestireno establecidos.

Tabla 26

Diseño de mezcla con 5 % de perlas de poliestireno expandido

Material	Unidades
Cemento	kg/m ³
Agregado grueso	kg/m ³
Agregado fino	kg/m ³
Agua	L/m ³
Perlas de poliestireno expandido	kg

Tabla 27

Diseño de mezcla con 10 % de perlas de poliestireno expandido

Material	Unidades
Cemento	kg/m ³
Agregado grueso	kg/m ³
Agregado fino	kg/m ³
Agua	L/m ³
Perlas de poliestireno expandido	kg

Diseño de mezcla con 15 % de perlas de poliestireno expandido

Material	Unidades
Cemento	kg/m ³
Agregado grueso	kg/m ³
Agregado fino	kg/m ³
Agua	L/m ³
Perlas de poliestireno expandido	kg

2.6.8 Elaboración de probetas y curado de acuerdo a NTP 339.183/ASTM C-

31

De acuerdo a nuestra Norma Técnica peruana 339.183, en el cual se establece el procedimiento para la elaboración y curado de las probetas de concreto que pueden ser consolidados por varillado o vibrado. Los moldes cilíndricos son de material PVC de medidas 10 centímetros de diámetro y 20 centímetros de altura. Tal como se había indicado anteriormente en las tablas 26 a 28, el porcentaje a usar de perlas EPS en sustitución al agregado fino serán de 5 %, 10 % y 15 %, además teniendo en consideración la elaboración de los especímenes sin introducción de este material aditivo (0 %). Las perlas de poliestireno expandido a usar tienen una densidad de 11.21 kg/m³ y sustituirá en función al volumen a la arena.

❖ **Pesado de los materiales a usar**

Se realiza el pesado de los materiales (Agua, agregado fino y grueso y cemento), para nuestro caso realizaremos para una tanda de 0.03 metros cúbicos.

❖ **Elaboración de la mezcla**

1. Para este caso se ocupó la máquina de trompo eléctrico, antes de realizar el vaciado del material se requiere humedecer el interior del trompo.
2. Para la elaboración del concreto patrón o convencional primero se introduce el agregado grueso junto con 1/3 de agua.
3. Luego de 1 minuto de mezclado se vierte el agregado fino y seguido del cemento con el resto de agua.
4. Se debe mezclar por un periodo de 3 minutos, seguidos por 3 minutos de reposo y luego finalmente 2 minutos más de mezclado tal como indica la NTP 339.183
5. Para el caso de la elaboración del concreto con el aditivo de las perlas de poliestireno expandido, se realizó las mismas acciones con la diferencia de introducir las perlas de EPS al final del proceso.

❖ **Moldeo y desencofrado de las probetas**

Para el vaciado de concreto en los moldes de probetas (10 cm* 20 cm) primero se vertiera aceite se dispersará por todo su interior. Se realizará el llenado en 3 tiempos o capas, y en todas se darán 25 chuseadas con la varilla de 3/8'' y 15 golpes en el exterior del molde con el martillo o mazo de goma. Posteriormente se enrasará con la varilla compactadora.

Luego de transcurrido un tiempo de 24±8 horas de haber realizado su elaboración, se procede a desencofrar las probetas con cautela y cuidado.

❖ **Curado**

Posterior al desencofrado de las probetas de concreto, este se introduce a una poza o piscina de agua con cal, por un periodo según cuando realizaremos

los ensayos de resistencia, para este caso realizaremos los ensayos de resistencia a la compresión en 7, 14 y 28 días desde su elaboración. Tal como indica la NTP 339.183 y ASTM C-31 las muestras durante este tiempo deben estar en óptimas condiciones de ambiente desde su realización hasta su ensayo.

2.6.9 Ensayos al concreto en estado fresco

2.6.9.1 Asentamiento o slump del concreto de acuerdo a NTP 339.035

- Primero debemos contar con todos los materiales necesarios e indicados en la NTP, para proceder a realizar el ensayo, conjuntamente a ello humedecemos el cono de Abrams.
- Debemos contar con una base plana metálica y encima de esta colocaremos el cono de Abrams.
- Se comenzó con el llenado en el cono de Abrams, en 3 tiempos o capas iguales, y en cada una de estas se hará el chuseado 25 veces, para el caso de la última capa se realiza de manera cuidadosa y finalmente se enrasa.
- Prosiguiendo se levanta con cuidado el cono de Abrams.
- Y medimos la distancia que existe entre la altura del cono invertido y la parte superior del concreto.

Tabla 29

Asentamiento del concreto (in), formato vacío.

Descripción	Fecha	Asentamiento (in)
Concreto patrón		

Concreto con adición de 5% de perlas de poliestireno expandido

Concreto con adición de 10% de perlas de poliestireno expandido

Concreto con adición de 15% de perlas de poliestireno expandido

2.6.9.2 Peso unitario del concreto de acuerdo a NTP 339.046

- Lo primero que realizamos fue el pesado del molde cilíndrico a usar para el ensayo y determinamos su volumen.
- Procedemos a verter el concreto en su interior en 3 tiempos o capas, y en cada una de ellas se debe chucear un total de 25 veces y golpeando al exterior del recipiente un total de 15 veces con el martillo o mazo de goma.
- Una vez realizado este paso, pasamos al pesado del molde con la muestra para determinar su peso unitario compactado.
- Podemos apoyarnos con la formula del PUCS:

$$PUCS = \left(\frac{\text{Peso de la mezcla compactado} - \text{Peso del molde}}{\text{volumen del molde}} \right)$$

Fuente: Formula adaptado de la NTP 339.046

Tabla 30

Peso unitario del concreto en estado fresco, formato vacío.

Descripción	Fecha	P.U.C. (kg/m ³)
Concreto patrón		
Concreto con adición de 5 % de perlas de poliestireno expandido		

Concreto con adición de 10 % de perlas de poliestireno expandido

Concreto con adición de 15 % de perlas de poliestireno expandido

Nota: Elaboración propia.

2.6.9.3 Ensayo de Temperatura de acuerdo a NTP 339.184 y ASTM C1064

- Para la realización de este ensayo es necesario contar con los materiales adecuados y calibrados.
- En un recipiente metálico introducimos mezcla de concreto recién elaborada, vaciando y llenando todo su interior.
- Colocamos el dispositivo de medición de la temperatura en la mezcla de concreto, asegurándonos que este sensor este sumergido al menos 75 mm.
- Presionamos levemente el concreto que está en la superficie alrededor del sensor de medición para que la temperatura que existe en el ambiente no afecte la toma del dato real.
- Dejamos introducido el dispositivo de temperatura en el concreto fresco por un periodo de 2 minutos, tal como indica la NTP 339.184
- Finalmente leemos y registramos la temperatura indicada en el dispositivo.

Tabla 31

Formato vacío para registro de temperatura del concreto en estado fresco de acuerdo a NTP 339.184

Descripción	Fecha	Temperatura (°C)

Concreto patrón

Concreto con adición de 5 % de perlas de poliestireno expandido

Concreto con adición de 10 % de perlas de poliestireno expandido

Concreto con adición de 15 % de perlas de poliestireno expandido

Nota: Elaboración propia.

2.6.9.4 Ensayo de Contenido de Aire de acuerdo a NTP 339.081

- Teniendo el recipiente adecuado a realizar el ensayo, humedecemos este y secamos
- Seleccionamos una muestra de concreto recién elaborado y vaciamos en dos capas iguales, en cada capa varillamos 25 veces de manera uniforme y damos unos 15 golpes con el mazo de goma en su exterior.
- Añadimos agua
- Realizamos el desplazamiento del volumen de aire en el espécimen, con el Aparato B que se realiza por medio de una bomba de aire y un dial medidor de presión.

Tabla 32

Formato vacío para registro de contenido de aire del concreto, según NTP339.081 y ASTM C231

Descripción	Fecha	Contenido de Aire (%)
Concreto patrón		
Concreto con adición de 5 % de perlas de poliestireno expandido		

Concreto con adición de 10 % de perlas de poliestireno expandido

Concreto con adición de 15 % de perlas de poliestireno expandido

2.6.10 Ensayos al concreto en estado endurecido

2.6.10.1 Ensayo Resistencia a la compresión de acuerdo a NTP 339.0.34

- Luego de haber realizado las muestras de las probetas en sus distintas dosificaciones, para nuestro caso elaboramos en 0 % o concreto patrón, 5 %, 10 % y 15 % con perlas de poliestireno expandido en sustitución al agregado fino.
- Por lo cual se estableció un rango de edades de curado para su posterior ensayo de resistencia a la compresión de 7,14 y 28 días. Entonces en cada etapa o edad se retiran las muestras de la poza o piscina de curado y dejamos al aire libre un tiempo determinado antes de su ensayo.
- Se realiza la toma de medidas del molde, con la ayuda del micrómetro, para determinar su sección o área.
- Continuamente se procede a colocar las probetas a ensayar en la maquina o prensa de concreto digital A&A INSTRUMENTS Modelo SYTE-2000 de capacidad 2000 KN que cumple con la norma ASTM C39/C39M.
- Se le aplica una carga constante hasta el punto de rotura de la probeta.
- Se toma y registra la lectura en la maquina el valor obtenido, de caso contrario también nos podemos apoyar mediante las siguiente formula:

$$R_c \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{Esfuerzo}{Area}$$

$$\text{Area seccion (cm}^2\text{)} = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Fuente: Formulas adaptadas de la NTP 339.034.

Tabla 33

Formato vacío para registro de ensayo resistencia a la compresión según NTP 339.034

Código Identificación	Edad ensayo (días)	Diámetro promedio (cm)	Area sección (cm²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Tipo de fractura*
038-TEM-P01							
038-TEM-P02							
038-TEM-P03							
038-TEM-P04							
038-TEM-P05							
038-TEM-P06							
Promedio							

2.7 ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Respecto a este tema de los aspectos éticos de la investigación, en el presente trabajo se realiza una concientización y responsabilidad ética tanto en el desarrollo y elaboración del presente entregable, por lo cual se tienen las nociones y pautas que se deben respetar y en ningún caso se incumplan estas normas o reglamentos. Por lo cual se está citando a todas las fuentes y bases de datos que han sido consultadas y consideradas en esta investigación, citando de manera adecuada y según la normativa correspondiente (Norma APA v7), por tal como se puede visualizar en las referencias bibliográficas se han colocado todas las citas que corresponden y se han utilizado en este informe. Se concientiza sobre los aspectos que se han considerado en esta investigación, como el plagio, hecho grave y penado según la Ley vigente, por lo cual se toman precauciones y responsabilidad ética para prevenir y no incumplir con este aspecto.

2.8 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 34

Matriz de operacionalización de variables

Variables		Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente	Perlas de poliestireno expandido	<p>El poliestireno expandido (EPS) un material del tipo plástico, este es un material muy ligero, frágil, además que su uso es muy diversificado y global.</p> <p>En el año 1925 el químico alemán Staudinger consiguió ensamblar varias moléculas de estireno unas con otras en un proceso denominado polimerización y a este polímero lo denominó Poliestireno y juntamente los diversos estudios que se desarrollaron a partir de este descubrimiento continuando la línea de investigación.</p>	De acuerdo a los estudios analizados, en la base de datos, el material de poliestireno expandido será añadido en diferentes % en la mezcla de concreto para losas aligeradas.	Propiedades de poliestireno expandido (EPS)	Tamaño partículas (mm)	Nominal
Variable Dependiente	Asentamiento	Este es un ensayo también conocido como Ensayo Cono de Abrams o slump test, según lo	Es una propiedad del concreto o mortero que		Slump (mm o pulgadas)	Nominal

	<p>que indica Aceros Arequipa consiste en compactar una muestra de concreto en estado fresco en un molde de forma cónica, luego retiramos el molde y medimos el asentamiento o descenso de la mezcla una vez que se ha retirado el cono.</p>	<p>define la consistencia de la mezcla, es la medida de la diferencia de la altura del molde cónico y la masa de concreto luego de que se haya retirado el molde (NTP N° 339.045)</p>	<p>Propiedad física de concreto</p>		
<p>Peso unitario</p>	<p>El concreto liviano es un material artificial que este compuesto por materiales inorgánicos, mortero y agua, este tipo de material es como característica su peso reducido y bajo en ciertas ocasiones también presenta baja resistencia, pero se han hallado distintas aplicaciones en diversos tipos de estructuras, es decir en lugares donde no se requiere un concreto de alta resistencia. El uso de este se ha expandido en la industria de la construcción, de acuerdo a sus propiedades y beneficios que pueden traer consigo su uso y aplicación (Naiza,2017).</p>	<p>Según la Norma Técnica peruana 400.017, es aquella que establece la determinación de la densidad de masa del agregado en su condición compactado, describe el peso por unidad de volumen.</p>	<p>Propiedad física del concreto</p>	<p>Peso unitario (kg/m3)</p>	<p>Nominal</p>
<p>Resistencia a la compresión</p>	<p>La resistencia a la compresión es la capacidad que tendrá el concreto de resistir específicamente a la compresión, se puede decir que es una capacidad máxima de un espécimen a una carga axial compresiva (Naiza, 2017).</p>	<p>De acuerdo a la Norma Técnica peruana 339.034, nos indica que es el método que consiste en la aplicación de una carga axial a los cilindros moldeados a una velocidad hasta el punto de falla.</p>	<p>Propiedad mecánica</p>	<p>Esfuerzo compresión (kg/cm²)</p>	<p>Nominal</p>

2.9 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 35

Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título de investigación: Influencia de la adición de perlas de poliestireno expandido en el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de concretos en losas aligeradas, Trujillo-2022.

Problema general	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Cómo influye la adición de perlas de poliestireno expandido en el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de concretos en losas aligeradas, Trujillo - 2022?	<p>Objetivo General: Determinar la influencia de la adición de perlas de poliestireno expandido en el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de concretos en losas aligeradas, Trujillo-2022</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Evaluar el asentamiento de los concretos a distintas 	<p>(Chuquilin, 2018) En su tesis titulada: 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.</p> <p>(Chuquizapon y Ibáñez, 2020) en su tesis de pregrado titulado: Influencia de la densidad de las perlas de Poliestireno sobre el costo, peso unitario, Asentamiento, resistencia a compresión y flexión en un concreto ligero estructural para</p>	<p>La adición de perlas de poliestireno expandido en un concreto para losas aligeradas aumentará su asentamiento, resistencia a la compresión y disminuirá su peso unitario, Trujillo-2022.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Perlas de poliestireno expandido.</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Asentamiento</p> <p>Peso unitario</p> <p>Resistencia a la compresión</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Propósito: Aplicada</p> <p>Diseño: Cuasiexperimental</p> <p>Diseño de Investigación: Cuasiexperimental Tipo Descriptiva.</p> <p>Unidad de estudio: Probetas cilíndricas de concreto con adición de perlas de poliestireno expandido.</p> <p>Población: Todas las probetas de concreto, Trujillo-2022.</p> <p>Muestra: n probetas</p> <p>Técnicas para recolección de datos: Observación</p> <p>Instrumentos de recolección</p>

dosificaciones con adición de perlas poliestireno expandido, bajo la NTP 339.035.

Evaluar el peso unitario de los concretos, con diversos porcentajes de adición de perlas de poliestireno expandido bajo la NTP 339.046.

Evaluar la resistencia a la compresión de los concretos a distintas dosificaciones con adición de perlas poliestireno expandido de acuerdo a la NTP 339.034.

losas Aligeradas, Trujillo 2020. (Goncalves y Vasconcelos, 2019) en su artículo denominado: Evaluación térmica, física y mecánica de bloques de hormigón con poliestireno expandido reciclado.

(Naiza, 2017) en su tesis titulado: Aplicación del poliestireno expandido en la fabricación de Unidades de concreto liviano para muros de tabiquería en la Ciudad de Arequipa.

(Carvalho y Motta, 2019) en realización de su artículo titulado: Estudio sobre hormigón con poliestireno expandido reciclado

(Rodríguez, 2020) en su tesis titulado: Análisis de costo y eficiencia de muros no portantes a base de Tecnopor, mallas de acero y concreto; en comparación con muros de albañilería confinada no portantes

de datos: Guías de Observación
Guías de Registro

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Caracterización de agregados

3.1.1 Análisis granulométrico del agregado fino de acuerdo a NTP 400.012

La realización del ensayo de análisis granulométrico se realiza basado en la NTP 400.012, la cual establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas tanto de los agregados fino, grueso y global. Para llevar a cabo en ensayo fue necesario el uso de los tamices N° 3/8, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200. El resultado del ensayo promedio que se realizó se presenta en la Tabla N° 37, además se representa mediante un gráfico la curva granulométrica, ver en Figura N° 9, obtenida a partir del ensayo, indicando sus límites o rangos aceptables.

