

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Influencia del poliestireno expandido y sistema SNS 360 en bloques de
concreto tipo P para viviendas en zonas marinas**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Mark Anthony Constantino Hoyos

ASESOR

Fidel Ortiz Zapata

<https://orcid.org/0000-0002-1239-7290>

Chiclayo, 2025

Influencia del poliestireno expandido y sistema SNS 360 en bloques de concreto tipo P para viviendas en zonas marinas

PRESENTADA POR

Mark Anthony Constantino Hoyos

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Ramirez Guanilo Cesar Augusto

PRESIDENTE

Acero Martinez Jose Alberto

SECRETARIO

Ortiz Zapata Fidel

VOCAL

Dedicatoria

A mis padres y hermanos quienes, con su amor, paciencia y sacrificio, han sido el sustento de mis sueños, en especial a mi querida hermana Milagros, quien, aunque ya no está físicamente, sigue siendo una inspiración en mi vida. Su recuerdo me ha dado la fortaleza y motivación para alcanzar mis metas. A mi familia, gracias por su apoyo incondicional en cada momento.

A mis amigos y compañeros, que me brindaron su aliento en cada paso. Esta dedicación es para todos ustedes, y especialmente para ella, cuyo amor y memoria viven en mi corazón y en este logro.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a quienes me han apoyado en este camino. A mis profesores y mentores, por compartir su conocimiento y guía; a mis padres, por su apoyo incondicional en cada etapa; y a mis compañeros y amigos, por su compañía y ánimo constante. Cada paso en este proyecto ha sido posible gracias a sus consejos, confianza y paciencia, que me han impulsado a dar lo mejor de mí.

Influencia del poliestireno expandido y sistema SNS 360 en bloques de concreto tipo P para viviendas en zonas marinas

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	16%	5%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	12
Abstract	13
Introducción.....	14
Revisión de literatura.....	18
Resultados y discusión	73
Conclusiones	114
Recomendaciones	116
Referencias	117
Anexos	121

Lista de Tablas

Tabla 1: Distribución de la arena	27
Tabla 2: Distribución del confitillo	28
Tabla 3: Clasificación con Finalidad de integridad estructural.....	32
Tabla 4: Limite de uso.....	32
Tabla 5: Rendición diagonal de muretes	38
Tabla 6: Cantidad de especímenes patrón a realizar	41
Tabla 7: Cantidad de especímenes experimental a realizar	42
Tabla 8: Variable Independiente	43
Tabla 9: Variable Dependiente.....	44
Tabla 10: Variables Intervinientes	45
Tabla 11: Método, técnica y herramientas de acopio de datos	45
Tabla 12: Producto de prueba granulométrica de la arena gruesa	73
Tabla 13: Humedad de la arena.....	74
Tabla 14: Absorción y peso específico de la arena	75
Tabla 15: Peso unitario de la arena	75
Tabla 16: Producto de prueba granulométrica del confitillo.....	76
Tabla 17: Humedad del confitillo	77
Tabla 18: Peso específico y absorción del confitillo.....	77
Tabla 19: Peso unitario del confitillo	78
Tabla 20: Resistencia a compresión DP evaluado en probetas	78
Tabla 21: Dosificación del EPS	79
Tabla 22: Síntesis de la proporción de mezcla para producción de bloques.....	80
Tabla 23: Resultado de Permeabilidad, bloques de concreto diseño patrón	80
Tabla 24: Resultado de Permeabilidad, bloques de concreto diseño 10% EPS + 4% SNS 360	81
Tabla 25: Registro de medidas de discos cortados - DP	82

