

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE
POLIESTIRENO RECICLADO SOBRE LA
RESISTENCIA ACÚSTICA, DENSIDAD Y
COMPRESIÓN PARA PANELES DE
REVESTIMIENTO, TRUJILLO 2023”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Carlos Eduardo Paredes Céspedes

Asesor:

Mg. German Sagastegui Vásquez

<https://orcid.org/0000-0003-3182-3352>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Sheyla Yuliana cornejo Rodríguez	41639360
	Nombre y Apellidos	N° DNI

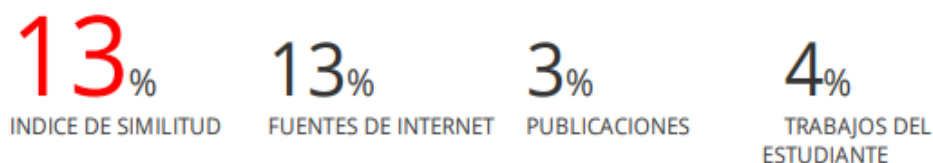
Jurado 2	Alberto Ruben Vasquez Diaz	40385695
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	Luis Alberto Alva Reyes	42013371
	Nombre y Apellidos	N° DNI

INFORME SIMILITUD

TESIS_PAREDES_CESPEDES_C._PANELES_DE_REVESTIMIENTO...

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	www.acusticarq.com Fuente de Internet	1%
5	pt.scribd.com Fuente de Internet	1%
6	sotacuro97.blogspot.com Fuente de Internet	1%
7	www.cymper.com Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

A mis padres, Carlos Alberto y María Isabel, que, con mucho amor y aprecio me apoyaron desde el inicio de esta etapa universitaria, logrando así que consiga culminar correctamente mi etapa como profesional y ser un aporte para el desarrollo de la sociedad.

A mi pareja Maryori Rodríguez, por otorgarme su cariño y comprensión en los difíciles momentos de mi vida, otorgándome fortaleza para lograr mis objetivos y darme motivación en todo el transcurso de mi vida diaria.

AGRADECIMIENTO

Me quedarían cortas las palabras para expresar el inmenso agradecimiento que tengo a mi padre, por siempre haber confiado en mí e instruirme por el camino correcto de la vida, a mi madre por su apoyo día a día, a mi pareja y a mi círculo de amistades que me han acompañado en este trayecto de mi vida.

Agradezco a mis amigos del grupo de investigación Acimat de la Universidad Nacional de Trujillo, en especial al Ingeniero Ivan Vasquez Alfaro por todo su apoyo, tiempo y experiencia que posee la cual pudo compartir conmigo a lo largo de esta investigación.

Agradezco al ingeniero German Sagastegui Vasquez por su apoyo profesional y al tener el compromiso importante de poder ayudarme en la presente investigación.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
TABLA DE CONTENIDO.....	6
INDICE DE TABLAS	8
INDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Realidad problemática.....	14
1.2 Formulación del problema.....	77
1.3 Objetivos	77
1.3.1 Objetivo general.....	77
1.3.2 Objetivos específicos	77
1.4 Hipótesis.....	78
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	82
2.2 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	84
2.2 Técnicas de recolección de datos y análisis de datos	85
2.4 Procedimiento de investigación	86
CAPITULO III. RESULTADOS.....	109
CAPITULO IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	123
REFERENCIAS	135

ANEXOS	142
ANEXO VIII: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	180
ANEXO IX: MATRIZ DE CONSISTENCIA	181
ANEXO X: CRONOGRAMA DE INVESTIGACIÓN	182
ANEXO XII: FINANCIAMIENTO DE INVESTIGACIÓN	184

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de mortero	22
Tabla 2. Porcentajes típicos de intervención de los óxidos.	24
Tabla 3. Compuestos principales del cemento portland.	24
Tabla 4. Requisitos químicos de la composición del cemento Tipo I.....	28
Tabla 5. Requisitos físicos para el cemento portland Tipo I.....	29
Tabla 6. Límites granulométricos del agregado fino.	39
Tabla 7. Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas	40
Tabla 8. Valores promedio para las propiedades físicas de los tipos principales de rocas	41
Tabla 9. Resistencia a compresión de rocas.....	44
Tabla 10. Límites permisibles para agua de mezcla y curado.	51
Tabla 11. Clasificación de morteros según su composición.	70
Tabla 12. Clasificación de morteros de albañilería.....	71
Tabla 13. <i>Clasificación de las propiedades del mortero endurecido</i>	73
Tabla 14. Matriz de diseño experimental.....	83
Tabla 15. Niveles de estudio.	84
Tabla 16. Técnica de recolección y análisis de datos	85
Tabla 17. Esquema de cantidad de materiales para mortero.....	105
Tabla 18. Rendimientos promedio de mano de obra	105
Tabla 19. Formato para análisis de precio unitario.....	106
Tabla 20. Resultados de caracterización del agregado fino.	111
Tabla 21. Caracterización química del agua	112
Tabla 22. Diseño de mezcla patrón.	113
Tabla 23. Dosis de incorporador para cada porcentaje	113
Tabla 24. Resistencia a compresión promedio del mortero y medidas estadísticas a los 14 días.....	115
Tabla 25. Resistencia a compresión promedio del mortero y medidas estadísticas a los 28 días.....	117

Tabla 26. Aislamiento acústico promedio del mortero y medidas estadísticas a los 14 días.....	119
Tabla 27. Aislamiento acústico promedio del mortero y medidas estadísticas a los 28 días.....	120
Tabla 28. Costo de metro cuadrado de muro con incorporador de poliestireno	121
Tabla 29. Ensayo de granulometría del agregado fino.	142
Tabla 30. Medidas estadísticas para granulometría del agregado fino.	143
Tabla 31. Contenido de humedad del agregado fino.	144
Tabla 32. Medidas estadísticas de granulometría del agregado fino.	144
Tabla 33. Peso unitario seco suelto del agregado fino del agregado fino.....	145
Tabla 34. Medidas estadísticas del peso unitario seco suelto del agregado fino.	145
Tabla 35. Peso unitario seco compactado del agregado fino.	146
Tabla 36. Medidas estadísticas del peso unitario seco compactado del agregado fino.	146
Tabla 37. Peso específico del agregado fino.....	147
Tabla 38. Absorción del agregado fino.....	148
Tabla 39. Medidas estadísticas del peso específico y absorción del agregado fino.....	148
Tabla 40. Porcentaje de vacíos del agregado fino.....	149
Tabla 41. Resistencia a compresión del mortero a los 28 días para cada porcentaje de poliestireno reciclado.	150
Tabla 42. Aislamiento acústico del mortero para cada porcentaje de poliestireno reciclado.	151
Tabla 43. Tabla de operacionalización de variables	180
Tabla 44. Matriz de consistencia.....	181
Tabla 45. Cronograma de investigación	182
Tabla 46. Presupuesto de investigación	183
Tabla 47. Financiamiento de investigación	184

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valorización de cementos de la empresa Pacasmayo.....	26
Figura 2. Proceso de fabricación del cemento.....	27
Figura 3. Cemento Portland Pacasmayo Tipo I.....	30
Figura 4. Relación de la contracción S.....	32
Figura 5. Agregados ígneos.	34
Figura 6.	35
Figura 7. Agregados metamórficos.....	36
Figura 8. Clasificación de agregados por su color.....	37
Figura 9. Modelo esquemático de una partícula de árido.....	43
Figura 10. Modelo esquemático del peso volumétrico del agregado.....	47
Figura 11. Estados de saturación de los agregados.	47
Figura 12. Áridos de granulometría continua – mínimos vacíos	50
Figura 13. Tamices de granulometría de suelos	50
Figura 14. Hidratación de la partícula de cemento.....	55
Figura 15. Influencia del curado sobre la resistencia	56
Figura 16. Descomposición del sonido frente a un elemento.	57
Figura 17. Aislamiento acústico en diferentes materiales.	59
Figura 18. <i>Diagrama esquemático de la transmisión del ruido.</i>	59
Figura 19. Alternativas para medir el aislamiento acústico en función de la vía de transmisión sonora.....	60
Figura 20. Aislamiento acústico específico de un elemento constructivo.	61
Figura 21. Diseño de cámaras de ensayo emisora y receptora.....	63
Figura 22. Especificaciones técnicas de la mesa de flujo.	74
Figura 23. Dimensiones del molde de bronce de la mesa de flujo.....	74
Figura 24. Procedimiento de investigación	86
Figura 25. Ubicación satelital de la empresa Norblock, Trujillo.	88
Figura 26. Dosificación de morteros.....	97
Figura 27. Probetas cilíndricas de PVC de 4" x 8".....	98
Figura 28. Ensayo de mesa de flujo.	109

Figura 29. Curva granulométrica del agregado fino entre límites estándar.	110
Figura 30. Ensayo preliminar de resistencia a la compresión del mortero a 14 y 28 días.	114
Figura 31. Resistencia a la compresión a 14 días con porcentaje de poliestireno reciclado.	115
Figura 32. Resistencia a la compresión a 28 días con porcentaje de poliestireno reciclado.	116
Figura 33. Aislamiento acústico del mortero a 14 y 28 días con incorporación de poliestireno reciclado.	117
Figura 34. Aislamiento acústico del mortero en porcentaje con respecto a la muestra patrón a 14 días.	118
Figura 35. Aislamiento acústico del mortero en porcentaje con respecto a la muestra patrón a 28 días.	119
Figura 36. Costos por metro cuadrado en porcentaje de poliestireno reciclado.	120
Figura 37. Ficha técnica del cemento portland Tipo I Pacasmayo.	152
Figura 38. Ficha técnica del cemento portland Tipo I Pacasmayo.	153
Figura 39. Ficha técnica del poliestireno.	155
Figura 40. Presupuesto de poliestireno expandido.	156
Figura 41. Ensayo de mesa de flujo.	157
Figura 42. <i>Pasta de mesa de flujo.</i>	157
Figura 43. Ensayo de granulometría.	158
Figura 44. <i>Tamizado de granulometría.</i>	158
Figura 45. Ensayo de contenido de humedad.	159
Figura 46. Estufa - contenido de humedad.	159
Figura 47. <i>Retirado de muestras.</i>	160
Figura 48. Ensayo peso unitario PUSC.	161
Figura 49. <i>Ensayo peso unitario PUSS.</i>	161
Figura 50. Peso unitario PUSC.	162
Figura 51. <i>Peso unitario PUSS.</i>	162
Figura 52. Ensayo de peso específico y absorción.	163
Figura 53. Ensayo de peso específico.	163
Figura 54. <i>Absorción de agua de las muestras.</i>	164
Figura 55. Secado de muestras - absorción.	164
Figura 56. <i>Absorción de aire de fiola.</i>	165
Figura 57. <i>Muestras retiradas del horno.</i>	165

Figura 58. Ensayo de densidad del agregado.	166
Figura 59. <i>Ensayo de densidad – colocación al horno.</i>	166
Figura 60. Humedecimiento de muestra	167
Figura 61. <i>Ensayo de densidad - pesado de muestra.</i>	168
Figura 62. Elaboración de muestras en menor escala de la relación a/c: 0.60.	168
Figura 63. Secado de muestra relación a/c: 0.60.	169
Figura 64. <i>Rotulado de muestras relación a/c: 0.60.</i>	169
Figura 65. Mezcla patrón relación a/c: 0.60.	170
Figura 66. Vaciado de mezcla patrón en probeta	170
Figura 67. Rotulado y secado de probetas patrón proporción 1:3 - relación a/c: 0.60.....	171
Figura 68. Elaboración de mezcla de mortero con incorporación de poliestireno reciclado.	171
Figura 69. Desencofrado de probetas de mortero.....	172
Figura 70. <i>Curado de probetas de mortero.</i>	172
Figura 71. Elaboración de paneles de revestimiento 5x5x2 (cm).	173
Figura 72. Elaboración de panel de 5x5x2 (cm).....	173
Figura 73. <i>Secado de muestra panel 5x5x2 (cm).</i>	174
Figura 74. Colocación de probetas a la máquina.....	175
Figura 75. <i>Ensayo de resistencia a la compresión.</i>	175
Figura 76. Rotura de probeta.	176
Figura 77. <i>Probeta sometida a compresión.</i>	176
Figura 78. Secado de muestras acústicas.	177
Figura 79. <i>Muestras para ensayo acústico.</i>	177
Figura 80. Caja receptora y emisora	178
Figura 81. Software en frecuencia plana.....	178

RESUMEN

En la actualidad se sabe que los muros de una edificación son de vital importancia, al mismo modo que este establece un rol de aislamiento acústico para aislar sonidos indeseables o ruidos generados por habitantes externos en una edificación unifamiliar, multifamiliar o institucional, debido a esto es que se viene mejorando el componente principal dentro de este elemento estructural el cual es el mortero. El objetivo de la investigación fue determinar el porcentaje de incorporador de poliestireno reciclado para brindar trabajabilidad, reducir el peso unitario e incrementar el aislamiento acústico del mortero, para esto se establece porcentajes de poliéster de 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%, 0.6% y 0.7% respectivamente. Con respecto a la metodología, es una investigación aplicada bifactorial con diseño experimental ya que busca desarrollar tecnologías nuevas en una mezcla tipo mortero para paneles de muros. El resultado más sobresaliente que se obtuvo a raíz de los diferentes ensayos, fue que el porcentaje de poliestireno reciclado de 0.7% alcanza un aislamiento acústico de 30.18 decibeles a 28 días de curado. Finalmente concluimos que, a mayor porcentaje de incremento de poliestireno reciclado en la mezcla total, la resistencia a la compresión disminuye y a su vez aumenta el aislamiento acústico.

Palabras clave: Acústico, Mortero, Paneles, Poliestireno, Compresión.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

1.1.1 Global

La optimización continua de la calidad de vida de una sociedad es dependiente estrechamente del desarrollo de una creación sustentable, debido a que ayuda en enorme trascendencia en la economía a grado nacional y mundial. Según Abdullahi (2014), la demanda gremial del sector creación sugiere el 6% del trabajo total en las naciones en vía de desarrollo y próximo al 10% en economías elaboradas, gracias a la función de asimilación de empleos cualificados y no cualificados. Según INEI (2019) comentó: “En el año 2019, el área creación registró un aumento de 0,90%, reflejado en el crecimiento del consumo interno de cemento en 1,75%; en tanto que el progreso físico de obras se contrajo en -9,43%”. La obra está íntimamente ligada al desarrollo, siendo a la vez un instrumento y un motor una vez que su objetivo es el de proporcionar servicios que responden a una demanda positiva de la sociedad. Sin embargo, la selección de tecnologías y materiales apropiados y la colaboración de la sociedad a lo largo de la obra tienen la posibilidad de ser las claves de un conveniente mantenimiento, y, por consiguiente, de la durabilidad y sostenibilidad de la infraestructura. (Ingeniería sin fronteras, 2007, p.6) Asimismo, Gutiérrez de López (2003) expuso que cada vez aparecen diversos tipos de inconvenientes en la zona creación, así como la debilidad de recursos naturales y la más grande demanda de casa para una población en constante aumento, esto crea que todos los días se necesiten nuevos materiales y tecnologías óptimas aplicables a la obra, para que las casas sean más funcionales, seguras y económicas, en medio de las resoluciones para confrontar los desafíos de la obra de infraestructura en todo el mundo destaca el desarrollo

de materiales de elevado manejo, tecnologías innovadoras que apoyen a optimizar los procesos constructivos y alargar la vida eficaz de las construcciones.

En México los métodos que se siguen en la preparación de mezcla permanecen según con los métodos del Instituto Americano (ACI, por sus siglas en inglés). ACI es la más grande sociedad técnica y educacional, sin objetivos de lucro, dedicada a promover el diseño, la obra y construcción de nuevos materiales, así como de brindar programas de certificación, esto con el objetivo de promover la indagación científica y para desarrollar novedosas técnicas y usos eficientes.

En Colombia la Agrupación De Colombia (2019, párr.3) sostuvo: “La tecnología del diseño de mezcla actualmente avanza en 2 sentidos bastante relevantes y necesarios; por un lado, ofrecer solución al desarrollo de los sistemas constructivos y por el otro, ofrecer respuestas al bienestar y funcionalidad de las estructuras” ciertos beneficios, como por ejemplo incrementar la facilidad de su colocación, mejorar sus características mecánicas e incrementar la durabilidad del mortero, las mezclas de cemento arena gruesa y agua suelen ser cómodas, más que nada en la obra de losas de entepiso y azoteas, debido a que estas permanecen diseñadas para tolerar cargas permisibles.

En el Ecuador la creciente demanda para la obra de acabados innovadores y con nuevos diseños en diferentes espacios interiores para novedosas construcciones, crea la necesidad de

proponer resoluciones constructivas que permitan producir un ambiente exclusivo y personalizado. Así mismo las técnicas en acabados de creación observados en los materiales usados para su revestimiento y custodia, han evolucionado, permitiendo crear una extensa variedad de resoluciones acordes a cada situación lo cual se incrementa al mercado en el área del diseño interior al poder dar diferentes posibilidades innovadoras al cliente final, lo cual paralelamente se incrementa la demanda de producir nuevos acabados de creación en espacios interiores que van a acordes a los gustos de los individuos. (Asensio, 2010)

En el Perú los sistemas constructivos más económicos y eficientes llevan consigo al requerimiento de nuevos conceptos en la obra de muros no estructurales en construcciones con parámetros técnicos y constructivos sobre los sistemas convencionales que han permanecido hasta entonces y que es parte de la cultura del sector creación. Las mezclas con fibras ayudan a mantener el control de las grietas clásicas de un mortero, e incrementan la resistencia a la tensión y a compresión. Ramos (2002)

En Trujillo, se demostró la existente predominación significativa de la luz de malla metálica sobre la cohesión del mortero para el revestimiento de casetones de poliestireno expandido; esto se hizo tras hacer el ensayo de resistencia y compararlo con morteros adicionados con mallas metálicas de diversas luces y después controlar los resultados al estudio estadístico que corresponde, se compararon los principales resultados del ensayo de resistencia a la tracción del mortero de revestimiento para casetones de poliestireno expandido, los cuales fueron de 0.51 kg/cm^2 , 0.56 kg/cm^2 , 0.72 kg/cm^2 y 0.61 kg/cm^2 para el mortero patrón.

1.1.2 Macro

(Cervantes, 2008). Encontró que, a inicios de 1960, el aumento de la industria de la obra manifestó la necesidad de obtener un producto liviano y aislante térmico para su uso en losas, techos o muros. En ciertos territorios de Europa, se inició con la construcción de un mortero de cemento liviano con la suma de espumas, y se puede tener en cuenta esto como el principio de los Morteros Celulares. Hasta el presente se ha perfeccionado como producto y se ha generalizado su uso en todo el mundo.

(Salamanca, 2006). Encontró que el papel de los agentes inclusores de viento o aireadores es incorporar en la mezcla millones de pequeñas burbujas de viento, separadas y repartidas uniformemente. Estas microburbujas están de esta forma a lo largo del endurecimiento del material, tal cual se optimización sensiblemente la resistencia al hielo y a las sales anticongelantes, lo acostumbrado en la utilización de mortero es la dosificación por piezas de cemento y de arena, es claro proponer la necesidad de diseñar y dosificar el mortero según las condiciones de adhesión y resistencia y varias otras características y propiedades relevantes para el buen uso del mortero,

(Veliz, 2018). Expusieron que las mezclas de cemento arena y agua constituye un porcentaje destacable del peso que una composición debería tolerar; es por esa razón que si se reduce este peso sin perjudicar la resistencia del mortero se consigue una optimización significativa en la obra. Del mismo modo sustentaron que al minimizar la carga persistente de la

composición completa entonces reduce la proporción de acero de refuerzo significativamente, los morteros se usan en recursos estructurales claramente para aprovechar los esfuerzos mínimos de compresión a razón que establece que sea esta la propiedad de más grande interés al calificar el material universalmente y para la que se haya desarrollado una más grande infraestructura para la ejecución del ensayo (Vidaud, D.; Vidaud, I., 2014)

(Fernández, 2018). El exponerse constante o prolongadamente a la contaminación sonora puede crear paranoia, ansiedad y cansancio; además, variar el sueño, la memoria, atención y conducta. A la vez describió que el sonido perturba la mente, y mentalmente produce trastornos de conducta en la personalidad, cambios de humor y dolores de cabeza. Tec-sound (2009, p.5) describió: “El retiramiento acústico es el procedimiento primordial de control de la propagación del ruido en los edificios”. La creciente demanda por espacios acústicos de bajo ruido revela una necesidad propia del crecimiento de las ciudades, mientras la escasez de terrenos presiona el aumento de la densidad de población, produciéndose un aumento de la contaminación acústica, esta opción, con objetivos económicos y prácticos, de preparación de un mortero estructural con la integración de un incorporador para dar un material que satisfaga los requerimientos que debería tener una losa de entrepiso, con la reducción de la carga muerta de la obra, sin dañar de manera significativa su resistencia a compresión y el asentamiento primordial para su simple trabajabilidad de los trabajadores en obra, obteniendo características acústicas favorables para los pobladores de la localidad de Trujillo.

(Patiño, 2009). La transmisión acústica en paredes convencionales, en la mayor parte de la gama de frecuencias audibles, puede ser de un 2% a 3% más alta comparado con el mortero. Generalmente esta ligera desventaja es despreciable, debido a que en la mayor parte de los casos los muros se revisten y/o se pintan. Esto provoca que el ruido se refleje y no se absorba. Sin embargo, la utilización de mortero en losas es bastante ventajoso por su capacidad de aspirar ruidos de baja frecuencia, disminuyendo la transmisión de sonido de un piso a otro en inmuebles residenciales o comerciales

(Osorio, 2019). Explicó que la resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del mortero a base de arena gruesa, cemento y agua. Según el Comité ACI 318, un mortero estructural no debe tener una resistencia a compresión inferior a 17 MPa. Asimismo, según el Instituto Mexicano del Cemento, el mortero de resistencia moderada es aquel que tiene un esfuerzo a compresión entre 85 y 120 kg/cm². La resistencia a la compresión de las mezclas de mortero se puede diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad, que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura, la resistencia a la compresión del mortero es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras.

1.1.3 Micro

Según las buenas prácticas para determinar la manejabilidad del mortero, los morteros tienen dos estados, fresco y endurecido. Si la manejabilidad cambia, entonces las características del

producto como homogeneidad, cohesividad, exudación o segregación, serán visibles. La sensibilización ciudadana, al lado de las novedosas legislaciones en temas acústicos, hacen que todos los días los requerimientos de los locales, en los cuales desarrollamos nuestras propias ocupaciones diarias: centros de trabajo, etc. (Rodero, C.; Peinado, F.; 2007).

La defensa contra el sonido se convirtió en un elemento clave para poder hacer un óptimo bienestar ambiental en casa, en el trabajo o en el sitio de vacaciones. Los ruidos molestos tienen la posibilidad de proceder tanto del exterior (tráfico, presencia de locales nocturnos, maquinaria) como del interior (ruido de tacones en el suelo, sonido de vecinos u otros huéspedes, instalaciones técnicas ruidosas) y poseen efectos negativos sobre el bienestar acústico del ámbito en que vivimos. (THEQUIP, 2018)

1.1.4 Nano

Como es de conocimientos los ruidos son un problema persistente en la sociedad ya que esto provoca múltiples trastornos, alteraciones de audición y alteraciones extra auditivas a su vez tiene efectos psicológicos (trastornos de sueño, irritabilidad, estrés, depresión, dolores recurrentes de cabeza, etcétera.), los problemas más comunes se originan cuando existe una construcción aladaña, la ejecución de un análisis acústico es forzosa para todos esos locales que hagan ruidos que producen niveles de presión sonora mejores a 70dBA. Dichos sitios tienen la posibilidad de ser bares, gimnasios, cines, salones de juegos, talleres de carpintería, talleres de carro, discotecas, desde el punto de vista inicial el propietario no considera al momento de su construcción lidiar con este tipo de problemas, por ende recurre a la

construcción más economía y que sea más rápido de poder llevar, sin embargo las causas de este tipo de incidentes son debidas a que las paredes no están recubiertas con algún tipo de disipador o retención de sonido, ya que por lo general todas las estructuras no tienen como prioridad el tener que evitar este tipo de molestias, es de suma importancia saber que una buena planificación y orientación por parte de especialistas puede llevar a mejorar la estructura, uno de los materiales más famosos para un conveniente retiro acústico de los muros de tu vivienda es la fibra de vidrio o la lana de piedra. (Lorena, G. 2008)

Según Crono share (2022). “El aislamiento acústico de paredes suele costar entre \$1,000 MXN/m² y \$2,200 MXN/m². Por otra parte, insonorizar techos suele tener un precio de entre \$1,600 MXN/m² y \$3,000 MXN/m². En resumen, se requiere el conocimiento necesario del uso del aire incorporado o protección con materiales, ya sea las especificaciones para darle un excelente empleo, así como el porcentaje adecuado de material que retenga el paso del sonido dentro de la mezcla del mortero, brindando su máximo desempeño en la misma. Un muro de ladrillos en las edificaciones, es una pieza fundamental ya que algunas cargas son aplicadas sobre esta, por ende, a los edificios les es beneficioso no tener contratiempo en reestructuraciones ya que esto demandaría un sobre presupuesto, por lo general el tema de aislamiento acústico es un punto que no se proyecta o no se incluye en la mayoría de proyectos de construcción a lo largo del país, debido que sería un presupuesto extra para una comodidad incorporada desde el inicio, es ahí donde el costeo de materiales sobre pasa en algunos casos el presupuesto del cliente por lo cual opta pasar por alto este tipo de estudio y su consecuente aplicaciones, con esta investigación lo que se quiere lograr es encontrar un material reciclado que junto a la mezcla de arena cemento y agua sea capaz de convertirse en

una mezcla perfecta para evitar este tipo de problemas, reteniendo de esta manera el paso del sonido acústico tanto en exteriores como en interiores, la idea es plantear poliestireno reciclado para poder así usarlo en una mezcla y realizar paneles que puedan ser colocados sobre las paredes de las viviendas, es decir viviendas que sufran de problemas con ruidos acústicos esto se puede dar en viviendas que estén cerca de bares, gimnasios, cines, salones de juegos, talleres de carpintería, talleres de carro, discotecas, etc. Es importante recalcar que al encontrar el aislamiento acústico que tienen los muros luego de introducir el material reciclado, se analizará si su uso beneficia al aislamiento acústico.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Mortero de construcción

El mortero de cemento es un material de construcción que se obtiene mezclando arena y agua en cemento que actúa como aglutinante utilizado para preparar elementos de construcción como ladrillos, piedras y bloques de hormigón, además, se utiliza para rellenar los espacios entre bloques y como revestimiento de paredes. Los morteros de mala calidad o bastos tienen menor contenido de cemento y por lo tanto son menos adherentes y más difíciles de trabajar, estos factores hacen que sea necesario buscar la dosis adecuada. (Helmut, 1979)

Tabla 1.

Tipos de mortero

Tipos de mortero	
Morteros de cal	Morteros fabricados con cal, arena y agua.
Morteros de cemento	Mezcla de cemento portland y arena.

Morteros bastardos	Intervienen dos aglomerantes, como el yeso y cal o cemento y cal.
Morteros aéreos	El aglutinante es la cal aérea.
Morteros hidráulicos	El aglutinante es la cal hidráulica.
Morteros Justacken	Son morteros especiales: expansivos, refractarios, etc.
Mortero puzolánico	Ceniza volcánica fina y arenosa.

Nota. Esta tabla muestra algunos de los tipos de mortero. Tomado de *Helmut (1979) Con la brocha y la pintura*

1.2.2 Componentes de mortero

1.2.2.1 Cemento portland

(Quiroz, M. 2006). Lo definen como un cemento hidráulico producido por la pulverización del Clinker Portland, de igual forma, sugieren que el cemento hidráulico fragua y endurece por interacción química con el agua, tanto en el aire como en el agua.

❖ Composición química

Según la norma europea UNE-EN 197-1:2011, el cemento es un aglutinante hidráulico, es decir, un material artificial de naturaleza inorgánica y mineral, finamente molido y debidamente mezclado con agua para formar una pasta endurecedora. Las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes producen productos hidratados mecánicamente resistentes y estables. (Sanjuán s.f., p.18) sostuvieron: “Esta propiedad de conglomerante hidráulico le ha convertido en un material básico en la construcción, imprescindible para la edificación y la realización de infraestructuras”. La siguiente tabla muestra los porcentajes típicos de los compuestos en el cemento y sus respectivas abreviaturas.

Tabla 2.

Porcentajes típicos de intervención de los óxidos.