Tabla 36

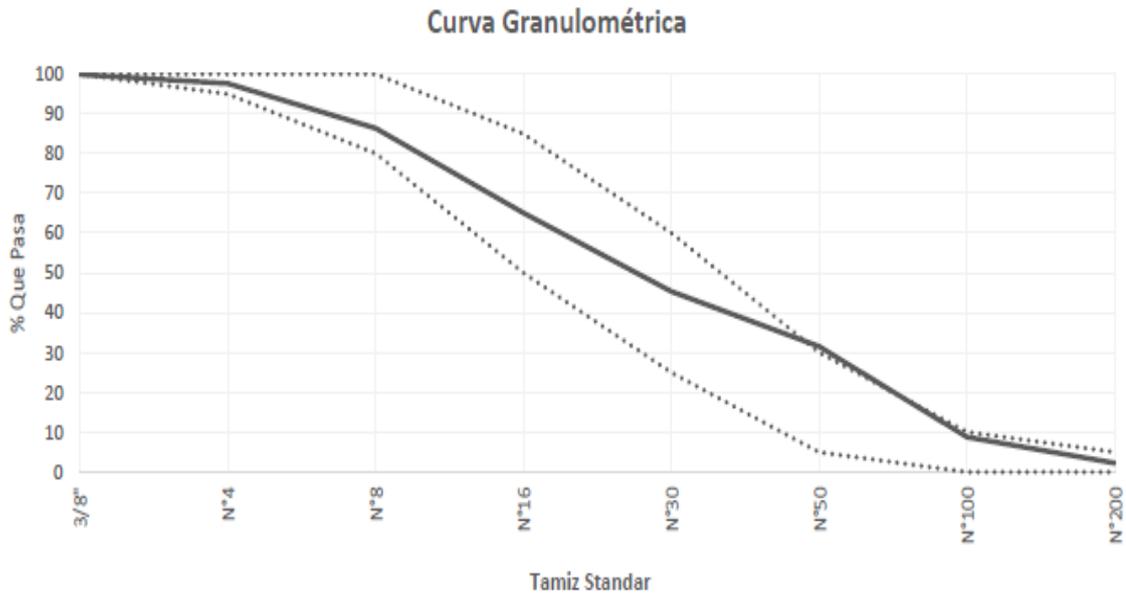
Resultado ensayo granulométrico agregado fino

Tamiz estándar	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	Límites (NTP 400.037)	
						Mínimo	Máximo
3/8	9.500	0.8	0.1	0.1	99.9	100	100
N°4	4.750	22.2	2.2	2.3	97.7	95	100
N°8	2.360	113.5	11.4	13.7	86.3	80	100
N°16	1.180	212.6	21.3	34.9	65.1	50	85
N°30	0.600	197.5	19.8	54.7	45.3	25	60
N°50	0.300	138.3	13.8	68.5	31.5	5	30
N°100	0.150	227.1	22.7	91.2	8.8	0	10
N°200	0.075	65.3	6.5	97.8	2.3	0	5
Fondo	-	22.7	2.3	100.0	0.0		
		1000.0	100.0				

Nota: Valores obtenidos del ensayo granulométrico para el agregado fino según NTP 400.012.

En el mismo ensayo se obtuvo características físicas de la muestra como tal del contenido de humedad que tiene un valor de 0.6 % y obteniendo un módulo de finura de 2.65.

Curva granulométrica del agregado fino



Nota: Elaboración propia.

3.1.2 Análisis granulométrico del agregado grueso de acuerdo a NTP 400.012

Para realizar el ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso nos basamos en los lineamientos y procedimientos indicados en la NTP 400.012, como se había indicado para la determinación de la distribución por tamaño de partículas tanto de los agregados fino, grueso y global. En este caso fue necesario la ocupación de los tamices N°1 ½"; N°1"; N°3/4"; N°1/2"; N°3/8"; N°4; N°8 y N°16. El resultado del ensayo promedio que se realizó se presenta en la Tabla N° 37, además se representa mediante un gráfico la curva granulométrica, ver en Figura N° 10, obtenida a partir del ensayo, indicando sus límites o rangos aceptables.

Tabla 37

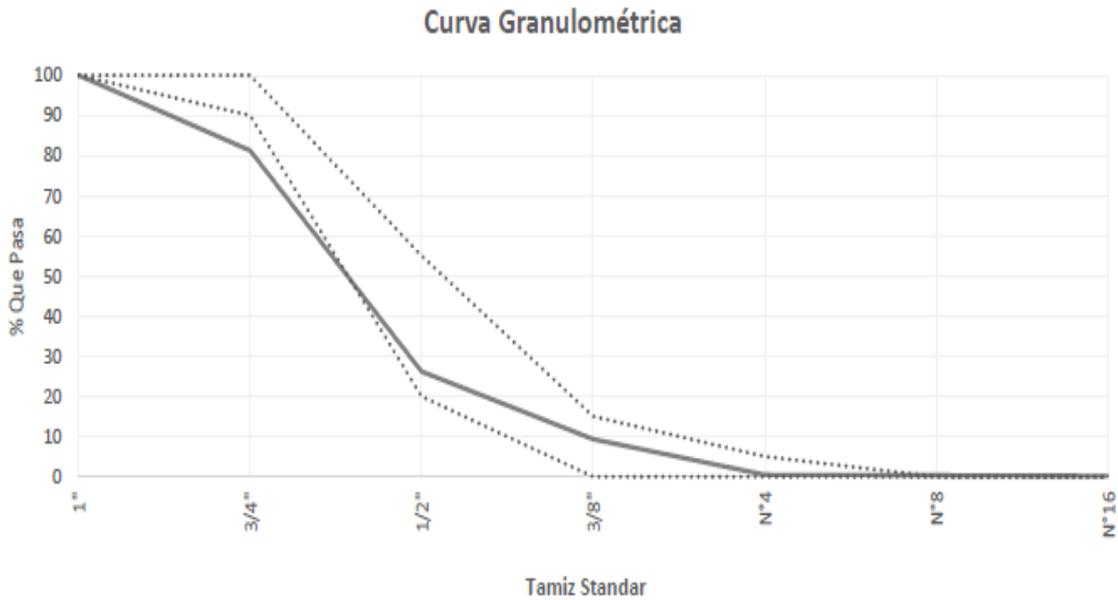
Resultado ensayo granulométrico agregado grueso

Tamiz estándar	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	Límites Huso 67 (NTP 400.037)	
						Mínimo	Máximo
N° 1 ½	37.50	0.00	0.0	0.0	100.0		
N° 1	25.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
N° ¾	19.00	937.80	18.8	18.8	81.2	90	100
N° ½	12.50	2755.7	55.1	73.9	26.1	20	55
N° 3/8	9.75	836.9	16.7	90.6	9.4	0	15
N° 4	4.75	445.8	8.9	99.5	0.5	0	5
N° 8	2.36	8.7	0.2	99.7	0.3		
N° 16	1.18	5.7	0.1	99.8	0.2		
Fondo	-	9.4	0.2	100.0	0.0		
		5000	100				

Nota: Valores obtenidos del ensayo granulométrico para el agregado grueso según NTP 400.012.

En el mismo ensayo se obtuvo características físicas de la muestra como tal del Tamaño Máximo Nominal que es de ¾ pulgadas, su contenido de humedad es de valor 0.8 % y se obtuvo el módulo de finura del agregado con valor de 7.08.

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota: Elaboración propia.

3.2 Contenido de humedad de los agregados de acuerdo a NTP 339.185

Se realizó el ensayo de contenido de humedad para los agregados, guiándonos y basándonos en la NTP 339.185, que establece como objetivo el procedimiento adecuado y normado para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado ya sea fino o grueso por secado. Los resultados obtenidos del ensayo se presentan a continuación en las Tablas N° 38 y N° 39 para los agregados fino y grueso respectivamente.

Tabla 38

Valores obtenidos del ensayo contenido de humedad para agregado fino

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	66.9	67.8	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	566.9	567.8	

Peso recipiente + muestra seca	gr	563.7	564.6	
Peso de muestra húmeda	gr	500.0	500.0	
Peso de muestra seca	gr	496.8	496.8	
Peso de agua	gr	3.0	3	
Contenido de humedad	%	0.6	0.6	0.6

Nota: Valores obtenidos del ensayo contenido de humedad para agregado fino según NTP 339.185.

Tabla 39

Valores obtenidos del ensayo contenido de humedad para agregado grueso

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	282	107	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	2282	2107	
Peso recipiente + muestra seca	gr	2269	2094	
Peso de muestra húmeda	gr	2000	2001	
Peso de muestra seca	gr	1987	1987	
Peso de agua	gr	13	13	
Contenido de humedad	%	0.7	0.7	0.7

Nota: Valores obtenidos del ensayo contenido de humedad para agregado grueso según NTP 339.185.

3.3 Peso unitario suelto y compactado de los agregados de acuerdo a NTP 400.017

El ensayo para determinar el peso unitario suelto y compactado de los agregados se rigió bajo la NTP 400.017, el cual indica como objetivo determinar la densidad (peso unitario) de los agregados en su condición suelto y compactado. Este tipo de ensayo se realizó 3 veces,

tal como indica la norma señalada. Los resultados se muestran en las Tablas N° 40 y 41 para el agregado fino y grueso respectivamente.

Tabla 40

Valores obtenidos del ensayo peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Descripción	U.M	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	22.520	22.520	22.620	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	24.180	24.180	24.280	
Peso de recipiente	kg	6.380	6.380	6.380	
Peso de muestra en estado suelto	kg	16.140	16.140	16.240	
Peso de muestra en estado compactado	kg	17.800	17.800	17.900	
Volumen del recipiente	m ³	0.0091	0.0091	0.0091	
Peso unitario suelto	kg/m ³	1,774	1,774	1,775	1,778
Peso unitario compactado	kg/m ³	1,956	1,956	1,960	1,960

Nota: Elaboración propia.

Tabla 41

Valores obtenidos del ensayo peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

Descripción	U.M	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	20.280	20.300	20.380	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	21.400	21.580	21.660	
Peso de recipiente	kg	6.380	6.380	6.380	
Peso de muestra en estado suelto	kg	13.900	13.920	14.000	
Peso de muestra en estado compactado	kg	15.020	15.200	15.280	
Volumen del recipiente	m ³	0.0091	0.0091	0.0091	

Peso unitario suelto	kg/m ³	1,527	1,530	1,538	1,532
Peso unitario compactado	kg/m ³	1,651	1,670	1,679	1,667

Nota: Elaboración propia.

3.4 Peso específico y absorción del agregado fino de acuerdo a la NTP 400.022

Se realizó el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino de acuerdo a nuestra NTP 400.022, la cual sirve para la determinación de densidad promedio y absorción del agregado fino. El resultado de este ensayo para el AF se presenta y muestra en la Tabla N° 42.

Tabla 42

Resultados obtenidos del ensayo peso específico y absorción del agregado fino

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno a aire	gr	463.2	450.1	
Peso del pignometro lleno de agua	gr	1,443.7	1,443.70	
Peso del pignometro lleno de muestra y agua	gr	1,729.2	1,719.9	
Peso de la muestra en estado SSS	gr	467.0	453.1	
Peso específico base seca	gr/cm ³	2.55	2.54	2.55
Peso específico base SSS	gr/cm ³	2.57	2.56	2.57
Absorción	%	0.8	0.7	0.8

Nota: Valores obtenidos del ensayo peso específico y absorción del AF bajo NTP 400.022.

3.5 Peso específico y absorción del agregado grueso de acuerdo a la NTP 400.021

Para la realización del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso de acuerdo a nuestra NTP 400.021, en la cual indica como objeto de la norma establecer el

procedimiento adecuado para determinar la densidad promedio de partículas del agregado grueso y la absorción del AG. Los valores obtenidos del ensayo se muestran en la Tabla.

Tabla 43

Resultados obtenidos del ensayo peso específico y absorción del agregado grueso

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno a aire	gr	2,423	2,459	
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	2,464	2,500	
Peso de la muestra saturada en agua	gr	1,488	1,512	
Peso específico base seca	gr/cm ³	2,48	2,49	2.49
Peso específico base SSS	gr/cm ³	2,53	2,53	2.53
Absorción	%	1.7	1.7	1.7

Nota: Valores obtenidos del ensayo peso específico y absorción del AG bajo NTP 400.021.

3.6 Diseño de mezcla

Se elaboro mediante la norma ACI 211, que es la que entrega las pautas y guía para el proporcionamiento de mezclas. Y teniendo todas las características previamente de los agregados tales como son: su contenido de humedad (%), peso unitario suelto (PUS), peso unitario compactado (PUC), peso específico (kg/m³), módulo de finura del agregado y su Tamaño máximo nominal para el caso del agregado grueso se procedió a realizar todos los pasos anteriores indicados en el apartado 2.6.5 del procedimiento análisis de datos, se usa una data automática (Microsoft Excel) para obtener el proporcionamiento final de diseño del concreto patrón, tal como puede observarse en el Anexo N° 11. De tal forma que se obtiene un diseño de proporcionamiento final para una tanda de volumen 0.030 m³.

Proporcionamiento final diseño concreto patrón

Material	Unidades	Cantidad
Cemento	kg	11.01
Agregado grueso	kg	32.01
Agregado fino	kg	17.35
Agua	kg	6.47

Nota: Elaboración propia de acuerdo a valores obtenidos de los ensayos previamente realizados.

3.7 Determinación del porcentaje de perlas de poliestireno expandido

Se estableció un límite adecuado de sustitución de perlas de poliestireno expandido por el agregado fino, guiandonos de acuerdo a los antecedentes de estudios previos como el de Chuquilin (2018) y Chuquizapon & Ibañez (2020) que su uso final del concreto serán para la aplicación en losa aligeradas, de tal forma que en los estudios de ambos tesis se concluye que el punto medio o rango aceptable para la sustitución de este material EPS por la arena no sea mayor a 40 % en función de su volumen, de tal forma que en este presente estudio para se decide por realizar diseños de mezcla con porcentajes de concreto más bajos para de tal forma encontrar y mantener las propiedades mecánicas y físicas como en un concreto convencional, de acuerdo a ello es que se pone a prueba en los ensayos presentes. Se determina los porcentaje de perlas de poliestireno expandido en sustitución al agregado fino en 3 dosificaciones de 5 %, 10 % y 15 % en función al volumen del agregado mencionado.

3.8 Diseño de mezcla del concreto con perlas de poliestireno expandido

Tabla 45

Diseño de mezcla con 5 % de perlas EPS en sustitución al agregado fino

Material	Unidades	Cantidad
Cemento	kg	11.01
Agregado grueso	kg	31.98
Agregado fino	kg	15.7  14.91
Agua	kg	7.07
Perlas de poliestireno expandido	gr	3.4

Nota: Elaboración propia de acuerdo a valores ingresados en data Excel de Diseño.

Tabla 46

Diseño de mezcla con 10 % de perlas EPS en sustitución al agregado fino

Material	Unidades	Cantidad
Cemento	kg	11.01
Agregado grueso	kg	31.98
Agregado fino	kg	15.7  14.13
Agua	kg	7.07
Perlas de poliestireno expandido	gr	6.9

Nota: Elaboración propia de acuerdo a valores ingresados en data Excel de Diseño.

Tabla 47

Diseño de mezcla con 15 % de perlas EPS en sustitución al agregado fino

Material	Unidades	Cantidad
Cemento	kg	11.01

Agregado grueso	kg	31.98	
Agregado fino	kg	15.7	➔ 13.34
Agua	kg	7.07	
Perlas de poliestireno expandido	gr	10.3	

Nota: Elaboración propia de acuerdo a valores ingresados en data Excel de Diseño.

3.9 Ensayos realizados al concreto en estado fresco

3.9.1 Asentamiento o slump del concreto con perlas de poliestireno expandido de acuerdo a NTP 339.035

Se realizó el ensayo del asentamiento del concreto con perlas de poliestireno expandido guiándonos de acuerdo a la NTP 339.035, en el cual se establece como objeto el método adecuado para determinar el asentamiento del concreto de cemento Portland, en el ambiente de laboratorio o ya sea en campo. La densidad de las perlas de poliestireno expandido tiene según su ficha técnica un valor de 11.21 kg/m³ (Ver Anexo N° 60). Los resultados promedio obtenidos a partir del ensayo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 48

Resultados del ensayo asentamiento del concreto con perlas de poliestireno expandido con densidad de 11.21 kg/m³

Descripción	Fecha	Asentamiento (in)
Concreto patrón	27/07/2022	4.00
Concreto con adición de 5% de perlas de poliestireno expandido	30/07/2022	4.25
Concreto con adición de 10% de perlas de poliestireno expandido	30/07/2022	4.25

Concreto con adición de 15% de perlas de poliestireno expandido	30/07/2022	4.50
---	------------	------

Nota: Resultados obtenidos del ensayo de asentamiento bajo la NTP 339.035.

3.9.2 Peso unitario del concreto de acuerdo a NTP 339.046

Para llevar a cabo el ensayo del peso unitario del concreto con adición de perlas de poliestireno expandido, de densidad 11.21 kg/m^3 , como sustitución en parte al agregado fino, se realizó bajo la NTP 339.046 que establece el procedimiento o método para determinar la densidad del hormigón en su estado fresco. Los resultados promedio se muestran en la Tabla N° 46.

Tabla 49

Resultados del ensayo peso unitario del concreto con perlas de poliestireno expandido de acuerdo a la NTP 339.046

Descripción	Fecha	P.U.C (kg/m^3)
Concreto patrón	27/07/2022	2,444
Concreto con adición de 5 % de perlas de poliestireno expandido	30/07/2022	2,415
Concreto con adición de 10 % de perlas de poliestireno expandido	30/07/2022	2,374
Concreto con adición de 15 % de perlas de poliestireno expandido	30/07/2022	2,352

Nota: Valores obtenidos del ensayo peso unitario con adición de perlas de poliestireno expandido.

3.9.3 Ensayo de Temperatura de acuerdo a NTP 339.184 y ASTM C1064

Para llevar a cabo la realización de este ensayo nos basamos de acuerdo a la normativa NTP 339.184 y ASTM C1064, que establecen como objetivo el procedimiento adecuado para la medición de temperatura del concreto con cemento hidráulico recién mezclado. Los resultados obtenidos a partir de este ensayo se muestran a continuación en la Tabla N° 47.

Tabla 50

Resultados del ensayo de temperatura con perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³, de acuerdo a la NTP 339.184 y ASTM C1064

Descripción	Fecha	Temperatura (°C)
Concreto patrón	27/07/2022	20.0
Concreto con adición de 5% de perlas de poliestireno expandido	30/07/2022	19.0
Concreto con adición de 10% de perlas de poliestireno expandido	30/07/2022	20.0
Concreto con adición de 15% de perlas de poliestireno expandido	30/07/2022	21.0

Nota: Valores obtenidos del ensayo de temperatura, elaboración propia.

3.9.4 Ensayo Contenido de Aire de acuerdo a NTP 339.081 y ASTM C231

La realización del ensayo para determinar el contenido de aire en las distintas mezclas con distintas dosificaciones de adición del poliestireno expandido en sustitución al agregado fino se basó de acuerdo a la Normativa Técnica peruana 339.081 y ASTM C231, que establecen

el procedimiento adecuado para la determinación del contenido de aire del concreto recién mezclado o elaborado.

Tabla 51

Resultados del ensayo contenido de aire de acuerdo a la NTP 339.081 y ASTM C231

Descripción	Fecha	Contenido de Aire (%)
Concreto patrón	27/07/2022	1.8
Concreto con adición de 5% de perlas de poliestireno expandido	30/07/2022	2.4
Concreto con adición de 10% de perlas de poliestireno expandido	30/07/2022	2.6
Concreto con adición de 15% de perlas de poliestireno expandido	30/07/2022	2.8

Nota: Valores obtenidos del ensayo contenido de aire, elaboración propia.