Tabla 26: Registro de corriente en lapsos de 30 min.	82
Tabla 27 : Determinación y Ajuste de carga pasante	82
Tabla 28: Comparación de cargas	83
Tabla 29: Registro de medidas de discos cortados – diseño 10% EPS + 4% SNS 360	84
Tabla 30: Registro de corriente en lapsos de 30 min.	84
Tabla 31: Determinación y Ajuste de carga pasante	84
Tabla 32: Comparación de cargas	85
Tabla 33: Modificación de Long - DP	86
Tabla 34: Extensión Unitaria - DP	86
Tabla 35: Modificación de Long diseño 10% EPS + 4% SNS 360	87
Tabla 36: Extensión unitaria diseño 10% EPS + 4% SNS 360.....	87
Tabla 37: Producto prueba de variación dimensional	89
Tabla 38: Producto de prueba de alabeo	90
Tabla 39: Producto de prueba de absorción	91
Tabla 40: Producto de prueba de succión	92
Tabla 41: Producto de prueba de resistencia a compresión DP	94
Tabla 42: Producto de resistencia a compresión diseño con 10% EPS + 4% SNS 360.....	95
Tabla 43: Producto de resistencia a compresión diseño con 20% EPS + 4% SNS 360.....	96
Tabla 44: Producto de resistencia a compresión diseño con 30% EPS + 4% SNS 360.....	97
Tabla 45: Producto de capacidad de carga a la compresión axial de pilas (f´m) bloques DP. 99	
Tabla 46: Producto de capacidad de carga a la compresión axial de pilas (f´m) diseño 10% EPS + 4% SNS 360	99
Tabla 47: Producto de capacidad de carga a la compresión axial de pilas (f´m) diseño 10% EPS + 4% SNS 360	100
Tabla 48: Producto de capacidad de carga a la compresión axial de pilas (f´m) diseño 10% EPS + 4% SNS 360	100
Tabla 49: Producto de capacidad de carga a la compresión diagonal de muretes (V´m) DP	101
Tabla 50: Producto de capacidad de carga a la compresión diagonal de muretes (V´m) diseño 10% EPS + 4% SNS 360.....	102

Tabla 51: Producto de capacidad de carga a la compresión diagonal de muretes (V´m) diseño 20% EPS + 4% SNS 360.....	102
Tabla 52: Producto de capacidad de carga a la compresión diagonal de muretes (V´m) diseño 30% EPS + 4% SNS 360.....	103
Tabla 53: Resultado de cálculo del módulo de corte (G´m)	104
Tabla 54: ACU de bloques de concreto - DP	105
Tabla 55: Resultado de ACU de bloques de concreto diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 .	106
Tabla 56: Resultado de ACU de bloques de concreto diseño de 20% EPS + 4% SNS 360 .	106
Tabla 57: Resultado de ACU de bloques de concreto diseño de 20% EPS + 4% SNS 360 .	107

Lista de Gráficos

Gráfica 1: Diagrama de flujo	46
Gráfica 2: Rango granulométrico de arena gruesa.....	74
Gráfica 3: Gradación del confitillo	76
Gráfica 4: Línea de tendencia de capacidad de carga a la compresión de probetas de DP	79
Gráfica 5: Comparación de Permeabilidad	81
Gráfica 6: Agrupamiento de cargas, corriente vs tiempo	83
Gráfica 7: Agrupamiento de cargas, corriente vs tiempo	85
Gráfica 8: Varianza de Long. por semana - DP	87
Gráfica 9: Varianza de Long. por semana – diseño 10% EPS + 4% SNS 360.....	88
Gráfica 10: Limitación de absorción de los bloques.....	91
Gráfica 11: Comparación de succión en bloques.....	93
Gráfica 12: Línea de tendencia de capacidad de carga a la compresión de bloques de concreto diseño Patrón.....	94
Gráfica 13: Línea de tendencia de resistencia a la compresión de bloques de concreto diseño de 10% EPS + 4% SNS 360.....	95
Gráfica 14: Línea de tendencia de capacidad de carga a la compresión de bloques de concreto diseño de 20% EPS + 4% SNS 360	96
Gráfica 15: Línea de tendencia de capacidad de carga a la compresión de bloques de concreto diseño 30% EPS + 4% SNS 360	97
Gráfica 16: Agrupamiento de línea de tendencia con respecto al promedio de capacidad de carga a la compresión de cada diseño ensayado	98
Gráfica 17: Resumen de capacidad de carga a la compresión de los bloques de concreto.....	98
Gráfica 18: Resumen de capacidad de carga a la compresión axial de pilas (f'm)	101
Gráfica 19: Resumen a la capacidad de carga a la compresión diagonal de muretes (V'm)	103
Gráfica 20: Comportamiento del módulo de corte (G'm) de bloques de concreto.....	104
Gráfica 21: Comparación de ACU de los bloques.....	107