	Oxido componente	Porcentaje típico (%)	Abreviatura
Cal combinada	CaO	62.5	C
Sílice	SiO ₂	21	S
Alúmina	Al ₂ O ₃	6.5	A
Hierro	Fe ₂ O ₃	2.5	F
Cal libre	CaO	0	-
Azufre	SO ₃	2	-
Magnesio	MgO	2	-
Álcalis	Na ₂ O y K ₂ O	0.5	-
Perdida del fuego	P.F.	2	-
Residuo insoluble	R.I.	1	-

Nota. Esta tabla muestras por porcentajes típicos de óxidos. Tomado de *Quiroz, M.; Salamanca, L. (2006).*

(Quiroz y Salamanca). Explicaron que estos constituyentes no se encuentran libremente en el cemento, sino que se combinan para poder de esa manera formar constituyentemente latentes, se les puede considerar como el componente principal del cemento, en la siguiente tabla se detallarán los compuestos principales.

Tabla 3.

Compuestos principales del cemento portland.

Nombre del compuesto	Formula	Abreviatura
Silicato dicálcico	2CaO . SiO ₂	C2S
Silicato tricálcico	3CaO . SiO ₂	C3S
Aluminato tricálcico	3CaO . Al ₂ O ₃	C3A

Aluminoferrito tetracalcio

$4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{ Fe}_2\text{O}_3$

C4AF

Nota. Esta tabla muestra los componentes principales de un cemento portland que se utiliza por lo general en obras. Tomado de *Rivera, G. (2013)*.

❖ Clasificación de tipos de cemento

El cemento Portland se produce en cinco tipos cuyas propiedades han sido estandarizadas según las especificaciones de la NTP 334.090 singularidad con la ASTM C150.

- **TIPO I**

Cemento tradicional apropiado para uso general, donde no se requiera propiedades químicas de otros cementos, su uso incluye pavimentos, pisos, embalses, tuberías, unidades de mampostería y productos de concreto prefabricado, entre otros.

- **TIPO II**

Cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfato, en obras que requieran grandes volúmenes de hormigón.

- **TIPO II (MH)**

Cemento destinado al uso general, específicamente moderado calor de hidratación, obras expuestas a la acción de sulfatos u obras cercanas al agua.

- **TIPO III**

Cemento de alta resistencia inicial, su aplicación es apta para climas fríos por su alta generación de calor durante el fraguado.

- **TIPO IV**

Cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación, se puede utilizar en estructuras de hormigón macizo donde las altas temperaturas se derivan del calor.

- **TIPO V**

Cemento de alta resistencia a la acción de los sulfatos, principalmente donde el suelo y las aguas subterráneas contienen una alta concentración de los mismos.

Figura 1.

Valorización de cementos de la empresa Pacasmayo.



Nota. Esta figura representa los 5 tipos de cementos tradicionales que son comercializados en el país. Tomado de *Cementos Pacasmayo S.A.A.*, (2016)

➤ **Cemento portland Tipo I**

Obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso, el acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado, excelente de resistencias en Shotcrete, excelente desarrollo en resistencias a la compresión, buena trabajabilidad, apto para todas las aplicaciones donde no se requieran las propiedades específicas de otros cementos, brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado, el cemento portland Tipo I se vende en bolsas 42.5 kg de peso neto, el peso específico considerado para el Cemento Pacasmayo es de 3.10 g/cm^3 . (Cementos Pacasmayo, 2016).

Una vez que ya es extraída la materia prima, se procede a reducir un tamaño procesable, cabe recalcar que el crudo se procesa en molinos. El paso de homogeneización suele ser húmedo o también seco, esto va a depender de que, si se utiliza flujo de aire o agua para poder mezclar el material, también se utiliza hornos para la producción de clinker a temperaturas superiores a 1500 °C. En el proceso seco, la materia prima se suele homogeneizar en las terrazas de materia prima utilizando la cantidad de energía, no hay necesidad de eliminar el agua añadida para la mezcla los materiales, los hornos son más cortos y el clinker tarda menos sometido a altas temperaturas, el clinker obtenido no depende del método utilizado, luego se homogeneiza con una pequeña cantidad de yeso (2% aprox.) para la producción final de cemento.

Figura 2.

Proceso de fabricación del cemento.



Nota. Esta figura muestra el procedimiento de fabricación del cemento. Desde su extracción hasta su distribución. Holcim México. (2020)

- **Requisitos físico – químicos del cemento Tipo I.**

El cemento se compone de diferentes materiales (componentes), correctamente dosificados confieren al cemento las propiedades físicas y químicas y la resistencia suficiente para la aplicación deseada, se debe cumplir con los siguientes requisitos de la norma ASTM C150.

Tabla 4.

Requisitos químicos de la composición del cemento Tipo I

Requisitos	Cemento Portland Tipo I
Oxido de aluminio (Al_2O_3)% max	-
Oxido férrico (FeO_3)% max	-
Oxido de magnesio (MgO)% max	6.0
Trióxido de azufre (SO_3)% max, cuando (C_3A) es 8% o menos	3.0
Trióxido de azufre (SO_3)% max, cuando (C_3A) es mas 8%	3.5
Perdida de ignición % max	3.00
Residuos insolubles % max	3.75
Silicato tricálcico (C_3S)% max	-
Silicato dicálcico (C_2S)% max	-
Aluminato tricálcico (C_3A)% max	-
Suma de $C_3S + 4.75C_3A$ % max	-
Aluminio - ferrito tetracálcico, más dos veces aluminato tricálcico $C_4AF + 2(C_3A)$ o solución solida ($C_4AF + C_2F$)% max	-

Nota. Esta tabla contiene todos los requisitos que se requieren para la composición del cemento, específicamente del cemento Tipo I que se utiliza generalmente. Tomado de *Norma ASTM C150.*

Tabla 5.

Requisitos físicos para el cemento portland Tipo I.

Requisitos	Cemento Portland Tipo I
Contenido de aire del mortero volumen %	
Máximo	12
Mínimo	-
Finura superficie específica () Ensayo de turbidímetro	
Mínimo	150
Máximo	-
Ensayo de permeabilidad al aire	
Mínimo	260
Máximo	-
Expansión en autoclave	
Máximo (%)	0.80
Resistencia a la compresión (MPa), no menor que los valores mostrados para edades indicadas a continuación	
1 día	-
3 días	12.0
7 días	19.0
28 días	-
Tiempo de fraguado ensayo de Vicat (minutos)	
Tiempo de fraguado, no menor que:	45
Tiempo de fraguado, no mayor que:	375

Nota. En esta tabla se detallan algunos de los requisitos físicos que debe tener el cemento portland Tipo I. Tomado de *Norma ASTM C150*.

- **Aplicaciones del cemento portland Tipo I.**

Según la norma ASTM C150 las aplicaciones del cemento portland Tipo I son requeridas en las siguientes condiciones:

1. Estructuras que requieren un rápido desencofrado.
2. Obras de concreto y concreto armado en general.
3. Concreto en clima frío.
4. Productos prefabricados.
5. Pavimentos y cimentaciones.

En la figura N°3 se mostrará el cemento portland Tipo I, utilizado en la presente investigación, para este caso se utilizó el cemento extra forte de la empresa Pacasmayo

Figura 3.

Cemento Portland Pacasmayo Tipo I.



Nota. En la figura se puede observar el cemento utilizado en la presente investigación de paneles acústicos. Tomado de *Cementos Pacasmayo (2016)*.

➤ **Cemento Portland Tipo II.**

Es un cemento para uso en construcciones de concreto expuestas a la acción moderada de los sulfatos o cuando se requiere un calor de hidratación moderado, sus propiedades poseen un menor contenido de Aluminato tricálcico (C3A), sus aplicaciones son en bases de muelles, puentes, tanques, túneles, drenajes, canales, etc. donde exista ataque moderado de cloruros y sulfatos en el agua, en obras que requieran grandes volúmenes de hormigón y especialmente en climas cálidos como: presas, muros de contención, pilotes y pavimentos, entre otros.

➤ **Cemento Portland Tipo II (MH).**

Protege el concreto de eructos y hierro de corrosión, posee un calor moderado de hidratación, por lo que es ideal para clima cálido, declive posibilidad de formación de grietas, posee una buena durabilidad tiene adiciones minerales y activas desarrollando una gran resistencia a la compresión y una gran protección a agentes agresivos del suelo, así mismo tiene un moderado calor de hidratación, baja permeabilidad en el concreto y menor impacto ambiental, sus usos son ideales para obras que requieren de bajo calor de hidratación.

➤ **Cemento Portland Tipo III.**

Muestra alta resistencia en el período temprano, generalmente dentro de la primera semana después del nacimiento. Es similar al cemento Tipo I, excepto que las partículas se muelen más finamente, por lo que se puede usar cuando es necesario quitar el cercado temporal (encofrado) lo antes posible o cuando la estructura se puede usar rápidamente, el cemento tipo III tiene una alta resistencia inicial, cualidad que lo hace perfecto para su uso en trabajos donde la estructura necesita cargarse lo más rápido posible o desgastarse en pocos días.

➤ **Cemento Portland Tipo IV.**

El cemento tipo IV es el más adecuado para grandes masas como diques y presas donde se debe minimizar el aumento de temperatura para evitar la expansión, por lo tanto, estos cementos desarrollan resistencia más lentamente que otros tipos, se puede utilizar en estructuras de hormigón macizo donde las altas temperaturas se derivan del calor.

➤ **Cemento Portland Tipo V.**

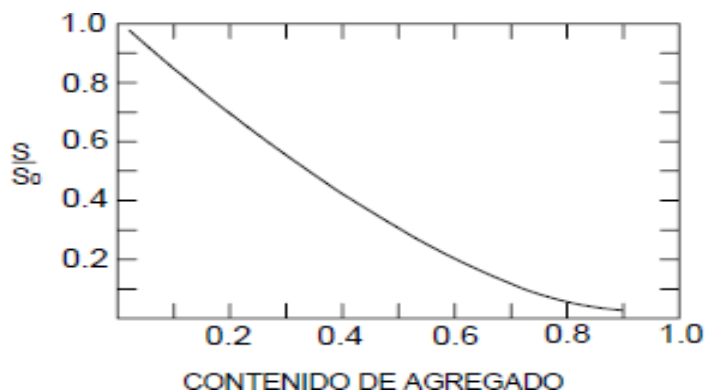
Se utiliza en hormigones que están expuestos a una fuerte exposición a los sulfatos, principalmente donde el suelo y las aguas subterráneas contienen una alta concentración de los mismos, la alta resistencia a los sulfatos de este cemento se atribuye al bajo contenido de aluminato tricálcico de no más del 5%, incluso el hormigón de cemento tipo V.

1.2.2.2 Agregados

Es un material inerte que se combina con un aglomerante y agua para formar hormigón o mortero, por lo tanto, es importante que el agregado tenga buena resistencia, durabilidad y resistencia a la intemperie y que la superficie esté libre de impurezas como lodo, limo y compuestos orgánicos que pueden debilitar la unión con la pasta de cemento. Los agregados, también conocidos como áridos, son materiales o partículas neutras con granulometrías de 0 mm a 100 mm de origen natural o hecho por el hombre, contribuyendo a la estabilidad de masas como el mortero. (Fernández, 2011)

Figura 4.

Relación de la contracción S



Nota. En la figura se puede observar la relación de contracción del cemento + agregado + agua a la contracción S_0 de la pasta (cemento + agua) en función del porcentaje. Tomado de *Quiroz, M.; Salamanca, L., (2006)*

(Porrero, 2014). Explicaron que el propósito específico de los agregados es abaratar la mezcla y darle ciertas propiedades favorables. Además, las propiedades de los agregados utilizados deben ser aquellas que beneficien, tales como: trabajabilidad, contenido de cemento, adherencia con la pasta y óptima resistencia mecánica

1.2.2.2.1 Clasificación de los agregados

Según (J. Silva, 2007). Detalla que, aunque los agregados a menudo se pueden clasificar por tamaño en pequeños y grandes, la influencia de las asociaciones (como ASTM o ACI) tiene un alcance internacional y se acepta para establecer estándares, reglas y leyes.

➤ Clasificación por procedencia

En la clasificación por origen, que se realiza en función del origen de las rocas y de los procesos fisicoquímicos de su formación, se pueden distinguir los siguientes tipos de agregados:

- **Agregados ígneos**

Son todos cúmulos de rocas ígneas, generalmente a este tipo de roca también se le conoce como madre, endógena o ígnea, se pueden dividir en:

- ✓ Intrusivas, abisales o plutónicas.
- ✓ Filonianas o hipoabisales.
- ✓ Extrusivas, efusivas o volcánicas.

Figura 5.

Agregados ígneos.



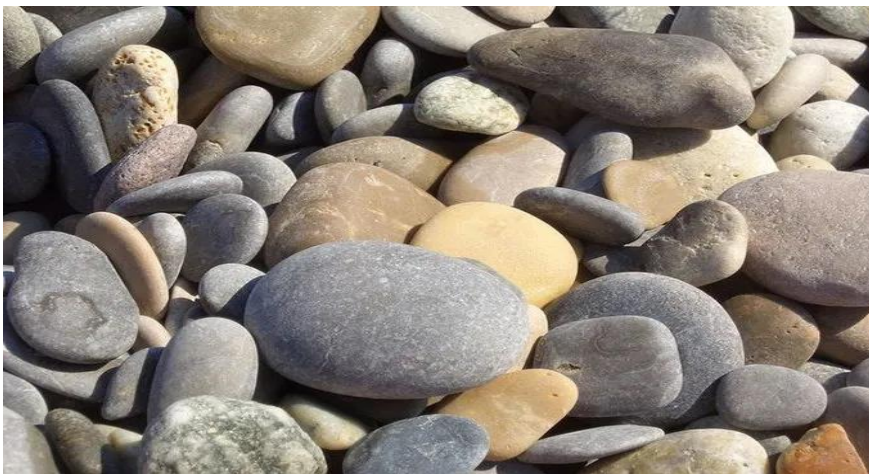
Nota. En la figura se puede observar un ejemplo de tipo de agregados ígneos. Tomado de *Wikimedia Commons (2010)*.

- **Agregados sedimentarios**

Son un conjunto de rocas sedimentarias, esta roca está formada por rocas ígneas, metamórficas, entre otras rocas sedimentarias, se forman por descomposición y descomposición o por precipitación o deposición química.

Figura 6.

Agregados sedimentarios.



Nota. En la presente figura se muestra un ejemplo del tipo de agregado sedimentario. Tomado de *Wikimedia Common (2010)*.

- **Agregados metamórficos**

Todos ellos son ensamblajes derivados de rocas metamórficas y, por lo tanto, de rocas ígneas y sedimentarias de alta temperatura que ocurren en la misma fuerza de contacto o metamorfismo regional o dinámico, el proceso metamórfico se realiza en estado sólido, es decir las transformaciones se producen sin que la roca llegue a fundirse, la mayoría de rocas metamórficas se caracterizan por un aplastamiento general de sus minerales que hace que se presenten alineados.

Figura 7.

Agregados metamórficos.



Nota. En la presente figura podemos observar un tipo de agregado metamórfico. Tomado de *Wikimedia Commons (2010)*.

➤ Clasificación por color

Este es uno de los métodos de clasificación más sencillos porque solo se fija en el color del material para distinguirlo.

Figura 8.

Clasificación de agregados por su color.



Nota. En la presente figura podemos saber que los agregados también se pueden clasificar por su color. Tomado de *Wikimedia Commons (2010)*.

➤ Clasificación por fragmentación

Dependiendo del tipo de fragmentación que tienen, los agregados se pueden clasificar en:

- **Agregados naturales:** Agregados fragmentados por procesos naturales como la erosión.
- **Agregados manufacturados:** Agregados fragmentados con procesos mecánicos.

➤ Clasificación por peso específico

La clasificación por peso específico es determinada a través del peso unitario de los agregados, dependiendo de esta característica se tienen:

- Agregados ligeros: Son producidos expandiendo la arcilla, la pizarra, perlita, entre otros.
- Agregados normales: Consisten en arenas naturales o manufacturadas.
- Agregados pesados: Agregado de alta densidad como barita, magnetita, entre otros.

Así mismo los agregados no solo pueden clasificarse por el peso específico, sino también por su tamaño a continuación veremos este tipo de clasificaciones.

➤ **Clasificación por tamaño**

El tamaño de un sistema de partículas corresponde a una operación mecánica que se realiza a nivel de laboratorio para conocer la distribución granulométrica de un mineral, información necesaria para comprender la estratificación de la masa de los diferentes tamaños en que se encuentra, y mediante esta técnica conocer cómo se organizan los diferentes minerales y los diferentes elementos químicos que los componen. Este método de prueba permite separar el mineral en sus diversas fracciones de medida de partículas, cada una de las cuales corresponde a unidades de un solo tamaño, ordenadas de mayor a menor según su tamaño aparente, los tamaños de partículas provenientes del proceso de chancado, así como los de molienda, resultan ser variables relevantes para considerar en los modelos de recuperación.

- **Agregado fino**

Agregado que pasa por el tamiz de 3/4 pulg. y casi pasa por completo por el tamiz No. 4 y es retenido de modo predominante por el tamiz No. 200 y que cumple con los límites

establecidos en la norma ASTM C 33. El mejor agregado fino consistirá en partículas de forma limpia anguloso, duro y compacto, cabe recalcar que dentro del agregado fino se encuentran tres tipos los cuales se detallaran a continuación.

- ✓ **Arena fina:** Se puede mezclar con cemento para hacer enlucidos, albañilería o mortero plano. Las dimensiones son inferiores a 4 mm, su componente principal es la sílice.
- ✓ **Arena miga:** Es más gruesa y densa que la arena fina y se usa para unir varios materiales de construcción. También para la elaboración de morteros, su espesor alcanza los 4 mm.
- ✓ **Arena gruesa o lavada:** Se suele mezclar con cemento para obtener el famoso mortero de albañilería y se fabrican suelos, forma parte de cimentaciones o una ladrillos o bloques. Su espesor puede alcanzar los 5 milímetros.

En la Tabla 6 se detalla los límites granulométricos del agregado fino según lo establecido en la norma ASTM C33.

Tabla 6.

Límites granulométricos del agregado fino.

Nº de tamiz	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa
3/8"	9.50	100
Nº4	4.75	95 a 100

N°8	2.36	80 a 100
N°16	1.18	50 a 85
N°30	0.60	25 a 60
N°50	0.30	5 al 30
N°100	0.15	0 a 10
N°200	0.07	0 a 3

Nota. En la presente tabla podemos observar los límites granulométricos del agregado fino según lo determinar la norma ASTM C33. Tomado de la *ASTM C33 (2018)*.

- **Agregado grueso**

El agregado es retenido principalmente por la criba número 4 (4,75 mm); o dicho agregado es retenido por el tamiz número 4 (4,75 mm), el agregado grueso utilizado se denomina "grava", que se forma por la descomposición natural y el desgaste de la roca o se forma por trituración.

(Rivera, 2013). Sostuvo para los agregados una clasificación más específica a través de la Tabla 4 donde se muestra los nombres más usuales de las fracciones y su aptitud para morteros o concretos según el tamaño de sus partículas.

Tabla 7.

Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas

Tamaño en mm	Denominación	Clasificación
< 0.002	Arcilla	Fracción muy fina
0.002 - 0.074 (#200)	Limo	Fracción fina
0.074 - 4.76 (#200 - #4)	Arena	Agregado fino
4.76 - 19.1 #4 - 3/4"	Gravilla	-
19.1 - 50.8 3/4" - 2"	Grava	Agregado grueso

50.8 - 152.4 2"- 6"	Piedra	-
> 152.4 - 6"	Rajón, piedra, bola	Concreto ciclópeo

Nota. En la presente tabla podemos observar la calificación de agregados según tu tamaño de partícula para los agregados. Tomado de *Rivera, G. (2013)*

➤ **Densidad relativa**

Tabla 8.

Valores promedio para las propiedades físicas de los tipos principales de rocas

Tipo de Roca	Densidad relativa / Dr (g/cm³)	Absorción (%)	Prueba de abrasión Los Ángeles (%)
Ígneas			
Granito	2.65	0.3	38
Sienita	2.74	0.4	24
Diorita	2.90	0.3	-
Gabro	2.96	0.3	18
Peridotita	3.31	0.3	-
Felsita	2.66	0.8	18
Basalto	2.86	0.5	14
Diabasa	2.96	0.3	18
Sedimentarias			
Piedra caliza	2.66	0.9	26
Dolomita	2.70	1.1	25
Arcilla esquistosa	1.80 - 2.50	-	-
Arenisca	2.54	1.8	38
Chert	2.50	1.6	26
Conglomerado	2.68	1.2	-

Brecha	2.57	1.8	-
Metamórficas			
Gneis	2.74	0.3	45
Esquisto	2.85	0.4	38
Anfibolita	3.02	0.4	35
Pizarra	2.74	0.5	20
Cuarcita	2.69	0.3	28
Mármol	2.63	0.2	47
Serpentina	2.62	0.9	19

Nota. En la presente tabla podemos observar los distintos tipos de roca con sus propiedades físicas. Tomado de *Quiroz, M.; Salamanca, L. (2006)*

1.2.2.2.2 Características de los agregados

La arena es el agregado más responsable en el mortero. Las fluctuaciones en el tamaño de grano de la grava y la grava tienen poco efecto sobre la resistencia del hormigón con la misma relación agua/cemento; Sin embargo, no ocurre lo mismo con las variaciones en el tamaño de grano de las arenas, ya que las propiedades del hormigón varían significativamente en función de su composición. La arena y el árido grueso influyen en la durabilidad del hormigón a través de su dureza y adherencia con la pasta de cemento. (Fernández, 2013)

La limpieza, la higiene, la resistencia y la forma de las partículas son importantes en cualquier agregado. Los agregados se consideran limpios cuando están libres de exceso de arcilla, limo, mica, materia orgánica, sales químicas y granos recubiertos.

- Determinar características útiles para seleccionar las proporciones para el mortero; como la gravedad específica y la absorción.
- Asegurar que en forma rutinaria se cumplan con los requisitos para el trabajo.

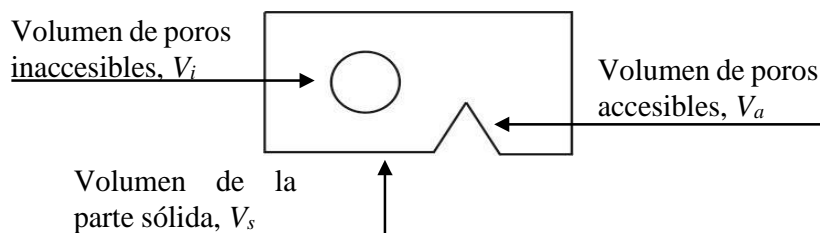
En la mayor parte de los casos, las pruebas aplicadas a los agregados dan un índice para predecir el comportamiento en el mortero, en lugar de evaluar un atributo. (Quiroz, M.; Salamanca, L., 2006, p.59)

➤ Densidad

Los agregados generalmente tienen poros accesibles, los dos tipos de poros están contenidos en el volumen considerado y si la muestra de árido está seca al horno o llena de agua con sus poros abiertos, es decir, saturada. con agua, pero con una superficie seca.

Figura 9.

Modelo esquemático de una partícula de árido



Nota. En la figura se puede observar un modelo esquemático de una partícula de árido. Tomado de *Fernández, M. (2013)*.

La figura 9 muestra un patrón esquemático en el que un conjunto de partículas aparece en una bola. En esta partícula o grupo se produce un círculo vicioso, cuál será el volumen que

contendrá los agujeros V_i cerrados e inaccesibles al agua; en el hoyo el volumen del hoyo o el agua que puede entrar; el resto de la pieza es el volumen de su sólido V_s .

➤ Resistencia mecánica

El mortero no puede tener una resistencia a la compresión mayor que el agregado que lo compone. La influencia de los áridos en la durabilidad del hormigón no sólo se debe a su propia resistencia, sino también a su forma, textura, limpieza superficial y absorbencia. La producción de hormigón normalmente utiliza agregados con una resistencia a la compresión superior a 100 N/mm^2 (1019 kg/cm^2).

Tabla 9.

Resistencia a compresión de rocas

Rocas	Resistencia a compresión	
	MPa (N/mm^2)	(kg/cm^2)
Caliza	150	1529
Cuarcita	250	2548
Grava silícea	130	1325
Granito	180	1834
Gneis	140	1427
Mármol	110	1121
Esquitos	170	1732

Nota. En la presente tabla podemos observar el promedio de resistencia a la compresión de las rocas. Tomado de *Fernández, M., (2013)*

➤ Textura superficial

Los aglomerados exhiben una amplia variedad de texturas superficiales, desde pulidas hasta porosas, lisas, granulares, gruesas y cristalinas. El pulido es típico de los áridos vitrificados y las escorias. Suavidad como grava, mármol, etc. Gránulos de piedra caliza triturada. Piedras en bruto como basalto, pórfido y caliza. Cristales como granito, gneis y gabro. La textura superficial depende del tipo de roca original, dureza, tamaño de grano, porosidad, etc., y de los efectos que hayan sufrido las partículas. La textura superficial del árido, junto con su forma, tiene una gran influencia en la resistencia del hormigón y tiene mayor influencia en la resistencia a flexión que en la resistencia a compresión, especialmente cuando se obtienen morteros de alta resistencia. (Fernández, M., 2013)

➤ **Adherencia de la pasta al árido**

La adherencia del mortero de cemento al árido depende de su forma, porosidad, propiedades y especialmente del estado de la superficie. La superficie del árido debe ser adecuada. La presencia de arcilla en él es perjudicial porque reduce la resistencia a la tracción por falta de adherencia y su eliminación debe hacerse mediante lavado. La adherencia mecánica que asegura la unión a escala macroscópica depende del estado de la superficie del agregado. Se utiliza para pavimentar aeropuertos y carreteras porque cuanto más áspera es la superficie, más grande es el agregado triturado que proporciona la máxima adherencia y resistencia a la tracción.

1.2.2.2.3 Propiedades físicas de los agregados

➤ **Análisis granulométrico**

La medición de partículas se define como la distribución del tamaño de partículas del agregado. Sin embargo, se han desarrollado especificaciones de medición de partículas que permiten, en promedio, obtener mezclas con propiedades satisfactorias a partir de materiales disponibles localmente. El sistema habitual para expresar la composición granular de los áridos es uno en el que los orificios de tamiz sucesivos se duplican continuamente. Los valores encontrados se presentan gráficamente en un sistema de coordenadas semilogarítmicas, lo que permite estimar la distribución acumulada. (Carbajal, E, 1998).

➤ **Módulo de fineza**

En busca de una propiedad numérica que refleje la distribución de volumen de las partículas agregadas, hace muchos años se determinó el módulo de tamaño de partícula. Este es un concepto muy importante, definido en 1925 por Duff Abrams y definido como el porcentaje acumulativo restante de la corrida principal al tamiz #100 y esta suma se divide por 100. El apoyo matemático para el módulo de magnitud es que es proporcional al tamaño de partícula medio logarítmico para una distribución de tamaño de partícula determinada.

- **Tamaño máximo nominal:** Cuyo porcentaje retenido acumulado es mayor al 5% de la muestra.
- **Tamaño máximo:** Tamiz inmediato superior del tamaño máximo nominal.

➤ **Peso unitario**

La norma ASTM C29 define un método estándar para evaluar el tamaño de grano cuando las partículas se colocan después de la compresión en un molde metálico comprimiéndolas con 25 impactos de una barra de 5/8" en 3 capas. Algunos usan la misma prueba, pero sin compactación sintética, para determinar el "peso unitario libre".

Figura 10.

Modelo esquemático del peso volumétrico del agregado.



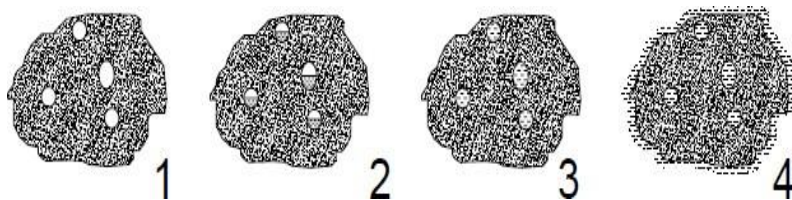
Nota. En la presente figura podemos observar un modelo esquemático del peso volumétrico del agregado. Tomado de *Gutiérrez, L. (2003)*.

➤ **Humedad**

Es muy importante conocer el contenido de humedad de los agregados, particularmente de la arena, ya que esto puede tener un gran impacto en la proporción real de agua/cemento, dependiendo del contenido de agua de los áridos.

Figura 11.

Estados de saturación de los agregados.