3.10 Ensayos realizados al concreto en estado endurecido

3.10.1 Ensayo Resistencia a la compresión del concreto con adición de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³, a 7 días de su elaboración, de acuerdo a NTP 339.034

Para la realización del ensayo resistencia a la compresión en el concreto patrón y concretos con adiciones de poliestireno expandido, de densidad 11.21 kg/m³, en 5 %, 10 % y 15 % a la edad de 7 días de su elaboración se basaron de acuerdo a la NTP 339.034, que establece como objeto la determinación de la Rc en especímenes cilíndricos de concreto. Los resultados de los ensayos realizados en los concreto patrón y con adición de poliestireno

expandido se muestran a continuación en las siguientes tablas del N°52 a 55 a una edad de 7 días de su elaboración.

Tabla 52

Resultados del ensayo resistencia a la compresión - Concreto patrón a 7 días de elaboración.

Código Identificación	Edad ensayo (días)	Diámetro promedio (cm)	Area sección (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de fractura*
038-TEM-P01	7	10.21	81.9	113.7	13.9	142	2
038-TEM-P02	7	10.27	82.8	96.1	11.6	118	2
038-TEM-P03	7	10.21	81.9	109.3	13.3	136	2
038-TEM-P04	7	10.27	82.8	103.5	12.5	127	2
038-TEM-P05	7	10.24	82.4	108.2	13.1	134	2
038-TEM-P06	7	10.23	82.2	101.8	12.4	126	2
Promedio					12.8	131	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 53

Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 5 % de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³ a 7 días de elaboración.

Código Identificación	Edad ensayo (días)	Diámetro promedio (cm)	Area sección (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de fractura*
038-TEM-P19	7	10.17	81.2	112.9	13.9	142	2

038-TEM-P20	7	10.19	81.6	110.5	13.5	138	2
038-TEM-P21	7	10.18	81.4	123.4	15.2	155	2
038-TEM-P22	7	10.19	81.6	121.6	14.9	152	2
038-TEM-P23	7	10.21	81.9	121.7	14.9	152	2
038-TEM-P24	7	10.19	81.6	122.3	15.0	153	2

Promedio 14.6 149

Nota: Elaboración propia.

Tabla 54

Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 10 % de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³ a 7 días de elaboración.

Código Identificación	Edad ensayo (días)	Diámetro promedio (cm)	Area sección (cm²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Tipo de fractura*
038-TEM-P37	7	10.18	81.4	132.5	16.3	166	2
038-TEM-P38	7	10.19	81.6	138.2	16.9	173	2
038-TEM-P39	7	10.18	81.4	136.8	16.8	171	2
038-TEM-P40	7	10.20	81.7	140.7	17.2	176	2
038-TEM-P41	7	10.20	81.7	139.4	17.1	174	2
038-TEM-P42	7	10.18	81.4	137.1	16.8	172	2

Promedio 16.9 172

Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 15 % de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³ a 7 días de elaboración.

Código Identificación	Edad ensayo (días)	Diámetro promedio (cm)	Area sección (cm²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Tipo de fractura*
038-TEM-P55	7	10.18	81.4	160.4	19.7	201	2
038-TEM-P56	7	10.16	81.1	160.2	19.8	201	2
038-TEM-P57	7	10.12	80.4	157.1	19.5	199	2
038-TEM-P58	7	10.21	81.9	163.3	19.9	203	2
038-TEM-P59	7	10.18	81.4	163.0	20.0	204	2
038-TEM-P60	7	10.18	81.4	155.8	19.1	195	2
Promedio					19.7	201	

3.10.2 Ensayo Resistencia a la compresión del concreto con adición de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³, a 14 días de su elaboración, de acuerdo a NTP 339.034

Los resultados de los ensayos realizados en los concreto patrón y con adición de poliestireno expandido se muestran a continuación en las siguientes tablas del N° 56 a N° 59, a una edad de 14 días de su elaboración.

Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto patrón a 14 días de elaboración.

Código identificación	Edad ensayo (días)	diámetro promedio (cm)	Area sección (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de fractura*
038-TEM-P07	14	10.15	80.9	137.7	17.0	174	2
038-TEM-P08	14	10.17	81.2	142.6	17.6	179	2
038-TEM-P09	14	10.16	81.1	141.4	17.4	178	2
038-TEM-P10	14	10.17	81.2	143.1	17.6	180	2
038-TEM-P11	14	10.14	80.8	145.8	18.1	184	2
038-TEM-P12	14	10.19	81.6	151.6	18.6	190	2
Promedio					17.7	181	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 57

Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 5 % de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³ a 14 días de elaboración.

Código identificación	Edad ensayo (días)	diámetro promedio (cm)	Area sección (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de fractura*
038-TEM-P25	14	10.22	82.0	156.0	19.0	194	2
038-TEM-P26	14	10.21	81.9	158.5	19.4	197	2
038-TEM-P27	14	10.21	81.9	153.5	18.7	191	2
038-TEM-P28	14	10.19	81.6	157.1	19.3	196	2
038-TEM-P29	14	10.19	81.6	155.2	19.0	194	2

038-TEM-P30	14	10.21	81.9	148.3	18.1	185	2
Promedio					18.9	193	

Tabla 58

Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 10 % de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³ a 14 días de elaboración.

Código identificación	Edad ensayo (días)	diámetro promedio (cm)	Area sección (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de fractura*
038-TEM-P43	14	10.17	81.2	183.1	22.5	230	2
038-TEM-P44	14	10.20	81.7	181.1	22.2	226	2
038-TEM-P45	14	10.17	81.2	183.0	22.5	230	2
038-TEM-P46	14	10.19	81.6	180.1	22.1	225	2
038-TEM-P47	14	10.23	82.2	178.9	21.8	222	2
038-TEM-P48	14	10.22	82.0	177.8	21.7	221	2
Promedio					22.1	226	

Tabla 59

Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 15 % de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³ a 14 días de elaboración.

Código identificación	Edad ensayo (días)	diámetro promedio (cm)	Area sección (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de fractura*
038-TEM-P61	14	10.22	82.0	188.5	23.0	234	2
038-TEM-P62	14	10.22	82.0	190.6	23.2	237	2

038-TEM-P63	14	10.22	82.0	192.4	23.5	239	2
038-TEM-P64	14	10.19	81.6	195.2	23.9	244	2
038-TEM-P65	14	10.20	81.7	195.2	23.9	244	2
038-TEM-P66	14	10.23	82.2	193.2	23.5	240	2
Promedio					23.5	240	

3.10.3 Ensayo Resistencia a la compresión del concreto con adición de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³, a 28 días de su elaboración, de acuerdo a NTP 339.034

Los resultados de los valores obtenidos a partir del ensayo resistencia a la compresión, a la edad de 28 días de su elaboración que es el punto donde alcanza su máxima resistencia, se muestran en las Tablas N° 60 a N° 63. Se presentan desde el concreto patrón hasta los 3 tipos de dosificaciones con poliestireno expandido.

Tabla 60

Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto patrón a 28 días de elaboración.

Código identificación	Edad ensayo (días)	diámetro promedio (cm)	Area sección (cm²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Tipo de fractura*
038-TEM-P13	28	10.22	82.0	186.2	22.7	231	2
038-TEM-P14	28	10.22	82.0	187.9	22.9	234	2
038-TEM-P15	28	10.17	81.2	176.9	21.8	222	2
038-TEM-P16	28	10.22	82.0	182.6	22.3	227	2
038-TEM-P17	28	10.27	82.8	190.6	23.0	235	2

038-TEM-P18	28	10.21	81.9	183.6	22.4	229	2
Promedio					22.5	230	

Tabla 61

Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 5 % de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³ a 28 días de elaboración.

Código identificación	Edad ensayo (días)	diámetro promedio (cm)	Area sección (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de fractura*
038-TEM-P31	28	10.22	82.0	190.8	23.3	237	2
038-TEM-P32	28	10.19	81.6	184.3	22.6	230	2
038-TEM-P33	28	10.19	81.6	187.6	23.0	235	2
038-TEM-P34	28	10.19	81.6	185.7	22.8	232	2
038-TEM-P35	28	10.19	81.6	182.5	22.4	228	2
038-TEM-P36	28	10.19	81.6	188.2	23.1	235	2
Promedio					22.8	233	

Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 10 % de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³ a 28 días de elaboración.

Código identificación	Edad ensayo (días)	diámetro promedio (cm)	Area sección (cm²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Tipo de fractura*
038-TEM-P49	28	10.20	81.7	206.1	25.2	257	2
038-TEM-P50	28	10.23	82.2	205.7	25.0	255	2
038-TEM-P51	28	10.20	81.7	199.3	24.4	249	2
038-TEM-P52	28	10.18	81.4	196.7	24.2	246	2
038-TEM-P53	28	10.18	81.4	201.8	24.8	253	2
038-TEM-P54	28	10.22	82.0	206.4	25.2	257	2
Promedio					24.8	253	

Resultados del ensayo resistencia a la compresión- Concreto con 15 % de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m³ a 28 días de elaboración.

Código identificación	Edad ensayo (días)	diámetro promedio (cm)	Area sección (cm²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a compresión (Mpa)	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Tipo de fractura*
038-TEM-P67	28	10.19	81.6	206.9	25.4	259	2
038-TEM-P68	28	10.20	81.7	215.2	26.3	269	2
038-TEM-P69	28	10.21	81.9	203.4	24.8	253	2
038-TEM-P70	28	10.18	81.4	210.7	25.9	264	2
038-TEM-P71	28	10.19	81.6	214.0	26.2	268	2
038-TEM-P72	28	10.20	81.7	212.1	26.0	265	2
Promedio					25.8	263	

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 DISCUSIÓN

En la presente tesis de investigación se determina como es que influye la adición de perlas de poliestireno expandido en el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de concreto para losas aligeradas, así respondiendo a la pregunta de investigación, prosiguiendo con el sentido y verificando la hipótesis planteada que se presenta al principio del presente informe se indica que la adición de perlas de poliestireno expandido si influye de manera directa en la resistencia a la compresión en sus diferentes porcentajes de sustitución por el agregado fino, además también presentan variaciones en los ensayos del concreto en estado fresco con la adición de este material EPS. Los resultados y valores obtenidos a partir de los ensayos realizados en el Laboratorio TEM son confiables y seguras, pues estas se han realizado bajo la supervisión de profesionales – tesista; y basándose en todas las Normativas Técnicas Peruanas vigentes que establecen los métodos y procedimientos adecuados para cada uno de los ensayos a realizar ya sea en campo o en el interior, tal como se han presentado los valores es como se obtuvieron originalmente en cada uno de los ensayos sin alteraciones ni variaciones.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1.1 Análisis granulométrico de los agregados

Llevar a cabo la realización del análisis granulométrico de los agregados es importante y fundamental luego para su uso, si es factible y apto el material ensayado, pues esta permite conocer la medida de los granos y partículas que están presentes en la muestra analizada, así mismo se puede extraer la información como sus propiedades mecánicas, físicas, detalles y cantidad o pesaje por tamaño dentro de una escala granulométrica. Para esto es necesario y

primordial guiarse de la NTP 400.012, la cual indica el método y procedimiento adecuado para la realización de la determinación de la distribución por tamaño de partículas de los agregados por tamizado.

De acuerdo al ensayo realizado para el agregado fino, que se realizó con una muestra de peso 1000 gramos, obteniendo así su módulo de finura promedio de un valor de 2.65 y comparando de acuerdo a la NTP 400.037 de especificaciones normalizadas para agregado en concreto nos indican que los valores o rangos límite están entre 2.3 a 3.1, por lo cual cumple con este aspecto y requisito. En el mismo inciso 6.2 de la NTP 400.037 señala que el agregado fino no debe tener más del 45 % entre dos mallas consecutivas, por lo cual si analizamos y observamos los valores en la Tabla N° 36 también cumple con este requisito que indica la norma, continuando con los requisitos también se establece que en el fondo el porcentaje de peso retenido parcial no será mayor a 3, si analizamos la misma tabla 36 nos da cuenta de que cumple en este aspecto ya que se tiene un valor de porcentaje de peso retenido de 2,3.

Para el caso del ensayo granulométrico del agregado grueso que tiene su Tamaño Máximo Nominal piedra chancada $\frac{3}{4}$ de pulgada, de acuerdo a la Tabla 3: Requisitos granulométrico del agregado grueso indicada en la NTP 400.037, cumple y está dentro del rango según criterio los límites de huso establecidos tal como se puede apreciar en la curva granulométrica de la Figura N° 10 , además se obtiene que su módulo de finura de valor 7.08, realizando una comparación de los límites que establece en la norma indica que debería estar entre 7.3 a 8.9 por lo cual hace que esta ligeramente por debajo de lo normado. Y respecto a lo que indica según norma en el fondo de los tamices su peso retenido parcial no debe exceder el 1 % de la muestra, y tal como se aprecia en la Tabla N°37 del Resultado del ensayo granulométrico del agregado grueso no supera el 0.2 %.

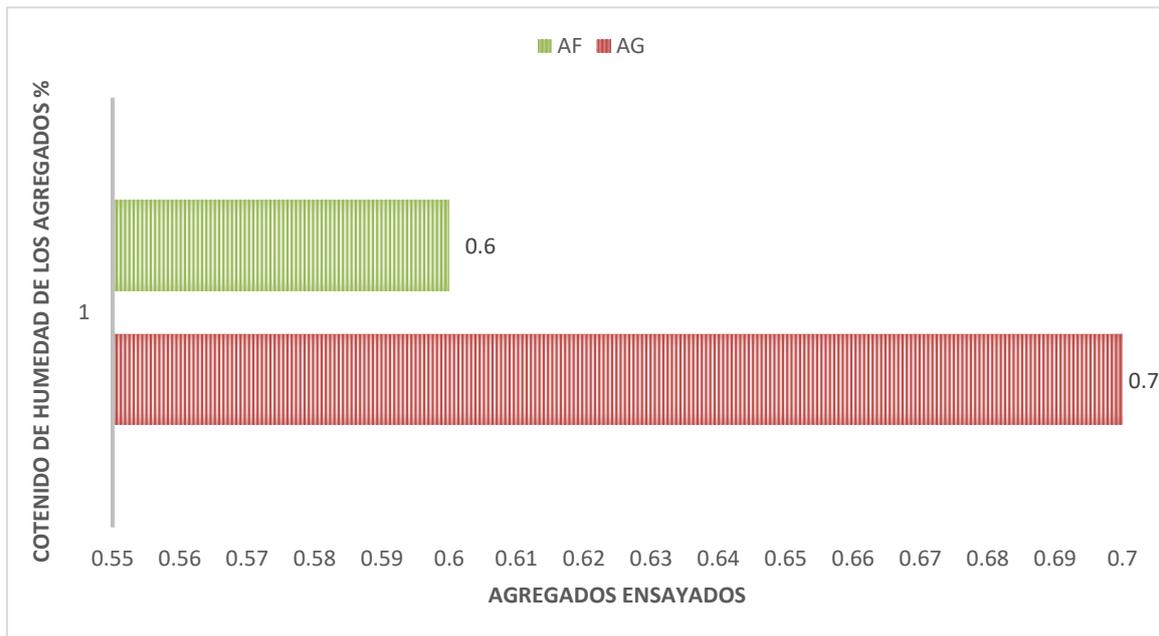
Entonces de acuerdo a los resultados obtenidos y realizando la comparación con el cumplimiento que indican las normas técnicas peruanas, se opta por criterio y lineamiento el uso de los agregados de esta cantera seleccionada para luego realizar el diseño de mezcla patrón y con adición de perlas de poliestireno.

4.1.2 Contenido de humedad de los agregados

Determinar el contenido de humedad de los agregados, bajo la NTP 339.185 y ASTM D-2216-98, que establece el procedimiento correcto y adecuado para la determinación del porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado ya sea fino o grueso por secado, es muy importante puesto que conocer estos valores nos permitirá tener un conocimiento más adecuado y cercano de la cantidad de agua que se le agregara en la mezcla pues supone que de ello dependerá en el concreto que su fraguado sea más rápido o más lento, además guarda directa relacion con la resistencia final que obtendrá el concreto.

En ensayo de contenido de humedad promedio del agregado fino resulto ser de 0.6 %, por debajo de los límites establecidos, para el caso del agregado grueso nos resultó promedio de contenido de humedad 0.7 %, que dentro de los rangos que va de 0.5% a 3.0% está dentro los limites cumpliendo bastante.

Gráfico de barras- Contenido de humedad de los agregados %



Nota: Comparación del contenido de humedad de los agregados fino y grueso, elaboración propia.