Lista de Ilustración

Ilustración 1: Diseño de bloque, alteración dimensional.....	33
Ilustración 2: Criterio de cálculo de alabeo	33
Ilustración 3: Prueba de succión.....	34
Ilustración 4: Prueba de Ión cloruro	36
Ilustración 5: Prueba de compresión	37
Ilustración 6: Elaboración de prismas	37
Ilustración 7: Clases de falla en muretes	38
Ilustración 8: Manera de evaluar el módulo de corte G_m	39
Ilustración 9: Cemento Cemex	47
Ilustración 10: SNS 360.....	47
Ilustración 11: Perlas de EPS	48
Ilustración 12: Ubicación de la cantera 3 tomas.....	48
Ilustración 13: Ubicación de la cantera	49
Ilustración 14: Selección de material proceso de cuarteo de agregados	49
Ilustración 15: Tamizado de la arena gruesa	50
Ilustración 16: Tamizado del confitillo	50
Ilustración 17: Colocación de muestras al horno	51
Ilustración 18: Prueba con el cono de absorción	52
Ilustración 19: Absorción de arena gruesa	52
Ilustración 20: Peso específico del confitillo.....	53
Ilustración 21: Peso unitario suelto del confitillo.....	54
Ilustración 22: Peso unitario compactado de la arena	54
Ilustración 23: Prueba de slump	55
Ilustración 24: Realización de probetas.....	56
Ilustración 25: Prueba de capacidad de carga a compresión en probetas.....	57
Ilustración 26: Producción de bloques patrón y bloques con adición	58

Ilustración 27: Prueba de permeabilidad en probetas diseño patrón	59
Ilustración 28: Prueba a resistencia de Ión cloruro diseño patrón.....	60
Ilustración 29: Prueba a resistencia de Ión cloruro de 10% EPS +4% SNS 360.....	60
Ilustración 30: Ensayo de penetración de ión cloruro diseño 10% EPS +4% SNS 360.....	60
Ilustración 31: Prueba de resistencia a sulfatos	61
Ilustración 32: Prueba de variación dimensional diseño patrón.....	62
Ilustración 33: Prueba de variación dimensional con diseño de EPS y SNS 360	62
Ilustración 34: Prueba de alabeo en bloques con diseño patrón y modificados	63
Ilustración 35: Ensayo de succión	64
Ilustración 36: Prueba de absorción, pesado de muestras en estado natural.	64
Ilustración 37: Pesaje de bloques luego de permanecer saturados	65
Ilustración 38: Puesta de bloques al horno	65
Ilustración 39: Pesaje de bloques superficialmente secas	66
Ilustración 40: Prueba de capacidad de carga a compresión f ['] b – 7 días	66
Ilustración 41: Ensayo de capacidad de carga a compresión f ['] b – 14 días	67
Ilustración 42: Ensayo de capacidad de carga a compresión f ['] b – 28 días	67
Ilustración 43: Preparación de prismas.....	68
Ilustración 44: Prueba de capacidad de carga a compresión de prismas	68
Ilustración 45: Construcción de muretes	69
Ilustración 46: Ensayo de capacidad de carga a compresión de muretes DP – Identificación de ruptura por tensión diagonal de juntas.....	70
Ilustración 47: Ensayo de capacidad de carga a compresión de muretes diseño 10% EPS + 4% SNS 360 – Identificación de ruptura por deslizamiento	70
Ilustración 48: Ensayo de capacidad de carga a compresión de muretes diseño 20% EPS + 4% SNS 360 – Identificación de ruptura por tensión diagonal de juntas.....	71
Ilustración 49: Ensayo de capacidad de carga a compresión de muretes diseño 30% EPS + 4% SNS 360 – Identificación de ruptura por tensión diagonal de juntas.....	71
Ilustración 50: Muestra sometida a carga en prensa de compresión	72
Ilustración 51: Preparación de unidades para prueba	72