Nota. En la siguiente figura podemos observar el proceso de cambio de estado de saturación de los agregados. Tomado de *Quiroz, M., Salamanca, L. (2006)*

➤ **Porosidad y absorción**

La porosidad y absorción de los áridos tienen una gran influencia en su adherencia a las pastas de cemento y por tanto en la resistencia mecánica del hormigón. Para partículas aglomeradas, consideradas independientemente, la "porosidad" se puede definir como la relación entre el volumen de los agujeros accesibles al agua y el volumen real de la partícula. El "coeficiente de absorción" de una muestra agregada es la relación entre el aumento de peso debido a la absorción y el peso seco de la muestra agregada. Sin embargo, si la tasa de absorción del agregado grueso es inferior al 3 % y la tasa de absorción del agregado fino es inferior al 5 %, se puede considerar una buena roca. La absorción de agregado grueso se expresa arbitrariamente en términos de agua que ingresa a los poros o capilares durante el período de remojo de 24 horas. Calculado a partir del peso de los áridos secados al horno. (Quiroz, M., Salamanca, L., 2006)

$$\% \text{ de absorcion} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

En donde:

A = Peso de la muestra secada al horno (g)

B = Peso de muestra saturada – seca en la superficie (g)

➤ **Contenido de vacíos**

La cantidad de compactación, la forma, la textura de la superficie y la gradación de los agregados afectan en gran medida el número de vacíos. Los agregados bien graduados son agregados que contienen una cantidad adecuada de partículas más finas para llenar los espacios entre los tamaños más grandes y, por lo tanto, reducir el contenido de vacíos. Sin embargo, no se ha encontrado que los agregados con grados excelentes, como aquellos para vacíos mínimos, sean críticos para un mortero aceptable. De hecho, los agregados con curvas de gradación discontinuas en uno o más tamaños de tamiz se han utilizado con éxito e incluso algunos los han recomendado.

➤ **Gradación**

Como se muestra en la Figura 12, después de la excavación o minería en una mina, los agregados del mortero se someten con mayor frecuencia a un proceso de tamizado para llevarlos al tamaño adecuado, minimizando la cantidad de vacíos que llena la pasta de cemento. La presencia del tamaño deseado en el producto se determina mediante "análisis mecánico" o prueba de tamiz. Dependiendo de la naturaleza de los agregados utilizados, se debe mantener un equilibrio bastante preciso entre las proporciones de agregado fino y grueso

para lograr la movilidad, plasticidad y no separabilidades requeridas, todo lo cual se logra, en término genérico para "trabajabilidad" (Quiroz, M., Salamanca, L., 2006)

Figura 12.

Áridos de granulometría continua – mínimos vacíos



Nota. En la figura podemos observar los áridos de granulometría continua. Tomado de Quiroz, M., Salamanca, L. (2006).

Figura 13.

Tamices de granulometría de suelos



Nota. En la presente figura podemos observar los tamices que son utilizados para la granulometría del agregado. Tomado de Murillo, B. (2016).

1.2.2.3 Agua

El agua presente en la mezcla de mortero reacciona químicamente con el material cementante para lograr:

- **La formación de gel**
- **Permitir que el conjunto de la masa adquiriera las propiedades que:**

En estado no endurecido faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma, así mismo también en estado endurecido pasen a convertirse en un producto de las propiedades y características deseadas.

No implica un ensayo para determinar su calidad, el agua mezclada se considerará potable o se sabrá por experiencia que se utilizará en la preparación. No todas las aguas potables son aptas para mezclar, el agua para la mezcla debe estar libre de colorantes, aceites y azúcares. (ACI Perú, 2000)

Tabla 10.

Límites permisibles para agua de mezcla y curado.

Parámetro	Límite máximo permisible
Ph	6.5 - 8.5
Conductividad (dS/m)	1.500
Sales (mg/L)	250

Nota. En la presente tabla podemos observar los límites permisibles para el agua de mezcla y curado de la probeta. Tomado de *SUNASS, (2017)*.

1.2.2.4 Propiedades físicas

- **Trabajabilidad**

La trabajabilidad de una mezcla de mortero se puede definir como la facilidad con la que esta puede mezclarse, manejarse, transportarse y vaciarse en su posición final con una pérdida mínima de homogeneidad. Esta, depende de las proporciones y características físicas de los ingredientes, de las condiciones de puesta en obra, de la geometría del elemento y del espaciamiento y tamaño del refuerzo.

1. Peso unitario

La densidad del mortero se define como la relación entre el volumen de sólidos y el volumen total de una unidad cúbica. También se puede entender como el porcentaje de un volumen dado que el mortero es un material sólido. La gravedad específica y la cantidad de cada agregado deberán afectar el peso unitario resultante de la mezcla fresca. Con agregados de alta porosidad el peso unitario del mortero puede variar dependiendo de si la absorción ha sido satisfecha por pre humedecimiento del agregado antes de la dosificación. Los cambios en las propiedades de los agregados pueden tener diferentes efectos sobre el peso unitario y la densidad del mortero. Puede cambiar el peso unitario de los agregados para aumentar o disminuir el peso unitario del mortero sin afectar su densidad.

1.2.2.5 Propiedades mecánicas

➤ Resistencia a la compresión

La resistencia es el esfuerzo máximo que el mortero puede soportar sin fallar. La resistencia a la compresión se utiliza como indicador de la calidad del mortero. La resistencia del mortero no puede exceder la resistencia del agregado por su naturaleza. Sin embargo, la

resistencia a la compresión del mortero convencional no se acerca a la resistencia a la compresión de la mayoría de las rocas utilizadas como agregados por encima de 1000 kg/cm². Por ello, no se ha profundizado en el análisis del impacto de los áridos en la resistencia del hormigón.

Lo dicho anteriormente se verifica fácilmente, si se observa fractura de la probeta de hormigón sometida al ensayo de compresión. En ellos, las fallas se producen en el mortero o en zonas adheridas al árido grueso y, con excepción, en los áridos que se descomponen o modifican. Lo dicho anteriormente puede comprobarse fácilmente si se produce una fractura en la probeta de hormigón sometida al ensayo de compresión. En ellos, la rotura se produce en el mortero o en zonas adheridas de árido grueso, salvo excepciones, en áridos descompuestos o alterados.

- Granulometría, dureza, resistencia, perfil y textura superficial del agregado.
- Tamaño máximo del agregado.
- Relación agua – cemento
- Relación cemento – agregado

El mortero es un material heterogéneo cuya calidad depende de numerosas variables entre las cuales se han señalado:

- Las características de cada uno de los materiales componentes por los que está formado
- Las proporciones en que esos materiales son mezclados entre sí
- El curado
- La colocación y compactación

- Los procedimientos de mezclado.

La resistencia a compresión f'_c es el parámetro de referencia más habitual para demostrar las propiedades resistentes y la calidad del hormigón, tanto a nivel de diseño estructural como a nivel de tecnología del hormigón. La calidad del hormigón incluye un concepto más amplio y completo que la resistencia a la compresión, pero dado que las filosofías de diseño actuales se basan en la resistencia a la compresión, no se puede negar que este parámetro es el más importante. Un concepto fundamental que debe quedar muy claro es que los métodos de diseño estructural en particular son probabilísticos. Es decir, se basa en consideraciones estadísticas asumiendo cierta probabilidad de obtener valores de f'_c en el campo dentro de un cierto rango. Esto se debe a que se ha demostrado que la resistencia del mortero ensayado en condiciones controladas es muy cercana a la distribución de probabilidad normal o Gaussiana.

En la Regulación 318 de ACI y en las Regulaciones Nacionales de Construcción, f'_c se define como la "resistencia a la compresión especificada" evaluada en el sitio como el valor de tensión promedio de las pruebas de dos especímenes cilíndricos estándar de 6 pulgadas, de alto o tres especímenes de 4" de diámetro por 8" de alto, obtenidos, curados y probados a los 28 días de bajo condiciones controladas. El nivel de resistencia de una determinada clase de mortero, se considera satisfactorio si cumple los dos requisitos siguientes:

- Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que f'_c por más de 3,5 MPa cuando f'_c es 35 MPa o menor; o por más de $0.10 f'_c$ cuando f'_c es mayor a 35 MPa. (Comité ACI 318, 2014)

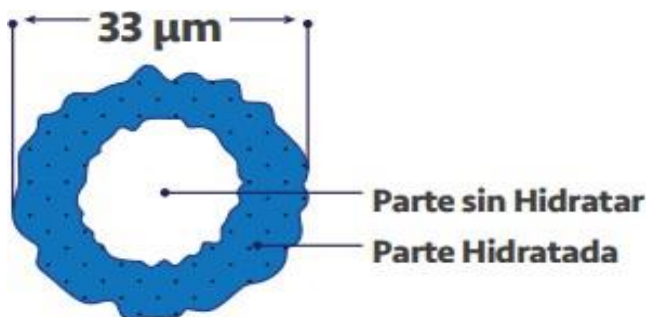
- Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a $f'c$.

➤ El curado

Es una operación en la que se protege el desarrollo de la reacción de hidratación del cemento, evitando la pérdida de parte del agua de reacción por evaporación superficial. Esta pérdida de agua provoca fisuras en el hormigón por plástico y abre la puerta a materiales agresivos. Se utiliza un proceso de curado, mediante el cual se incrementa la resistencia mecánica, se obtiene impermeabilidad, se incrementa la resistencia al desgaste ya la abrasión y se consigue una mayor durabilidad. (Velazco, G., 2014)

Figura 14.

Hidratación de la partícula de cemento



Esquema de un grano de cemento en proceso de hidratación

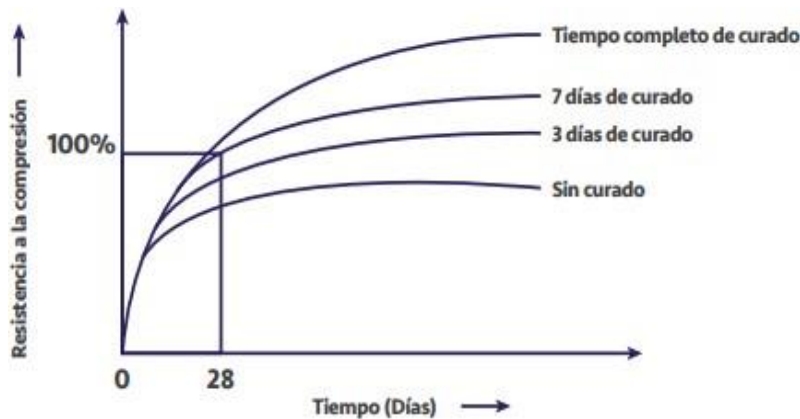
Nota. En la presente figura podemos observar un esquema de un grano de cemento en proceso de hidratación. Tomado de *Euclid Toxement, (2016)*.

Los cilindros para los ensayos de resistencia deben ser fabricados y curados en laboratorio de acuerdo con "Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field"

(ASTM C 31), y deben ensayarse de acuerdo con “Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”, (ASTM C 39). (Comité ACI 318, 2014. El mortero, por otro lado, es muy sensible a la temperatura a la que tiene lugar el proceso de hidratación. Se ha encontrado que la temperatura de curado debe ser superior a 10°C para maximizar sus propiedades. Las temperaturas más bajas producen menos resistencia inicial.

Figura 15.

Influencia del curado sobre la resistencia



Nota. En la presente figura poder observar cómo influye el curado sobre la resistencia a la compresión conforme pasan los días. Tomado de *Euclid Toxement, (2016)*.

La Figura 15 se muestra que la mezcla sin curar alcanza solo alrededor del 55% de su resistencia potencial. Alcanza aproximadamente el 75% de su fuerza potencial después de solo 3 días de curado. El curado en los primeros 7 días puede alcanzar el 98% de resistencia potencial. (Euclid Toxement, 2016)

1.2.2.6 Propiedades acústicas

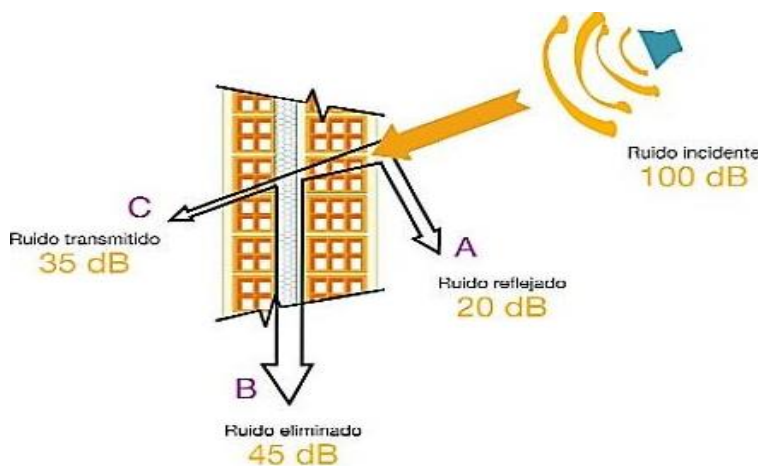
La acústica es una ciencia que estudia diversos aspectos relacionados con el sonido, en especial el fenómeno de generación, propagación y recepción de ondas sonoras en diversos medios. La acústica tiene un fuerte carácter multidisciplinario y abarca temas que van desde la física pura hasta la biología y las ciencias sociales. Miyara, F, p.1.

➤ Materiales aislantes y absorbentes

Hay una gran diferencia entre material aislante y material absorbente. Ambos son de uso común en acústica. El acto de desacoplamiento es para evitar la propagación de la energía acústica incidente, y la absorción es para transformar parte de esa energía. Los aisladores reflejan prácticamente toda la energía incidente, mientras que los absorbentes disipan parte de esa energía en forma de energía térmica.

Figura 16.

Descomposición del sonido frente a un elemento.



Nota. En la presente figura se observa la descomposición del sonido frente a un elemento. Tomado de Valero, s.f. (2009).

➤ **Absorción acústica**

La propiedad básica de los materiales que absorben el sonido es convertir la mayor parte de la energía del sonido que pasa a través de ellos. Su misión es, por tanto, reflejar la menor cantidad de sonido posible para que la máxima energía sonora posible pueda ser convertida en calor por el efecto Joule.

No hay reglas fáciles para definir su comportamiento. Lo que se puede enfatizar es: "Todos los materiales absorbentes deben ser porosos". Esto significa que debe permitir el paso del aire para que el material pueda ahogar las ondas sonoras cuando golpean las paredes de la cavidad, los materiales con celdas interiores con superficies cerradas no pueden ser buenos absorbentes en ningún caso.

El grosor del material es importante para determinar la absorción máxima. La energía del sonido penetra en los materiales solo hasta cierta profundidad, después de eso no hace falta darle más espesor, pero si el espesor no es el adecuado pierde su potencial de absorción. Los parámetros importantes que rigen el comportamiento de un material absorbente son:

- Densidad
- Porosidad
- Rigidez de su estructura

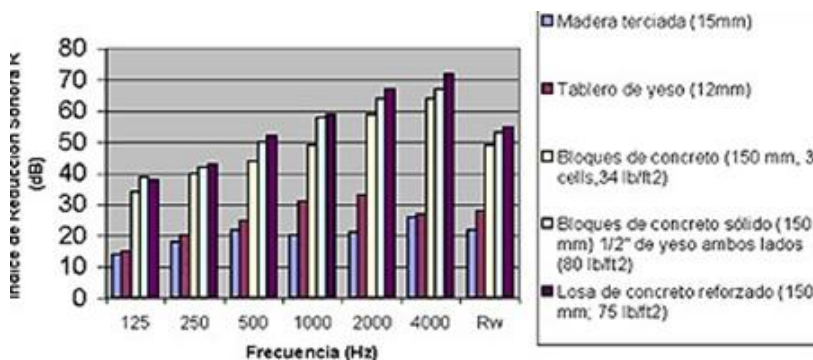
En varias pruebas muestran que refleja el sonido de manera muy eficiente, pero su tasa de absorción en todas las frecuencias es de poco más del 3%. Esta propiedad es la razón por la que el siempre deseable recurso de utilizar la visión acústica crea entornos acústicos excesivamente reverberantes. (EMB, 2003)

➤ **Aislamiento acústico**

El grado de aislamiento acústico depende de las propiedades físicas del material de revestimiento y de las propiedades acústicas. El aislamiento de la frecuencia depende de la transmisión de sonido de diferentes materiales y la percepción auditiva. (EMB, 2003)

Figura 17.

Aislamiento acústico en diferentes materiales.



Nota. En la figura se puede observar el aislamiento acústico de diferentes materiales. Tomado de EMB, (2003).

➤ **Fuentes generadoras de ruido**

El nivel de contaminación acústica ambiental en centros densamente poblados es cada vez más importante, por lo que es importante investigar y mejorar el conocimiento sobre las fuentes sonoras y sus propiedades físicas con el fin de reducir el nivel de ruido. la comunidad es un tema urgente. este fenómeno. Conocer estas fuentes te ayudará a crear el ambiente acústico adecuado, haciendo tus actividades más cómodas y normales. Las fuentes de ruido más importantes se pueden dividir en dos grandes grupos.

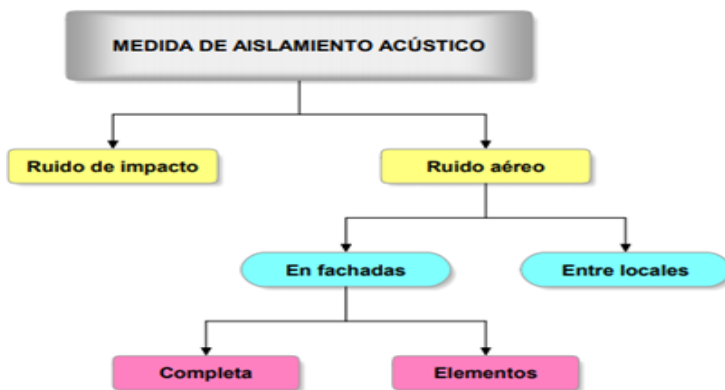
Figura 18. *Diagrama esquemático de la transmisión del ruido.*



Nota. En la presente figura tenemos un diagrama esquemático de cómo se trasmite el ruido partiendo de la fuente y terminando en el receptor. Tomado de *Pendán, B., (2011)*

Las flechas sólidas indican la transmisión del sonido desde la fuente al oyente, mientras que las flechas punteadas indican la interacción entre los diferentes elementos del diagrama de bloques. Aunque el diagrama de flujo de la figura muestra el origen, la ruta y el destino como elementos separados, existe una interacción importante entre ellos y puede haber muchos de los muchos elementos que componen el origen, la ruta y el destino. son elementos independientes.

Figura 19. Alternativas para medir el aislamiento acústico en función de la vía de transmisión sonora.



Nota. En la presente figura tenemos las alternativas para medir el aislamiento acustico. Tomado de *Pendán, B., (2011)*.

➤ **Aislamiento acústico a ruido aéreo**

El objetivo es evitar la libre circulación del medio portador del ruido En particular, se debe evitar la transmisión directa entre emisor y receptor mediante la instalación de barreras, pantallas, paredes, tabiques, etc. El aislamiento a ruido aéreo total (D) de una sala con respecto a otra se define como la diferencia entre el nivel de presión acústica medido en la sala emisora [dB] y el nivel de presión acústica medido en la sala receptora [dB], se representa de la siguiente manera expresión.

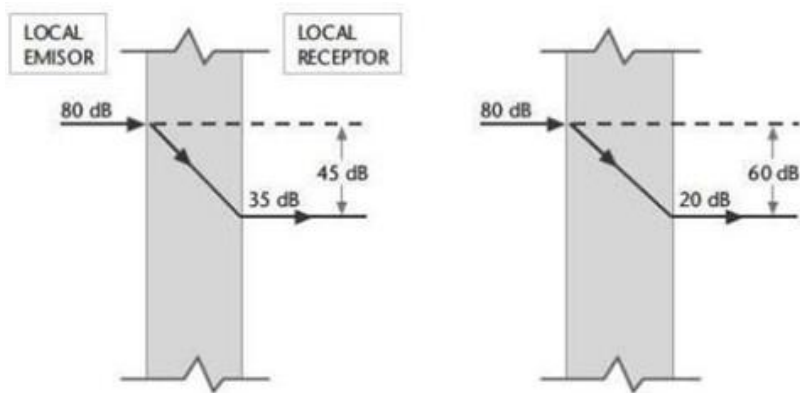
$$D[\text{dB}] = L_e - L_r$$

En donde:

L_e : Nivel de presión sonora medido en el local emisor

L_r : Nivel de presión sonora medido en el local receptor

Figura 20. Aislamiento acústico



Nota. En la presente figura tenemos como el aislamiento acústico específico interfiere en un elemento constructivo. Tomado de *Pendán, B., (2011)*

➤ **Nivel de presión sonora**

El hecho de que la relación entre la presión sonora del sonido más intenso y la del sonido más débil sea de alrededor de 1.000.000, ha llevado a adoptar una escala comprimida denominada escala logarítmica, llamando P_{ref} (presión de referencia) a la presión de un tono apenas audible (es decir 20 μ Pa) y P a la presión sonora, podemos definir el nivel de presión sonora (NPS) L_p como:

$$L_p = 20 \log \left(\frac{P}{P_{ref}} \right)$$

En donde:

P: Presión sonora

P_{ref} : Presion de referencia

La unidad utilizada para expresar el nivel de presión sonora es el decibelio, abreviado dB. El nivel de presión sonora (N.P.S.) de los sonidos audibles varía entre 0 dB y 120 dB. Los sonidos de más de 120 dB pueden causar daños auditivos inmediatos e irreversibles. (López, I., s.f)

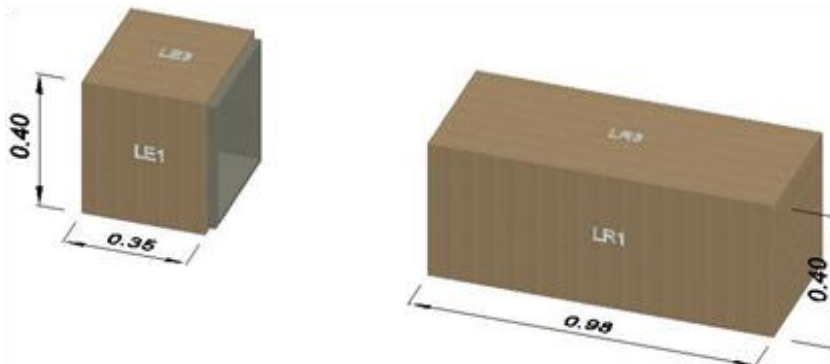
➤ Normas UNE EN ISO sobre aislamiento acústico

Los procedimientos de medida del aislamiento acústico, tanto in situ como en laboratorio, vienen especificados. Aplicable a laboratorios donde no exista radiación procedente de componentes laterales y/o aislamiento estructural entre la cámara de radiación y el receptor.

El aparato de laboratorio consta de dos cámaras de reverberación adyacentes, entre las cuales hay un orificio de inspección para la introducción de tubos de ensayo. (Sola, M., 2010)

Figura 21.

Diseño de cámaras de ensayo emisora y receptora.



Nota. En la figura tenemos el diseño de las cámaras de ensayo de la emisora y receptor. Tomado de Sola, M. (2010).

➤ Índice de reducción sonora (R)

Cuando la energía del sonido (E_i) golpea la superficie, el deflector también emite una cierta energía del sonido (E_t) a la habitación opuesta. Entonces la ganancia se puede definir como E_t/E_i . El objetivo de los materiales de insonorización aérea es reducir la energía sonora transmitida (E_t). El material tiene propiedades aislantes caracterizadas por la atenuación de transmisión (PT) o aislamiento acústico o el índice de ruido aéreo (R), expresado en dB, definido como:

$$PT = R = 10 \log \frac{1}{t} = 10 \log \frac{E_i}{E_t}$$

En donde:

t: Coeficiente de transmisión

E_i: Energía acústica incidente

E_t: Energía acústica transmitida

Para la obtención de la presión sonora de cada cámara de ensayo se emplean las siguientes fórmulas:

$$L_e = 10 \log \frac{1}{6} \left(10^{\frac{L_{e1}}{10}} + 10^{\frac{L_{e2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{e6}}{10}} \right) dB$$

$$L_r = 10 \log \frac{1}{6} \left(10^{\frac{L_{e1}}{10}} + 10^{\frac{L_{e2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{e6}}{10}} \right) dB$$

$$L'_r = 10 \log \frac{1}{6} \left(10^{\frac{L_r}{10}} - 10^{\frac{L_{rf}}{10}} \right) dB$$

En donde:

L_e: Presión sonora de la caja emisora

L_r: Presión sonora de la caja receptora

L'_r: Presión sonora de la caja receptora corregida con el ruido de fondo

El aislamiento general D corresponde a un sistema mixto. Ejemplos de aislamiento que se pueden calcular mediante una fórmula correspondiente al aislamiento de un sistema en paralelo. Según esta expresión, el aislamiento global es:

$$D = 10 \log \frac{S_c + S_v}{\frac{S}{10^{D_c/10}} + \frac{S_v}{10^{D_v/10}}}$$

Donde S_c y S_v son las superficies de la tapa y la ventana (muestra), y D_c y D_v son el aislamiento del material de la tapa y la ventana. De la expresión anterior se obtiene D_v o R aislada:

$$R = D_v = 10 \log \frac{S_v}{\frac{S + S}{10^{D_c/10}} - \frac{S_c}{10^{D_c/10}}}$$

1.2.3 Clasificación del mortero

Si hablamos del mortero es uno de los materiales de construcción más antiguos, consiste en mezclar uno o varios ligantes de cal, cemento, agua y cargas naturales, arenas de cuarzo, conchas, etc. Después de que el pegamento se endurece, alcanza una fuerte resistencia a la tracción. Es un material utilizado en la construcción para rellenar los huecos entre los ladrillos o bloques utilizados en la construcción y para revestir las paredes, la diferencia entre mortero y cemento viene de la mezcla de arena y agua, que se aplica en forma de pasta y luego se endurece. (Fenarq 2019)

➤ Usos y aplicaciones del mortero

El uso de mortero en varias etapas de la construcción ha hecho del mortero un material de ingeniería muy importante. Sin embargo, su uso supone un peligro para el ecosistema ya que emite grandes cantidades de CO₂, (Fenarq 2019). Los usos y aplicaciones son los siguientes:

- Se utiliza para crear una capa suave y uniforme entre diferentes capas de ladrillo.
- Con él se unen los ladrillos o piedras en la mampostería de ladrillo o piedra.
- Es utilizado para rellenar los espacios entre ladrillos o piedras.
- En el hormigón se utiliza como matriz.
- Se utiliza en trabajos de enlucido para ocultar grietas y mejorar la apariencia.
- Sirve para moldear piezas y como ornamento.

Los morteros para albañilería según la norma UNE-EN 998-2 son diferenciados según su concepto en:

➤ **Morteros para albañilería diseñados:** Mortero cuya composición y sistema de fabricación ha sido seleccionado por el fabricante para obtener las propiedades especificadas. Los beneficios están relacionados principalmente con la resistencia.

- **Mortero Tipo N**

El tipo N generalmente se recomienda para paredes exteriores y superficies elevadas que están sujetas a condiciones climáticas extremas y altas temperaturas. El mortero de

laboratorio de clase N tiene una resistencia a la compresión moderada y consta de una parte de cemento Portland, una parte de cal y seis partes de arena. Es un compuesto de uso general adecuado para instalaciones de pisos interiores y exteriores.

- **Mortero Tipo O**

Este tipo de junta tórica tiene una resistencia a la compresión relativamente baja de solo 350 psi. Se utiliza principalmente para paredes interiores, pisos y huecos. El tipo O se puede utilizar como sustituto del tipo N en algunas aplicaciones internas, pero su uso externo está limitado debido a su baja resistencia estructural. Por su consistencia y facilidad de uso, es ideal para trabajos de restauración de estructuras existentes y reparaciones similares.

- **Mortero Tipo S**

El mortero de cemento tipo S tiene una alta resistencia a la compresión de más de 1800 psi, lo que lo hace adecuado para muchos proyectos a nivel. Es una opción común para muchas aplicaciones de baja calidad, como cimientos de mampostería, escotillas, muros de contención y alcantarillas. Aunque el tipo S debe tener una resistencia a la compresión mínima de 1800 psi, normalmente se mezcla con una resistencia de 2300 a 3000 psi.

- **Mortero Tipo M**

El tipo M tiene el mayor contenido de cemento Portland y se recomienda para aplicaciones exigentes, incluidos cimientos, muros de contención y entradas de vehículos. Aunque el Tipo M tiene una resistencia a la compresión de al menos 2500 psi, sus propiedades de adhesión y sellado son relativamente malas, lo que los hace inadecuados para muchas aplicaciones expuestas.

- **Mortero Tipo K**

Este tipo rara vez se usa en construcciones nuevas, pero puede estar destinado a restauración u otras aplicaciones especiales. Tiene una resistencia a la compresión muy baja de solo 75 psi. El tipo K, por su suavidad, se utiliza principalmente para la restauración de mampostería.

- **Morteros para albañilería prescritos**

Mortero que se fabrica en una determinada proporción y cuya proporción depende de la proporción declarada de los componentes (concepto de receta).