4.1.3 Ensayo peso unitario suelto y compactado de los agregados

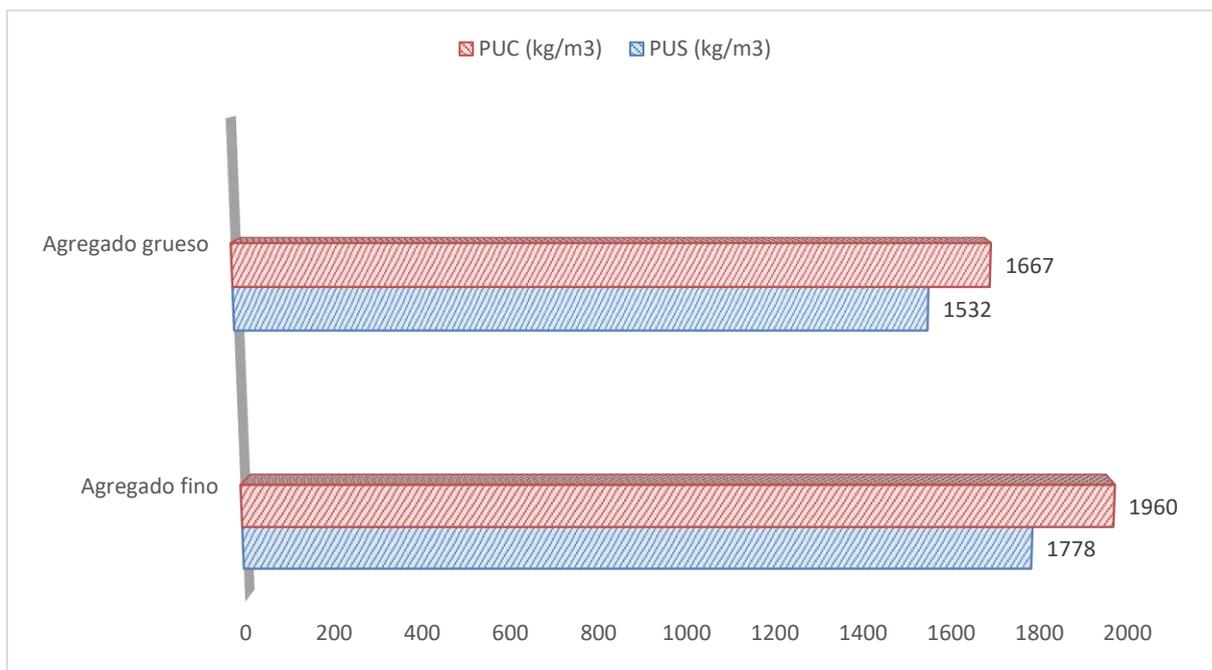
El ensayo del PUS y PUC de los agregados, que bien se puede determinar por la NTP 400.017 o la norma ASTM C-29, nos da como resultados como tal se puede notar en las Tablas N° 40 y 41 para los agregados fino y grueso respectivamente; tenemos que para el caso del agregado fino luego realizar las 3 repeticiones como señala la norma nos entrega como promedio para el caso del peso unitario suelto (PUS) un valor de 1778 kg/m^3 y para el peso unitario compactado (PUC) con 1960 kg/m^3 . Para el caso del agregado grueso tenemos resultados obtenidos a partir de los cálculos realizados de 1532 kg/m^3 y 1667 kg/m^3 en peso unitario suelto y compactado respectivamente.

De acuerdo a lo que nos indica la NTP 400.017 para el caso del PUS en el agregado fino debe estar en un rango de $1400 \text{ kg/m}^3 - 1600 \text{ kg/m}^3$ de tal forma que no cumple con este aspecto ya que supera los valores, en tanto el límite que la misma norma establece para el

AF en PUC, es de importancia ya que con ello se obtienen los datos necesarios para el proporcionamiento adecuado en la elaboración de mezclas de concreto, debería encontrarse entre $1500 \text{ kg/m}^3 - 1700 \text{ kg/m}^3$ y también observamos que sobrepasa estos valores. Por otro lado, realizando la misma comparativa con la NTP 400.017 en el PUS para el AG indica un rango de $1500 \text{ kg/m}^3 - 1600 \text{ kg/m}^3$, cumpliendo así con estos límites establecidos; prosiguiendo para la parte del PUC en AG nos da como límites entre $1600 \text{ kg/m}^3 - 1900 \text{ kg/m}^3$ también cumpliendo con estos márgenes normados.

Figura N° 12

Gráfico de barras- Peso unitario suelto y compactado de los agregados (kg/m^3)



Nota: Representación del peso unitario suelto y compactado de agregados fino y grueso, elaboración propia.

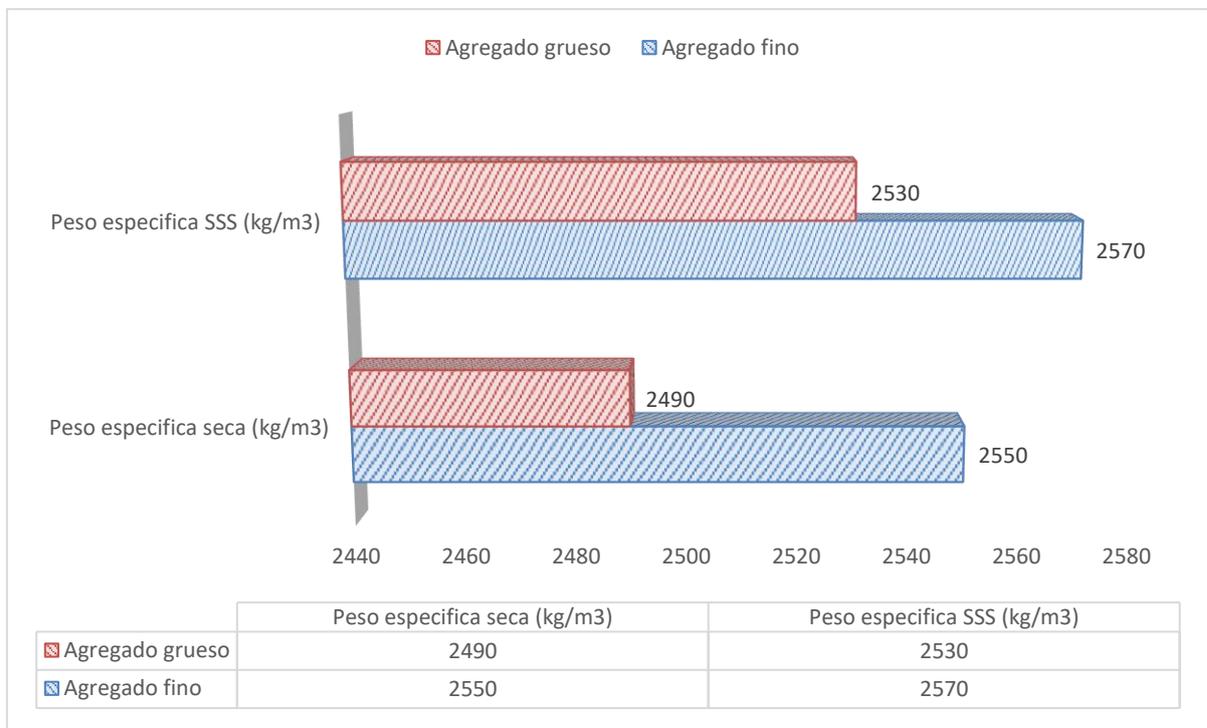
4.1.4 Ensayo peso específico y absorción de los agregados

Para entender lo que referimos como peso específico de acuerdo a las normativa técnicas, se entiende que es la relación de su peso respecto a su mismo peso de un volumen igual de agua, esto es de importancia cuando se requiere para el cálculo de proporción en el diseño de mezcla o su corrección si llegara a ser el caso. En las Tablas N° 42 y 43 se presentan los

resultados obtenidos del ensayo peso específico para los agregados fino y grueso respectivamente; para el primer agregado se obtuvo un promedio de valor de 2550 kg/m^3 , de acuerdo con normativas externas indican que los límites no deben ser menores a 2500 kg/m^3 y no debe ser superior a 2900 kg/m^3 por lo tanto se encuentra dentro del rango establecido, además se puede considerar como una buena arena ya que sus partículas no están tan disipadas y conjunta de esta forma hará que en el concreto su porosidad disminuya. Para el agregado grueso se obtuvo un peso específico base seca de 2490 kg/m^3 , según indicaciones de límites en normativas y estudios debería encontrarse entre 2250 kg/m^3 a 2850 kg/m^3 ; concluimos que esta piedra chancada obtenido de la cantera señalada en la ficha de registro (Ver Anexo N° 5) es apta para el uso en la mezcla ya que con esta por sus propiedades físicas se lograrán en el concreto buenas propiedades mecánicas.

Figura N° 13

Gráfico de barras- Peso específico de los agregados (kg/m^3)

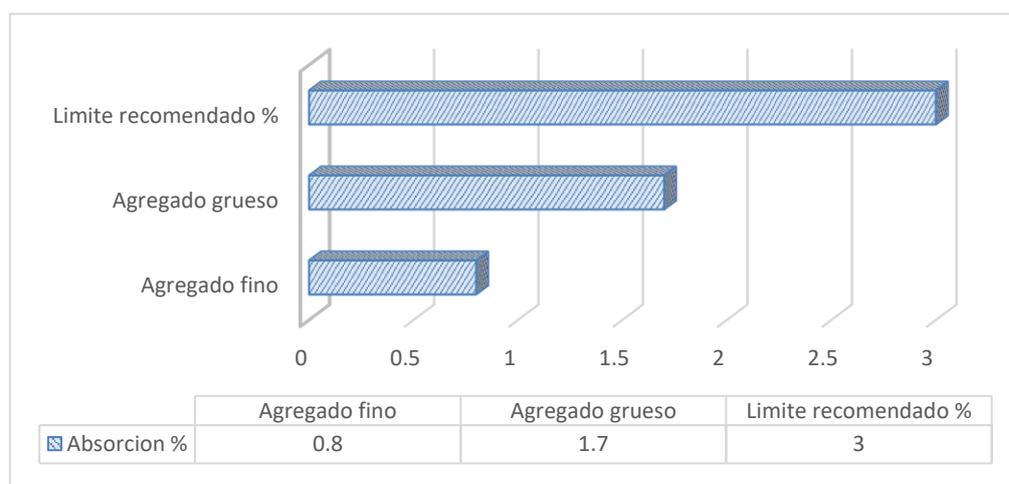


Nota: Comparativa de los agregados respecto al Peso específico seco y en estado SSS. Elaboración propia.

La absorción, según las NTP 400.021 y 400.022, lo definen como el aumento de la masa del agregado debido al agua que se penetra en los poros de las partículas, esto durante un periodo de tiempo regulado, pero no se incluye el agua que se adhiere a la superficie exterior de las mismas. Habiendo seguido los procedimientos que establecen las normas para tal su agregado, se obtiene los resultados que denotan los valores en las Tablas N° 42 y 43 para el agregado fino y grueso respectivamente donde se expresan en porcentaje de la masa seca, los resultados extraídos a partir de los ensayos nos dieron valores de 0.8 % y 1.7 %, de estos valores entendemos que si bien no sobrepasan el límite indicado en normas y resultados ensayados en otros estudios que indican como un límite de hasta el 3 % ya que su porosidad sería mucho mayor por lo cual este tipo de materiales requeriría de más cantidad de agua en el momento de la mezcla con los otros material para formar el concreto, pero en el mismo sentido también podemos hacer inferencia y observado las tablas N° 38 y 39 de Resultados del ensayo de contenido de humedad en AF y AG, denotamos que son valores mayores a estos por lo cual en su diseño de mezcla se tuvo que realizar una corrección por humedad para optimizar así que el hormigón o concreto sea más homogéneo.

Figura N° 14

Gráfico de barras- Absorción de los agregados (kg/m^3)



Nota: representación gráfica del límite de absorción y valores obtenidos para el agregado fino y grueso.

4.1.6 Asentamiento o slump del concreto

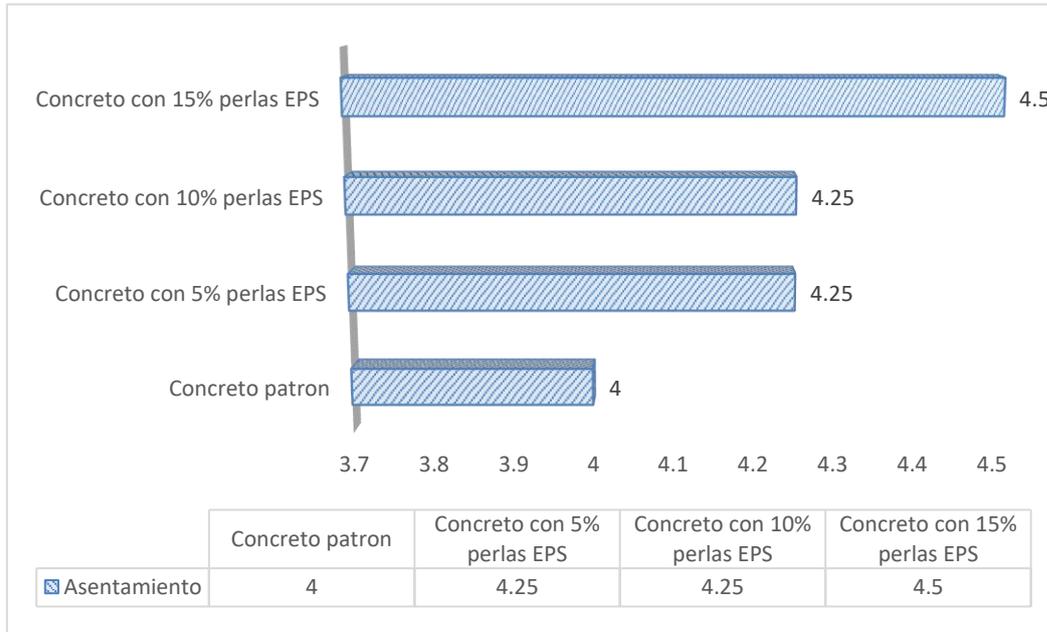
Entendiendo la definición del asentamiento o slump, de acuerdo a la NTP 339.185, nos referimos al grado de soltura o de consistencia de la mezcla recién elaborada y esto posteriormente según la unidad de medida que obtengamos a partir del ensayo nos indicara para que tipo de uso y en que campo de aplicación podemos usar este tipo de concreto, nos referimos a que un concreto que tiene mayor asentamiento presentara mayor facilidad de amoldamiento y trabajabilidad. Este ensayo fue realizado al tipo de concreto patrón y los 3 diseños de mezcla con adición de perlas de poliestireno expandido, tal como se muestran en las tabla N° 44 con unidad de medida en pulgadas. En la mencionada tabla de resultados del asentamiento se presenta que desde el concreto patrón hasta la mezcla con mayor adición de perlas de poliestireno expandido su asentamiento va en aumento, es decir presenta una tendencia de que a su mayor introducción de este material aditivo su asentamiento ira directamente proporcional a ello, cabe mencionar que las perlas de EPS usadas en los distintos diseños de mezcla tiene una densidad de 11.21 kg/m^3 .

Si observamos con detenimiento en el concreto patrón se obtiene un asentamiento de 4 pulgadas, esto se puede relacionar con la capacidad de absorción del material fino que como se había indicado anteriormente es relativamente bajo y por lo tanto no requiere más exceso en cantidad de agua. Si se continua con el análisis de la Tabla N° 43 ya observamos una tendencia a la alza en cuanto a mayor uso de perlas EPS, para los diseños de mezcla de concreto con adición de 5 % y 10 % presenta un valor de 4.25 pulgadas en el asentamiento, mientras que para el diseño de concreto con 15 % de adición perlas EPS presenta un valor mayor y llega hasta los 4.5 pulgadas. Podemos entender esta tendencia como a la relacion de sustitución de las perlas EPS por la arena, pues estas en su composición de cerca del 98 % de aire que no es absorbente a diferencia del material agregado fino, por lo tanto, el agua

que no es absorbida por este material conlleva a que el concreto o mezcla final presente una consistencia mucho más fluida que a comparación del concreto patrón (0 % de perlas EPS).

Figura N° 15

Gráfico de barras- Asentamiento del concreto patrón y con adición de EPS (kg/m³)



Nota: Valores de asentamiento obtenidos para los concretos a diversos porcentajes de adición de perlas EPS.

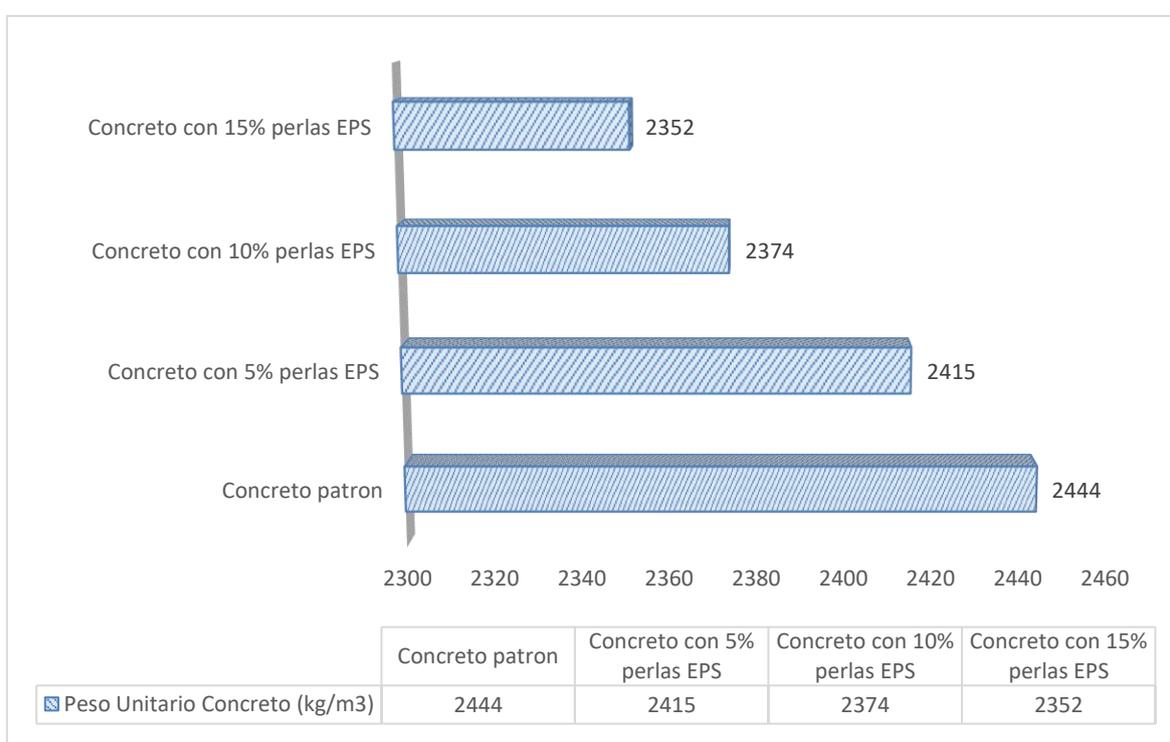
4.1.7 Peso unitario del concreto patrón y con perlas de poliestireno expandido

Los resultados obtenidos, de acuerdo al procedimiento de la NTP 339.046 y ASTM C138 que establecen los lineamientos para la determinación de la densidad (peso unitario) del concreto en estado fresco, son relevantes en nuestro estudio puesto que con ello nos permite conocer las propiedades de una mezcla. Los valores que se muestran en la Tabla N° 45 empezando por el concreto patrón que presenta un PUC de 2444 kg/m³ e inmediatamente advertimos como según a mayor incremento de la sustitución de las perlas poliestireno expandido por el agregado fino según su % el peso unitario del concreto va disminuyendo, pues así es como se presentan en las dosificaciones del concreto con adición al 5 % de perlas EPS que tiene un valor PUC 2415 kg/m³, el concreto con 10 % de EPS cuenta con 2374 kg/m³ y por ultimo siguiendo la tendencia a la baja el concreto con 15% de perlas EPS

tenemos un valor de 2352 kg/m^3 , podemos interpretar y deducir fácilmente que era una reacción esperada, puesto que como bien conocemos la densidad de las perlas EPS y su composición que es cerca del 98 % aire y 2 % de estireno hace que la mezcla contenga más aire y por lo tanto su peso disminuya considerablemente, esto según la sustitución al agregado fino que determinemos.