Resumen

La presente investigación evalúa la influencia del poliestireno expandido (EPS) y el aditivo SNS 360 en la durabilidad e impermeabilidad de unidades de mampostería de concreto. Con el objetivo de mejorar estas propiedades, se desarrollaron ensayos físicos y mecánicos, analizando variaciones dimensionales, alabeo, absorción, succión, así como la resistencia a compresión de las unidades (f'_b , f'_m y V'_m). Las pruebas también incluyeron ensayos de ataque por sulfatos, permeabilidad y penetrabilidad de iones cloruro, comparando el desempeño de un diseño de mezcla convencional y otro con adición del 10%, 20% y 30% de EPS + 4% SNS 360. Los resultados físicos cumplen con la norma E.070, y en cuanto a la resistencia estructural, el diseño con 10% de EPS + 4% de SNS 360 se determinó óptimo, alcanzando 180.72 kg/cm^2 en f'_b (diseñado para 175 kg/cm^2). Igualmente, en f'_m y V'_m se observaron capacidades de 157.52 kg/cm^2 y 12.52 kg/cm^2 , con ligera disminución en mezclas de mayor adición. Para durabilidad, el diseño óptimo mostró una menor permeabilidad (18.39 mm frente a 23.61 mm del diseño convencional) y un buen comportamiento en ensayos de sulfatos, manteniéndose dentro del límite de 0.01%. En la penetrabilidad de cloruros, aunque los resultados indican una ligera variación de 8,507 coulombs respecto al patrón, el concreto muestra una penetrabilidad muy baja. En conclusión, la adición de EPS y SNS 360 aporta mejoras significativas en la durabilidad e impermeabilidad del concreto, haciéndolo viable para aplicaciones en ambientes agresivos.

Palabras clave: Perlas de EPS, bloques de concreto, SNS 360.

Abstract

The present research evaluates the influence of expanded polystyrene (EPS) and the SNS 360 additive on the durability and impermeability of concrete masonry units. In order to improve these properties, physical and mechanical tests were carried out, analysing dimensional variations, warping, absorption, suction, as well as the compressive strength of the units (f'_b , f'_m and V'_m). The tests also included sulfate attack tests, permeability and penetrability of chloride ions, comparing the performance of a conventional blend design and one with the addition of 10%, 20% and 30% EPS + 4% SNS 360. The physical results comply with the E.070 standard, and in terms of structural strength, the design with 10% EPS + 4% SNS 360 was determined to be optimal, reaching 180.72 kg/cm² in f'_b (designed for 175 kg/cm²). Likewise, in f'_m and V'_m , capacities of 157.52 kg/cm² and 12.52 kg/cm² were observed, with a slight decrease in mixtures of greater addition. For durability, the optimal design showed lower permeability (18.39 mm compared to 23.61 mm of the conventional design) and good behavior in sulfate tests, remaining within the limit of 0.01%. In the penetrability of chlorides, although the results indicate a slight variation of 8,507 coulombs with respect to the standard, the concrete shows a very low penetrability. In conclusion, the addition of EPS and SNS 360 brings significant improvements in the durability and impermeability of the concrete, making it viable for applications in aggressive environments.

Keywords: EPS beads, concrete blocks, SNS 360.