- **Mortero Hidrófugo**

Las sustancias de la gama impermeabilizantes recubren los capilares de cualquier superficie y actúan sobre su estructura, proporcionando un material impermeable y no humectante. El tipo impermeabilizante no es un mortero impermeabilizante en sí mismo, requiriendo el uso de imprimaciones o aditivos especiales, pero su capacidad de absorción de agua a baja presión (agua de lluvia) es muy inferior a la de los aditivos a base de cemento elaborados sin este cemento. Los morteros repelentes al agua y la humedad se utilizan como compuestos de asiento en los sistemas de revestimiento de fachadas. También se utilizan como pintura exterior para estuco y yeso. La función principal del mortero especial es evitar la entrada de agua y asegurar la impermeabilidad de superficies y juntas. Para lograr sus propiedades impermeables, se debe realizar una dosificación precisa y controlada durante su fabricación o uso de mezclas terminadas, como morteros secos industriales con propiedades impermeables. En cuanto al sellado, la clave del rejuntado es un revoque o revoque bien hecho, un sellado cuidadoso para favorecer la adherencia a los soportes y evitar futuros problemas de humedad.

- **Mortero autonivelante**

Es un mortero líquido perfectamente colocado y nivelado por bombeo, y que, gracias a sus propiedades fisiológicas, no segrega y con propiedades mecánicas, este tipo es apto para cualquier tipo de revestimiento final.

Está especialmente indicado para su instalación en sistemas de calefacción por suelo radiante, ya que tiene una conductividad térmica superior a la convencional, lo que supone un importante ahorro energético. La mezcla es fluida y consiste en un ligante hidráulico a base de cemento portland u otros agregados y superplastificantes seleccionados. Además, se pueden incorporar microfibras de polipropileno para reducir las grietas superficiales en la fase plástica y aumentar la resistencia al desgaste, al impacto, al fuego y más. Su producción se realiza en plantas de hormigón, desde la fase de producción y transporte hasta la construcción, utilizando una báscula calibrada y debidamente embalada, para que el producto obtenga la fluidez necesaria.

- **Mortero de reparación**

La restauración del hormigón se puede utilizar por varias razones, desde imperfecciones estructurales naturales provocadas por el asentamiento y ajuste del edificio a temperaturas altas y bajas, hasta daños causados por la entrada accidental de agua o corrosión interna evitable. reforzarse. Aunque cada uno de estos trabajos requiere reparaciones similares, rellenando grietas o huecos con un mortero de reparación, el mortero de reparación utilizado puede variar según las diferentes reparaciones requeridas.

- **Mortero hidráulico**

Dichos morteros se pueden dividir en morteros hidráulicos y no hidráulicos según el tipo de endurecimiento y endurecimiento, que a su vez depende del tipo de cemento utilizado. La

lechada hidráulica se refiere a la lechada que tiene las propiedades de fraguado y endurecimiento cuando entra en contacto con el agua. Sus propiedades hidráulicas y aislantes garantizan la estanqueidad del local. En la producción se utilizan cal, materiales arcillosos y polvo cerámico (baldosas trituradas), parte del relleno natural se reemplaza por cerámica rota.

- **Mortero asfáltico**

Es una especie de mezcla fría, igual e igualitaria hecha de asfalto o asfalto reducido, agua y arena hecha de asfalto de emulsión, el tamaño máximo es dos milímetros del coro 30 -Six (2.36) (# 8) (no. 8) son de acuerdo con los estándares de calidad especificados. Pequeña sección f. Norma N-CMT-4-04, Piedra para mezclas asfálticas. Se suele aplicar como capa de desgaste sobre una base impregnada o ligante bituminoso.

- **Mortero seco**

El mortero de mezcla seca se compone principalmente de varios tipos de cemento o cal, aditivos y cargas con un tamaño de partícula inferior a 4 mm.

A diferencia de los morteros porcelánicos producidos “in situ”, los morteros secos salen de fábrica con dosificaciones precisas de ingredientes que cumplen los requisitos técnicos y legales aplicables.

❖ **Clasificación de morteros según su composición**

Tabla 11.

Clasificación de morteros según su composición.

Tipo de mortero	Cemento	Cal	Arena
------------------------	----------------	------------	--------------

Tipo N	1	1	6
Tipo O	1	2	9
Tipo S	1	1/2	4 1/2
Tipo M	1	1/4	3 1/4
Tipo K	1	3	12

Nota. En la presente tabla podemos observar la clasificación de morteros según la composición de los mismos teniendo cinco ejemplos. Tomado de *Fernaq (2019)*.

El método más común de formulación de un mortero se basa en su resistencia. Por tanto, los morteros de diseño se clasifican según su resistencia a compresión, con la letra “M” seguida de la clase de resistencia a compresión N/mm²

Tabla 12.

Clasificación de morteros de albañilería

FABRICAS		
Tipos de aplicación	Tipos de obra	Mortero
TABIQUERÍA,	• LHS	M-5
PARTICIONES	• LHD	
FABRICA NO	• Bloque cerámico	M-5 M-7,5
RESISTENTE,	• Bloque cerámico de arcilla	
REVESTIDA,	aligerada	
CERRAMIENTOS	• Ladrillo perforado o macizo	
	• Bloque de hormigón Piedra	
FABRICA VISTA,		M-5 M-7,5 absorción c <
CERRAMIENTOS	• Ladrillos cara vista	0.4 para juntas tipo J1 c <
	• Bloques cara vista Piedra	0.2 para juntas tipo J2

FABRICA RESISTENTE NO ARMADA	<ul style="list-style-type: none"> • Bloque cerámico • Bloque cerámico de arcilla aligerada • Ladrillo perforado o macizo • Bloque de hormigón Piedra 	M-7,5
FABRICA ARMADA	<ul style="list-style-type: none"> • Bloque cerámico • Bloque cerámico de arcilla aligerada • Ladrillo perforado o macizo • Bloque de hormigón 	M-7,5 Iones cloruro < 0.1%
FÁBRICA DE ALTA RESISTENCIA	<ul style="list-style-type: none"> • Bloque de hormigón • Bloque cerámico • Ladrillo perforado o macizo 	M-10 o superior
SOLADOS		
TIPOS DE APLICACIÓN	TIPOS DE OBRA	MORTERO
PIEZA A PIEZA	<ul style="list-style-type: none"> • Piezas de terrazo • Baldosas de cemento 	M-5 M-10
EXTENSIÓN SIMPLE	<ul style="list-style-type: none"> • Solados de baja intensidad • Baldosas de cemento • Materiales pétreos absorbentes 	M-2,5
EXTENSIÓN SIMPLE	<ul style="list-style-type: none"> • Solados de baja intensidad • Baldosas de cemento • Materiales pétreos absorbentes 	M-5
EXTENSIÓN CON ADHESIVOS CEMENTOSOS	<ul style="list-style-type: none"> • Piezas cerámicas • Materiales pétreos poco absorbentes 	M-7,5

EXTENSIÓN CON	• Parquet pegado	M-7,5 M-10
ADHESIVOS NO	• Linóleo PVC	
CEMENTOSOS	• Moquetas Goma	

Nota. En la presente tabla podemos observar la clasificación de los morteros de albañilería. Tomado de *Fernaq (2019)*.

Según Norma UNE-EN 998-2, (2004), Para evitar grietas frágiles en la pared, la resistencia a la compresión de la solución no debe exceder el 0,75 de la resistencia normalizada de las escamas, coeficiente de absorción capilar según UNE-EN 998-1:2003: c ($K/m^2 \cdot \min 0,5$).

❖ **Especificaciones de los morteros para albañilería UNE-EN 998-1**

Tabla 13.

Clasificación de las propiedades del mortero endurecido

Propiedades	Categorías	Valores
Intervalo de resistencia compresión a 28 días	• CS I	• 0,4 a 2,5 N/mm^2
	• CS II	• 1,5 a 5,0 N/mm^2
	• CS III	• 3,5 a 7,5 N/mm^2
	• CS IV	• ≥ 6 N/mm^2
Absorción de agua por capilaridad	• W0	• No especificado
	• W1	• $c \leq 0,40$ $Kg/m^2 \cdot \min 0,5$
	• W2	• $c \leq 0,20$ $Kg/m^2 \cdot \min 0,5$
Conductividad térmica	• T1	• $\leq 0,1$ $W/m \cdot K$
	• T2	• $\leq 0,2$ $W/m \cdot K$

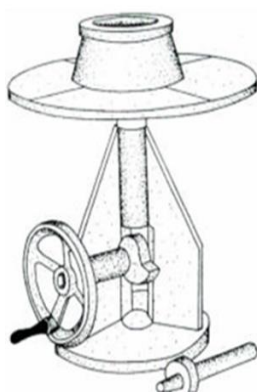
Nota. En la presente tabla podemos observar la clasificación de las propiedades del mortero en estado endurecido. Tomado de *Fernaq (2019)*.

➤ **Mesa de flujo**

Al hablar de la mesa de flujo tenemos que priorizar que la fluidez del mortero es una propiedad de las mezclas de concreto o pastas, que indica la capacidad de comportamiento de un fluido, es decir su capacidad de fluir la mezcla en estado fresco.

Figura 22.

Especificaciones técnicas de la mesa de flujo.

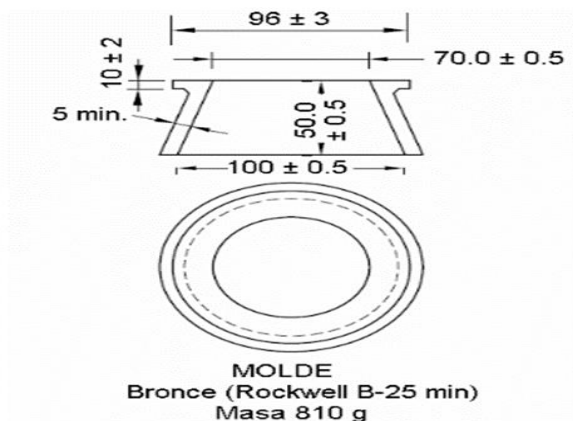


Especificaciones	
Mesa.	Fundición de bronce; 254 mm. (10 pulg.) diam.; peso combinado con el eje 4,1Kg. ±0,05 kg. (9 lbs. ±0.1 lb.).
Marco.	Construcción de alta resistencia con leva; produce una caída de la mesa de 12,7mm. (1/2 pulg.).
Dimensiones Generales.	254 mm. (10 pulg.) diam. x approx. 254 mm. (10 pulg.) altura.
Molde de Flujo.	Fabricado en bronce; 69,8 mm. d.i. superior (2-3/4 pulg.) x 101,6 mm. d.i. (4 pulg.) de la base x 50,8 mm. (2 pulg.) altura.
Peso.	Neto 10 kg. (22 lbs.).

Nota. En la presente figura tenemos las especificaciones de la mesa de flujo. Tomado de la norma INV E-325-07

Figura 23.

Dimensiones del molde de bronce de la mesa de flujo.



Nota. En la presente figura también tenemos las dimensiones del molde de bronce de la mesa de flujo. Tomado de la *Norma INV E-325-07*.

➤ Ensayo de densidad

Una de las propiedades físicas de los agregados es la densidad, realizando este ensayo podemos decir que dependiendo del tipo de árido se pueden encontrar partículas con poros saturados o insanos que, dependiendo de su permeabilidad pueden ser huecos, tormentosos parcialmente disueltos o llenos de agua, creando así una amplia gama de estados de humedad y densidad. La densidad es una propiedad física de los agregados y está definida por la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada, lo que significa que depende directamente de las características del grano de agregado.

Dado que las partículas sintéticas suelen tener poros tanto saturados como no saturados, dependiendo de su permeabilidad intrínseca pueden ser huecas, parcialmente saturadas o completamente llenas de agua, una amplia gama de condiciones de temperatura y humedad correspondientes al mismo número de densidades descritas.

Existe tres tipos de densidad las cuales están basadas en la relación entre la masa (en el aire) y el volumen del material:

- Densidad nominal: Es la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo los poros no saturables, y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a temperatura establecida.
- Densidad aparente: Es la relación de la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluidos los poros saturados e insaturados (pero sin vacíos intergranulares), a la masa de un volumen equivalente de gas de agua destilada a una temperatura determinada.
- Densidad aparente (SSS): Es la relación de la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo la masa de agua en los poros saturados (después de la inmersión en agua durante aproximadamente 24 h), pero sin vacíos intergranulares, a la masa de un volumen equivalente de agua destilada desgasificada en una temperatura especificada.

La densidad es una propiedad comúnmente utilizada para calcular el volumen que ocupan los agregados en varios tipos de mezclas, incluidas Portland, butamina y otras mezclas que se miden o analizan en volumen absoluto. También se utiliza la densidad aparente para calcular los vacíos en el agregado en la NTC 1926. La densidad de masa (SSS) se usa si el agregado está húmedo, es decir, si se ha alcanzado su absorbancia. En contraste, la densidad nominal (seca) se usa en el cálculo cuando el agregado está seco o se considera seco. La densidad nominal se refiere a la densidad relativa de un material sólido sin considerar los vacíos saturados de sus partículas constituyentes.

1.2 Formulación del problema

¿Influye la incorporación de poliestireno expandido reciclado sobre la resistencia acústica, densidad y compresión para paneles de revestimiento?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

OG: Determinar la influencia del porcentaje de poliestireno reciclado sobre la resistencia acústica, densidad y compresión para paneles de revestimiento.

1.3.2 Objetivos específicos

OE1. Realizar la caracterización del material fino: granulometría (NTP 400.012), contenido de humedad (NTP 339.185), peso unitario (NTP 400.017), peso específico y absorción (NTP 400.022).

OE2. Analizar la mezcla endurecida a los 14 y 28 días mediante la aplicación de curado en poza y por resistencia a compresión (NTP 339.034).

OE3. Determinar el aislamiento acústico (UNE EN ISO 140) de la mezcla patrón y con porcentajes de poliestireno incorporado a los 14 y 28 días de curado en poza.

OE4. Precisar el óptimo porcentaje de poliestireno incorporado que satisfaga las propiedades físicas, mecánicas y acústicas de la mezcla en paneles de revestimiento.

OE5. Evaluar económicamente la aplicación de poliestireno para paneles de revestimiento.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

HG: La incorporación de poliestireno expandido reciclado influye en la resistencia acústica, densidad y compresión en paneles de revestimiento, Trujillo 2023.

1.4.2 Hipótesis específica

HE: El tipo de incorporador en el mortero, ofrece una disminución en su peso unitario y por lo tanto aporta beneficios, ya que aligeran su peso de una construcción. Asimismo, en un determinado porcentaje de poliestireno, el mortero conservará su resistencia a compresión, siendo esta fundamental al ser un elemento estructural pero luego si se le aumenta excesivamente el porcentaje del mismo entonces disminuirá esta propiedad mecánica. En cuanto al aislamiento acústico tiene el mismo criterio que la resistencia a compresión, brindando un óptimo desempeño en las edificaciones como aislador acústico en paneles de revestimiento.

1.5 Antecedentes teóricos

Flores, O. (2013). “Análisis físico – mecánico de morteros de cemento adicionando metakaolin y poliestireno” investigación publicada por la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, teniendo una metodología experimental aplicada, profundizo que el incorporador de poliestireno no tiene buenos resultados con respecto a la compresión por lo que busco equilibrar esa pérdida de resistencia y peso, modificando la relación agua cemento y añadiendo la cantidad de exacta de esferas

poliméricas, lo cual ayuda a ocupar mayores volúmenes dentro del espécimen, así mismo la incorporación de fluidificante al 30% de la mezcla se observan mejores resultados, logrando así que la matriz resistente fuera menos porosa por lo que se vio reflejado en los resultados.

Montolio, J. (2014) “Mortero de revestimiento de elementos constructivos con altas prestaciones acústicas” investigación publicada por la oficina española de patentes y marcas; teniendo una metodología experimental aplicada, profundizo que se realizaron ensayos de aislamiento acústico en cámaras normalizadas de laboratorio y habitualmente usado en doble pared en el que se usa mortero convencional de cemento y arena, teniendo así como resultados que según la norma UNE EN ISO 717-1 muestran un aislamiento acústico de 3Dba en la solución que incorpora el mortero de cemento y coque, teniendo como resultado final un valor de $RA=48\text{dBA}$ para la de mortero convencional.

Cordero, S. (2018). “Efectos de la adición de poliestireno expandido reciclado (REPS) en las propiedades físicas y mecánicas de un mortero con dosificación cemento – arena 1:3” investigación publicada por la Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, teniendo una metodología experimental aplicada, determino que el aumento del porcentaje de volumen de RPS resultó en una disminución de la densidad y un aumento en la capacidad de absorción del mortero, reduciendo la densidad en un 28 % y aumentando la capacidad de absorción en un 308 % cuando el porcentaje de volumen de RPS se cambió de 0 % . hasta un 80%, también se observó un aumento de la porosidad y una tendencia a agrietarse en contacto

con la superficie exterior del mortero, se ha demostrado que al aumentar el porcentaje en volumen de REPS se reduce la fragilidad de la fisura en solución y aumenta su deformabilidad, los planos de fisura durante la compresión y tensión intermedias son iniciados y propagados por regiones con mayores concentraciones de REPS, la disminución de la resistencia a la compresión y la expansión indirecta de la solución con el aumento del porcentaje de masa del REPS se explica por la pequeña proporción de la intensidad de las regiones ocupadas por el REPS y el aumento de vacíos en la matriz del material REPS.

Rodríguez, H. (2020). “**Mortero modificado con poliestireno como aislante térmico, para revestimiento de muros**” publicada la Universidad Cesar Vallejo, teniendo una metodología experimental aplicada, determino que para los estudios de diseño de mezcla del mortero modificado se determinó, teniendo como base la proporción 1:4 para tarrajeo con ello se efectuó las nuevas dosificaciones para 3%, 5% y 7% de agregado de EPS. La prueba de compresión mecánica mostró que la muestra de EPS al 3% alcanzó una resistencia de 153,24% kg/cm^2 la resistencia requerida (130% kg/cm^2) y al 5% la resistencia disminuyó a 71,44%, es decir al 7% la resistencia a la compresión disminuyó mucho, alcanzando el 30,96% kg/cm^2 . Los ensayos térmicos realizado en los 4 prototipos de mortero a 0%, 3%, 5% y 7%, determinó que la maqueta con 7% de EPS conserva 50% la temperatura y finalmente que el mortero modificado con poliestireno expandido en el revestimiento de pared actúa como aislante, permitiendo seleccionar las variaciones óptimas de las variables ensayadas para el nuevo diseño de la lechada modificada.

Soto, M. (2012) con el objetivo de obtener el título de Arquitecto en su averiguación “**Materiales aislantes acústicos para muros**” publicada por la Universidad Técnica

Especial de Loja, Ecuador; teniendo en cuenta su metodología de investigación experimental aplicada potencializó las propiedades aislantes de los materiales en sistemas para la conformación de muros, en la cual además concluyó la conducta del ruido, sistemas de retiro acústico y las normativas existentes al respecto. Alternativas y aplicación de materiales para la conformación de muros acústicos. Asimismo, uno de los materiales que mejor responde por sí solo en el confinamiento acústico de muros básicas es el hormigón esto gracias a su densidad y espesor que se aplique, desde un punto de vista propio se puede afirmar que la protección acústica es de importancia para cada tipo de infraestructura en la cual se requiera de ambientes especiales, ya que esto evita que los habitantes no sientan molestias o interrupciones por parte de los ruidos externos que se producen.

Laurence, B (2019). En su investigación titulado “**Modelo de predicción de aislamiento acústico para paneles simples y multicapa**” mediante su investigación experimental aplicada determino que frente a la ausencia de la reducción sonora R para que funcione adecuadamente se debe presentar un modelo de extensión para paneles simples, eso quiere decir que a medida que se van agregan capas se observa un constante cambio en la pendiente por debajo de la ecuación, esto siempre y cuando con referencia a los paneles de yeso, los resultados nos demuestran que el modelo tiene una buena aproximación para identificar una frecuencia baja eso quiere decir que el traspaso sonoro no es tan alto, los resultados con respecto al material de mortero ya mezclado y procesado como material pesado demuestran un desvío promedio de 0.5 a 1.5 dB.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación según el propósito es aplicada, ya que busca desarrollar tecnologías nuevas en una mezcla tipo mortero para paneles en paredes, introduciendo en éste el tipo de incorporador de material reciclado y así generar el comportamiento necesario en sus propiedades físicas, mecánicas y acústicas de acuerdo a la solicitud que exige este elemento estructural, por ello, en laboratorio se realizará ensayos establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP) y Una Norma Española - European Norm - International Standarization Organization (UNE EN ISO), según Murillo (2008) “La investigación aplicada recibe el nombre de investigación práctica o empírica, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación”

El diseño de contrastación de la presente investigación es unifactorial, en el diseño se manipula una variable independiente que es el porcentaje de poliestireno reciclado, la cual será evaluada en diferentes porcentajes y observar como esta influye con respecto a la variable dependiente.

Según el diseño, es experimental, puesto que se elegirá las probetas de mortero por aleatoriedad para obtener resultados en cuanto a la resistencia acústica, densidad y compresión, según Fideas (2015) autor del libro “El proyecto de la investigación” afirma que

“La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos en determinadas condiciones, estímulos o tratamiento variable independiente para observar los efectos o reacciones que se producen variable dependiente“ La importancia de utilizar un adecuado diseño experimental en la investigación científica ha sido señalada por numerosos investigadores. Sin embargo, estos investigadores aún no han logrado ponerse de acuerdo a la hora de elaborar una definición adecuada del diseño experimental. A continuación, se muestra la tabla que detalla la matriz de diseño experimental con respecto a la investigación, demostrando el número de ejemplares que poseerá teniendo en cuenta las dos variables.

Tabla 14.

Matriz de diseño experimental

		B: Porcentaje (%)								
		a1	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8
A: Poliestireno reciclado			a1b1	a1b2	a1b3	a1b4	a1b5	a1b6	a1b7	a1b8
			a1b1	a1b2	a1b3	a1b4	a1b5	a1b6	a1b7	a1b8
			a1b1	a1b2	a1b3	a1b4	a1b5	a1b6	a1b7	a1b8
			a1b1	a1b2	a1b3	a1b4	a1b5	a1b6	a1b7	a1b8
			a1b1	a1b2	a1b3	a1b4	a1b5	a1b6	a1b7	a1b8
			a1b1	a1b2	a1b3	a1b4	a1b5	a1b6	a1b7	a1b8

Nota. En la presente tabla podemos observar la matriz de diseño experimental la cual detalla la relación entre el material y el porcentaje de poliestireno.

2.2 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

La población es el mortero para paneles de revestimiento con incorporación de poliestireno reciclado en el Perú. La técnica de muestreo es no probabilística, porque el tipo de incorporador es escogido por la evidencia y es usado por lo general en el rubro de la construcción. Por lo tanto, son tres réplicas para realizarse por cada variable dependiente (resistencia acústica, densidad y compresión) y un nivel de variable independiente (porcentaje de poliestireno reciclado), siendo un total de 75 muestras. La técnica de muestreo es no probabilística, porque el tipo de adición de poliestireno reciclado es elegido por conveniencia y es el más factible y económico dentro del rubro de la construcción en la ciudad de Trujillo de la región La Libertad, Perú, se tienen 2 niveles de estudio:

❖ Niveles de estudio

Tabla 15.

Niveles de estudio.

Nivel de estudio 1	Poliestireno reciclado
Nivel de estudio 2	Porcentaje (%): 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%, 0.6%, 0.7%.

Nota. En la presente tabla podemos observar los dos niveles de estudio de la presente investigación.

❖ Muestreo para los dos tipos de variable:

$$N^{\circ} \text{muestras} = VI \times V.D \times N^{\circ} \text{replicas}$$

$$n^{\circ} \text{muestras} = [1(5)] \times 5 \times 3$$

$$n^{\circ} \text{muestras} = 75$$

2.2 Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

Tabla 16.

Técnica de recolección y análisis de datos

Técnica	Instrumentos
Observación	Guía de observación
Análisis de datos	Gráficos estadísticos

Nota. En la presente tabla podemos observar las técnicas de recolección de datos y a la vez su análisis.

Se escogió la técnica de observación, de manera que apreciaremos mediante la vista el cambio que presentarán las muestras de mortero al añadirle la adición de poliestireno expandido reciclado mediante los ensayos de resistencia acústica, densidad y compresión, en estado endurecido. Según Arias (2006) “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información, el mismo autor señala que los instrumentos son medios materiales que se emplean para recoger y almacenar datos”.

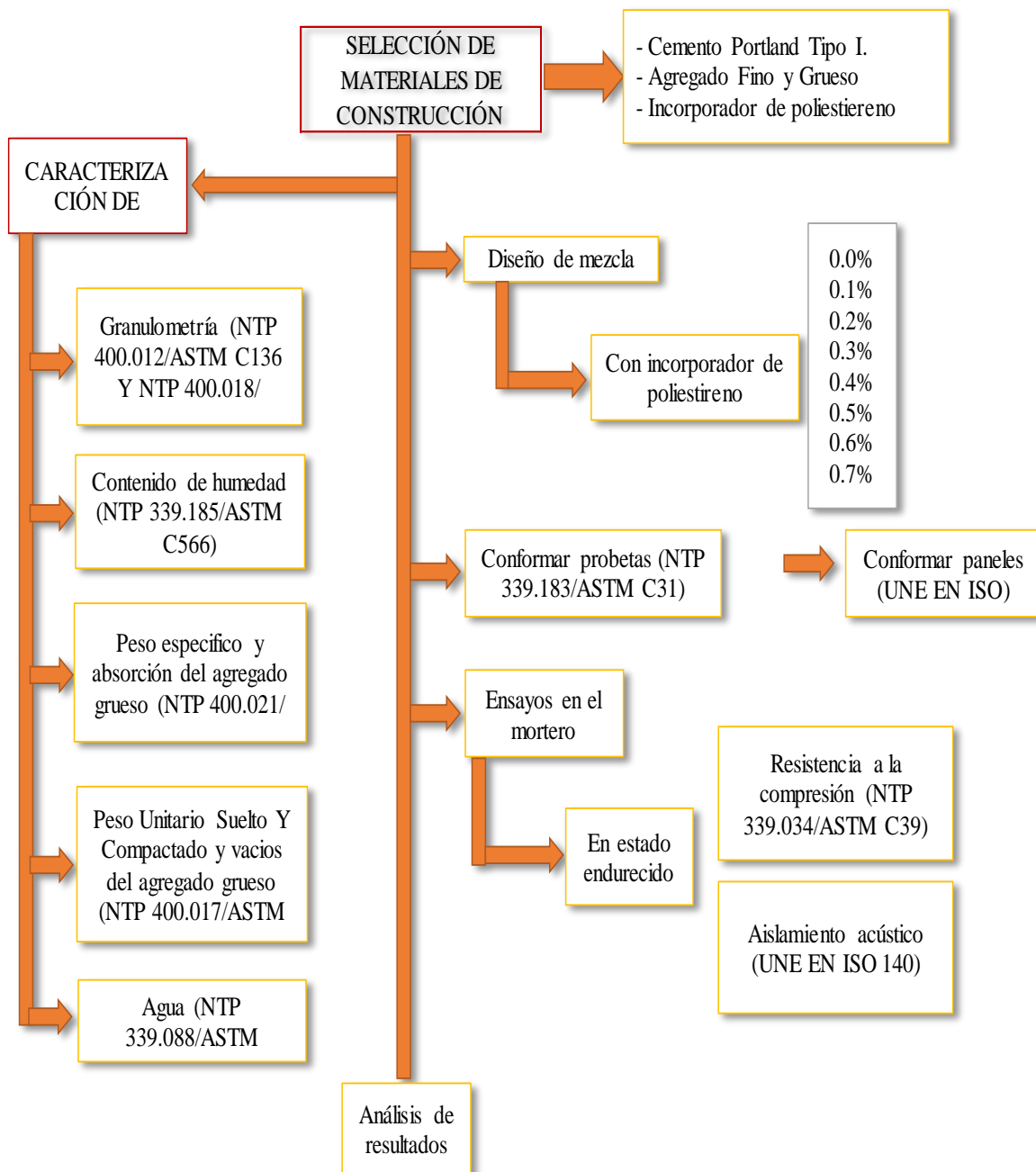
El instrumento escogido a utilizar es la guía de observación de manera que nos permita situarnos de manera sistemática en aquello que realmente es objeto de estudio para la investigación.

2.4 Procedimiento de investigación

En la figura 24, se detalla el procedimiento de la investigación que se puso en práctica, tratando así de tener una escala ordenada del procedimiento que se ejecutó, separando la caracterización del agregado de los diseños de mortero y su conformación.

Figura 24.

Procedimiento de investigación



Nota. En la presente figura podemos observar el procedimiento que se tomó para la investigación partiendo por la selección de material y terminando en los ensayos.

Para esta investigación se utilizaron graficas estadísticas para visualizar los resultados de los ensayos de manera que se pueda comparar el comportamiento de las probetas cilíndricas y paneles de mortero y así obtener un análisis detallado, tales como histogramas, diagrama de frecuencia y debido que el tipo de variable independiente es continua.