Figura N° 16

Gráfico de barras- Peso Unitario concreto patrón y con adición de EPS (kg/m^3)



Nota: Comparativa de valores en PUC de los diversos tipos de concreto elaborados con adición de perlas EPS.

4.1.8 Resistencia a la compresión

Este ensayo se basó en la NTP 339.034 y ASTM C39, las cuales establecen el procedimiento adecuado para determinar la resistencia a la compresión (f_c) de los especímenes cilíndricos de concreto que han sido elaborados en campo o en laboratorio. Es importante realizar este tipo de ensayos ya que con ello según los resultados que se obtengan posteriormente se van a emplear para la verificación de que la mezcla de concreto cumpla con los requerimientos

de la resistencia diseñada y según ello también dar el visto bueno para su uso en una estructura o campo de aplicación determinada.

Los factores que influyen en la resistencia a la compresión del concreto está sujeto a la calidad y contenido de cemento, la relación agua-cemento, contenido de aire y fundamentalmente de la calidad de los agregados, es por ello también que se realizan los ensayos previos para la verificación del cumplimiento de todos los parámetros físicos y mecánicos, también entre otros factores externos como el tiempo de fraguado, etc.

Los diseños de mezcla se elaboraron para un requerimiento específico de resistencia ($f'c$) de 210 kg/cm^2 , de acuerdo a Norma Técnica de Edificación E.060 de concreto armado en la tabla 5.3 de la misma norma señala que resistencia promedio requerida ($f'cr$) deberá cumplir con el valor de diseño más 8.5 Mpa , tal como se muestra a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 64

Resistencia promedio a la compresión requerida, cuando no existe datos para determinar una desviación estándar

Resistencia especificada a la compresión, Mpa	Resistencia promedio a la compresión, Mpa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7,0$
$21 < f'c < 35$	$f'cr = f'c + 8,5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1,1f'c + 5,0$

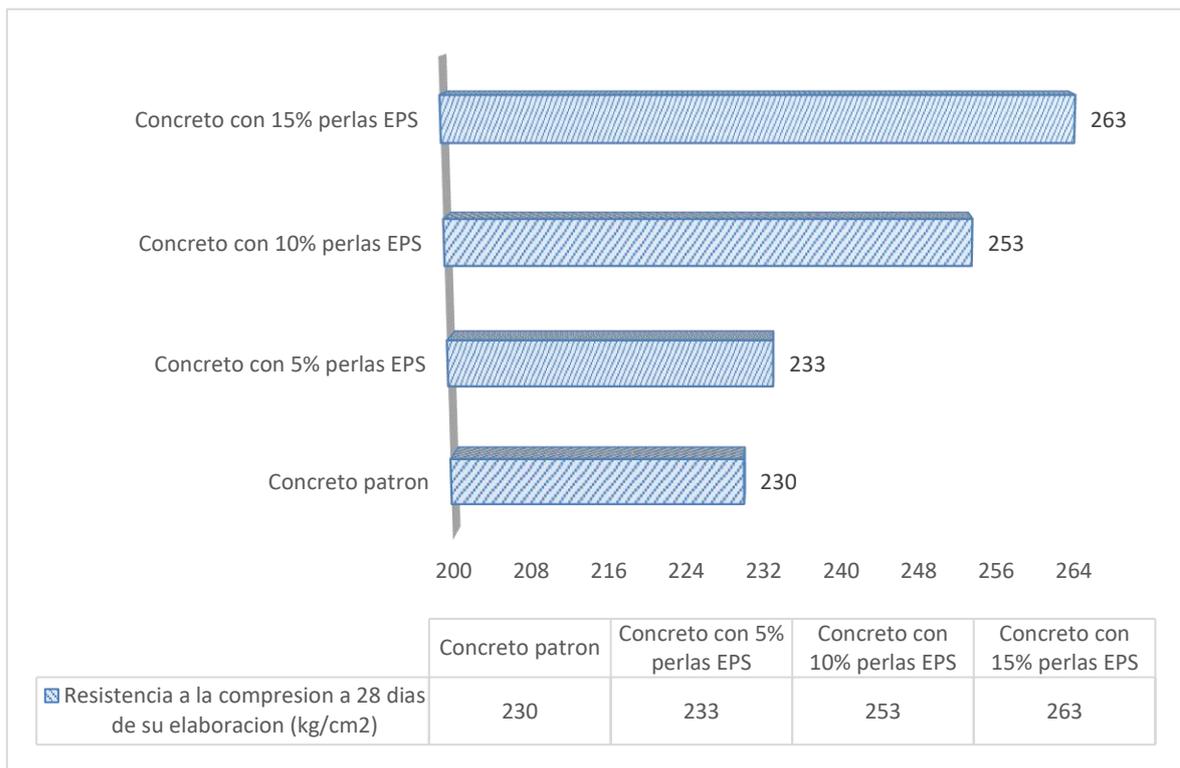
Nota: Adaptada de la Tabla 5.3 del RNE Norma E.060

Los resultados de la resistencia a la compresión, a 28 días de su elaboración que es el tiempo adecuado donde ya obtiene el 100% de su resistencia, de las probetas elaboradas presentaron una tendencia, que marca tal vez contrario a lo que se podría suponer, a elevar su resistencia a la compresión según su cantidad adicionada de las perlas de poliestireno expandido, es decir es una relación directamente proporcional. Los valores que obtenemos de la resistencia

a la compresión a 28 días de su realización para el concreto patrón es de 230 kg/cm², seguidamente el concreto con adición del 5 % de poliestireno expandido presenta un aumento en 1.30 % (233 kg/cm²) al valor del concreto patrón, mientras que el concreto con adición del 10 % de perlas EPS presenta un aumento del 10 % en relación al concreto patrón (253 kg/cm²) y por último el concreto con adición del 15 % obtenemos que su resistencia a la compresión es de 263 kg/cm², es decir un aumento en 14.3 % más respecto al concreto patrón (0 % de adición de perlas EPS).

Figura N° 17

Gráfico de barras- Resistencia a la compresión de concreto patrón y con perlas EPS (kg/cm²)



Nota: Valores promedio en el ensayo resistencia a la compresión de los distintos tipos de concreto elaborados.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON ANTECEDENTES

Asentamiento o slump del concreto

De acuerdo a la Tabla N° 44, resultados del ensayo de asentamiento del concreto con perlas de poliestireno expandido con densidad de 11.21 kg/m^3 , a los promedios obtenidos de todos los diseños de mezcla se muestra una tendencia y rango de limite desde el concreto patrón al concreto con más adición de perlas de poliestireno expandido que no baja de las 4 pulgadas y no excede las 4,5 pulgadas, como tal se relacionan con los resultados obtenidos del estudio de Naiza (2017), que en su diseños de mezcla elaborados D1, D2 y D3 que van desde el más bajo porcentaje de perlas de poliestireno expandido a más cantidad, su asentamiento va aumentando teniendo un rango de límites entre 3 a 6 pulgadas para estos ensayos, indicando que el más adecuado es el tipo de concreto de diseño 1:2:3 (1 de cemento, 2 de arena, 3 de poliestireno más agua); resultados que podrían esperarse y siendo lógicos ya que la composición del mismo poliestireno que no es un material absorbente ni higroscópico por lo cual el agua que debería ser absorbida por lo que se sustituyó, es decir la arena, ya no esta y en vez de ella las perlas de EPS hacen que el concreto tenga una consistencia mucho más fluido por lo cual según lo que indica Chuquizapon & Ibañez (2020) este material al no absorber el agua conlleva a que el concreto tenga mayor asentamiento que en comparación al diseño que usa el material de la arena y también señala que de acuerdo a la densidad de las perlas EPS también influye en el slump que pueda tener el concreto.

Peso unitario del concreto

Según lo que nos indica en la investigación de Chuquilin (2018) que se centra el objetivo de determinar las propiedades mecánicas de un concreto liviano estructural con la adición de perlas de poliestireno (PPE) en diversas dosificaciones, y respecto a los resultados obtenidos en el ensayo peso unitario del concreto para los porcentajes de sustitución en 10 %, 20 %,

30 %, 40 % y 50 % se presentaron disminuciones en 2.22 %, 4.89 %, 7.48 %, 11.38 % y 15.41 % respecto al concreto patrón que obtuvo un valor de 2430 kg/m³. Valores parecidos que se obtienen en el presente informe donde también se presenta esta tendencia de acuerdo a mayor cantidad de perlas EPS en el concreto su peso unitario compactado (PUC) va disminuyendo, es decir es inversamente proporcional, obteniendo de acuerdo al concreto patrón 2444 kg/m³ disminuciones de 1.19 %, 2.86 % y 3.76 % en los diseños de concreto de 5 %, 10 % y 15 %; de esta forma guardando relación aunque en menor medida ya que la sustitución que se emplea para este caso no está tan elevado como en el estudio de Chuquilin (2018), y el agregado fino está más presente en este tipo de diseños de mezcla. Además, se demuestra que su uso para losas aligeradas es apto, ya que de acuerdo al estudio de Vera (2018) se considera concreto estructural, a los que su densidad oscila entre 2200 kg/m³ a 2600 kg/m³ y para lo cual todos los diseños de mezcla elaborados en Laboratorio cumplen con la presente condición.

Resistencia a la compresión del concreto con adición de EPS

Contrastando los valores promedio de resistencia a la compresión de los concreto patrón y diseñados con adición de perlas poliestireno expandido en sustitución al agregado fino, en dosificaciones de 5%, 10% y 15% y que de acuerdo a las Tablas N° 56, N° 57, N° 58 y N° 59 donde se exponen los valores a 28 días de su elaboración, que es a esta edad donde el concreto ya llega al 100% de su capacidad de obtención de resistencia, por lo cual se presentan primero los valores en el Concreto patrón alcanzando 230 kg/cm², a partir de acá según mayor cantidad de adición de perlas EPS al concreto su resistencia ira aumentando, para el concreto con adición al 5 % de perlas EPS se obtiene promedio de resistencia a la compresión 233 kg/cm², en el concreto al 10 % de perlas EPS su resistencia es de 253 kg/cm² y el ultimo diseño de mezcla con 15 % de perlas eps en su composición obtuvo una

resistencia a la compresión (R_c) de 263 kg/cm^2 ; resultados distintos a los que obtiene en el estudio de Chuquilin (2018), donde si bien las sustituciones son mayores y en más cantidad (10 %, 20 %, 30 %, 40 % y 50 %) pues se presentan con una tendencia inversamente proporcional ya que a mayor cantidad de adición de perlas de poliestireno expandido su resistencia a la compresión, a 28 días de su elaboración, presenta disminuciones partiendo por el concreto patrón que obtuvo un valor de 283 kg/cm^2 , en adelante todas las probetas ensayadas a distintas dosificaciones presentaron una tendencia de disminución, en el concreto con 10 % de PEPS (perlas de poliestireno expandido) se obtuvo una resistencia a la compresión de 276 kg/cm^2 , para el concreto con 20 % de PEPS un resistencia a la compresión de 264 kg/cm^2 , con 30 % de PEPS una R_c de 256 kg/cm^2 , en 40 % de PEPS un R_c de 242 kg/cm^2 y para el concreto con 50 % de adición de PEPS un R_c de 222 kg/cm^2 .

De igual manera para la investigación de Chuquizapon & Ibáñez (2020), que de los resultados obtenidos demuestran que los porcentajes adecuados para obtener un concreto liviano estructural para losas aligeradas con adición de poliestireno expandido obtiene un punto medio de sustitución según el material, ya que a mayor % las propiedades físicas y mecánicas del concreto disminuyen y no es posible su uso por las restricciones y normativa E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Según su aumento en la fabricación de un concreto más ligero su densidad y peso disminuye, logrando el objetivo pero también impacta y de manera negativa en sus demás propiedades como la resistencia a la compresión, la cual según él porcentaje de EPS incluido a mayor cantidad, su valor de R_c es menor, tal como se hace notar en los resultados partiendo por su Concreto con 0 % de adición de PEPS que obtiene un valor de 412 kg/cm^2 , y en las dosificaciones del 15 %, 30 %, 45 %, 50 % y 60 % disminuye en 10.9 %, 20.8 %, 35.2 %, 37.1 %, y 42.5 % respectivamente con respecto al valor del concreto patrón inicial, si bien el mencionado estudio realiza con perlas y micro

perlas de diferentes densidades, de 7.35 kg/m^3 y 21.12 kg/m^3 respectivamente, y en ambos varían su resistencia, pero se demuestra que el Tecnopor o poliestireno a mayor valor sea su densidad entregara un aporte de mayor resistencia a la compresión al concreto en su estado final; por lo cual y siguiendo esta línea podemos inferir que para el presente caso de trabajo al usar un solo tipo de perla de poliestireno expandido (PPE) con una densidad de 11.21 kg/m^3 beneficio en este aspecto o propiedad mecánica del concreto elaborado y además siendo que la sustitución por el agregado fino no se realizó en grandes cantidades como es el caso de los estudios mencionados.

De la investigación realizada por Goncalves & Vasconcelos (2019), en la cual se exponen resultados de bloques de hormigón con adición de poliestireno expandido reciclado, y se señala que máximo % de sustitución del árido grueso por el EPS es de 5 %, ya que a dosificaciones más altas la resistencia mecánica presenta una relación inversa al contenido de EPS reduciéndola notablemente y en tal sentido su adaptabilidad o flexibilidad al cambio por la introducción de un nuevo material alternativo al ya convencional es relativamente bajo, esto coloca en similitud con los resultados obtenidos de la presente investigación que mencionan los límites de sustitución deberían darse entre 5 % - 30 %, pero por el agregado fino mas no por el agregado grueso tal como es el caso del estudio de Goncalves & Vasconcelos, pero se recalca el aspecto de la disminución y caída de propiedades mecánicas del hormigón para ambos casos.

En la investigación de Carvalho & Motta (2019) sobre el estudio de las propiedades de los hormigones ligeros con la adición de poliestireno expandido (EPS) nos indica que los resultados de adición de este material tiende a una disminución de la resistencia a la compresión en los hormigones analizados en sus distintos porcentajes (%), y en algunas muestras reduce hasta un valor de 40% cuando se realiza la sustitución por el agregado

grueso, en el caso del agregado fino hasta un 17.7 % de sustitución EPS también presenta impactos negativos en sus propiedades físico-mecánicas, por lo cual el estudio indica que debe realizarse en un % más bajo al analizado, entonces bajo esta premisa los resultados obtenidos de la R_c en nuestro estudio nos llevan a inferir en comparación con este antecedente, ya que nuestro caso es sustituir las perlas de poliestireno expandido por el agregado fino, estamos realizando un correcto procedimiento y si bien nuestros resultados no concuerdan con la mayoría de estudios previos pues se marca una nueva tendencia ya que por los factores previos a la obtención del concreto final ya sea de los agregados, desarrollo, factores externos, etc nos lleva a obtener un concreto estructural que puede ser utilizado en losas aligeradas sin pérdida de sus propiedades mecánicas y además se tienen alternativas de agregados sintéticos para que de esta manera se puedan disminuir los costos de producción, transporte, nuevas tecnologías de construcción, etc.

4.2 LIMITACIONES

En el aspecto de las limitaciones se puede mencionar que esté presente estudio de investigación se orienta únicamente a la obtención de un concreto ligero para su uso o aplicación en losas aligeradas, Trujillo-2022.

- En esta línea de limitaciones que se presentaron se puede mencionar la cantidad limitada de estudios relacionadas a la investigación en el ámbito a nivel nacional.
- La limitación más presente y complicada que se tuvo para el desarrollo de la investigación se debió a la pandemia del COVID 19, impedidos de realizar en ese momento una investigación experimental, por lo cual se retrasó un poco el avance y presentación del entregable final.
- Si bien tenemos el Reglamento Nacional de Edificaciones, con normas establecidos para los correctos método de procedimiento para diversos ensayos, aun no tenemos

una Norma adecuada para la elaboración de concreto con adición de perlas de poliestireno expandido.

UBICACIÓN DE RESULTADOS EN UNIDAD DE ESTUDIO

En esta presente investigación de los resultados obtenidos a partir de las investigaciones analizadas y expuestas en las tablas y figuras del capítulo 3 de Resultados de la presente investigación, podemos mencionar que los resultados principalmente se engloban la unidad de estudio de probetas de concreto patrón y con adiciones de poliestireno expandido en sustitución al agregado fino , en las cuales se obtienes distintos resultados por su naturaleza o finalidad de estudio, se exponen resultados acerca de los estudios que enfocan su objetivo a evaluar la influencia del EPS en el concreto liviano para losas de tal forma que se debe obtener la resistencia mínima requerida para tal fin como indica el RNE.

4.3 CONCLUSIONES

Se determina la influencia de la adición de perlas de poliestireno expandido en un concreto para su uso en losas aligeradas; los diseños de mezcla con adición de perlas EPS de densidad 11.21 kg/m^3 en dosificaciones 0 %, 5 %, 10 % y 15 % de sustitución por el agregado fino se comprueba que el peso unitario de concreto de acuerdo a mayor cantidad adicionada en el concreto este disminuía, relación distinta para el asentamiento y resistencia a la compresión ya que a mayor cantidad de adición de perlas en el concreto estos factores aumentan respecto al concreto patrón o convencional.