❖ Materiales de construcción

1. Agregados, aditivos y cemento

Para la elaboración de la presente investigación se recurrió a cotizar una empresa con buenas valoraciones en el rubro de materiales de construcción, con el fin de solventar estas condiciones encontramos la empresa “NORBLOCK” dicha empresa está ubicada en la ciudad de Trujillo distrito de Huanchaco – Carretera de Huanchaco, La Libertad.

Figura 25.

Ubicación satelital de la empresa Norblock, Trujillo.



Nota. En la figura podemos observar la ubicación actual de la cantera donde se obtuvo el agregado fino.

- El material incorporador reciclado fue entregado por parte del grupo de investigación ACIMAT que forma parte de la Facultad de Ingeniería de Materiales de la Universidad Nacional de Trujillo.
- El cemento fue adquirido de la tienda Sodimac ubicada dentro del centro comercial Real Plaza de la ciudad de Trujillo.
- Con respecto al agua, se utilizó el agua potable de la Universidad Nacional de Trujillo.

❖ **Caracterización de agregados**

1. Granulometría

- **Ensayo de granulometría del agregado fino (NTP 400.012/ASTM C136)**
- ✓ Seleccionar la muestra mediante el cuarteo.
- ✓ Secar la muestra a $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado en la estufa no difieran en más de 0.1%.
- ✓ Tener listo 500 gramos como mínimo de muestra seca.
- ✓ Colocar los tamices en el debido orden y colocar la muestra en la malla superior de la serie de tamices.
- ✓ Zarandear la muestra por un tiempo de 2 minutos.
- ✓ Pesarse el material retenido de cada malla y con los datos obtenidos realizar los cálculos respectivos y dibujar la curva granulométrica.
- ✓ Finalmente, el módulo de finura de dicho agregado, el cual deberá cumplir con el rango de la NTP 400.018 y ASTM C33.

2. Contenido de humedad

- **Contenido de humedad del agregado fino (NTP 339.185/ASTMC566)**

- ✓ La masa de 3 envases tomados, recibirá una muestra, aproximadamente de 100 gramos, tanto para agregados finos como gruesos.
- ✓ Luego se pesa en una balanza analítica cada recipiente con la muestra y se toma lectura del peso (Ph).
- ✓ Estos recipientes de muestra se colocaron luego en un horno eléctrico a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 h para tomar una lectura (Ps).

$$w = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps} \right) \times 100$$

Donde:

W: Contenido de humedad (%)

Ph: Peso en estado natural de la muestra (g)

Ps: Peso seco de la muestra (g)

3. Peso unitario

- **Peso unitario suelto seco y peso unitario compactado seco del agregado fino (NTP 400.017/ASTM C29)**
- ✓ Se toma el peso del molde vacío, se vierte agua en el molde hasta coparlo, se toma lectura de peso del agua más molde para luego tomar la temperatura del agua en ese momento.

- ✓ Para la densidad espesada, comenzar vertiendo la muestra en el molde en 3 capas iguales, cada una de las cuales se golpea 25 veces en forma circular sobre toda la superficie del molde con una barra de 5/8 de pulgada y un mazo de goma de 500 g, molde 12 veces en un movimiento circular, luego raspar la superficie del molde para pesar en una balanza analítica de 30 kg. Para la densidad se llena el molde hasta una altura no mayor a 5 cm para que el material no se compacte, esto se hace antes de llenar y enraizar la superficie superior del molde, y luego continuar.

$$\text{Volumen del molde} = \frac{(\text{Peso de molde} + \text{agua}) - \text{Peso del molde}}{\text{Densidad del agua (T}^\circ\text{C)}}$$

$$\text{PUSS Y PUCC} = \frac{(\text{Peso de molde} + \text{muestra}) - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

En donde:

PUSS: Peso unitario suelto seco (kg/m^3)

PUCC: Peso unitario compactado seco (kg/m^3)

4. Peso específico y absorción

- **Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022/ASTM C128)**

- ✓ Se remojan 2000 g de agregado fino en un recipiente por 24 horas.

- ✓ Después del tiempo especificado, la porción de muestra se vierte en una bandeja de metal colocada sobre la estufa de una estufa pequeña, donde se calienta continuamente hasta que la superficie se seque.
- ✓ Luego, utilizando un cono de diámetro inferior a 90 mm y diámetro superior a 40 mm, se vertió en 3 capas con un ariete de 340 gramos y se martilló en un círculo de 25 mm de diámetro. en toda su área.
- ✓ Luego limpiaron el exceso a su alrededor, luego quitaron el cono y, si un tercio se desmoronaba, la muestra había alcanzado la sequedad superficial. Si no, se repite la prueba.
- ✓ Pese el vial o hidrómetro, llene el vial con agua hasta la marca de 500 ml (B), drene y llene la muestra de prueba cónica y mida la masa, luego llene la muestra con agua. en una cámara de vacío durante 15 min para eliminar las burbujas de aire y determinar su masa (C).
- ✓ Finalmente se colocan los ingredientes en una charola, se retira la mayor parte del agua y se mete al horno por 24 horas a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Para obtener la masa de la muestra secada al horno (A). Determinado de acuerdo con la siguiente fórmula de gravedad específica y absorbancia.

$$\text{Peso específico seco} = \frac{A}{B + D - C}$$

$$\text{Peso específico SSS} = \frac{D}{B + D - C}$$

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

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(D - A)}{A} \times 100$$

Donde:

B: Peso de la fiola + agua (g)

C: Peso de la fiola + peso de la muestra SSS + agua (g)

A: Peso de la muestra secada al horno (g)

D: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (g)

5. Densidad

- **Densidad aparente, aparente saturada y nominal del material fino procesado en probetas cilíndricas de mortero en estado endurecido.**
 - ✓ Se escogió una muestra representativa de mortero endurecido previamente sometida al ensayo de compresión, luego se procedió a lavarla y sumergirla en agua durante 24 horas.
 - ✓ Al día siguiente, se tomó la muestra secándola parcialmente con una toalla hasta eliminar películas visibles de agua en la superficie, cabe recalcar que cuando la muestra tiene un color mate es porque ya está en la condición saturada y superficialmente seca.
 - ✓ Con una balanza debidamente calibrada, se pesa la muestra para determinar su peso en estas condiciones. Luego utilizamos la balanza de flotación colocándolo en la canastilla y se sumergió, y se cuantificó el peso sumergido en agua a temperatura ambiente.
 - ✓ Luego se colocó en un horno a 110°C durante 24 horas, se determinó su peso y se registró al día siguiente.

$$D_a = \frac{A}{(B - C)}$$

En donde:

A: Es la masa en el aire de la muestra de ensayo secada al horno (g)

B: Es la masa en el aire de la muestra de ensayo saturada y superficialmente seca (g)

C: Es la masa en el agua de la muestra de ensayo saturada (g)

D_a : Densidad aparente

$$D_{sss} = \frac{B}{(B - C)}$$

En donde:

B: Es la masa en el aire de la muestra de ensayo saturada y superficialmente seca (g)

C: Es la masa en el agua de la muestra de ensayo saturada (g)

D_{sss} : Densidad saturada y superficialmente seca

$$D_n = \frac{A}{(A - C)}$$

En donde:

A: Es la masa en el aire de la muestra de ensayo secada al horno (g)

C: Es la masa en el agua de la muestra de ensayo saturada (g)

D_n : Densidad nominal

❖ Caracterización química de los agregados

• Evaluación química del agregado fino (NTP 400.042)

- ✓ Los valores por debajo 6.5 son ácidos, valores superiores a 6.5 son alcalinos y/o básicos, mientras que los que rondan 7.0 son denominados neutrales.
- ✓ Se usa vasos de precipitación con capacidad de 250 ml, en una relación de 2:1 (agua destilada: material), esto se realiza 3 réplicas para cada material. Luego se procede a sellarlo con plástico y dejar reposar por un tiempo mínimo de 3 días (72 h).
- ✓ Finalmente se lleva al electrodo para tomar lectura del ph, conductividad y sales.
- ✓ La conductividad eléctrica comúnmente su unidad de medición es el Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10 elevado a -6.
- ✓ El contenido salino de una solución se conoce midiendo la conductividad eléctrica de la solución, mediante la fórmula:

$$ST = 640 \times CE$$

En donde:

ST: Salinidad (mg/l)

CE: Conductividad eléctrica (dS/m)

6. Diseño de mezcla

• Procedimiento del uso de la mesa de flujo para mortero

- ✓ Llenado del molde: la plataforma de construcción se limpia y se seca, se centra el molde, se vierte una capa de mortero de prueba de aproximadamente 25 mm (1 pulgada) de espesor en el molde y se compacta 20 veces. compactador, uniformemente distribuido
- ✓ Cuando la segunda capa de mortero esté completamente llena y compactada como la primera capa, la presión del compactador será suficiente para asegurar que el molde se vierta uniformemente. Se retira el exceso de mortero de la capa superior y se alisa la superficie con una llana.
- ✓ Después de llenar el molde se limpia y se seca la base de la mesa, se intenta secar el agua alrededor de la base del molde, 1 minuto después de mezclar se levanta el molde y se baja inmediatamente. fusible desde una altura de 12,7 mm (½") 25 veces en 15 segundos.
- ✓ Luego se mide el diámetro de la base de la muestra en al menos cuatro puntos igualmente espaciados y se calcula el diámetro promedio.
- ✓ La fluencia es el aumento de diámetro de la probeta expresado como porcentaje del diámetro de la base de molde mayor, determinado por la fórmula:

$$\% \text{ Fluidez} = \frac{\text{Diámetro promedio} - \text{Diámetro base inferior del molde}}{\text{Diámetro base inferior del molde}} \times 100$$

Se pretende diseñar un mortero para la elaboración de probetas cilíndricas con el fin de que puedan resistir una rotura de como mínimo de 7.5 Mpa a los 14 días de su desencofrado para ello se procederá a la realización de las proporciones o dosificaciones que se necesitan respectivamente para la elaboración de este mortero.

- **Dosificación de mortero**

Lo primero que debemos tener en consideración al momento de iniciar con la elaboración del mortero es tener antecedentes de trabajos anteriores, así mismo de proporciones de cemento, arena por volumen para ello veremos a continuación proporciones recomendadas para cada tipo de aplicaciones y observaciones que se requieran.

Figura 26.

Dosificación de morteros

Proporción cemento: arena por volumen	Aplicaciones y observaciones
1 : 1	Mortero rico, empleado para rellenar grietas o resanar. Consistencia aguada. Alta adhesividad e impermeabilidad.
1 : 2	Mortero útil para juntar mampostería de alta resistencia (piedra, tabique o bloque de concreto). Alta impermeabilidad.
1 : 3	Junteo de mamposterías de uso común. Buena resistencia al intemperismo. Aplanados en general.
1 : 4-6	Enladrillados en azoteas, pisos en baños. Aplanados en general. Junteo de piedra brasa en lugares no muy húmedos.

Nota. En la figura podemos observar las aplicaciones y observaciones que existen con respecto a las proporciones que ya están determinadas. Tomado de *Cementos Pacasmayo*.

- **Cantidad de material utilizado**

Para la cantidad de arena y cemento tendremos en cuenta que el molde cilíndrico tiene unas dimensiones de 4 pulg. x 8 pulg. respectivamente, por trabajos anteriores sabemos que por cada probeta cilíndrica de PVC entra un total de 4.5 kg de material es decir 4 kilos en total considerando arena, cemento y agua, en la siguiente figura se detallara el molde a utilizar.

Figura 27.

Probetas cilíndricas de PVC de 4" x 8".



Nota. En la figura podemos observar las probetas cilíndricas utilizadas para la preparación de probetas de mortero endurecido.

Ya teniendo en cuenta las dimensiones y cantidad de material que ocupa el molde cilíndrico de PVC pasamos a calcular respectivamente la cantidad de arena y cemento que se utilizara, cabe recalcar que se tomó como consideración la proporción 1:3.

- ✓ Calculamos la suma de proporción 1:3 con respecto a la cantidad de material que ingresa en el molde cilindro de PVC.

$$4M = 4.5 \text{ kg}$$

$$M = \frac{4.5 \text{ kg}}{4}$$

$$M = 1.125 \text{ kg.}$$

- ✓ Ahora calculamos con una regla de tres simple directa la cantidad en Kg que le corresponde a cada uno, tanto para la arena como para el cemento.

$$\frac{1M}{3M} = \text{reemplazando } M \text{ tenemos que: } \frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} = \frac{1(1.125)}{3(1.125)}$$

$$\text{Cemento} = 1.125 \text{ kg} \quad \text{Arena} = 3.375 \text{ kg.}$$

Con lo anterior entonces podemos decir que para una proporción 1:3 de cemento y arena tenemos que en un molde cilíndrico de PVC con dimensiones de 4" x 8" se necesita 1.125 kg de cemento y 3.375 kg de arena, ahora con respecto al agua tenemos que la proporción adecuada es decir que se mantiene estable en los parámetros es la relación $a/c=0.6$.

- **Relación agua – cemento**

Como se mencionó anteriormente nos quedamos con la proporción 1:3 con una relación de $a/c=0.6$ a si mismo determinamos que la cantidad de arena a utilizar es de 3.375 kg y la

cantidad de cemento de 1.125 kg, así mismo para encontrar la cantidad de agua necesaria se procederá a realizar la siguiente ecuación:

$$\text{Tenemos que la relacion de } \frac{a}{c} = 0.60$$

$$a = 0.60 \times c$$

$$a = 0.60 \times 1.125$$

$$a = 0.675$$

Finalmente tenemos que para una mezcla que contendrá 1.125 kg de cemento y 3.375 kg de arena gruesa se le tendrá que añadir 0.675 kg de agua para que pueda así tener una buena consistencia al momento de su elaboración y llenado a la probeta cilíndrica de PVC.

➤ **Dosificación del incorporador reciclado**

- **Poliestireno reciclado**

El material plástico y rígido que se fabrican fundiendo perlas. espuma de poliestireno preexpandido o uno de sus copolímeros estructurales cerrado y lleno de aire, así mismo este material puede ser usado para la aplicación en el mortero fresco con el fin de poder cumplir con el uso que se desea emplear, el cual puede ser el agilizar el peso, disminuir costos en materiales u realizar la función de obstruir la emisión de sonidos externos o viceversa, según su ficha técnica es de uso general para aplicaciones como aislamientos, forjados, reducción de asentamientos, etc.

Cabe recalcar que según la norma de cumplimiento (REGLAMENTACION TECNICA EN LA OGUC. CUMPLIMIENTO DE R100) especifica que sus temperaturas de uso, límite superior es de 75°C a 80°C y su límite inferior puede llegar hasta los -100°C.

Para la presente investigación utilizaremos el aditivo incorporador de poliestireno reciclado como parte de la mezcla de mortero en ciertos porcentajes, como se detallará a continuación en la siguiente tabla:

➤ **Preparación, elaboración y codificación de probetas**

- ✓ Se comienza por lubricar el molde de plástico, luego cúbralo en tres capas de aproximadamente 10 cm de espesor (alrededor de la mitad del molde) con un mazo de goma para una mejor distribución y una relación de vacíos reducida, de acuerdo con los estándares de la industria, norma ASTM C31. El rolado utilizado es de 5/8 de pulgada como se describe en ASTM C192. Los golpes de cada etapa se dieron siguiendo una dirección perpendicular a los de la anterior; tal es así que la presión del compactador sea tal que asegure el llenado de los compartimentos.
- ✓ Al final del prensado, la superficie superior de las muestras está ligeramente más alta que el borde superior de la matriz. Se alisa la superficie de los tubos con la parte plana de la espátula, eliminando la mezcla de la solución. Finalmente, las muestras se envolvieron con una bolsa de plástico para evitar la pérdida de humedad y se dejaron en la habitación durante 12 horas.

7. Ensayo de la mezcla de mortero en estado endurecido

Las propiedades y comportamientos fueron determinados por los porcentajes indicados en los ensayos preliminares, el método de recolección de datos que fue el foco de este estudio, derivados de pruebas de laboratorio utilizando el método propuesto, partiendo de la resistencia estándar, serán posteriormente comparados con los resultados de otros tubos.

➤ Resistencia a compresión - NTP 339.034/ASTM C39

- ✓ Para la determinación de este ensayo se usó la máquina de compresión de la marca ELE International, modelo 2000 con una capacidad de 2000 kN (kilonewton).
- ✓ Al final de los días 14 y 28 de curado en la piscina, se realizó una prueba de resistencia a la compresión, durante la cual primero se deben secar las tuberías con un paño de fieltro y limpiarlas de cualquier partícula o depósito.
- ✓ Después se realizó la nivelación de las superficies de los especímenes mediante una capa de capping de azufre con un espesor de 1 a 3 mm a una temperatura de 130°C a 145°C.
- ✓ A continuación, la muestra se centró en la prensa y se aplicó la carga a una velocidad de 2,4 kN/s. Cuando ocurre algún error en las muestras, se lee la carga máxima de la máquina.
- ✓ La recolección de datos de la resistencia a la compresión y su valor respectivamente, se realizó mediante la siguiente ecuación y tabla:

$$f'c = \frac{F}{A}$$

En donde:

$f'c$: Esfuerzo (N/ mm²)

F: Fuerza (kN)

A: Área (mm)

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

En donde:

d: Diámetro

- ✓ Finalmente se graficaron los resultados de la resistencia a compresión con el porcentaje de incorporador de poliestireno reciclado que se ha empleado para en la preparación del mortero.
- ✓ Para el ensayo de resistencia a la compresión según la norma ASTM C39 el coeficiente de variación máximo permitido será de 2.4%, con un rango aceptable para dos y tres cilindros de 6.6% y 7.8% respectivamente.

➤ **Ensayo de aislamiento acústico**

- ✓ El sonido es una forma de energía que se produce cuando las partículas de un objeto vibran con cierta intensidad creando regiones compresivas y raras (expansión) actuando sobre un medio conductor (sólido, líquido, gas). Las ondas de sonido se propagan en todas las direcciones, sensibilizando el audífono y transmitiendo estas percepciones al cerebro.

- ✓ Una de las principales características de estas ondas es su frecuencia, la cual está relacionada con el tiempo que dura el ciclo compresión-bajada. Cuanto mayor sea la frecuencia, menor será la duración de cada ciclo. Los sonidos muy altos son frecuencias altas y los sonidos bajos son frecuencias bajas.
- ✓ La unidad de frecuencia es el hercio (Hz): 1 hercio corresponde a un ciclo en un segundo. Otra característica de una onda de sonido es su amplitud. Una onda tiene una amplitud mayor que otra tiene más energía y por lo tanto suena "más fuerte" al oído.

- **Requisitos a considerar:**

No es necesario que los volúmenes y dimensiones respectivos de las dos cámaras de prueba sean exactamente iguales. Después de familiarizarse con los estándares especificados, proceder al diseño de la cabina. Para ello se pueden analizar diferentes materiales para su implementación, así como herramientas que será necesario adquirir. El volumen de la cámara de prueba debe ser de al menos 50 m³. Esta designación estándar también se aplica a este proyecto. Debe existir una diferencia entre volumen y/o dimensiones lineales de al menos un 10%. Se ha decidido que la cabina radiada tenga unas dimensiones de 0,35 m x 0,83 m x 0,40 m y un volumen de 0,06 m³, y que la cabina receptora sea, como estándar, un 10% más grande que la cabina transmisora. Los valores elegidos son 0,98 m x 0,40 x 0,40 y el volumen es de 0,16 m³. El sistema de adquisición de datos es un software de grabación y medición del nivel de sonido que recopila datos a través del micrófono y la interfaz de audio para transmitir audio de frecuencia plana rosa desde la computadora portátil a los parlantes.

8. Análisis de costos

Del diseño de mezcla sacamos las cantidades de materiales a utilizar para la elaboración de un metro cúbico de mortero con poliestireno reciclado, con las unidades que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 17.

Esquema de cantidad de materiales para mortero.

Material	Peso (kg/cm ²)	%	PUSS (Kg/cm ²)	Cantidad	Unidades
Cemento					
Agua					
Agregado fino					
Poliestireno reciclado					

Nota. En la tabla podemos observar el esquema de la cantidad que se utilizó para la realización de probetas de mortero endurecido.

Obtenemos los rendimientos promedio de mano de obra para obras de edificación, los cuales encontramos del libro “Costos y presupuestos en edificación” de CAPECO.

Tabla 18.

Rendimientos promedio de mano de obra

Nº	PARTIDA	UNIDAD	RENDIMIENTO DIARIO (8HRS)	CUADRILLA OPERARIO	OFICIAL	EQUIPO Y/O HERRAMIENTAS
OE 3.1	Arquitectura					
OE 3.1.1	Revestimientos	m ² /día	14	0.25	0.25	Herramientas manuales

Nota. En la tabla podemos observar el rendimiento promedio que se obtuvo para la partida de revestimiento. Tomado de *Capeco (2019)*

Partida N°1: Paneles prefabricados

Unidad: m²/día

Equipo u herramientas: Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.

Cuadrilla: Montaje de paneles prefabricados = 0.25 operario + 0.25 oficial

Rendimiento: Montaje de paneles 14 m²/día

Horas de trabajo: 8 horas diarias.

Tabla 19.

Formato para análisis de precio unitario.

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
Mano de obra					
1.01	Operario en montaje de paneles prefabricados de mortero.	h			
1.02	Oficial en montaje de paneles prefabricados de mortero.	h			
Subtotal de mano de obra					
Materiales					
1.03	Panel prefabricado, liso, de mortero armado de 12 cm de espesor, 3 m de anchura y 14 m de longitud máxima, con los bordes machihembrados, acabado liso de color blanco a una cara, para formación de cerramiento.	m ²			
1.04	Fragua caucho-asfáltica para sellado en frío de juntas de paneles prefabricados de mortero.	kg			
1.05	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	m			
1.06	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	Und			

Subtotal de materiales		
Equipos		
1.07	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.	h
Subtotal de equipos		

Nota. En la tabla podemos observar el formato que se tuvo en cuenta con respecto al formato de análisis de precio unitario. Tomado de Capeco (2019).

La cantidad de materiales la obtenemos de la Tabla 41, la cantidad de mano de obra y equipos, así como el costo parcial y el total se calculan de la siguiente manera:

$$Cantidad\ del\ recurso = \frac{Cuadrilla\ x\ Horas\ de\ trabajo}{Rendimiento}$$

$$Costo\ parcial = Cantidad\ del\ recurso\ x\ Precio$$

$$Costo\ total = Costo\ de\ mano\ de\ obra + Costo\ de\ material + Costo\ de\ equipos$$

Atraves de las siguientes formulas se pueden determinar la cantidad de recurso a calcular, el costo parcial y el costo total, así mismo esto procede a llenarse en la tabla N.º 41.

2.5 Aspectos éticos

La investigación experimental aplicada ha sido elaborada de acuerdo con una metodología que utiliza criterios rigurosos al objetivo y diseño de la investigación, la selección de muestras, estudios y ensayos fueron comprobadas y aprobadas por las normas que se rigen actualmente en el rubro de la elaboración de morteros en especial con la ASTM C270.

El compromiso que se tuvo con respecto al impacto ambiental, fue el optar por tener un control circunstancial con todas las muestras ensayadas tanto para roturas como para caracterización las cuales fueron embolsadas y desechadas en un relleno sanitario.

Nuestra investigación partió desde la idea principal de solventar la necesidad de evitar ruidos molestos y se fue elaborando conforme se realizaban los ensayos y a su vez el informe, por ende, cada fuente o mención fue detallada con el fin de evitar adoptar ideas o conclusiones de otros autores, todo esto con la finalidad de evitar un plagio a otros trabajos.

Con respecto a la guía de investigación de la Universidad Privada del Norte fue una herramienta útil ya que facilitó los recursos de diferentes fuentes con respecto al tema de investigación, abriéndonos una amplia gama de trabajos informativos y resumen de todo tipo, en todo momento se respetó el trabajo de investigación de otros autores, citándolos en cada párrafo que fue extraído de sus trabajos y colocando en cada nota de figura o tabla su referencia con nombre y año de publicación.

CAPITULO III. RESULTADOS

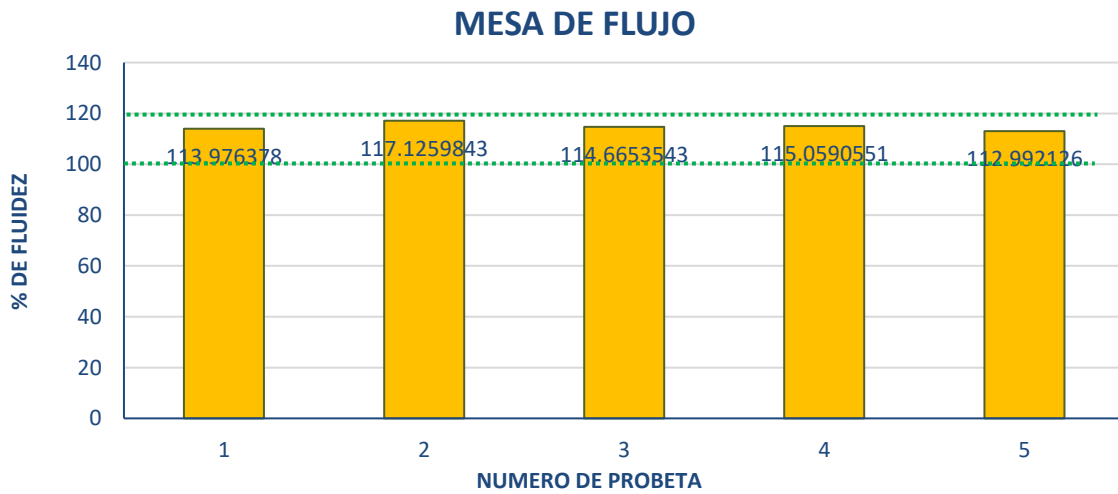
3.1 Caracterización de agregados

3.1.1 Agregado fino

Al inicio de la investigación se realizó la caracterización del agregado fino – arena gruesa para este caso tuvimos una consistencia media plástica con una fluidez de 114.8 para el mortero utilizado en estructuras de revestimientos, así mismo el módulo de finura de la arena gruesa es de 2.4, el porcentaje de contenido de humedad nos dio como resultado 0.3%, con respecto al peso unitario suelto seco y el peso unitario seco compactado fueron de 1611 kg/m³ y 1824 kg/m³ respectivamente, el peso específico fue de 2521 kg/m³ con una absorción de 1.3%, con respecto a sus densidades tenemos 1.53% para la densidad aparente, 1.57% para la densidad SSS y 1.59% para la densidad nominal y con un porcentaje de vacíos de 27%. Con respecto a los requisitos químicos tenemos un valor de 7.8 para el Ph, una conductividad de 0 dS/m y una salinidad de 203 mg/l y finalmente tenemos un 2% de arcilla un 97% de limo y un 1% de arena.

Figura 28.

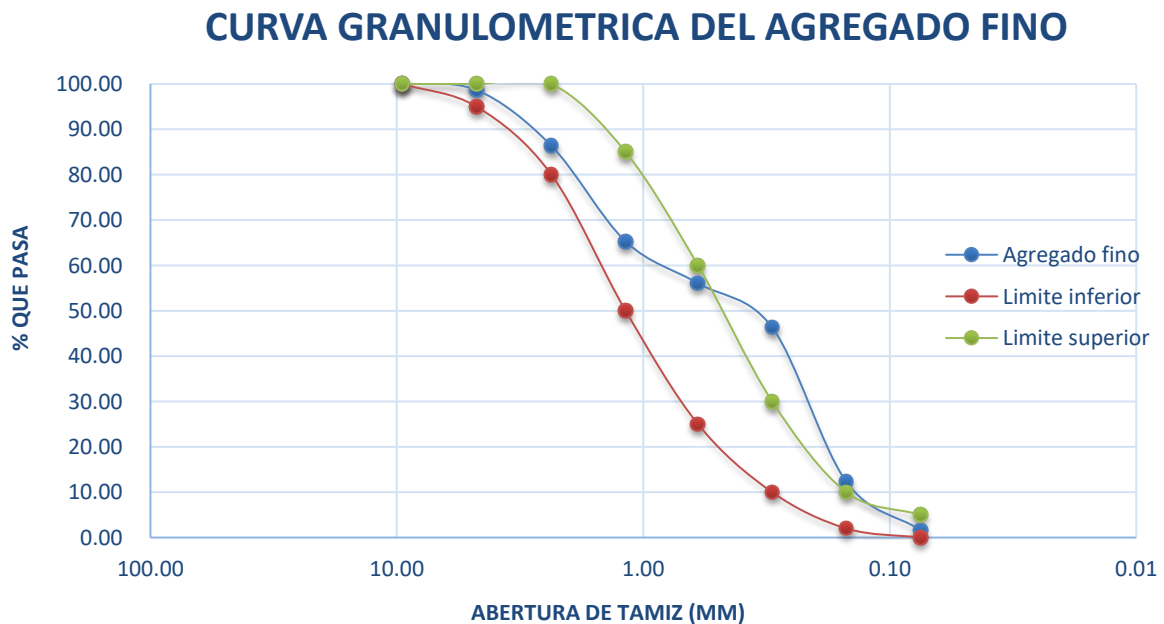
Ensayo de mesa de flujo.