Se realiza la caracterización para los agregados fino y grueso, bajo las Normas Técnicas Peruanas que establecen el adecuado método y procedimiento de la realización de los ensayos, para el agregado fino se consigue un módulo de finura de 2.65 y su contenido de humedad tuvo un valor de 0.6 %, para su peso unitario suelto y compactado promedio se obtuvo valores de 1778 kg/m^3 y 1960 kg/m^3 respectivamente, en peso específico promedio 2550 kg/m^3 y su absorción un valor de 0.8 %. Para el agregado grueso de Tamaño Máximo nominal de $\frac{3}{4}$ pulgada, se obtiene un módulo de finura de 7.08 y su contenido de humedad de 8 %, respecto al peso unitario suelto y compactado promedio de las muestras se obtiene valores de 1532 kg/m^3 y 1667 kg/m^3 respectivamente, en su peso específico de valor 2490 kg/m^3 y en el ensayo de absorción un promedio valor de 1.7 %.

Se evalúa el asentamiento, peso unitario bajo las NTP 339.035 y NTP 339.046 respectivamente para cada ensayo de los concretos a distintas dosificaciones con adición del poliestireno expandido, es decir a los diseños del concreto patrón (0 %), concreto con 5 % de EPS, 10 % y 15 %. Partiendo por el asentamiento del concreto patrón que obtuvo un valor de 4 pulgadas, mientras que para los concretos con adición de perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m^3 , al 5 %, 10 % y 15 % se obtiene un asentamiento

promedio de 4.25 pulg, 4.25 pulg y 4.50 pulg. respectivamente. En los ensayos del peso unitario del concreto para los 4 diseños empezando por el concreto patrón, es decir sin ninguna sustitución por el agregado fino (0 %), se obtiene un valor promedio de 2444 kg/m^3 , por su parte en los concretos con adición de perlas poliestireno expandido al 5 %, 10 % y 15 % se obtuvieron valores de 2415 kg/m^3 , 2374 kg/m^3 y 2352 kg/m^3 en el mismo orden indicada para cada uno.

En el mismo sentido también se evalúa la resistencia a la compresión, de acuerdo a la NTP 339.034, de los diferentes tipos de concreto con y sin adición de perlas de poliestireno expandido en sustitución al agregado fino, ensayados a edades de 7, 14 y 28 días desde su elaboración. A 7 días de su elaboración, para el ensayo de resistencia a la compresión en el concreto patrón se alcanza un promedio de 131 kg/cm^2 , mientras que para los 3 tipos de concreto con adición de perlas de poliestireno expandido al 5 %, 10 %, y 15 % se obtienen valores promedio de 149 kg/cm^2 , 172 kg/cm^2 y 201 kg/cm^2 respectivamente. Para la edad a 14 días desde su elaboración partiendo por el concreto patrón se logra un valor promedio de 181 kg/cm^2 , por su parte para los concretos con adición de 5 %, 10 % y 15 % obtuvieron valores de 193 kg/cm^2 , 226 kg/cm^2 y 240 kg/cm^2 respectivamente. Finalmente, y a edad en la cual el concreto obtiene la máxima capacidad de su resistencia, es decir a 28 días desde su elaboración, realizado el ensayo bajo la NTP 339.034 para el concreto patrón se alcanza una resistencia a la compresión promedio de 230 kg/cm^2 , y para los concretos con adición de perlas EPS en sustitución al agregado fino en función de su volumen, a 5 %, 10 % y 15 % se obtienen valores de 233 kg/cm^2 , 253 kg/cm^2 y 263 kg/cm^2 respectivamente. De acuerdo a estos resultados obtenidos a 28 días desde su elaboración se concluye que todos los diseños de mezcla con y sin adición de perlas EPS en sustitución al agregado fino o arena en función de su volumen cumplen con el mínimo de resistencia requerido y diseñado en un principio,

ya que todos sobrepasan el valor de 210 kg/cm^2 y pueden ser usados para la aplicación en losas aligeradas.

4.4 RECOMENDACIONES

A las empresas constructoras y las relacionadas al rubro de la construcción se les recomienda realizar un análisis de estudio con respecto a los materiales que son usados en el mundo de la construcción y los materiales alternativos como es el caso del uso de aditivos de poliestireno en bloques que son mayormente usados para las losas o agregados en otras formas de este tipo de material y comparar así los impactos y beneficios que pueden obtenerse a través de estos mecanismos de innovación, respecto a esta presente investigación se entrega un proyecto experimental de información relacionada justamente al uso y estudio de este material plástico y las aplicaciones que puede tener en los sistemas de construcción, específicamente para el uso en losas aligeradas en la ciudad de Trujillo, por lo cual mencionado esto se invita a las empresas constructoras a revisar los presentes estudios no solo a nivel local sino muchos estudios que cuentan con métodos y ensayos realizados a nivel nacional bajo esta misma línea de investigación, ya quedara a criterio y conveniencia para que se puedan aplicar en las construcciones reales en la actualidad.

A los Ingenieros y profesionales de la especialidad, con la presente investigación expuesta se les recomienda si están dentro de las posibilidades realizar o aplicar estos procedimientos de estudio mostrado, tal como se pueden apreciar en los resultados obtenidos del experimento de sustitución de perlas de poliestireno expandido por el agregado fino es viable y mejor aún trae consigo beneficios a las propiedades mecánicas del concreto, esto claramente puede ser posteriormente analizado según para el caso o zona donde se quiera desarrollar o aplicar la misma técnica de sustitución para que puedan ser examinados más a detalle y de tal forma poder aplicar este tipo de sistema constructivo; además se tiene como

antecedentes trabajos nacionales por lo cual es más factible su comprensión y entendimiento, pudiendo de esta manera contribuir a una construcción de edificaciones y viviendas más sustentables, ya que el uso de aditivos de poliestireno se presenta como alternativa en el rubro de la construcción civil para no explotar masivamente las canteras y agotar los materiales tan necesarios para la construcción civil.

A los futuros investigadores, se les recomienda realizar un seguimiento a los estudios relacionadas a los aditivos de poliestireno expandido en todas sus formas y en general a los materiales alternativos que pueden contribuir de tal manera que se desarrolle una construcción más sustentable y eco amigable, ya que como bien entendemos los materiales que son explotados hoy en día para el uso en la construcción civil no son infinitos, por lo mismo se busca una innovación y desarrollo para que a largo plazo no impacte de manera negativa en el medio ambiente y se pueda aprovechar de mejor manera materiales que pueden aportan y ser beneficiosas en la construcción.

REFERENCIAS

- Amianti, M, y Botaro, V. (2008). *Concreto impregnado con polímero (CIP): uso y aplicación del EPS reciclado para reducción de permeabilidad en superficies de concreto*. Revista *Matéria* 13(4), 664–673.
<https://www.scielo.br/j/rmat/a/HdWn5PW9nH5nM7k8qzyPysQ/?lang=pt>
- Arkiplus. (6 de Julio de 2022). *Historia del concreto*. <https://www.arkiplus.com/historia-del-concreto/>
- Arzapalo, S. (2020). *Evaluación de la influencia de las perlas de poliestireno expandido en el concreto 210 kg/cm², Lima – 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58027>
- Avalos, K. (2020). *Influencia del superplastificante y poliestireno expandido en un concreto ligero en losas sobre, conductividad acústica, asentamiento y compresión*. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Trujillo].
<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16824>
- Bastiss, C. (2020). *Técnicas De Recolección De Datos Para Realizar Un Trabajo De Investigación*. <https://online-tesis.com/tecnicas-de-recoleccion-de-datos-para-realizar-un-trabajo-de-investigacion/>
- Briceño, M., Contreras, W. y Owen, M. (2013). *Atributos Eco – estéticos del paisaje urbano*. Revista Luna Azul (34), 26-49.
<https://www.redalyc.org/pdf/3217/321727348003.pdf>
- Bustamante, D. y Diaz, C. (2014). *Evaluación de las propiedades mecánicas de concreto*

alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado. [Tesis de pregrado.

Universidad Nacional de San Agustín, Perú].

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2894>

Carvalho, C y Motta, L. (2019). *Study about concrete with recycled expanded*

polystyrene. Revista IBRACON de Estructuras y materiales, 12(6), 1390–1407.

<https://www.scielo.br/j/riem/a/FhVTDyJnL6tkCkJnznyPCFH/?lang=en>

Chávez, L. (2019). *Influencia del poliestireno expandido reciclado y la fibra de*

polipropileno en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

[Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40814>

Chuquilin, J. (2020). *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]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14821>

Chuquizapon, K & Ibáñez, C. (2020). *Influencia de la densidad de las perlas de*

poliestireno sobre el costo, peso unitario, asentamiento, resistencia a compresión y

flexión en un concreto ligero estructural para losas aligeradas. [Tesis de pregrado.

Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24149>

Condori, B. (2019). *El contenido de humedad en la simulación del comportamiento*

elastoplástico de los suelos, Huancayo en el año 2016. Tesis para doctorado.

[Universidad Nacional Federico Villarreal].

<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3994>

Fernández, D., Lázaro, J., Villalta, J., Colonio, C. y Llanos, T. (2017). *Casas estructuradas con centro de poliestireno expandido*. [Tesis de pregrado. Universidad San Ignacio de Loyola, Perú]. <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/3214>

Fowler, D. (1999). "Polymers in concrete: a vision for the 21st century". Cement & Concrete Composites (21), 449-452.

<https://www.redalyc.org/pdf/1053/105317327008.pdf>

Galtier, G. (2015). *La evolución de los sistemas constructivos y estructurales en las palmas de gran canaria*. [Tesis de doctorado. Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España]. <http://hdl.handle.net/10553/18007>

Galván, A. (2018). *Sustitución de cemento hidráulico por un polímero sustentable en mezclas de concreto y mortero*. [Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro, Mexico].

García, I. (2019). *Comportamiento estructural de los sistemas de poliestireno expandido (emmedue) y albañilería confinada para viviendas de carácter social, 2019*. [Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/55959>

Gonçalves, P, & Vasconcelos, R. (2019). *Evaluación térmica, física y mecánica de*

bloques de hormigón con poliestireno expandido reciclado. Ambiente construido, 19(4), 249–269. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212019000400249&lang=es

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). *Resultados definitivos Tomo 01*.

Archivo

PDF.

https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1544/00TOMO_01.pdf

Jaramillo, A., Karnopp, Z. y Ilha, L. (2019). *Durabilidad de los materiales naturales de construcción: percepciones de proyectistas constructores y usuarios en Florianópolis Brasil*. Revista De Arquitectura (Bogotá), 21(2), 89–100. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2019.21.2.1825>

Lapa, R. (2020). *Efecto del poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo*. [Tesis de pregrado. Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7710>

López, P. (2004). Población Muestra Y Muestreo. Punto Cero, pp 69–74. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012

Molina, C. y Saldaña, S. (2014). *Influencia del aditivo hiperplastificante Plastol 200 Ext®*

en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido.

[Tesis de pregrado. Universidad Privada Antenor Orrego, Perú].

<https://hdl.handle.net/20.500.12759/633>

Moreno, Guzmán, Águila, Capuz & Moreno (2011). *Innovación Al Sistema Constructivo*

De Paneles De Espuma De Poliestireno Expandido, Para Incorporación De

Elementos Estructurales, en Construcción De Vivienda. Congreso Internacional de

Ingeniería de Proyectos.

https://www.aepro.com/files/congresos/2011huesca/CIIP11_0715_0730.3297.pdf

Naiza, G. (2017). *Aplicación del poliestireno expandido en la fabricación de unidades de*

concreto liviano para muros de tabiquería en la ciudad de Arequipa. [Tesis de

pregrado. Universidad Católica de Santa María].

<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/7229>

Oblitas, J. (2018). *Guía de investigación Científica UPN 2018.*

<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-delnorte/metodos/guia-ingenieria-upn-2018/13023098>

Orellana M, & Sánchez, M. (2006). Técnicas de Recolección de datos en entornos

virtuales más usadas en la investigación cualitativa. *Revista de Investigación*

Educativa. <https://www.redalyc.org/pdf/2833/283321886011.pdf>

Paulino, J & Espino, R (2017). *Análisis comparativo de la utilización del concreto simple*

y el concreto liviano con perlitas de poliestireno como aislante térmico y acústico

aplicado a unidades de albañilería en el Perú. [Tesis de pregrado. Universidad

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621457>

Quino, W. (2019). *Optimización de concreto en losas aligeradas en construcción de viviendas, con la incorporación de vacíos esféricos y aplicación del sistema Bubble Deck*. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].

<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3574>

Quiroz, M. y Salamanca, L. (2006). *Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de “ tecnología del concreto ”*. [Tesis de pregrado. Universidad Mayor de San Simón, Bolivia]. <http://bitly.ws/zHdu>

Segura, A. (2017). *Manual de Proceso constructivo de losas bubble deck (BDM) para edificaciones*. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional Autónoma de México].

<http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/13538>

Tantaquilla, C. (2017). *Influencia de piedra pómez sobre asentamiento, densidad, absorción y resistencia a compresión en concreto liviano estructural*. [Tesis de pregrado. Universidad Privada del Norte].

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12533>

Torres, K. & Arias, J. (2018). *Comportamiento de losas alivianadas de hormigón tradicional y mezclado con poliestireno expandido*. [Tesis de Pregrado. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil].
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/2570?mode=simple>

Vera, I. (2018). *Diseño De Un Concreto Liviano Con Poliestireno Expandido Para La*

Ejecución De Losas En El Asentamiento Humano Amauta - Ate - Lima Este. [Tesis de pregrado. Universidad Ricardo Palma].

<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1636>

Vidal, A. (2010). *Caracterización y evaluación del comportamiento de hormigones*

livianos, usando como materia prima poliestireno expandido modificado (meps).

[Tesis de pregrado. Universidad Austral de Chile, Chile].

ANEXOS

Anexo 1: Guía de Observación vacía para registro de análisis granulométrico Agregado fino



TEM
TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

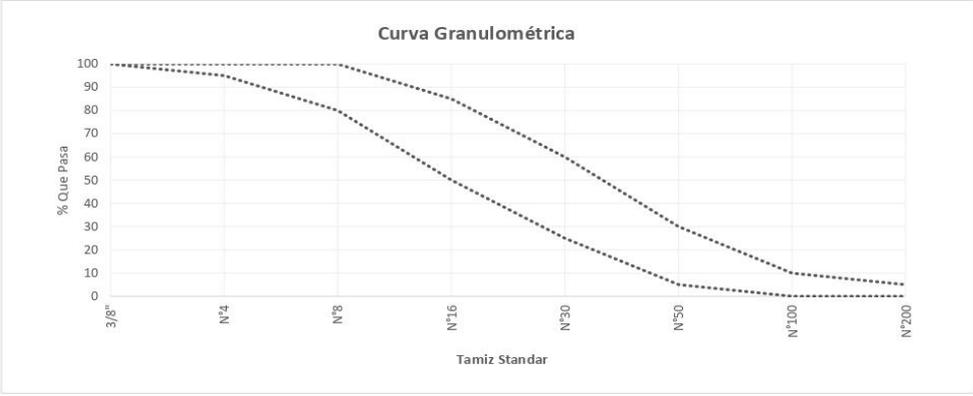
RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.012

MATERIAL : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA :
SOLICITANTES :
FECHA DE ENSAYO :

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites (NTP 400.037)		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
3/8"	9.500					100	100	Características físicas: Tamaño Max. Nom. : Cont. de Humedad: Modulo de Finura:
N°4	4.750					95	100	
N°8	2.360					80	100	
N°16	1.180					50	85	
N°30	0.600					25	60	
N°50	0.300					5	30	
N°100	0.150					0	10	
N°200	0.075					0	5	
Fondo	-							
		0.0	0					

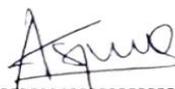
Curva Granulométrica



OBSERVACIONES:
La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191



Alberto Rubén Vásquez Díaz
ING. CIVIL
R. CIP. N° 166228



Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Anexo 2: Guia de Observación vacía para registro de análisis granulométrico agregado grueso



TEM
TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

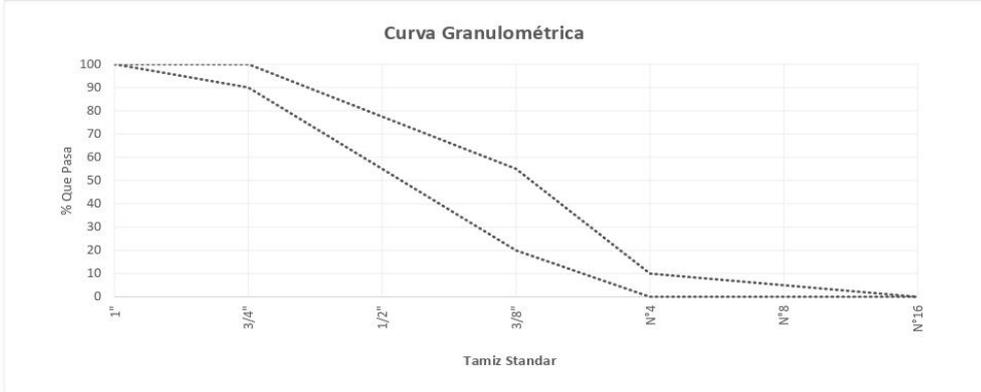
RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.012

MATERIAL : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA :
SOLICITANTES :
FECHA DE ENSAYO :

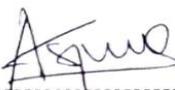
Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites Huso 67 (NTP 400.037)		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
1½"	37.50							Características físicas: Tamaño Max. Nom.: Cont. de Humedad: Modulo de Finura:
1"	25.00					100	100	
¾"	19.00					90	100	
½"	12.50							
¾"	9.50					20	55	
Nº4	4.75					0	10	
Nº8	2.36					0	5	
Nº16	1.18					0	0	
Fondo	-							

Curva Granulométrica



OBSERVACIONES:
 La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
 La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.


 MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Gerente General
 CIP N° 248191


 Alberto Rubén Vásquez Díaz
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 166228


 Ing. Oswaldo David Díaz Pino
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
 Jefe de laboratorio
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av. Oswaldo Herculles 390 Urb. Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Anexo 3: Guía de Observación vacía para registro de contenido de humedad Agregado fino



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

CONTENIDO DE HUMEDAD
NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA :
SOLICITANTES :
FECHA DE ENSAYO :

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr			
Peso recipiente + muestra húmeda	gr			
Peso recipiente + muestra seca	gr			
Peso de muestra húmeda	gr			
Peso de muestra seca	gr			
Peso de agua	gr			
Contenido de humedad	%			

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Alberto Rubén Vásquez Díaz
ING. CIVIL
R. CIP. N° 166228

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Oswaldo Herceles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Anexo 4: Guia de Observación vacía para registro de contenido de humedad Agregado grueso



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

CONTENIDO DE HUMEDAD
NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA :
SOLICITANTES :
FECHA DE ENSAYO :

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

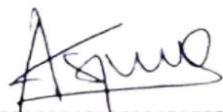
Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr			
Peso recipiente + muestra húmeda	gr			
Peso recipiente + muestra seca	gr			
Peso de muestra húmeda	gr			
Peso de muestra seca	gr			
Peso de agua	gr			
Contenido de humedad	%			

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591


Alberto Rubén Vásquez Díaz
ING. CIVIL
R. CIP. N° 166228

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimu - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Anexo 5: Guía de Observación vacío Ensayo Peso específico y absorción Agregado fino



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
NORMA DE ENSAYO NTP 400.022

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA :
SOLICITANTES :
FECHA DE ENSAYO :

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr			
Peso del pignómetro lleno de agua	gr			
Peso del pignómetro lleno de muestra y agua	gr			
Peso de la muestra en estado SSS	gr			
Peso específico base seca	gr/cm ³			
Peso específico base SSS	gr/cm ³			
Absorción	%			

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591


Alberto Rubén Vásquez Díaz
ING. CIVIL
R. CIP. N° 166228

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Anexo 6: Guia de Observación vacío Ensayo Peso específico y absorción Agregado grueso



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
NORMA DE ENSAYO NTP 400.021

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA :
SOLICITANTES :
FECHA DE ENSAYO :

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr			
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr			
Peso de la muestra saturada en agua	gr			
Peso específico base seca	gr/cm ³			
Peso específico base SSS	gr/cm ³			
Absorción	%			

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591


Alberto Rubén Vásquez Díaz
ING. CIVIL
R. CIP. N° 166228

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Anexo 7: Guía de Observación vacío Ensayo Peso unitario suelto y compactado AF



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA :
SOLICITANTES :
FECHA DE ENSAYO :

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

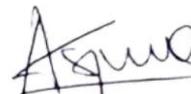
Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg				
Peso recipiente + muestra apisonada	kg				
Peso de recipiente	kg				
Peso de muestra en estado suelto	kg				
Peso de muestra en estado compactado	kg				
Volumen del recipiente	m3				
Peso unitario suelto	kg/m3				
Peso unitario compactado	kg/m3				

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591



Alberto Rubén Vásquez Díaz
ING. CIVIL
R. CIP. N° 166228

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Oswaldo Herceles 390 Urb Chimu - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Anexo 8: Guía de Observación vacío Ensayo Peso unitario suelto y compactado AG



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

1. INFORMACION GENERAL

MATERIAL : AGREGADO GRUESO
PROCEDENCIA :
SOLICITANTES :
FECHA DE ENSAYO :

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg				
Peso recipiente + muestra apisonada	kg				
Peso de recipiente	kg				
Peso de muestra en estado suelto	kg				
Peso de muestra en estado compactado	kg				
Volumen del recipiente	m ³				
Peso unitario suelto	kg/m ³				
Peso unitario compactado	kg/m ³				

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

MSC. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Alberto Rubén Vásquez Díaz
ING. CIVIL
R. CIP. N° 166228

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimu - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Anexo 9: Guía de Observación vacío Ensayo Resistencia a la compresión



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

INFORME DE ENSAYO N° 271-22-TEM

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	
Proyecto :	
Muestra :	
f_c (kg/cm ²) :	

Fecha de Emisión:	
Fecha de Moldeado:	
Fecha de Ensayo:	

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Fractura*
				Promedio			

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191


Alberto Rubén Vásquez Díaz
ING. CIVIL
R. CIP. N° 166228


Ing. Oswaldo David Díaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Anexo 10: Guía de Observación vacío Ensayos en estado fresco del concreto



RUC: 20608132016
Contacto: 936194709-989712719
Email: ventas@tem-concrete.com

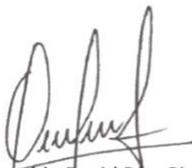
REGISTRO DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

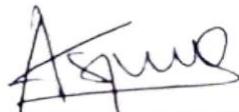
1. INFORMACION GENERAL

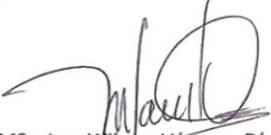
SOLICITANTE :
PROYECTO :

2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Descripción	Fecha	Temperatura (°C)	Asentamiento (in)	P.U.C. (kg/m ³)
-------------	-------	------------------	-------------------	-----------------------------


Ing. Oswaldo David Diaz Pino
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Jefe de laboratorio
CIP N° 275591


Alberto Rubén Vásquez Díaz
ING. CIVIL
R. CIP. N° 166228


MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.
Gerente General
CIP N° 248191

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.
Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Anexo 11: Diseño de mezcla Concreto Patrón

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS							
	Hum (%)	P.U.S. (kg/m ³)	P.U.C. (kg/m ³)	Abs. (%)	P.E. (kg/m ³)	M.F.	T.M.N.
Agregado fino	0.6	1778	1960	0.8	2.55	2.65	-
Agregado grueso	0.8	1532	1667	1.7	2.49	7.08	3/4

Asentamiento teórico	(3" a 4")	f _c (kg/cm ²)	210
----------------------	-----------	--------------------------------------	-----

Cant. agua (L)	205	Cemento	Mochica GU
Aire atrapado (%)	2.00%	P.E. Cemento (kg/m ³)	2950
f _{cr}	294		
Relación a/c	0.558		
Cont. cemento (kg/m ³)	367		
Coeficiente b/b ₀	0.635		

Peso Específico (kg/m ³)	1100	Peso Específico (kg/m ³)	1010
	0.0000%		0.0000%

Material	Volumen	Peso seco (kg/m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)
Cemento	0.12441	367	367	367
Agua	0.20500	205	216	205
Agregado fino	0.22547	575	578	580
Agregado grueso	0.42512	1059	1067	1077
-	0.00000	0.00	0.00	0.00
-	0.00000	0.00	0.00	0.00
Aire	0.02000	2.0%	2.0%	2.0%
P.U.C.	1.00000	2206	2228	2228

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	216	6.47 kg
Agregado fino	578	17.35 kg
Agregado grueso	1067	32.01 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2228	66.84 kg

	0 kg/m ³
	0 g

LEYENDA:

- Escoger valor
- Cambio automático
- Insertar valores
- Cambio manual

Anexo 12: Diseño de mezcla concreto con adición de 5% de poliestireno expandido

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS							
	Hum (%)	P.U.S. (kg/m ³)	P.U.C. (kg/m ³)	Abs. (%)	P.E. (kg/m ³)	M.F.	T.M.N.
Agregado fino	0.6	1778	1960	0.8	2.55	2.65	-
Agregado grueso	0.7	1532	1667	3.5	2.37	7.08	3/4

Asentamiento teórico	(3" a 4")	f _c (kg/cm ²)	210
----------------------	-----------	--------------------------------------	-----

Cant. agua (L)	205	Cemento	Mochica GU
Aire atrapado (%)	2.00%	P.E. Cemento (kg/m ³)	2950
f _{cr}	294		
Relación a/c	0.558		
Cont. cemento (kg/m ³)	367		
Coefficiente b/b ₀	0.635		

Peso Específico (kg/m ³)	1100	Peso Específico (kg/m ³)	1010
	0.000%		0.000%

LEYENDA:
 Escoger valor
 Cambio automático
 Insertar valores
 Cambio manual

Material	Volumen	Peso seco (kg/m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)
Cemento	0.12441	367	367	367
Agua	0.20500	205	236	205
Agregado fino	0.20395	520	523	524
Agregado grueso	0.44664	1059	1066	1096
-	0.00000	0.00	0.00	0.00
-	0.00000	0.00	0.00	0.00
Aire	0.02000	2.0%	2.0%	2.0%
P.U.C.	1.00000	2151	2192	2192

Volumen
0.12441 Cemento
0.20500 Agua
0.44664 Piedra
0.02000 Aire
0.79605 SUMA
0.20395 m³

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

Arena Humeda - Arena Seca
497 - 3 = 494
P. específico * 2550 = 494
Volumen = 0.194
1 - 0.99 = 0.01
0.01 * densidad 11.21 = 0.11

perlas 0.11 ← 3.4

Anexo 13: Diseño de mezcla concreto con adición de 10% de poliestireno expandido

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS							
	Hum (%)	P.U.S. (kg/m ³)	P.U.C. (kg/m ³)	Abs. (%)	P.E. (kg/m ³)	M.F.	T.M.N.
Agregado fino	0.6	1778	1960	0.8	2.55	2.65	-
Agregado grueso	0.7	1532	1667	3.5	2.37	7.08	3/4

Asentamiento teórico	(3" a 4")	f _c (kg/cm ²)	210
----------------------	-----------	--------------------------------------	-----

Cant. agua (L)	205	Cemento	Mochica GU
Aire atrapado (%)	2.00%	P.E. Cemento (kg/m ³)	2950
f _{cr}	294		
Relación a/c	0.558		
Cont. cemento (kg/m ³)	367		
Coeficiente b/b ₀	0.635		

Peso Específico (kg/m ³)	1100	Peso Específico (kg/m ³)	1010
	0.0000%		0.0000%

Material	Volumen	Peso seco (kg/m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)
Cemento	0.12441	367	367	367
Agua	0.20500	205	236	205
Agregado fino	0.20395	520	523	524
Agregado grueso	0.44664	1059	1066	1096
-	0.00000	0.00	0.00	0.00
-	0.00000	0.00	0.00	0.00
Aire	0.02000	2.0%	2.0%	2.0%
P.U.C.	1.00000	2151	2192	2192

Material	Volumen	Peso	Material
	0.12441	Cemento	
	0.20500	Agua	
	0.44664	Piedra	
	0.02000	Aire	
	0.79605	SUMA	
	0.20395	m ³	

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0

Anexo 14: Diseño de mezcla concreto con adición de 15% de poliestireno expandido

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS							
	Hum (%)	P.U.S (kg/m ³)	P.U.C (kg/m ³)	Abs. (%)	P.E. (kg/m ³)	M.F.	T.M.N.
Agregado fino	0.6	1778	1960	0.8	2.55	2.65	-
Agregado grueso	0.7	1532	1667	3.5	2.37	7.08	3/4

Asentamiento teórico	(3" a 4")	f _c (kg/cm ²)	210
----------------------	-----------	--------------------------------------	-----

Cant. agua (L)	205	Cemento	Mochica GU
Aire atrapado (%)	2.00%	P.E. Cemento (kg/m ³)	2950
f _{cr}	294		
Relación a/c	0.558		
Cont. cemento (kg/m ³)	367		
Coeficiente b/b ₀	0.635		

Peso Especifico (kg/m ³)	1100	Peso Especifico (kg/m ³)	1010
	0.000%		0.000%

Material	Volumen	Peso seco (kg/m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)
Cemento	0.12441	367	367	367
Agua	0.20500	205	236	205
Agregado fino	0.20395	520	523	524
Agregado grueso	0.44664	1059	1066	1096
-	0.00000	0.00	0.00	0.00
-	0.00000	0.00	0.00	0.00
Aire	0.02000	2.0%	2.0%	2.0%
P.U.C.	1.00000	2151	2192	2192

Material	Peso Húmedo (kg/m ³)	Tanda (m ³)
		0.030
Cemento	367	11.01 kg
Agua	236	7.07 kg
Agregado fino	523	15.70 kg
Agregado grueso	1066	31.98 kg
-	0.00	0.000 kg
-	0.00	0.000 kg
Aire	-	-
	2192	65.75 kg

Arena final	445	13.34	445
	kg/m ³	kg	

perlas	0.34	10.3	445
--------	------	------	-----

Volumen	1	0.97	0.03
		densidad	
	0.03	11.21	0.34

Volumen	0.12441	Cemento
	0.20500	Agua
	0.44664	Piedra
	0.02000	Aire
	0.79605	SUMA
	0.20395	m ³

LEYENDA:
 Escoger valor
 Cambio automático
 Insertar valores
 Cambio manual

Anexo 15: Muestra para análisis granulométrico agregado fino



Anexo 16: Cuarteo de muestra Agregado fino



Anexo 17: Análisis por tamizado del agregado fino



Anexo 18: Ensayo peso unitario suelto agregado fino



Anexo 19: Ensayo peso unitario compactado agregado fino (1)



Anexo 20: Ensayo peso unitario compactado agregado fino (2)



Anexo 21: Ensayo peso específico y absorción del agregado fino – Parte 1



Anexo 22: Ensayo peso específico y absorción del agregado fino – Parte 2



Anexo 23: Muestra para ensayo granulométrico Agregado grueso



Anexo 24: Cuarteo Análisis granulométrico agregado grueso



Anexo 25: Selección miento de tamices para realizar el ensayo



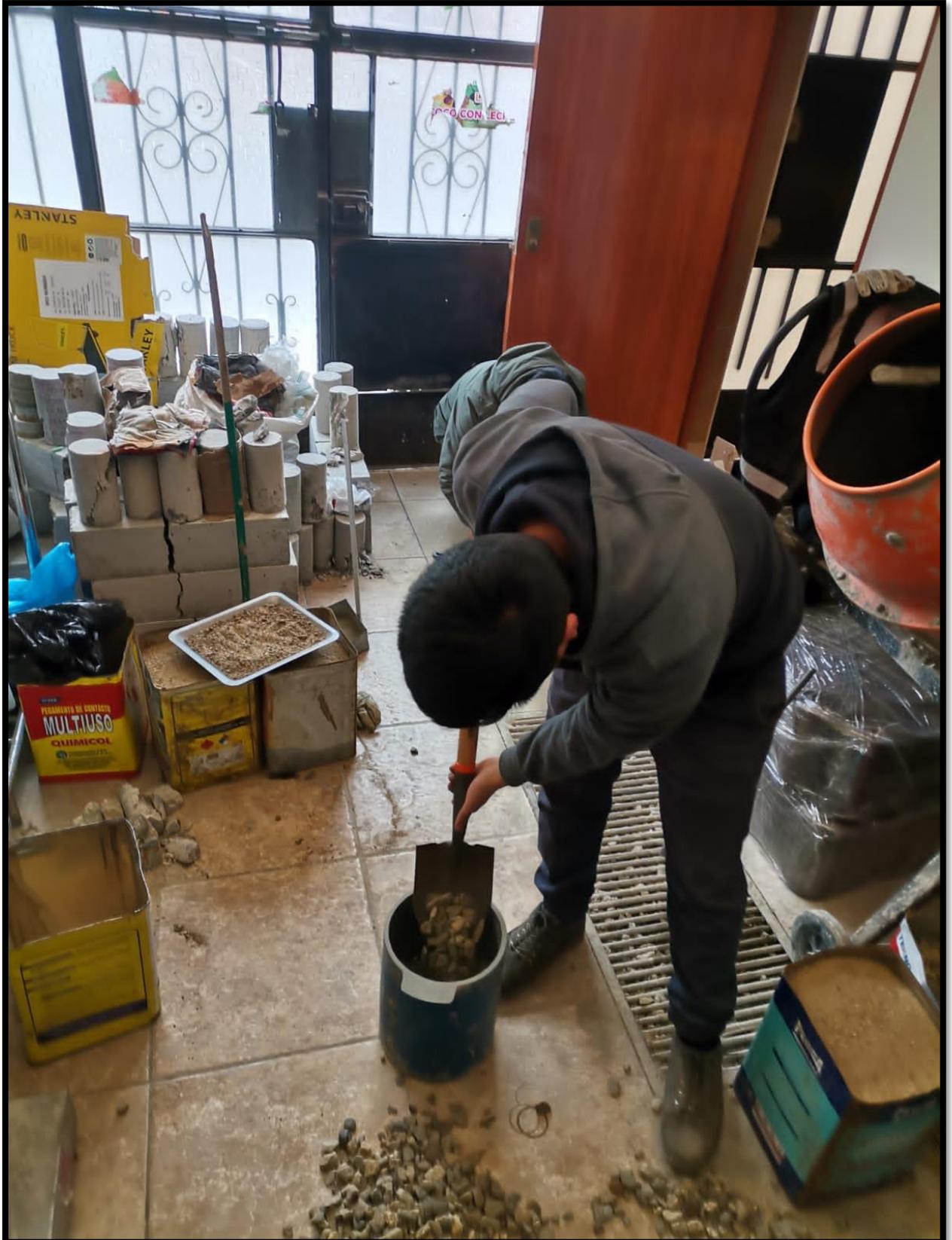
Anexo 26: Análisis granulométrico por tamices, Agregado grueso