Nota. En la figura podemos observar los valores obtenidos del ensayo de fluidez.

Figura 29.

Curva granulométrica del agregado fino entre límites estándar.



Nota. En la figura se puede observar la curva granulométría del agregado fino.

Tabla 20.

Resultados de caracterización del agregado fino.

Ensayo	Norma	Resultados	Parámetros
Mesa de flujo	NTP 399.610 / ASTM C230	114.8	100 - 120
Módulo de finura	NTP. 400.012 / ASTM C136	2.4	2.3 - 3.1
Contenido de humedad (%)	NTP. 329.185 / ASTM C566	0.3	-
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m ³)	NTP. 400.017 / ASTM C29	1611	1500 - 1800
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	NTP. 400.017 / ASTM C29	1824	1600 - 1900
Peso específico (kg/m ³)	NTP. 400.022 / ASTM C128	2521	2500 - 2900
Absorción (%)	NTP. 400.022 / ASTM C128	1.3	0.2 - 5.0
Densidad aparente (%)	NTP 400.022	1.53	-
Densidad SSS (%)	NTP 400.022	1.57	-
Densidad nominal (%)	NTP 400.022	1.59	-
Vacíos (%)	NTP. 400.017 / ASTM C29	27	30 - 50

Requisitos químicos

Ensayo	Norma	Resultados	Parámetros
pH	NTP 400.042	7.8	Básico o ligeramente alcalino
Conductividad (dS/m)	NTP 400.042	0	Suelo libre de sales
Salinidad (mg/l)	NTP 400.042	203	Suelo libre de sales

Composición del agregado fino

Tamaño en mm	Dominación más común	Clasificación	Parcial retenido (%)
< 0.002	Arcilla	Fracción muy fina	2
0.002 - 0.074	Limo	Fracción fina	97
0.074 - 4.76 #200 - #4	Arena	Agregado fino	1

4.76 - 19.1 #4 - 3/4"	Gravilla	Agregado grueso	-
19.1 - 50.8 3/4" - 2"	Grava		-
50.8 - 152.4 2" - 6"	Piedra		-
> 152.4 6"	Rajón, piedra, bola		-

Nota. En la presente tabla se detalla los ensayos realizados para la caracterización del agregado fino en este caso de la arena gruesa, teniendo así valores que en la mayoría cumplen con su normativa.

3.2 Caracterización química del agua

La caracterización química del agua nos dio una clasificación débilmente seca con respecto al Ph con un resultado de 7.4, a sí mismo la conductividad química del agua se obtuvo un resultado de 1.42 y una salinidad de 0.9 con respecto

Tabla 21.

Caracterización química del agua

Requisitos químicos				Autor SUNASS
Ensayo	Norma	Resultado	Clasificación	
pH	NTP 400.042	7.4		
Conductividad (dS/m)	NTP 400.042	1.43	Débilmente seca	
Salinidad (g/l)	NTP 400.042	0.9	Agua dulce	

Nota. En la tabla podemos encontrar la caracterización química del agua utilizada como referencia. Tomada de SUNASS (2010)

3.3 Diseño de mezcla

Al inicio de la realización del diseño de mezcla se debió realizar una proporción del material para las probetas de mortero endurecido, teniendo los siguientes valores: 1.125 kilogramos

de cemento, 3.375 kilogramos de agregado fino (arena gruesa) y 0.675 kilogramos de agua, teniendo un total de 5.175 kilogramos de material total.

Tabla 22.

Diseño de mezcla patrón.

Material	Peso (kg/m³)	%	PUSS (kg/m³)
Cemento	1.125	22	3110
Agregado fino	3.375	65	1611
Agua	0.675	13	1000
Total	5.175	100	

Nota. En la presente tabla se puede encontrar los valores calculados para realización de una probeta cilíndrica de mortero endurecido.

A sí mismo para proporcionar a la mezcla total los porcentajes de poliestireno reciclado fueron distribuidos en 7 niveles, desde el 0.1% hasta el 0.7%, a si mismo entre cada porcentaje se aumenta 4.5 gramos entre valor y valor, teniendo un valor final de 31.5 gramos para el 0.7% de poliestireno reciclado con respecto a la mezcla total.

Tabla 23.

Dosis de incorporador para cada porcentaje

Tipo de material	Dosis	
	% del peso de la mezcla	Gramos
Poliestireno reciclado	0.1	4.5
	0.2	9
	0.3	13.5
	0.4	18
	0.5	22.5
	0.6	27
	0.7	31.5

Nota. En la presente tabla especifica los niveles de porcentaje de poliestireno agregado y a su vez su peso en gramos con respecto a la mezcla total.

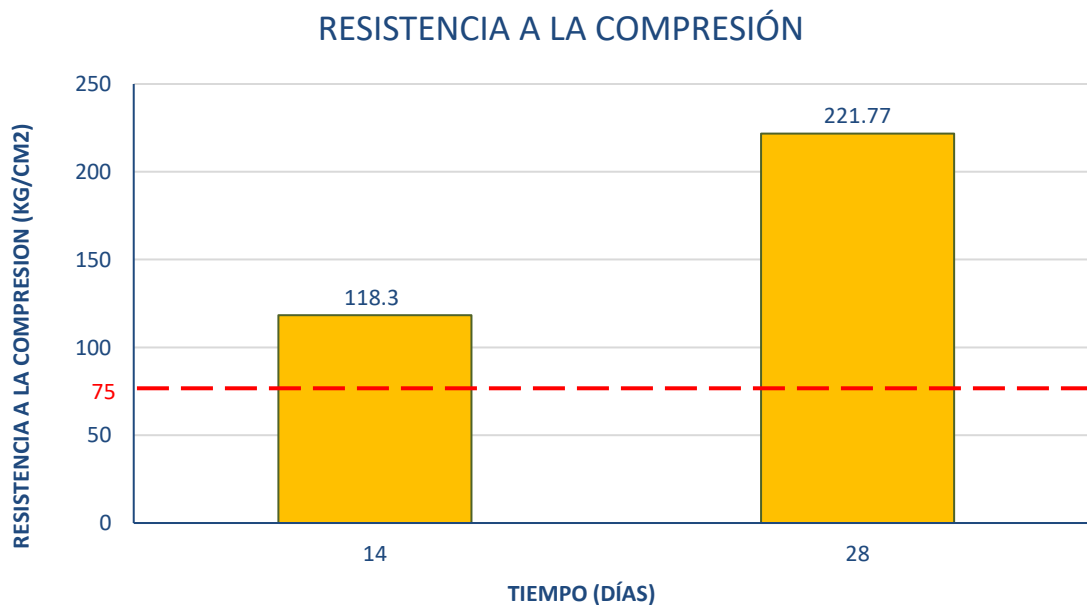
3.4 Ensayos del mortero en estado endurecido

3.4.1 Resistencia a la compresión

El inicio de los ensayos de mortero endurecido para los 14 días de curado en poza dio, como resultado una resistencia a la compresión promedio de 116.3 kg/cm² para el mortero patrón y un 25.6 kg/cm² para la probeta final de 0.7% de poliestireno reciclado, así mismo con una desviación estándar promedio de 2.9.

Figura 30.

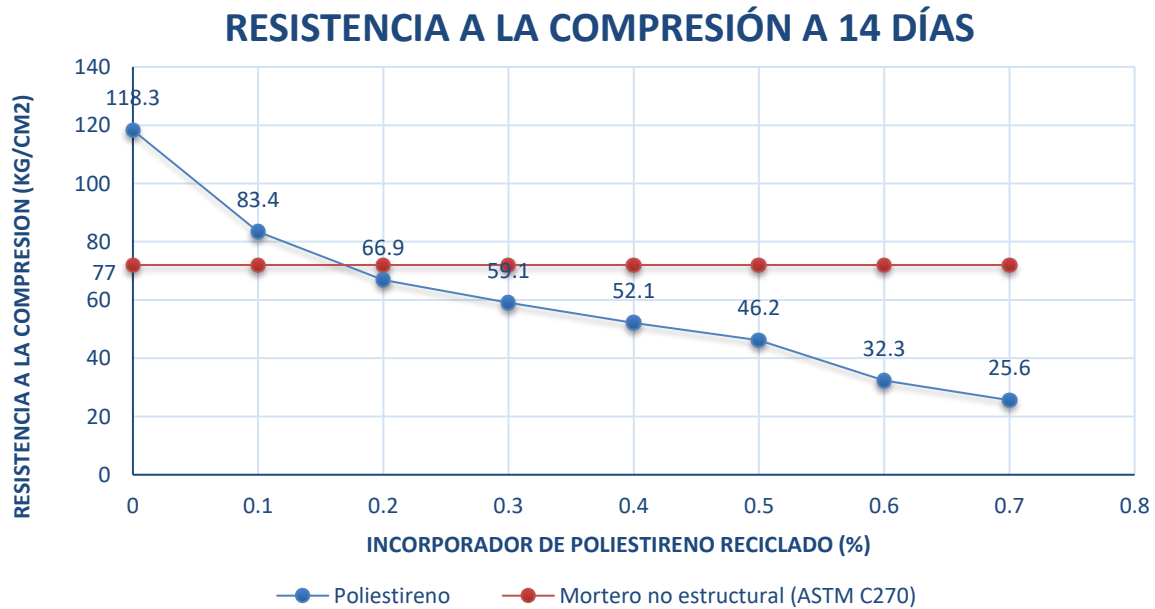
Ensayo preliminar de resistencia a la compresión del mortero a 14 y 28 días.



Nota. En la figura podemos observar la resistencia a la compresión con respecto a los días de curado en poza que están dados entre 14 y 28 días.

Figura 31.

Resistencia a la compresión a 14 días con porcentaje de poliestireno reciclado.



Nota. En la figura podemos observar la resistencia a la compresión con respecto a los 14 días de curado en poza.

Tabla 24.

Resistencia a compresión promedio del mortero y medidas estadísticas a los 14 días.

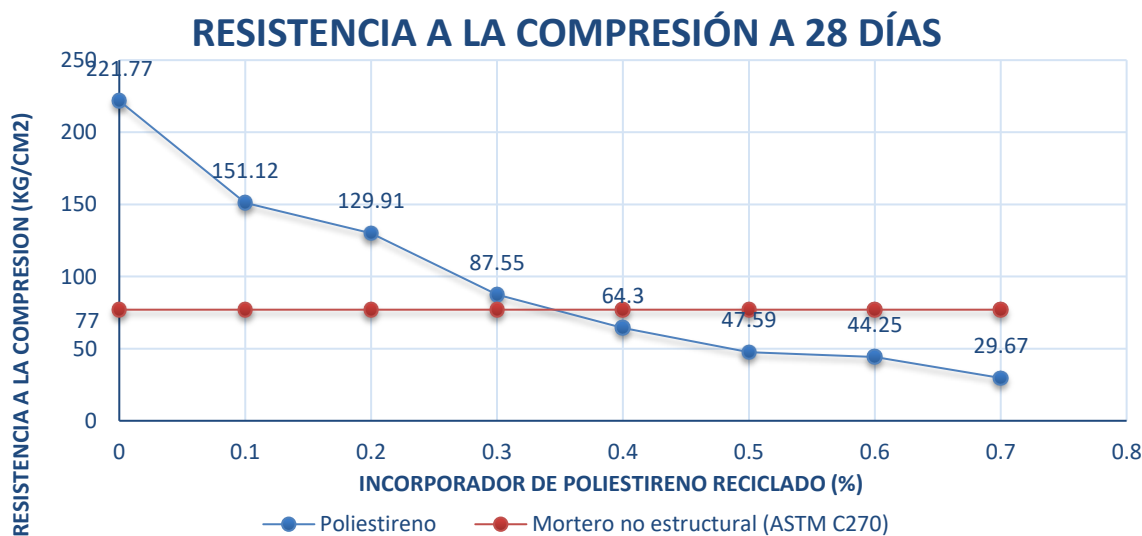
Tipo de incorporador	Porcentaje (%)	f'c promedio (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (%)	Desviación estándar (%)	Coefficiente de variación (%) ASTM C39	Desviación estándar (%) ASTM C39
Poliestireno reciclado	0.0	116.3	0.0	3.6	2.4	7.8
	0.1	83.4	0.0	5.6	2.4	7.8
	0.2	66.9	0.0	2.0	2.4	7.8
	0.3	59.1	0.0	1.4	2.4	7.8
	0.4	52.1	0.0	2.4	2.4	7.8
	0.5	46.2	0.0	2.4	2.4	7.8

0.5	46.2	0.0	2.6	2.4	7.8
0.6	32.3	0.0	1.6	2.4	7.8
0.7	25.6	0.0	4.0	2.4	7.8

Nota. En la presenta tabla podemos encontrar los valores obtenido del ensayo de resistencia a la compresión del mortero endurecido a los 14 días.

Figura 32.

Resistencia a la compresión a 28 días con porcentaje de poliestireno reciclado.



Nota. En la figura podemos observar la resistencia a la compresión con respecto a los 28 días de curado en poza.

A los 28 días de curado en poza se obtuvo un resultado de 219.7 kg/cm² con respecto a la probeta patrón y un valor de 29.6 kg/cm² con respecto al porcentaje de 0.7% con una desviación estándar promedio de 2.7.

Tabla 25.

Resistencia a compresión promedio del mortero y medidas estadísticas a los 28 días.

Tipo de material incorporado	Porcentaje (%)	f'c promedio (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (%)	Desviación estándar (%)	Coefficiente de variación (%) ASTM C39	Desviación estándar (%) ASTM C39
Poliestireno expandido reciclado	0.0	219.7	0.0	1.5	2.4	7.8
	0.1	151.1	0.0	4.5	2.4	7.8
	0.2	129.9	0.0	3.0	2.4	7.8
	0.3	87.5	0.0	1.6	2.4	7.8
	0.4	64.3	0.0	5.5	2.4	7.8
	0.5	47.5	0.0	3.1	2.4	7.8
	0.6	44.2	0.0	1.3	2.4	7.8
	0.7	29.6	0.0	1.3	2.4	7.8

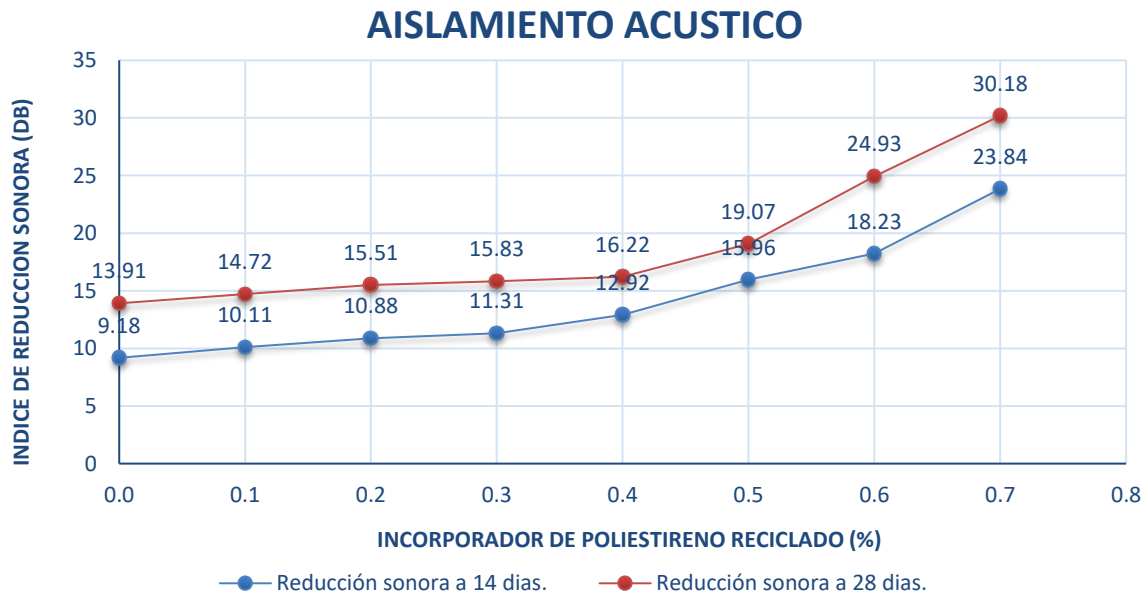
Nota. En la presenta tabla podemos encontrar los valores obtenido del ensayo de resistencia a la compresión del mortero endurecido a los 28 días.

3.4.2 Aislamiento acústico

Como ensayo final tenemos que para el ensayo de aislamiento acústico en placas rectangulares tenemos un valor de 9.18 dB para la probeta patrón y 23.84 dB para la probeta con una adición de 0.7% de poliestireno, así mismo el valor promedio de la desviación estándar es de 0.1.

Figura 33.

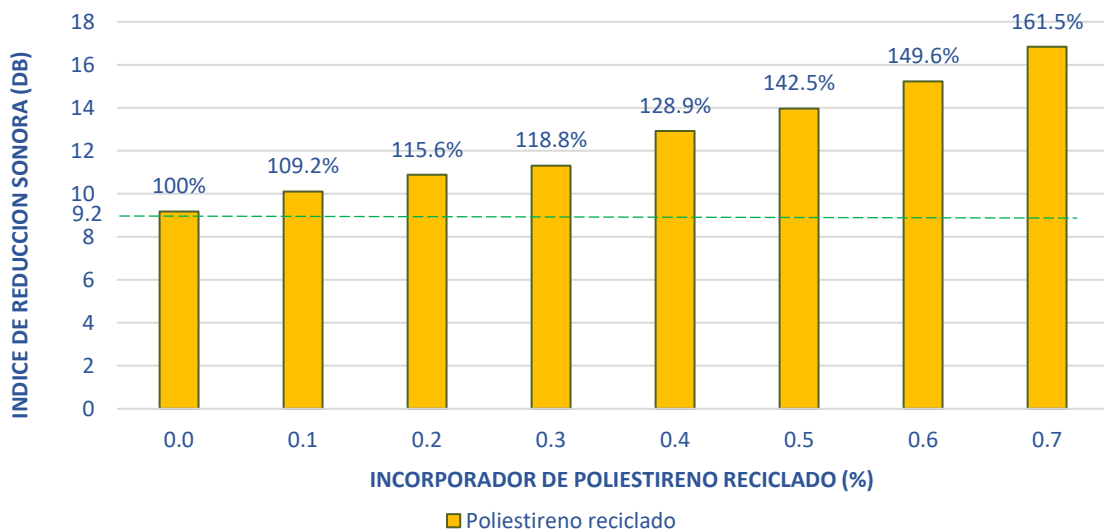
Aislamiento acústico del mortero a 14 y 28 días con incorporación de poliestireno reciclado.



Nota. En la figura se observa los valores de aislamiento acústico a 14 y 28 días de curado en poza.

Figura 34.

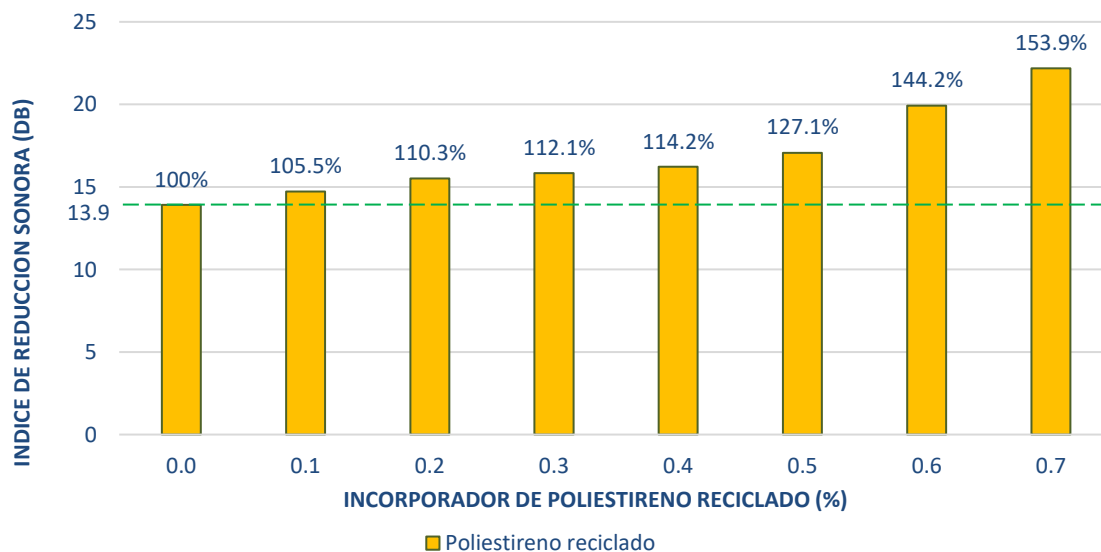
Aislamiento acústico del mortero en porcentaje con respecto a la muestra patrón a 14 días.



Nota. En la figura se observa los valores de aislamiento acústico a 14 días de curado.

Figura 35.

Aislamiento acústico del mortero en porcentaje con respecto a la muestra patrón a 28 días.



Nota. En la figura se observa los valores de aislamiento acústico a 28 días de curado.

Tabla 26.

Aislamiento acústico promedio del mortero y medidas estadísticas a los 14 días.

Tipo de material incorporado	Porcentaje	Índice de reducción sonora / R promedio (dB.)	Coefficiente de variación (%)	Desviación estándar (%)
Poliestireno expandido reciclado	0.0	9.18	0	1.31
	0.1	10.11	0.1	0.69
	0.2	10.88	0	2.26
	0.3	11.31	0	0.30
	0.4	12.92	0	0.21
	0.5	15.96	0	0.17
	0.6	18.23	0	0.93
	0.7	23.84	0	1.48

Nota. En la presente tabla se presenta los valores promedio de reducción sonora (aislamiento acústico) a los 14 días de curado en poza de cada nivel de porcentaje de poliestireno reciclado.

Tabla 27.

Aislamiento acústico promedio del mortero y medidas estadísticas a los 28 días.

Tipo de incorporador	Porcentaje	Índice de reducción sonora / R promedio (dB.)	Coefficiente de variación (%)	Desviación estándar (%)
Patrón Poliestireno reciclado	0.0	13.91	0	0.12
	0.1	14.72	0.1	0.93
	0.2	15.51	0	0.09
	0.3	15.83	0	0.17
	0.4	16.22	0	0.29
	0.5	19.07	0	0.10
	0.6	24.93	0	0.41
	0.7	30.18	0	0.21

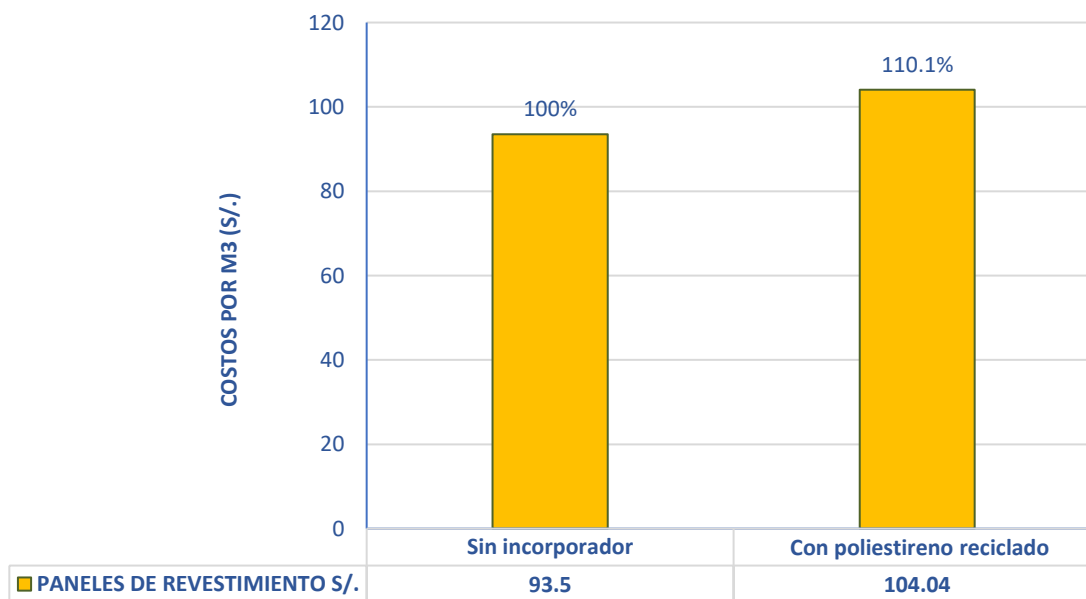
Nota. En la presente tabla se presenta los valores promedio de reducción sonora (aislamiento acústico) a los 28 días de curado en poza de cada nivel de porcentaje de poliestireno reciclado.

3.5 Análisis de costos

Se realizó un estudio comparativo de costos por m³ de la elaboración y puesta en obra de mortero con un material plástico y utilizando el cemento Pacasmayo tipo I y como tipo de incorporador, se hizo uso del material de poliestireno reciclado de 0.7% con respecto al peso total de la mezcla, ya que con este porcentaje se ha conseguido buenos resultados en el ensayo al cual va enfocado la presente investigación la cual es el aislamiento acústico con la utilización de paneles de revestimiento.

Figura 36.

Costos por metro cuadrado en porcentaje de poliestireno reciclado.



Nota. En la presente figura podemos observar la variación de precios que se tienen sin incorporador y con incorporador de poliestireno. Tomado de *Promart 2023*

Tabla 28.

Costo de metro cuadrado de muro con incorporador de poliestireno

Tipo de incorporador	Costos por m ² (soles)	Diferencia c/s incorporador (soles)
	Muros	
Sin incorporador	S/. 93.50	-
Poliestireno reciclado	S/. 104.04*	S/. 10.90

Nota. En la presente tabla se muestran los precios por metro cuadrado de paneles de revestimiento con incorporación de poliestireno y sin incorporación, sus valores fueron tomado de una fuente actualizada. Tomado de *Promart (2023)*

(*) Para la presente investigación se hizo uso de poliestireno reciclado el cual fue otorgado gratuitamente por la Universidad Nacional de Trujillo, pero en el hipotético caso de cotizar una compra de poliestireno el costo por metro cuadrado (m^2) es de S/.10.90 este precio es cotizado de la empresa PROMART, teniendo así que el costo total por metro cuadrado de muro con incorporador de poliestireno es de S/.104.04, observar Tabla 53 y anexo 39.

CAPITULO IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

1.1 Discusión

1. Caracterización de agregados

En primer lugar, el diseño implementado en la mesa de flujo se ha implicado una relación de agua cemento para la dosificación del mortero. Por lo tanto, para los cálculos de fluidez habría una óptima relación para su aplicación. Además, las estimaciones realizadas con otras pastas no cumplieron con los rangos necesarios por lo cual se descartaron. Estos antecedentes dan cuenta de que porque se han obtenido estos resultados de 114.8 de fluidez teniendo una pasta media plástica; en comparación a los valores estimados por Rivas (2017) que varían entre 100 y 120. Se presentan las propiedades fisicoquímicas del agregado fino, correspondientes a los parámetros establecidos, para ser utilizados en este trabajo. Una de las propiedades más importantes de los agregados es la distribución o gradación precisa de las partículas de estos agregados para producir la mínima cantidad de vacíos, según a los valores extraídos de la investigación de Salamanca (2006). Sin embargo, la limitación es la precaución de permitir que exista una segregación debido a una colocación incorrecta ya que esto resultaría en una baja calidad del mortero y en el peor de los casos su baja resistencia. Respecto a la parte de la granulometría de nuestro agregado fino, podemos señalar que esta se cumple. De acuerdo con los resultados obtenidos se encontró una asociación de valores significativa, esto se puede relación con los valores que plantea Quiroz (2006), donde indican que los valores obtenidos del porcentaje pasante se encuentran dentro de los límites.

De acuerdo a las investigaciones realizadas por Polanco (2012), los valores de absorción en el agregado fino estarían en el rango de 0.2% a 5.0%, entonces se puede confirmar nuestros valores obtenidos de nuestro agregado fino encontrándose dentro de los parámetros, según Quiroz y Salamanca (2006) que los agregados se encuentran en un estado de saturación húmedo o seco al aire, por presentar humedad interna en los poros. El sonido es una forma de energía que se produce cuando las partículas de un objeto vibran con cierta intensidad creando regiones compresivas y raras (expansión) actuando sobre un medio conductor (sólido, líquido, gas). Las ondas sonoras se propagan en todas las direcciones, sensibilizando el audífono y transmitiendo estas sensaciones al cerebro. Una de las principales características de estas ondas es su frecuencia, la cual está relacionada con el tiempo que dura el ciclo compresión-bajada. Cuanto mayor sea la frecuencia, menor será la duración de cada ciclo. Los sonidos muy altos son frecuencias altas y los sonidos bajos son frecuencias bajas. La unidad de frecuencia es el hercio (Hz): 1 hercio corresponde a un ciclo en un segundo. Vale la pena saber que la absorción de agua es un indicador de la calidad del agregado, cuanto menor es la tasa de absorción de agua, más fuerte y estable es el agregado, otorgando tales propiedades al mortero del que forma parte, al mismo tiempo es una forma para asegurar el aislamiento acústico, ya que esta propiedad está directamente relacionada con su porosidad. El peso específico del agregado fino es clasificado según Quiroz y Salamanca (2006) como un agregado normal por encontrarse su peso específico dentro de los parámetros establecidos por norma. Si se emplea un material con una buena densidad el mortero resultante podría ser mayor o igualmente denso, lo cual tendrá una influencia directa sobre el peso volumétrico y

la resistencia a la compresión del mortero. El peso específico es inversamente proporcional a la absorción.

El peso unitario del agregado influye en la cantidad de cemento requerido para la mezcla, si se tiene un agregado con peso unitario menor, el de cemento será mayor, el PUSC se utiliza para la conversión del volumen al peso, o viceversa, a mayor peso unitario, el porcentaje de vacíos es menor. Según la investigación de Polanco (2012) para el agregado fino el peso unitario suelto seco oscila entre valores 1500 kg/m^3 - 1800 kg/m^3 . El PUSC del agregado fino cumplió correctamente. Asimismo, para el peso unitario compactado seco oscila dentro de 1600 - 1900 kg/m^3 para el agregado fino. El PUCS del agregado fino fue asertivo encontrándose en los valores mencionados, con lo cual se observa que ambos agregados cumplen los parámetros recomendados.

Respecto al porcentaje de vacíos del agregado fino, podemos señalar que esta no se cumple. De acuerdo a los resultados obtenidos no se encontró una asociación de valor, esto puede verificarse con la investigación realizada por Quiroz y Salamanca (2006) donde indican que los valores deben estar entre el rango de 30% a 50% para agregados típicos. Este valor indica la cantidad de vacíos que genera el agregado al ser llenado en un recipiente debidamente compacto en relación con su peso específico. Los valores prácticos realizados para el ensayo de densidad no sufrieron una dispersión alta de resultados ya que todos los datos son aceptados por las proporciones que se establecen en la investigación de Quiroz (2006)

En el agregado fino se observó que el valor de su conductividad eléctrica (CE) correcta ya que el valor se encuentra por debajo de 1 dS/m, estas muestras de resultados contribuyen a la hipótesis planteada por Castellanos (2000) donde este las clasifica como suelos libres de sales cuya presencia no resulta perjudicial para la elaboración del mortero. Por otro lado, la CE obtenida del agua potable fue de 1.430 dS/m, a partir de lo cual Ramírez (2009) la clasifican como agua dulce o fresca por tener una salinidad de 0.9 g/l siendo menor a 1 g/l, y a la misma vez cumple lo establecido según la SUNASS, que considera que su CE no debe exceder 1.500 dS/m.

2. Diseño de mezcla

Un factor importante que afecta la trabajabilidad de la mezcla es la forma y textura del árido del agregado fino, para lo cual, Fernández (2013), detalla que los áridos finos son procedentes de trituración presentan una morfología angulosa y de textura rugosa, que ocasiona una mayor área de mojado en comparación de los áridos lisos, lo que genera una limita en la perdida de fluidez en la mezcla de mortero. Se realizo un ensayo preliminar para comprobar que el diseño de mezcla con una relación de a/c que obtenga una resistencia a la compresión mínima de 7.5 Mpa o 76.5 kg/cm² ya que es un elemento de mampostería no estructural, se elaboraron probetas cilíndricas ensayadas a los 14 y 28 días, los valores son cumplidos según lo estipulado en los requerimientos de la norma ASTM C270.

Es notorio el buen resultado que trajo consigo el ensayo de las probetas realizadas, teniendo así que un valor máximo es de 221.77 kg/cm² a los 28 días de curado, lo que trae una

implicancia con el resultado ya que la resistencia mínima que estipula los valores en la ASTM C270 es de 76.5 kg/cm^2 para mamposterías no estructurales, por lo cual podemos considerar como cumplen en todo el parámetro la norma, se puede considerar una pasta con una diferente proporción de cemento arena para el ahorro de material.

2.1 Ensayos del mortero en estado endurecido

2.1.1 Resistencia a la compresión

La norma ASTM C270 avala que los valores obtenidos para un mortero no estructural pueden ser establecidos teniendo en cuenta un valor mínimo de 7.5 mega pascales, por lo cual la compresión realizada a 14 días de la probeta patrón es conforme y cumple. Sin embargo, desde la proporción de 0.2% hacia adelante los valores no son adecuados para la realización de mortero para revestimiento ya que es más susceptible a fallar a resistencia.

Continuamente al ensayar a 28 días se obtuvo un valor de resistencia a la compresión de la probeta patrón de 221.7 kg/cm^2 , demostrando que la probeta supero por mucho al valor del mínimo establecido, así mismo como se mencionó anteriormente a medida que se añada la proporción de poliestireno, la resistencia disminuye por lo que a partir de la incorporación de 0.4% ya no es adecuada su aplicación ya que comienza a fallar, se recomienda que su aplicación no exceda una aplicación mayor al 0.3% de poliestireno con respecto a la mezcla.

Finalmente, la adición de mayor porcentaje de incorporador de poliestireno reciclado (0.7%), sería ideal si queremos aumentar el aislamiento acústico en el ambiente donde va a ser aplicado y de este modo evitar el paso continuo del sonido, así mismo si el caso sería optar por una mayor resistencia a la compresión conforme a la norma ya especificada, se recomienda optar por una incorporación de 0.3% de poliestireno reciclado, ya que su valor de resistencia (87.5 kg/cm^2) está por encima del parámetro establecido en la ASTM C270 para elementos no estructurales. Es recomendable que su aplicación de probetas patrones sea en casos específicos de resistencia, sin embargo, se tiene en cuenta que estas no serán adecuadas para evitar la transmisión del sonido.

2.1.2 Aislamiento acústico

Al ensayar el mortero a 14 días de curado en poza, se obtuvo la probeta patrón un índice de reducción sonora (medida del aislamiento acústico) de 9.18 dB, así mismo para los 28 días de curado en poza, se obtuvo un valor de 13.9 dB para la probeta patrón, al incrementar el porcentaje de poliestireno reciclado en la mezcla de mortero el índice de reducción sonora aumenta, en base a la muestra patrón, en 62% para el curado a 14 días y 53% para el curado a 28 días respectivamente. La limitación viene dada por los valores obtenidos que ya que solo dos resultados están establecidos en la norma UNE EN ISO 140, el hecho de que los únicos valores son los máximos porcentajes de poliestireno añadido quiere deducir que el máximo porcentaje añadido de poliéster es el mínimo parámetro solo para espacios cerrados, es la limitación que puede tener con relación a los valores que nos arrojó los ensayos. Conforme

aumenta la cantidad de incorporador de poliestireno en la mezcla de mortero, la porosidad incrementa, de esta manera como lo mencionó López (s.f.) la característica fundamental de los materiales absorbentes es transformar gran parte de la energía sonora que la atraviesa, por lo tanto, podemos afirmar que todo material absorbente debe ser poroso. Esto quiere decir que el mortero al ser un buen aislante acústico y tener baja permeabilidad, hace que el sonido que entra por los poros capilares al encontrarse con los vacíos provocados por el poliestireno se disipa las ondas sonoras en sus choques contra las paredes de las cavidades y la mayor energía sonora posible sea susceptible de ser transformada en calor por efecto Joule, entonces a mayor cantidad de poliestireno, mayor absorción de energía entonces la densidad disminuye.

3. Análisis de costos

Por último, se realizó un estudio comparativo de costos por m² de la elaboración y puesta en obra de mortero para paneles de revestimiento. El costo aumenta únicamente debido a que se tiene que cubrir el precio del porcentaje de poliestireno reciclado que se agrega a la mezcla de mortero, según los parámetros establecidos en el presupuesto esto puede ser económico ya que la aplicación de placas realizadas industrialmente excede un costo demasiado alto. Este tipo de placas de revestimiento tienen una limitación la cual es que es solo para espacios cerrados según los valores obtenidos con respecto a la norma UNE EN ISO 140, sin embargo, puede ser recomendable debido a su bajo precio, lo cual puede ser aplicado en domicilios urbanos.

1.2 Limitaciones e implicancias

En este apartado, describimos las limitaciones que tiene esta investigación. No todos los resultados obtenidos a través de los ensayos mecánicos, químicos y físicos son apegados a su normativa, esto es debido a un grupo de factores que se detallaran a continuación:

- La obtención del agregado fino no fue del todo fácil, debido a que la mayoría de las canteras en la ciudad de Trujillo no entregan el adecuado material que se le solicita al pedir arena gruesa, dando por lo general una arena media que su módulo de finura se encuentra en los rangos de 1.5 – 2.3, lo cual requiere más tiempo el poder elegir un agregado de calidad y exacto al que se necesita.
- A raíz de la cuarentena a del COVID 19, fue dificultoso el poder encontrar un laboratorio adecuado que cumpla con los protocolos de seguridad y que sea confiable con el fin de que nos permitirá realizar los ensayos, esto tomo más tiempo de lo esperado.
- El tiempo por día que se permitió utilizar las máquinas y herramientas era medido, por lo cual no se llegó a ejecutar más réplicas de muestreo con respecto a cada uno de los ensayos, es decir obtener un numero de valores más amplios para tener un promedio global y más preciso de resultados.
- En el tema económico fue algo dificultoso, ya que los materiales obtenidos requerían de un costo de flete medianamente elevado, por lo que en el transcurso de la investigación se tuvo que detener para poder conseguir más recursos.
- Otra de las causas de las limitaciones que tuvimos fue el comportamiento de los materiales, ya que cada material tiene un comportamiento diferente y la mezcla debe ser

vaciada el mismo día para todas las muestras, debido a que el clima en la temporada fue demasiado variado, lo cual influye mucha en la composición de las probetas a ensayar.

En este apartado describimos las implicaciones que tiene esta investigación con respecto a un problema real. Nuestra investigación tiene como finalidad principal el poder evitar que la transmisión sonora excesiva es decir el ruido que se genera tanto en ambientes exteriores con superiores, puedan ser disminuidos a raíz de la colocación de paneles acústicos económicos con material reciclado que puedan evitar en su mayoría la entrada de sonido a un determinado ambiente.

Un problema comúnmente en la ciudad de Trujillo es la contaminación sonora, la cual afectada a la mayoría de la población la cual se estima en 970,016 habitantes, como es de conocimiento público este tipo de delaciones no son observadas por la mayoría de municipalidades, por cual el planteamiento de esta investigación está relacionada con el poder tener una estructura con un modelo de panel de revestimiento económico, ya que su elaboración está en base a materiales de bajo costo y que se pueden obtener fácilmente, debido a esto se puede aplicar fácilmente en distintos lugares y puede ser elaborada en proporciones mayores para distintos tipos de estructuras, tanto como viviendas unifamiliares, viviendas multifamiliares, negocios, etc.

El poder tener este tipo de estructura económica nos permite reducir por completo ruidos molestos que son generados por agentes exteriores de sonido como carros, discotecas,

construcciones, etc. Trayendo consigo una mejor calidad de vida, evitando a su vez malestares tanto auditivos como de salud.

1.3 Conclusiones

Se concluyo que la incorporación de poliestireno reciclado expandido sobre la mezcla de mortero para paneles de revestimiento afecta en su resistencia mecánica, pero a su vez aumenta el aislamiento acústico conforme se va añadiendo mas porcentaje de poliestireno.

La caracterización del material fino: granulometría, contenido de humedad, peso unitario, peso específico y absorción, tiene un módulo de finura de 2.4, el contenido de humedad de 0.3%, un peso unitario suelto seco de 1611 kg/cm^2 , un peso unitario compactado seco de 1824 kg/cm^2 , también se tuvo una absorción de 1.3% y finalmente el peso específico fue de 2521 kg/cm^2 .

El diseño de mezcla patrón se debe corregir hasta encontrar un porcentaje estable de agua, con el fin de encontrar una relación de a/c que se encuentre en el rango de fluidez determinado para el tipo de aplicación que va dirigida nuestra investigación, a partir de esto se procede con la elaboración de las muestras patrón.

Se concluyo que la rotura de probetas a 14 y 28 días, cumplen con el valor mínimo establecido en la norma, así mismo tenemos que a medida que aumenta el porcentaje de poliestireno, la resistencia a la compresión comienza a disminuir, específicamente para los 14 días la probeta

patrón con referencia a la probeta con incorporación de 0.7% de poliestireno disminuyó en un 78% su resistencia, y para los 28 días la probeta patrón con referencia a la probeta con incorporación de 0.7% de poliestireno disminuyó en un 86% su resistencia.

El aislamiento acústico del mortero con incorporador de poliestireno reciclado con respecto a las probetas patrón, tiene un aumento de esta propiedad en el incorporador, debido al incremento de porosidad en el mortero y la disminución de permeabilidad del mismo, teniendo así que para los 14 días la probeta con incorporación de poliestireno de 0.7% fue de 23.8 dB y para los 28 días la probeta con incorporación de poliestireno de 0.7% fue de 30.18 dB.

Los resultados obtenidos en el ensayo de aislamiento acústico, el máximo valor de reducción sonora de la probeta a 14 días es decir con la máxima incorporación de 0.7% de poliestireno, se aleja en un 61.5% con respecto a la mezcla patrón, y para los 28 días con su valor máximo de reducción sonora se aleja en un 53.9% con respecto a la mezcla patrón.

El óptimo porcentaje de incorporador de poliestireno reciclado a ser utilizado es de 0.7%, esto debido que la finalidad de la investigación es en reducir lo máximo posible la transmisión sonora, además que cada uno de los parámetros obtenidos para llegar al diseño de mezcla cumplen con los requisitos y poseen una buena trabajabilidad.

Los resultados de compresión son notorios ya que la resistencia decae en más del 50% a partir de 0.5% de incorporación de poliestireno, esto es debido que en la probeta en su mayoría está compuesta por el material incorporador, disminuyendo así el espacio que ocupa el mortero endurecido, a su vez también le quita las propiedades de resistencia.

La presente investigación está destinada a la reducción máxima de transmisión sonora hacia espacios internos, por ello que elegimos el máximo valor de incorporador, el punto negativo de ello, es la baja resistencia de compresión y la falta de cumplimiento con la norma ASTM C270 que establece un valor mínimo de 7.5 Mpa, pero ya dado el caso, es importante también recalcar que los paneles de revestimiento son elementos no estructurales, por lo cual si se desea cumplir en cierta forma con ambos parámetros, se establece un valor de 0.3% de poliestireno reciclado, pero la retención de reducción sonora será mucho menor.

Se comparo la diferencia económica en el mortero al usar el incorporador de poliestireno reciclado con una conclusión de 0.7%, obteniéndose un excedente de S/. 10.90 (Nuevos soles) en referencia por cada metro cuadrado de mortero. Este aumento se debe únicamente al costo del incorporador que se incluirá al mortero para obtener las propiedades físicas, mecánicas y acústicas deseadas en esta investigación.

REFERENCIAS

- Abdullahi, O. R. (2014). *An explanatory note on construction industry and its role in the national economics*. Recuperado de https://www.academia.edu/9059569/The_Role_Of_construction_Industry_to_National_economics?auto=download.
- Abanto, F. (2001). *Tecnología del Concreto. Perú*. Recuperado de Ed. San Marcos.
- Aceros Arequipa (2010). *Manual para Propietarios*. Recuperado de http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/PDF/MANUAL_PROPIETARIOS.
- Avalo, J. (2015). *Las normas técnicas de cemento y concreto en el Perú*. Recuperado de <https://www.astm.org/GLOBAL/docs/Presentacion-Juan-Avalo.pdf>.
- ACI PUCP (2016). *Progreso a través del conocimiento*. Recuperado de revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/download/10127/10564
- Arredondo, J.; Arredondo, J. (2015). *Influencia del aire incorporado, condiciones de curado y evaluación del deterioro del concreto sometido a ciclos de congelamiento y deshielo (Tesis de pregrado)*. Recuperado de Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Cervantes, A. (2008). *Nuevas Tecnologías en Concretos*. Recuperado de https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/memorias_cong2008/10.

- Construaprende, (2010). *Densidad y absorción del agregado*. Recuperado de <https://www.construaprende.com/docs/lab/335-practica-densidad-absorcion-agregados>.
- Claros, E. (2010). *Normatividad morteros para mampostería no estructural*. Recuperado de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/normatividad-morteros-para-mamposteria-no-estructural/#:~:text=Para%20elementos%20de%20mamposter%C3%ADa%20no,de%20resistencia%2C%20trabajabilidad%20y%20econom%C3%ADa>.
- Cemix (2019). *Tipos de cemento y las ventajas del cemento todo en uno*. Recuperado de <https://www.cemix.com/tipos-de-cemento-y-las-ventajas/>
- Cymper. (2014). *Nomenclatura y propiedades de los morteros de construcción*. Recuperado de <https://www.cymper.com/blog/apuntes-sobre-la-nomenclatura-y-propiedades-de-los-morteros-de-construccion/>
- Castellanos, R. (2000). *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/323823646_Muestreo_de_Suelos_Tecnicas_de_Laboratorio_e_Interpretacion_de_Analisis_de_Suelos
- Cementos Pacasmayo (2018). *Cementos tradicionales*. Recuperado de https://www.cementospacasmayo.com.pe/Aplicaciones/Web/webpacasmayo.nsf/xsp_solucion.xsp?tab=23

- Cruzado, H.; Rivera, B. (2019). *Influencia de tipos de incorporador de aire sobre el asentamiento, aire total, absorción, peso unitario y compresión del concreto a bajas temperaturas (Tesis de pregrado)*. Recuperado de Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Fernaq. (2019). *Mortero ¿Qué es? Tipos y Clasificación*. Recuperado de <https://www.fenarq.com/2019/07/mortero.html>
- Fernández, A. (2018). *¿Qué es la Contaminación Acústica? Tipos y Consecuencias*. Recuperado de <https://www.revistaciencias.com/contaminacion-acustica/>
- García, V. (2017). *Porcentaje de aire incorporado en el hormigón y su efecto en el desempeño (Tesis de pregrado)*. Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.
- Humaní, E. (2016). *Ensayo de peso unitario de agregados, peso específico y absorción*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/327145882/ENSAYO-DE-PESO-UNITARIO-DE-AGREGADOS-PESO-ESPECIFICO-Y-ABSORCION>
- Icaza, V. (2019). *Valorización de cementos Pacasmayo S.A.A.* Recuperado de https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2579/Vanessa_Tesis_maestria_2019.pdf?sequence=1
- Ibáñez, J. (2007). *Ph del suelo*. Recuperado de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776>
- Ingeniería sin fronteras (2007). *Ingeniería Aplicada a la Cooperación para el Desarrollo. Acústica para la arquitectura*. Recuperado de https://www.arauacustica.com/files/noticias/pdf_esp_354.

- Maldonado, M. (2019). *Estudio comparativo de la denominación de los revestimientos de cal. De los tratados clásicos a la bibliografía actual*. Recuperado de https://oa.upm.es/35920/1/INVE_MEM_2014_193545.
- Miyara, F. (s.f.). *Introducción a la acústica*. Recuperado de <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/audio/acustica.pdf>
- Osorio, J. (2019). *Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión*. Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion>.
- Pacasmayo (2019). *Cemento Fortimax máxima durabilidad*. Recuperado de <https://www.sodimac.com.pe/static/pdf/1132806-1-Fichatecnica.pdf>
- Pendán, B. (2011). *Aislamiento a ruido aéreo entre locales. Estimación de la incertidumbre de medida*. Recuperado de https://www.arauacustica.com/files/publicaciones_relacionados/pdf_esp_339.pdf
- Patiño, C. (2009). *Estudio de la viabilidad en el uso de concreto celular para viviendas unifamiliares en la ciudad de Tacna (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman, Tacna, Perú.
- Polanco, A. (2012). *Manual Laboratorio Mecánica de Suelos*. Recuperado de http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_DE_LAB_MEC_DE_SUELOS_I.pdf

- Ramírez, C., Rodríguez, A. (2009). *Sistema para la Identificación de Aguas en Pozos Petroleros (SIAPP)*. Recuperado de https://www.ecured.cu/Clasificaciones_químicas_del_agua
- Rodero, C.; Peinado, F. (2007). *Absorción acústica en las lanas minerales*. Recuperado de http://www.seaacustica.es/WEB_ICA_07/fchrs/papers/tna-07-002.pdf
- Sánchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero. (5ª edición)*. Colombia: Bhandar Editores LTDA.
- Sanjuán, M. (2010). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. España: Ed. Universidad de Alicante.
- Sola, M. (2010). *Caracterización acústica de materiales en cámaras de ensayo "a escala"*. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13403/CARACTERIZACION_A_CUSTICA_DE.PDF?sequence=1&isAllowed=y
- Soto M. (2012). *Materiales Aislantes Acústicos para muros (Tesis de pregrado)*. Recuperado de Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.
- SUNASS (2017). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. Recuperado de <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar2.pdf>
- Tecsound (2009). *Sistemas de aislamiento acústico*. Recuperado de https://www.arauacustica.com/files/noticias/pdf_esp_439.pdf

- THEQUIP (2018). *Claves para escoger un buen aislamiento acústico*. Recuperado de <https://www.tecnohotelnews.com/2018/12/aislamiento-acustico/>
- Toledo, M. (2013). *Peso específico y absorción del agregado fino*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/151512704/Peso-Especifico-y-Absorcion-del-Agregado-Fino>
- UNE-EN 197-1:2011. *Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes*.
- Veliz, A.; Vásquez, J. (2018). *Obtención de concreto ligero estructural mediante el uso de aditivos*. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5719/ICvelljl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vidaud, D.; Vidaud, I. (2014). *Control de calidad al concreto*. Recuperado de la base de <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/febrero2014/ingenieria.pdf>
- Valero (2009). *Manual técnico acústico*. Recuperado de <http://www.ingenieroambiental.com/4004/Sonido%20-%20Manual%20Tecnico%20Aislamiento%20Acustico.pdf>
- Viaplan, (2020). *Problemas de construcción más comunes en obras industriales y comerciales*. Recuperado de <https://www.viaplan.com.py/blog/problemas-de-construccion-mas-comunes-en-obras-industriales-y-comerciales#:~:text=Problemas%20de%20terminaci%C3%B3n%20o%20acabado,r%20resistencia%20y%20apariencia%20al%20resultado.>

Venceremos (2015). *Portland Gris Tipo II*. Recuperado de <http://www.venceremos.com.ve/portland-gris-tipo-ii>.

NORMAS:

ASTM C230. Mesa de flujo para uso de ensayos de cemento hidráulico.

ASTM C33. Requisitos para graduación y calidad del agregado fino.

ASTM C128. Determinación de densidad y peso específico del agregado.

ASTM C136. Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados finos.

ASTM C29. Peso unitario seco suelto y Peso unitario seco compactado.

ASTM C566. Contenido de humedad del agregado fino.

NTP 400.042. Requisitos químicos del agregado.

UNE-EN ISO 140-1:1998/A1:2005. Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Requisitos de las instalaciones del laboratorio sin transmisiones indirectas. Modificación 1: Requisitos específicos aplicables al marco de la abertura de ensayo para particiones ligeras de doble capa. (ISO 140-1:1997/AM1:2004).

ANEXOS

ANEXO I: CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO

Tabla 29.

Ensayo de granulometría del agregado fino.

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso tamiz (g)	Tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Pasante acumulado	% Límite inferior	% Límite superior
1 ½"	37.5	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00
1"	25	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00
¾"	19	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00
½"	12.5	0	0	0	0	0	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	511.28	511.28	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100
N°4	4.75	476.32	485.69	9.37	1.34	1.34	98.66	95.00	100
N°8	2.36	448.86	535.15	86.29	12.30	13.64	86.36	80.00	100
N°16	1.18	376.69	524.52	147.83	21.08	34.71	65.29	50.00	85
N°30	0.60	369.79	434.50	64.71	9.23	43.94	56.06	25.00	60
N°50	0.30	334.38	402.71	68.33	9.74	53.68	46.32	10.00	30
N°100	0.15	309.73	548.34	238.61	34.02	87.70	12.30	2.00	10
N°200	0.075	301.50	376.11	74.61	10.64	98.33	1.67	0.00	5
BC	< 0.075	356.81	368.50	11.69	1.67	100.00	0.00		

Nota. En la presente tabla se puede observar los valores obtenidos a partir de ensayo de granulometría del agregado fino.

TOTAL 701.44 100.00

Tabla 30.

Medidas estadísticas para granulometría del agregado fino.

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Desviación estándar (%) ASTM C136	Límite inferior	Límite superior
1 ½"	37.5	0.0	100.00	0.0	0.0	0.0	100.00	100
1"	25	0.0	100.00	0.0	0.0	0.0	100.00	100
¾"	19	0.0	100.00	0.0	0.0	0.0	100.00	100
½"	12.5	0.0	100.00	0.0	0.0	0.0	100.00	100
3/8"	9.50	511.28	100.00	0.0	0.0	0.0	100.00	100
N°4	4.75	476.32	98.62	0.01	0.08	0.55	95.00	100
N°8	2.36	448.86	86.22	0.13	0.14	0.55	80.00	100
N°16	1.18	376.69	65.20	0.01	0.05	0.55	50.00	85
N°30	0.60	369.79	55.79	1.00	0.14	0.83	25.00	60
N°50	0.30	334.38	46.09	0.12	0.13	0.83	10.00	30
N°100	0.15	309.73	12.12	0.14	0.16	0.37	2.00	10
N°200	0.075	301.50	1.90	0.08	0.13	0.14	0.00	5

Nota. En la presente tabla se puede observar las medidas estadísticas de desviación estándar de la granulometría del agregado fino.

Tabla 31.

Contenido de humedad del agregado fino.

Descripción	Und.	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
Peso de la tara	g	97.57	77.57	67.97
Peso de tara + material húmedo (g)	g	197.72	177.5	168.14
Peso de material húmedo	g	100.15	99.93	100.17
Peso de tara + muestra seca	g	197.39	177.16	167.83
Peso de muestra seca	g	99.82	99.59	99.86
Contenido de humedad (w)	%	0.33	0.34	0.31
Promedio (w)	%		0.33	

Nota. En la presente tabla se puede observar el formato y los valores obtenidos del ensayo del porcentaje de humedad del agregado fino.

Tabla 32.

Medidas estadísticas de granulometría del agregado fino.

Agregado	Contenido de humedad promedio (%)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Desviación estándar (%) ASTM C566
Agregado fino	0.3	0.001	0.03	0.28

Nota. En la presente tabla se muestra el valor de desviación estándar de los resultados del ensayo de granulometría del agregado fino.

Tabla 33.

Peso unitario seco suelto del agregado fino del agregado fino.

Agregado fino	Und.	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	0.994	0.994	0.994
Peso de molde + agua	kg	8.298	8.284	8.292
Temperatura	°C	24.1	24.1	24.1
Densidad del agua	kg/m ³	997.6	997.6	997.6
Volumen del molde	m ³	0.0073	0.0073	0.0073
Peso de molde + muestra	kg	12.726	12.779	12.852
Peso unitario suelto seco (P.U.S.S)	kg/m ³	1601.47	1611.8	1620
Promedio P.U.S.S	kg/m ³		1611.09	

Nota. En la presente tabla se muestra los valores obtenidos del ensayo de peso unitario del agregado fino.

Tabla 34.

Medidas estadísticas del peso unitario seco suelto del agregado fino.

Ensayo	Agregado	Peso unitario promedio (kg/m ³)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Desviación estándar (%) ASTM C29
PUSS	Agregado fino	1611.09	86.22	9.29	14

Nota. En la presente tabla se muestra la varianza y la desviación estándar de los valores del ensayo de peso unitario.

Tabla 35.

Peso unitario seco compactado del agregado fino.

Agregado fino	Und.	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	0.994	0.994	0.994
Peso de molde + agua	kg	8.298	8.284	8.292
Temperatura	°C	24.1	24.1	24.1
Densidad del agua	kg/m ³	997.6	997.6	997.6
Volumen del molde	m ³	0.0073	0.0073	0.0073
Peso de molde + muestra	kg	14.39	14.334	14.318
Peso unitario suelto seco (P.U.S.C)	kg/m ³	1828.62	1824.87	1820.28
Promedio P.U.S.C	kg/m ³		1824.59	

Nota. En la presente tabla se muestra los valores obtenidos del ensayo de peso unitario seco compactado del agregado fino.

Tabla 36.

Medidas estadísticas del peso unitario seco compactado del agregado fino.