Anexo 27: Agitación manual de tamices para ensayo granulométrico Agregado fino



Anexo 28: Ensayo peso unitario suelto del agregado grueso



Anexo 29: Anotación del peso unitario suelto



Anexo 30: Ensayo peso unitario compactado del agregado grueso



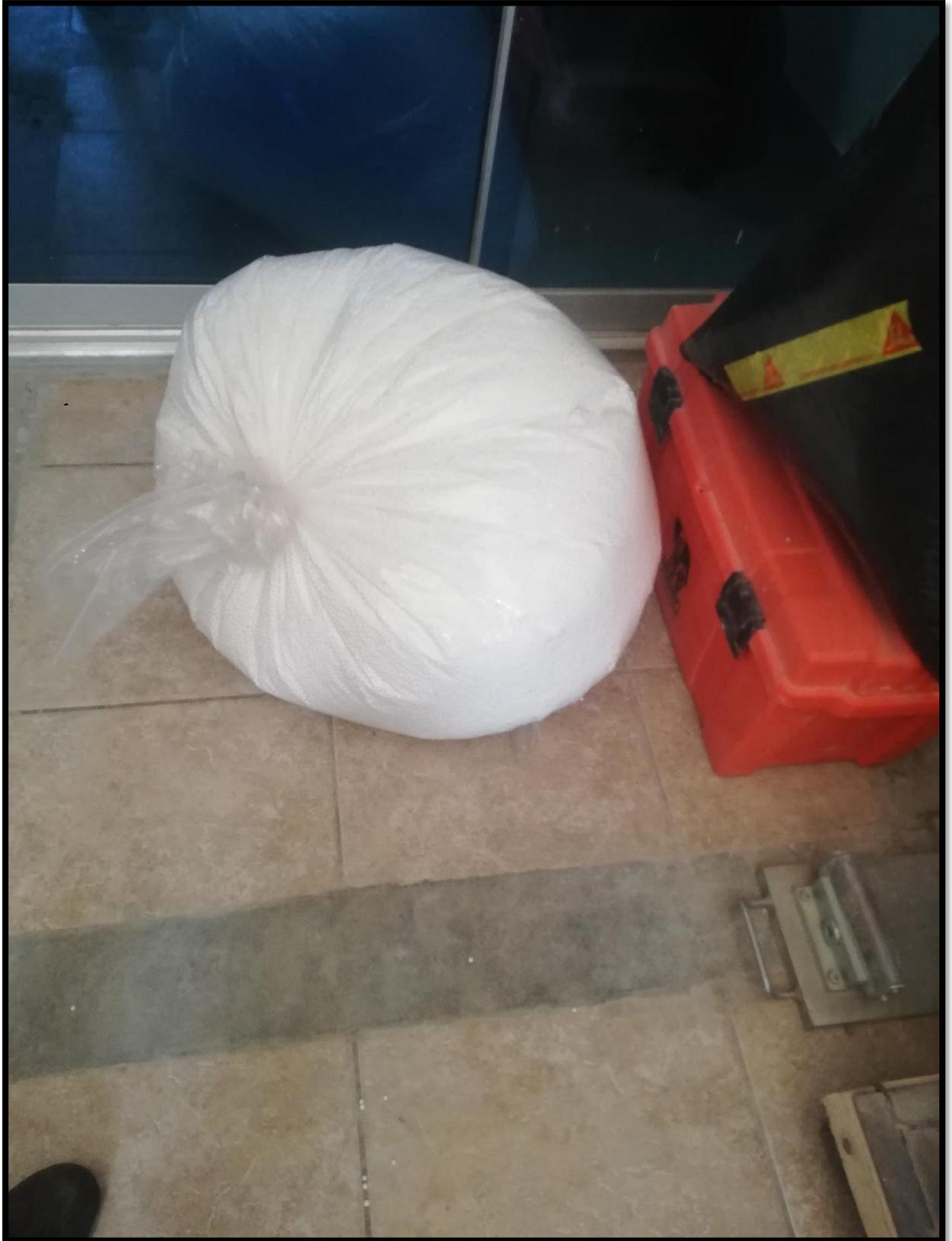
Anexo 31: Pesado de la muestra compactada agregado grueso



Anexo 32: Ensayo peso específico y absorción del agregado grueso



Anexo 33: Perlas de poliestireno expandido de densidad 11.21 kg/m^3



Anexo 34: Pesado de materiales a usar en la mezcla diseñada – 1 de 2



Anexo 35: Pesado de materiales a usar en la mezcla diseñada – 2 de 2



Anexo 36: Trompo mecánico usado para mezclado de materiales



Anexo 37: Molde de probetas con medidas de 10 cm diámetro * 20 cm de altura



Anexo 38: Ensayo asentamiento o slump del concreto





Anexo 40: Ensayo peso unitario del concreto- 1 de 3



Anexo 41: Ensayo peso unitario del concreto - 2 de 3



Anexo 42: Ensayo peso unitario del concreto - 3 de 3



Anexo 43: Pesado de las perlas de poliestireno expandido para su uso en los diseños de mezcla



Anexo 44: Elaboración de concreto con adición de perlas de poliestireno expandido



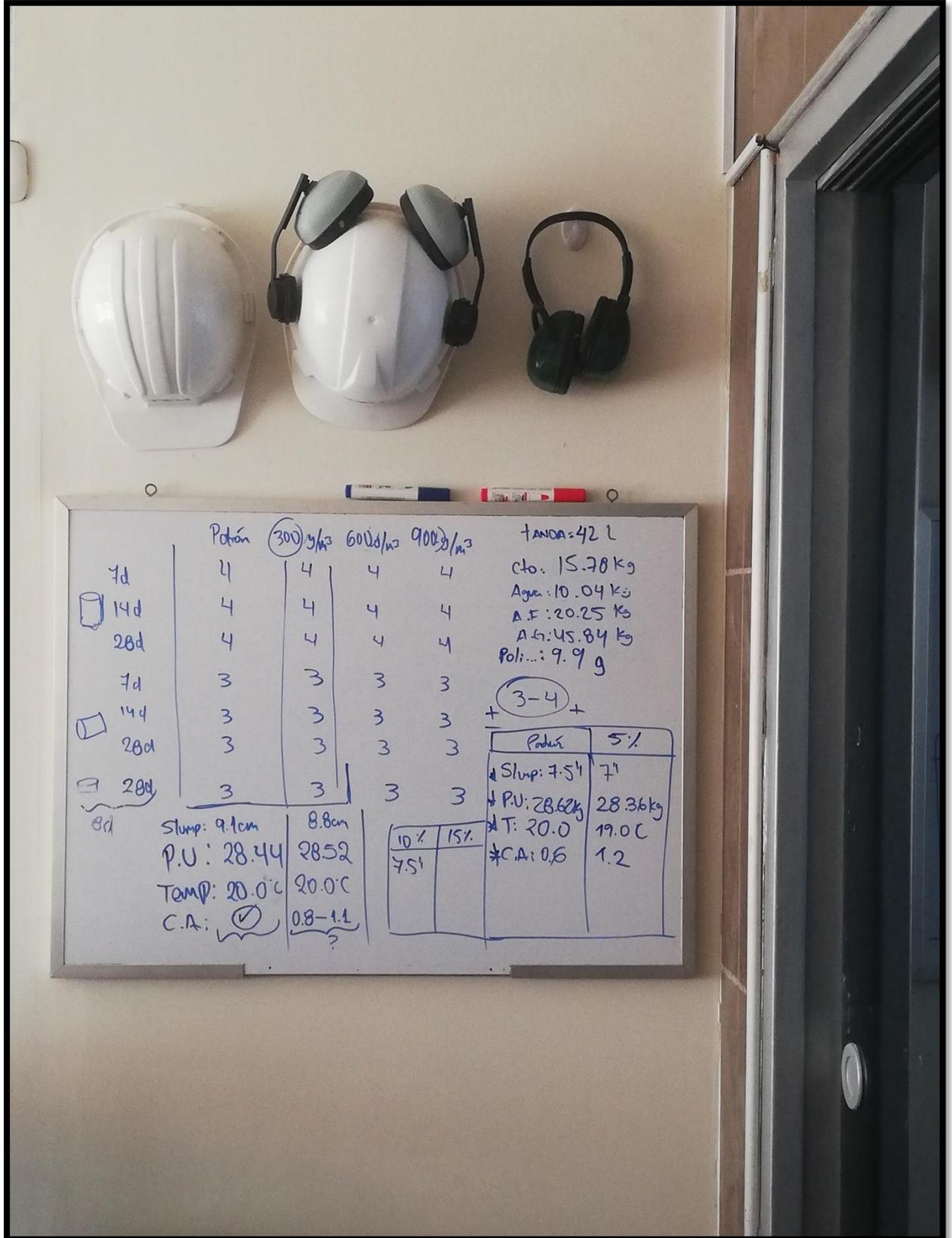
Anexo 45: Llenado de probetas con concreto adicionando perlas de poliestireno expandido



Anexo 46: Elaboración de probetas con adición 10% de poliestireno expandido



Anexo 47: Anotaciones de registro ensayos en estado fresco Laboratorio TEM



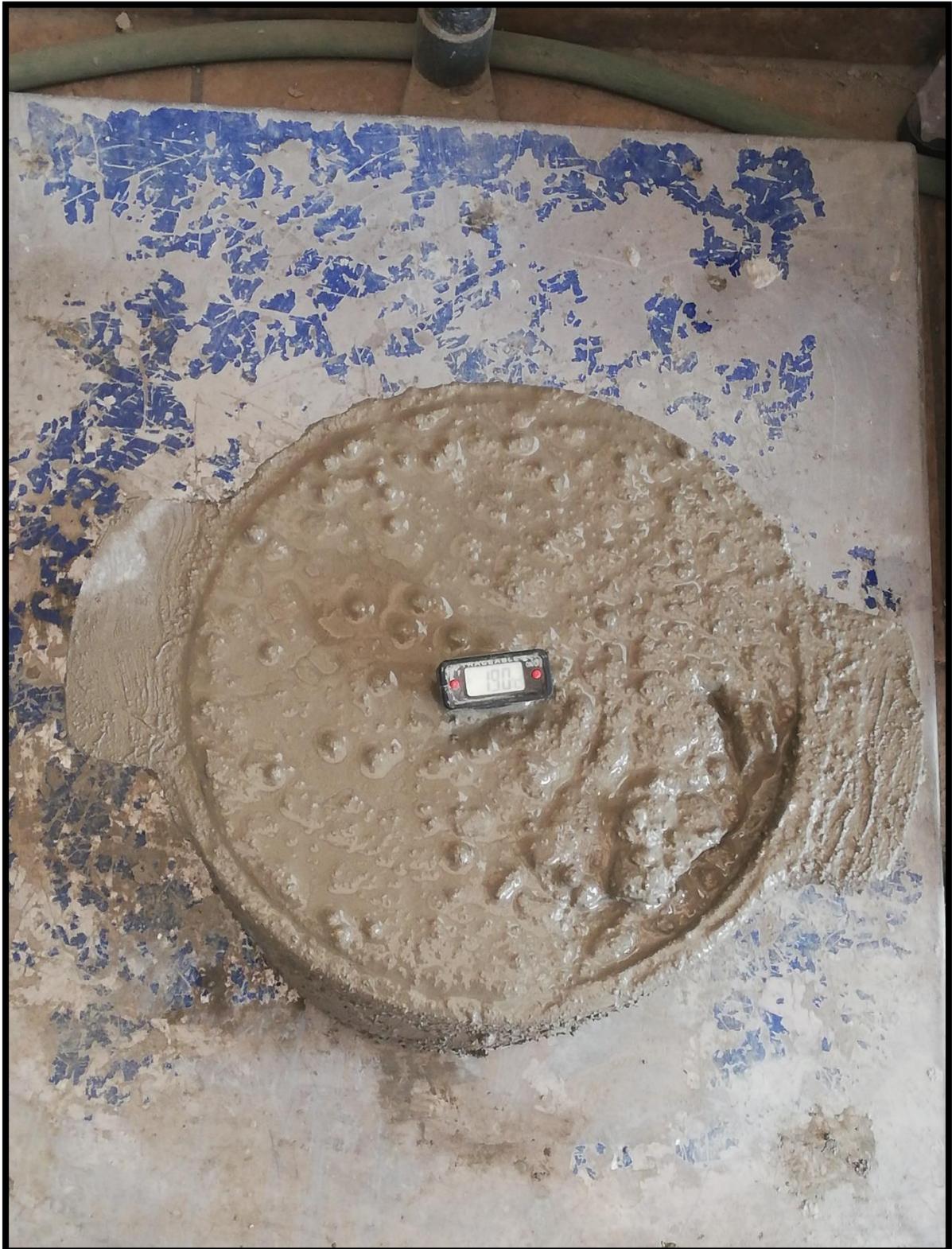
Anexo 48: Elaboración de probetas con adición de perlas EPS al 15%



Anexo 49: Ensayo contenido de Aire al concreto recién elaborado



Anexo 50: Ensayo para determinar la temperatura del concreto en estado fresco



Anexo 51: Probetas de concreto con adición de perlas eps, luego de su curado



Anexo 52: Toma de medida diámetro de las probetas con micrómetro



Anexo 53: Determinación área sección de las probetas



Anexo 54: Maquina prensa de concreto A&A INSTRUMENTS SYTE-2000



Anexo 55: Preparación de probeta para ensayo resistencia a la compresión



Anexo 56: Ensayo resistencia a la compresión



Anexo 57: Registro electrónico en maquina A&A INSTRUMENTS



Anexo 58: Probetas de concreto sometidas a la compresión hasta su punto de falla



Anexo 59: Tipo de fractura de las probetas ensayadas



Anexo 60: Ficha Técnica Perlas poliestireno expandido

ExpanPol®

Perlas de Poliestireno Expandido

ExpanPol, es un polímero termoplástico (PS), que se obtiene de la polimerización del estireno.

Es una espuma rígida de color blanco y gran trabajabilidad, caracterizada por un termoplástico celular de baja densidad y alta resistencia físico-mecánica en relación a su reducido peso aparente, cuyo nombre genérico es Poliestireno Expandido.

Las perlas **ExpanPol**, son perfectamente esféricas y elaboradas con materia prima de primer nivel, su propiedad de aislante térmico, permite la protección ante el calor y el frío. En los procesos de embalaje crea un relleno amortiguante.



CARACTERÍSTICAS

- Fácil manipulación y bajo peso.
- Alta resistencia a la compresión.
- Facilidad de transporte y almacenamiento.
- Estable dimensionalmente.
- Material no corrosivo, inocuo, inodoro, insípido.
- Insensible al ataque y a la proliferación de hongos y microorganismos.
- Durable, 100 % reciclable y ecológico.
- Higroscópico (no absorbe agua).
- Autoextinguible (no propaga llama).



APLICACIONES

- Construcción (mortero y hormigón alivianado).
- Agricultura (compostaje).
- Viveros (múltiples usos).
- Relleno de muñecos, pufs y cojines anti-stress.
- Decoración y cotillón.

ALMACENAMIENTO

Recomendaciones:

- No retirar del empaque hasta el momento de hacer uso del producto.
- Evitar contacto con superficies a temperatura mayor a 90°C.
- No exponer a fuego directo.

PARA ESTRUCTURAS DE MENOR PESO

Las perlas de poliestireno expandido **ExpanPol**, se utilizan como agregado para alivianar morteros y hormigones, elevando sus propiedades térmicas - acústicas y principalmente para lograr estructuras más livianas en: sobrelosas, radiers, cubiertas, etc.

DOSIFICACIÓN

Tabla referencial de dosificación para hormigón liviano por m³.

Densidad aparente del Hormigón Kg/m ³	Perlas ExpanPol		Cemento	Arena		Agua	Resistencia compresión	Coefficiente de conduc. térmica
	(Lt)	bolsas	(Kg)	(Kg)	(Lt)	(Lt)	(Kg/cm ²)	(Kcal*m/m ² *h°C)
600	1170	4.7	320	142	89	138	14	0.16
700	1105	4.6	320	239	149	141	20	0.18
800	1040	4.2	320	336	210	144	23	0.22
900	1000	4.0	330	415	259	155	33	0.26
1000	950	3.8	330	508	318	162	38	0.29
1100	900	3.6	330	598	374	172	48	0.34
1200	810	3.2	330	695	434	175	59	0.40

PRESENTACIÓN

Se comercializan en bolsas de 250 litros, con una densidad estándar de 10 y 11 Kg/m³ y puede variar según requerimientos especiales.

CALIDAD

HORMIPRET, fabrica industrialmente sus productos de poliestireno expandido bajo marca registrada **ExpanPol**® cumpliendo la norma chilena NCh 1070.

ASESORAMIENTO TÉCNICO

El departamento técnico de **HORMIPRET** ofrece gratuitamente a sus clientes el asesoramiento sobre las características y aplicaciones específicas de toda la línea de productos **ExpanPol**.



Anexo 61: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título de investigación: Influencia de la adición de perlas de poliestireno expandido en el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de concretos en losas aligeradas, Trujillo-2022.

Problema general	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Cómo influye la adición de perlas de poliestireno expandido en el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de concretos en losas aligeradas, Trujillo - 2022?	<p>Objetivo General: Determinar la influencia de la adición de perlas de poliestireno expandido en el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de concretos en losas aligeradas, Trujillo-2022</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Evaluar el asentamiento de los concretos a distintas dosificaciones con adición de perlas poliestireno 	<p>(Chuquilin, 2018) En su tesis titulada: 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.</p> <p>(Chuquizapon y Ibáñez, 2020) en su tesis de pregrado titulado: Influencia de la densidad de las perlas de Poliestireno sobre el costo, peso unitario, Asentamiento, resistencia a compresión y flexión en un concreto ligero estructural para losas Aligeradas, Trujillo 2020.</p> <p>(Goncalves y Vasconcelos, 2019) en su artículo</p>	<p>La adición de perlas de poliestireno expandido en un concreto para losas aligeradas aumentará su asentamiento, resistencia a la compresión y disminuirá su peso unitario, Trujillo-2022.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Perlas de poliestireno expandido.</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Asentamiento</p> <p>Peso unitario</p> <p>Resistencia a la compresión</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Propósito: Aplicada</p> <p>Diseño: Cuasiexperimental</p> <p>Diseño de Investigación: Cuasiexperimental Tipo Descriptiva.</p> <p>Unidad de estudio: Probetas cilíndricas de concreto con adición de perlas de poliestireno expandido.</p> <p>Población: Todas las probetas de concreto, Trujillo-2022.</p> <p>Muestra: n probetas</p> <p>Técnicas para recolección de datos: Observación</p> <p>Instrumentos de recolección de datos: Guías de Observación</p> <p>Guías de Registro</p>

- expandido, bajo la NTP 339.035.
- Evaluar el peso unitario de los concretos, con diversos porcentajes de adición de perlas de poliestireno expandido bajo la NTP 339.046.
 - Evaluar la resistencia a la compresión de los concretos a distintas dosificaciones con adición de perlas poliestireno expandido de acuerdo a la NTP 339.034.
- denominado: Evaluación térmica, física y mecánica de bloques de hormigón con poliestireno expandido reciclado. (Naiza, 2017) en su tesis titulado: Aplicación del poliestireno expandido en la fabricación de Unidades de concreto liviano para muros de tabiquería en la Ciudad de Arequipa. (Carvalho y Motta, 2019) en realización de su artículo titulado: Estudio sobre hormigón con poliestireno expandido reciclado (Rodríguez, 2020) en su tesis titulado: Análisis de costo y eficiencia de muros no portantes a base de Tecnopor, mallas de acero y concreto; en comparación con muros de albañilería confinada no portantes