Ensayo	Agregado	Peso unitario promedio (kg/m ³)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Desviación estándar (%) ASTM C29
PUSS	Agregado fino	1611.09	17.45	4.18	14

Nota. En la presente tabla se muestra la varianza y la desviación estándar de los valores del ensayo de peso unitario seco compactado.

Tabla 37.

Peso específico del agregado fino.

Descripción	Und.	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
Volumen de agua en la fiola	cm ³	500	500	500
Peso de la fiola (limpio y seco)	g	164.22	166.95	169.7
Peso de la fiola + agua	g	662.15	664.98	667.44
Peso de la fiola + peso muestra SSS	g	603.77	607.08	612.33
Peso de la fiola + peso muestra SSS + agua	g	936.26	938.82	943.86
Peso de la muestra secada al horno	g	433.6	434.45	437.05
Peso de la muestra SSS	g	439.55	440.13	442.63
Peso específico seco	kg/m ³	2621	2613	2630
Promedio (Peso específico seco)	kg/m ³		2621	
Peso específico de masa SSS	kg/m ³	2657	2647	2663
Promedio (Peso específico SSS)	kg/m ³		2656	
Peso específico aparente	kg/m ³	2719	2705	2721
Promedio (Peso específico aparente)	kg/m ³		2715	

Nota. En la presente tabla podemos observar los valores obtenidos para el ensayo del peso específico del agregado fino.

Tabla 38.

Absorción del agregado fino.

Descripción	Und.	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
Peso de la muestra SSS	g	439.55	440.13	442.63
Peso de la muestra secada al horno	g	433.6	434.45	437.05
Absorción	%	1.4	1.3	1.3
Promedio de absorción	%		1.3	

Nota. En la presente tabla podemos observar los valores para el ensayo de absorción del agregado fino.

Tabla 39.

Medidas estadísticas del peso específico y absorción del agregado fino.

Ensayo	Resultado promedio	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Desviación estándar (%) ASTM C29
Peso específico seco (kg/m ³)	2621	71.41	8.5	11
Peso específico SSS (kg/m ³)	2656	67.79	8.2	9.5
Peso específico aparente (kg/m ³)	2715	73.79	8.6	9.5
Absorción (%)	1.3	0	0.05	0.11

Nota. En la presente tabla podemos observar la desviación estándar y varianza del ensayo de peso específico y absorción del agregado.

Tabla 40.

Porcentaje de vacíos del agregado fino.

Descripción	Und.	Muestras		
		M-1	M-2	M-3
Peso Unitario Compactado Seco (PUCS)	kg/m ³	1920	1925	1920
Peso específico seco	kg/m ³	2621	2613	2630
Vacíos	%	27	26	27
Promedio (Vacíos)	%		27	

Nota. En la presente tabla podemos observar los valores obtenidos del porcentaje de vacíos del agregado fino.

ENSAYOS DEL MORTERO ENDURECIDO

Resistencia a la compresión

Tabla 41.

Resistencia a compresión del mortero a los 28 días para cada porcentaje de poliestireno reciclado.

Tipo de incorporador	Porcentaje (%)	Replica	F (KN)	f'c (N/mm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
Poliestireno reciclado	0.0	I	169.9	21.8	221.8	221.8
	0.0	II	165.5	21.4	218.1	
	0.0	III	170.1	22.1	225.1	
	0.1	I	144.5	15.2	154.54	151.1
	0.1	II	141.5	14.4	146.73	
	0.1	III	143.1	14.9	152.10	
	0.2	I	100.1	12.8	130.50	129.9
	0.2	II	105.9	13.3	135.22	
	0.2	III	97.7	12.2	124.00	
	0.3	I	77.4	8.3	84.62	87.6
	0.3	II	78.9	8.6	87.73	
	0.3	III	80.2	8.9	90.31	
	0.4	I	49.5	6.5	66.7	64.3
	0.4	II	45.0	6.1	62.2	
	0.4	III	47.7	6.3	64.1	
	0.5	I	36.7	4.5	45.5	47.6
	0.5	II	41.1	5.1	52.1	
	0.5	III	36.5	4.4	45.3	
	0.6	I	34.1	3.8	38.4	44.3
	0.6	II	42.2	4.9	49.6	
	0.6	III	39.9	4.4	44.5	
0.7	I	22.9	2.6	26.6	29.7	
0.7	II	24.5	2.8	28.9		
0.7	III	28.8	3.3	33.5		

Nota. En la presente tabla se puede observar los valores obtenidos del ensayo de resistencia a 28 días.

Aislamiento acústico

Tabla 42.

Aislamiento acústico del mortero para cada porcentaje de poliestireno reciclado.

Tipo de incorporador	Porcentaje (%)	Replica	Índice de reducción sonora / R (dB.)	Índice de reducción sonora / R promedio (dB.)
Poliestireno reciclado	0.0	I	13.8	13.9
	0.0	II	14.0	
	0.0	III	14.0	
	0.1	I	14.2	14.7
	0.1	II	14.2	
	0.1	III	15.8	
	0.2	I	15.5	15.5
	0.2	II	15.5	
	0.2	III	15.6	
	0.3	I	15.8	15.8
	0.3	II	15.7	
	0.3	III	16.0	
	0.4	I	16.0	16.2
	0.4	II	16.5	
	0.4	III	16.2	
	0.5	I	20.1	19.1
	0.5	II	19.1	
	0.5	III	18.2	
	0.6	I	25.5	24.9
	0.6	II	24.5	
0.6	III	24.7		
0.7	I	30.3	30.2	
0.7	II	29.9		

0.7

III

30.4

Nota. En la presente tabla observamos los valores obtenidos del ensayo de aislamiento acústico.

ANEXO II: FICHA TECNICA

Figura 37.

Ficha técnica del cemento portland Tipo I Pacasmayo.



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland Tipo I. Gracias a su nuevo diseño de clinker, se logra una mejor resistencia a la compresión garantizando óptimos resultados en tu obra.

USOS

- Cemento de uso general.

ATRIBUTOS

Diseño que supera los requisitos de la normas nacionales

Altas resistencias a todas las edades

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

RECOMENDACIONES PARA USO Y ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO

- Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.
- Almacenar sobre plataforma de madera y en rumas que no excedan las 8 bolsas
- Utilizar agregados y materiales de buena calidad.
- A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Edad	Resultado Promedio (psi)	Requisito mínimo NTP 334.009 / ASTM C150 (psi)
A 3 días	1740	4260
A 7 días	2760	5310
A 28 días	4060	6570

*Requisito opcional.

Resistencia a la compresión (psi)

■ Resultado Promedio ■ Requisito mínimo NTP 334.009 / ASTM C150

Nota. En la figura podemos observar la ficha técnica del cemento utilizado en la investigación.

Figura 38.

Ficha técnica del cemento portland Tipo I Pacasmayo.



Cemento Tipo I Estructural Cemento Portland Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.1
SO ₃	Máximo	3.0	%	NTP 334.086	2.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	3.1
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	8
Finura, Superficie específica	Mínimo	2,600	cm ² /g	NTP 334.002	4000
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.07
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.4 (4260)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.6 (5310)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	45.3 (6570)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	139
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	250

*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional.

VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha Recomendada de Uso: para aprovechar de mejor manera sus propiedades



Fecha de Producción: para que utilices el cemento más fresco

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.

Nota. En la presente figura podemos observar las especificaciones técnicas del cemento

Tipo I.

ANEXO III: FICHA TECNICA DEL POLIESTIRENO

Figura 39.

Ficha técnica del poliestireno.



Domicilio Comercial: Av. Alvarez Thomas 1131 - 9º piso "C"
 1427 - Ciudad Autonoma de Buenos Aires.-
 Tel./Fax : 54-011-4553-2288 (Lineas Rotativas)
 Adm. Y Planta Industrial: Ruta 7 - Parque Ind.Norte - Calle 3 y 111 -
 (5700) San Luis

FICHA TECNICA ""POLIESTIRENO""

UTILIZACION	
Aislacion frio <input checked="" type="checkbox"/>	Aislacion caliente <input type="checkbox"/> Cobertura <input type="checkbox"/> Fumisteria <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>
DESCRIPCION : Material plastico celular y rigido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolimeros, que presenta una estructura cerrada y rellena de aire.	
COMPOSICION : PERLAS DE POLIESTIRENO	
DENSIDAD: 20 a 30KGS/M3	
TIPOS: PLACAS DE 1.20MTS DE ANCHO HASTA 4MTS DE LARGO MEDIAS CAÑAS DESDE 1/2" EN ADELANTE A PARTIR DE 12" EN SEGMENTOS O TIRAS TRAPEZOIDALES	
TEMPERATURAS DE USO: LIMITE SUPERIOR 75-80°C LIMITE INFERIOR - 100°C	
NORMA DE CUMPLIMIENTO: REGLAMENTACION TERMICA EN LA OGUC. CUMPLIMIENTO DE R100	
PROPIEDADES TERMICAS	CONDUCTIVIDAD TERMICA - W/(m:K)
	Densidad kg/m3 Media
	20 0,038
	22 0,038
	25 0,037
	28 0,037
	30 0,036
PROPIEDADES FISICAS	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA
	Densidad kg/m3 *gm/MNs x10
	20 5,8
	25 4,8
	30 4
UNIDAD DE MEDIDA DE COMERCIALIZACION : PIEZAS	
REQUERIMIENTOS ESPECIALES DE MANIPULEO Y ALMACENAJE : NO COMPACTAR	
APLICACIONES: *Aislamiento en edificio, losas radiantes, hormigones. *Forjados, absorcion de ruidos y reduccion de vibraciones. *Ingenieria Civil, reduccion de asentamientos y tensiones de empuje. *Equipos de edificacion e instalaciones industriales.	
VENTAJAS: **Material inerte, inocuo, durable y compatible con el medio ambiente. **Producto reciclable. **Mantiene su capacidad de aislamiento termico en el tiempo. **No absorbe agua y no altera su conductividad termica. **Autoextinguible. **Espesores y medidad según los requerimientos del usuario. **Indeformable. **Puede ser aserrado, cortado, perforado, cepillado, lijado, doblado, clavado y atornillado. **Como tambien, adherido a superficies absorbentes y no absorbentes como madera, metal, hormigon u otros afines a la construccion.	

Nota. En la figura podemos observar las especificaciones técnicas del poliestireno.

Figura 40.

Presupuesto de poliestireno expandido.

The screenshot shows the Promart website interface. At the top, there is a navigation bar with the Promart logo, a search bar, and links for location selection, user login, and account management. Below the navigation bar, there are various promotional banners and category links. The main content area displays the product 'Poliestireno expandido de 1" 1x1 metros' with a price of S/ 10.90. The product image shows a large, textured, light-colored panel. To the right of the image, there are controls for adding the product to the cart, including a quantity selector (set to 1) and an 'Agregar' button. Below the product information, there is a promotional banner for the 'oh!' card, a section for delivery methods, and a note about returns and exchanges.

Promart / Construcción / Aislantes / Poliestireno expandido

Poliestireno expandido de 1" 1x1 metros

ETSAPOL | SKU: 11760 Compartir

Precio lista **S/ 10.90** Despacho desde 24 Hrs.

[Calcula](#) tus cuotas con Tarjeta oh! ▼

− 1 + Agregar

oh! ¡Recibe S/100 en tu primera compra online mayor a S/150 con Tarjeta oh! [¡Pídelo aquí!](#)

Vendido y despachado por: **Promart** [Ver términos y condiciones](#)

📍 **Cambios y devoluciones:** Tienes hasta 90 días desde la recepción de tu producto para realizar tus cambios y devoluciones.

Métodos de entrega

<p>Despacho express Selecciona tu ubicación para ver disponibilidad.</p>	<p>Despacho programado Desde el 21 de marzo a partir de S/5</p>	<p>Retiro en tienda y otros puntos No disponible</p>
---	--	---

Nota. En la figura podemos observar la cotización de placas industriales de la tienda Promart. Tomado de Promart 2023.

ANEXO IV: PANEL FOTOGRAFICO CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO

FINO

Figura 41.

Ensayo de mesa de flujo



Nota. En la figura observamos el apisonado en el anillo del material de mesa de flujo.

Figura 42.

Pasta de mesa de flujo.



Nota. En la figura podemos observar la medición de la proporción de mezcla en la mesa de flujo.

Figura 43.

Ensayo de granulometría.



Nota. En la figura podemos observar los tamices utilizados para el ensayo de granulometría.

Figura 44.

Tamizado de granulometría.



Nota. En la figura podemos observar la agitación de cinco minutos para el tamizado.

Figura 45.

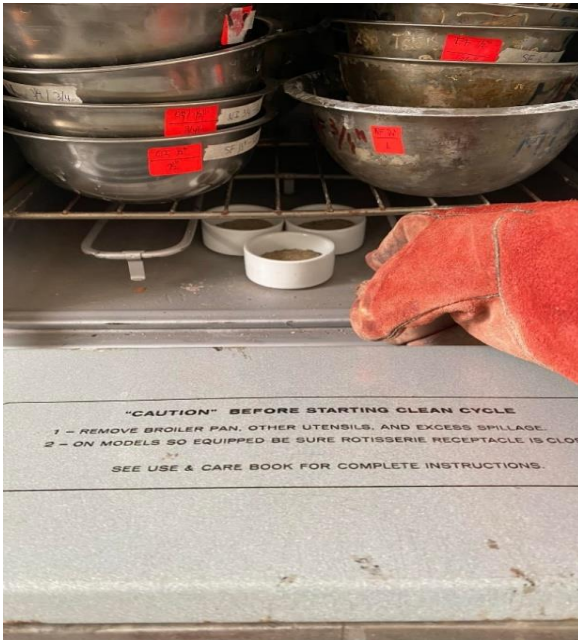
Ensayo de contenido de humedad.



Nota. En la figura podemos observar las muestras utilizadas para el ensayo de humedad.

Figura 46.

Estufa - contenido de humedad.



Nota. En la figura podemos observar la colocación de muestras al horno para el ensayo de humedad.

Figura 47.

Retirado de muestras



Nota. En la figura observamos el retirado de muestras del horno.

Figura 48.

Ensayo peso unitario PUSC



Nota. En la figura podemos observar el llenado de la olla para el ensayo de peso unitario PUSC.

Figura 49.

Ensayo peso unitario PUSS



Nota. En la figura podemos ver el llenado de arena gruesa al balde para ensayo de PUSS.

Figura 50.

Peso unitario PUSC.



Nota. En la figura podemos observar el apisonado de arena para el ensayo de PUSC.

Figura 51.

Peso unitario PUSS



Nota. En la figura podemos observar el golpeo del balde para el ensayo de PUSS

Figura 52.

Ensayo de peso específico y absorción.



Nota. En la figura podemos observar la muestra en caliente para el ensayo de peso específico y absorción.

Figura 53.

Ensayo de peso específico.



Nota. En la figura podemos observar el ensayo de peso específico.

Figura 54.

Absorción de agua de las muestras



Nota. En la figura podemos observar cómo se quita el agua de las muestras para el ensayo de absorción.

Figura 55.

Secado de muestras - absorción.



Nota. En la figura podemos observar el secado de las muestras para el ensayo de absorción.

Figura 56.

Absorción de aire de fiola.



Nota. En la figura podemos observar la extracción de burbujas de la fiola.

Figura 57.

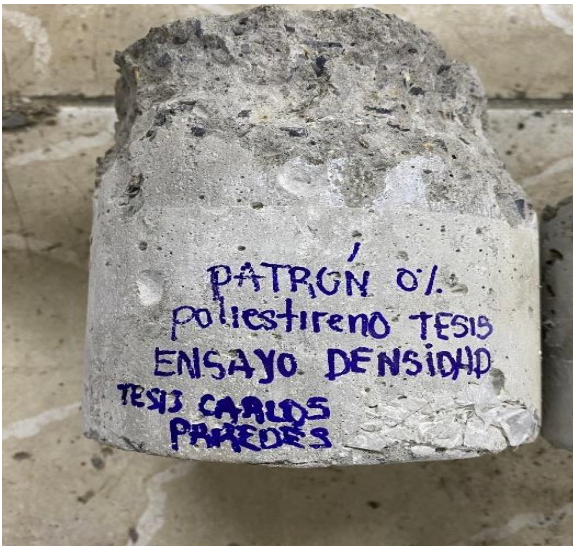
Muestras retiradas del horno.



Nota. En la figura podemos observar las muestras en seco.

Figura 58.

Ensayo de densidad del agregado.



Nota. En la figura podemos observar la muestra para el ensayo de densidad.

Figura 59.

Ensayo de densidad – colocación al horno.



Nota. En la figura podemos observar el secado de muestras para el ensayo de densidad.

Figura 60.

Humedecimiento de muestra



Nota. En la figura podemos observar las muestras siendo humedecidas.

Figura 61.

Ensayo de densidad - pesado de muestra.



Nota. En la figura podemos observar el peso de las muestras para el ensayo de densidad.

ANEXO V: PANEL FOTOGRÁFICO DE LA ELABORACIÓN DE PROBETAS DE MORTERO CILINDRICAS

Figura 62.

Elaboración de muestras en menor escala de la relación a/c: 0.60.



Nota. En la figura podemos observar la rotulación de muestras.

Figura 63.

Secado de muestra relación a/c: 0.60.



Nota. En la figura podemos observar el secado de las muestras.

Figura 64.

Rotulado de muestras relación a/c: 0.60.



Nota. En la figura podemos observar la rotulación de las muestras.

Figura 65.

Mezcla patrón relación a/c: 0.60.



Nota. En la figura podemos observar la preparación de mezcla.

Figura 66.

Vaciado de mezcla patrón en probeta



Nota. En la figura podemos observar las probetas rellenas con la mezcla.

Figura 67.

Rotulado y secado de probetas patrón proporción 1:3 - relación a/c: 0.60



Nota. En la figura podemos observar el secado de las muestras patrones.

Figura 68.

Elaboración de mezcla de mortero con incorporación de poliestireno reciclado.



Nota. En la figura podemos observar la mezcla con incorporación de poliestireno.

Figura 69.

Desenfofrado de probetas de mortero.



Nota. En la figura podemos observar el desenfofrado de las probetas cilíndricas.

Figura 70.

Curado de probetas de mortero.

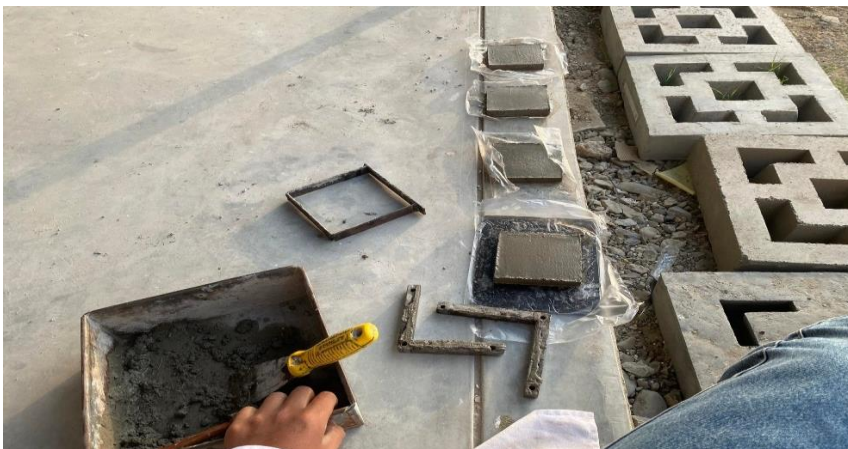


Nota. En la figura podemos observar el curado de las probetas.

ANEXO VI: ELABORACIÓN DE PANELES 5 CM x 5 CM x 2 CM.

Figura 71.

Elaboración de paneles de revestimiento 5x5x2 (cm).



Nota. En la figura podemos observar la elaboración de placas.

Figura 72.

Elaboración de panel de 5x5x2 (cm)



Nota. En la figura podemos observar el relleno de mezcla en el molde.

Figura 73.

Secado de muestra panel 5x5x2 (cm).



Nota. En la figura podemos observar el secado de las muestras de placa.

ANEXO VII: ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION Y RESISTENCIA ACUSTICA.

Figura 74.

Colocación de probetas a la máquina.



Nota. En la figura podemos observar la colocación de probeta para rotura.

Figura 75.

Ensayo de resistencia a la compresión.



Nota. En la figura podemos observar el proceso de rotura.

Figura 76.

Rotura de probeta.



Nota. En la figura podemos observar la rotura de probeta.

Figura 77.

Probeta sometida a compresión.



Nota. En la figura podemos observar la rotura de probeta patrón.

Figura 78.

Secado de muestras acústicas.



Nota. En la figura podemos observar el secado de las placas.

Figura 79.

Muestras para ensayo acústico.



Nota. En la figura podemos observar las placas de cada proporción de patrón.

Figura 80.

Caja receptora y emisora



Nota. En la figura podemos observar la visualización de la caja sonora.

Figura 81.

Software en frecuencia plana.



Nota. En la figura podemos observar el software utilizado para la obtención de la frecuencia.

ANEXO VIII: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 43.

Tabla de operacionalización de variables

Título: Influencia del porcentaje de poliestireno reciclado sobre la resistencia acústica, densidad y compresión para paneles de revestimiento, Trujillo 2022.					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>Variable dependiente: Resistencia acústica, densidad, resistencia a la compresión</p>	<p>S. Vivienda (2021) El aislamiento acústico abarca el conjunto de técnicas, materiales y tecnologías capaces de aislar o atenuar ruidos con respecto a densidad y compresión mecánicos y físicos que determinan la relación entre masa y volumen de la mezcla y la resistencia es la capacidad para soportar una carga por unidad de área.</p>	<p>La aplicación se realizará a través de ensayos con probetas cilíndricas y con probetas rectangulares simulando un panel de revestimiento, el número de probetas estará normalizado por la ASTM C39.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Aislamiento acústico ❖ Compacidad del material ❖ Capacidad de carga 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Mejoras en la retención del sonido. ❖ Sostenibilidad. ❖ Optimo diseño de mezcla. ❖ Compatibilidad ❖ Desarrollo de mejora. ❖ Optimo proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Intervalo ❖ Razón
<p>Variable independiente: Porcentaje de poliestireno reciclado</p>	<p>Según Knauf (2020) El poliestireno es un material reciclable posee un 98% de aire, no toxico y estable a su vez tiene múltiples aplicaciones como aislante en la construcción, combustible, material para la fabricación de artículos de consumo, envases o nuevas piezas de EPS.</p>	<p>El poliestireno será 100% reciclado con un tamaño estándar de 0.15m x 0.63m x 1.23m, a su vez este será aplicada en cada probeta tanto cilíndrica como rectangular según el porcentaje que le corresponda a cada una.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Funciones de aislamiento ❖ Rendimiento en la mejora ❖ Comportamiento de la muestra 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Capacidad de análisis ❖ Desempeño esperado ❖ Compatibilidad en la relación de la mezcla ❖ Aprovechamiento de mejora ❖ Mejoramiento visible ❖ Aportación de desempeño 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Intervalo ❖ Razón

ANEXO IX: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 44.

Matriz de consistencia

PROBLEMA	HIPOTESIS	VARIABLES	OBJETIVOS	METODOLOGIA
¿En qué medida el porcentaje de poliestireno reciclado influye sobre la resistencia acústica, densidad y compresión para paneles de revestimiento?	La influencia del porcentaje de poliestireno cumple satisfactoriamente en su totalidad frente a la resistencia acústica, densidad y compresión en paneles de revestimiento, Trujillo 2022.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Variable dependiente: Resistencia acústica, densidad y resistencia a la compresión. ❖ Variable independiente: Porcentaje de poliestireno reciclado. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OG: Determinar la influencia del porcentaje de poliestireno reciclado influye sobre la resistencia acústica, densidad y compresión para paneles de revestimiento. ❖ OE1: Realizar la caracterización del material fino: granulometría, contenido de humedad, peso unitario, peso específico y absorción. ❖ OE2: Analizar la mezcla endurecida a los 14 y 28 días mediante la aplicación de curado en poza y por resistencia a compresión. ❖ OE3: Determinar el aislamiento acústico de la mezcla patrón y con porcentajes de poliestireno incorporado a los 28 días de curado en poza. ❖ OE4: Precisar el óptimo porcentaje de poliestireno incorporado que satisfaga las propiedades físicas, mecánicas y acústicas de la mezcla en paneles de revestimiento. ❖ OE5: Evaluar económicamente la aplicación de poliestireno para paneles de revestimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Tipo de investigación: Aplicada, Experimental ❖ Técnica: Observación, análisis de datos ❖ Población: Morteros para paneles de revestimiento con aditivo incorporador de poliestireno reciclado en el Perú. ❖ Muestra: La muestra está determinada por las dos variables multiplicadas por el número de réplicas (75) según como lo determina la Norma ASTM C39.

ANEXO X: CRONOGRAMA DE INVESTIGACIÓN

Tabla 45.

Cronograma de investigación

Nombre de actividad	Descripción	Fecha de inicio	Duración en días	Fecha fin
Actividad A	Redacción de título	23-oct	2	25-oct
Actividad B	Esquema del proyecto de investigación	25-oct	3	28-oct
Actividad C	Realidad problemática	28-oct	5	03-nov
Actividad D	Antecedentes	05-nov	5	10-nov
Actividad E	Formulación del problema	12-nov	1	13-nov
Actividad F	Objetivos de la investigación	15-nov	2	17-nov
Actividad G	Formulación de hipótesis	17-nov	1	18-nov
Actividad H	Metodología	21-nov	3	24-nov
Actividad I	Procedimiento	25-nov	2	27-nov
Actividad J	Matriz de operacionalización de variables	03-dic	5	08-dic
Actividad K	Matriz de consistencia	08-dic	3	11-dic
Actividad L	Presupuesto	12-dic	1	13-dic
Actividad M	Financiamiento	13-dic	1	14-dic
Actividad N	Revisión de proyecto de tesis	-	-	-
		Inicio de proyecto	23/10/2022	
		Fin del proyecto	14/12/2022	

ANEXO XI: PRESUPUESTO DE INVESTIGACION

Tabla 46.

Presupuesto de investigación

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Materiales, servicios y movilidad	-	-	-	-
1.1	Materiales en general (ensayos)	-	-	-	-
1.1.1	Cemento Tipo I	Und	3	S/ 27.00	S/ 81.00
1.1.2	Arena gruesa cantera Hco.	m ³	1	S/ 50.00	S/ 50.00
1.1.3	Yeso "hades"	Und.	4	S/ 5.20	S/ 20.80
1.1.4	Cal "hades"	Und.	4	S/ 5.20	S/ 20.80
1.1.5	Molde metálico rectangular	Und.	1	S/ 40.00	S/ 40.00
1.1.6	Molde de plástico cilíndrico	Und.	8	S/ 21.00	S/ 168.00
1.1.7	Bolsas de plástico 14x20	Und.	2	S/ 1.00	S/ 2.00
1.1.8	Memoria USB	Und.	1	S/ 30.00	S/ 30.00
1.1.9	Libreta de campo	Und.	1	S/ 20.00	S/ 20.00
1.1.10	Papel A4 (rotulado)	Und.	1	S/ 17.50	S/ 17.50
1.1.11	Plumones gruesos	Und.	6	S/ 2.50	S/ 15.00
1.1.11	Espátula metálica	Und.	1	S/ 10.90	S/ 10.90
1.1.12	Badilejo metálico	Und.	1	S/ 19.90	S/ 19.90
1.1.13	Reglas metálicas	Und.	2	S/ 5.00	S/ 10.00
1.1.14	Nivel de burbuja (Staley)	Und.	1	S/ 31.90	S/ 31.90
1.1.12	Recipientes metálicos	Und.	5	S/ 9.90	S/ 49.50
				TOTAL EN MATERIALES	S/ 587.30
1.2	Servicios (maquinas)	-	-	-	-
1.2.1	Máquina de compresión	Und.	1	S/ 400.00	S/ 400.00
1.2.2	Balanzas analíticas	Und.	1	S/ 100.00	S/ 100.00
1.2.3	Balanza de flotación	Und.	1	S/ 100.00	S/ 100.00
1.2.4	Horno eléctrico	Und.	1	S/ 50.00	S/ 50.00
1.2.5	Mesa de flujo	Und.	1	S/ 50.00	S/ 50.00
				TOTAL EN SERVICIOS	S/ 700.00
1.3	Servicios de movilidad	-	-	-	-
1.3.1	Pasajes y gastos de transporte	Global	20	S/ 25.50	S/ 510.00
				TOTAL EN MOVILIDAD	S/ 510.00
				TOTAL DE PRESUPUESTO	S/ 3,084.60

ANEXO XII: FINANCIAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

Tabla 47.

Financiamiento de investigación

ETAPA	PATRONES FINANCIEROS
TITULO, FORMULACIÓN DE PROBLEMA, METODOLOGIA	❖ Recursos propios
DESARROLLO DE TESIS (ENSAYOS, MUESTREOS, ETC)	❖ Recursos propios
FINALIZACIÓN DE TESIS	❖ Recursos propios