Introducción

En la actualidad, la aplicación vanguardista en materiales para aplicarlo a la construcción ha sido testigo de un aumento de interés en aumentar las propiedades del hormigón, impulsado por la necesidad de materiales que sean duraderos, con un impacto positivo al medio ambiente y sean rentables, sobre todo en las regiones litorales, se ha convertido en un asunto de interés global. Las edificaciones ubicadas en estas áreas litorales se encuentran cada vez más expuestas a los impactos negativos del cambio climático. Esto incluye fenómenos como el ascenso del nivel oceánico, la erosión de las costas y condiciones meteorológicas extremas, factores que pueden reducir la durabilidad del concreto y, por ende, disminuir la vida útil de las estructuras. [1]

El panorama global en relación con la construcción en áreas costeras revela la necesidad crítica de innovar tanto en los materiales utilizados como en las técnicas constructivas [2]. Un reporte de la ONU señala que más de 600 millones de personas, representando cerca del 10% de la población mundial, residen en áreas litorales ubicadas a menos de 10 metros por encima del nivel del mar [3]. Estas áreas son particularmente susceptibles a las repercusiones del cambio climático, incluyendo un pronosticado incremento del nivel del mar de hasta 0.6 metros para el año 2100, lo que representa un riesgo considerable para comunidades enteras y activos fundamentales [4].

La inversión anual en el mantenimiento y reparación de infraestructuras ubicadas en áreas litorales representa un aspecto económico considerable, llegando a constituir alrededor del 4% del Producto Interno Bruto de los países desarrollados. Este porcentaje se manifiesta en costos que ascienden a miles de millones de dólares destinados exclusivamente a edificaciones expuestas a las condiciones adversas del entorno marino. Este dato resalta la relevancia económica de investigar y aplicar materiales que ofrezcan una mayor resistencia frente a los elementos ambientales dañinos [5]. Pero ¿cuán perjudiciales pueden afectar negativamente a los edificios, especialmente en lo que respecta al concreto y los muros de mampostería? Las estructuras construidas en las proximidades de las costas experimentan de manera directa estos problemas. Se observa con frecuencia que los materiales de construcción son mayormente afectados por la brisa marina, las sales y otros agentes característicos de estas zonas. Asimismo, las barras de refuerzo se ven mermada su resistencia debido a la penetración del agua, lo que afecta su capacidad de trabajar de manera eficaz junto con el concreto en situaciones de tracción y flexión [6]

La realización de pruebas de campo en ambientes marinos presenta desafíos prácticos significativos, como la gestión del tiempo, la mano de obra, la asignación de recursos y los costos, además de tener que lidiar con variables ambientales impredecibles, tales como la temperatura, la humedad, los tsunamis, los tifones y los efectos de las olas. Debido a estas complicaciones, se hace imprescindible profundizar en la investigación para entender mejor estos elementos. Por ello, un gran número de científicos e ingenieros civiles han optado por explorar numéricamente el desgaste del hormigón ocasionado por los iones de sulfato, empleando métodos como la eflorescencia, la infiltración y la erosión por sulfato. Estos estudios, generalmente llevados a cabo en laboratorios mediante simulaciones simplificadas, se enfocan principalmente en examinar cómo las condiciones alternantes de humedad y sequedad afectan la migración del cloruro en el hormigón en ambientes marinos. [7]

A nivel nacional, el uso de ladrillos industriales es una práctica común en proyectos de autoconstrucción debido a su disponibilidad y a la experiencia que los trabajadores de la construcción tienen con este material, tanto para muros portantes como no portantes. No obstante, este material tiene ciertas restricciones. Las estructuras de ingeniería suelen estar sometidas a una variedad de condiciones adversas, incluyendo cambios en la temperatura y en los niveles de humedad. Además, la humedad y el transporte de iones corrosivos en el hormigón son procesos influenciados por gradientes de humedad. Consecuentemente, la gran variedad de antecedentes se enfoca en cómo responde la humedad del hormigón a estos factores, la variación a largo plazo de la humedad interna y como varía su temperatura [8].

El desarrollo de materiales como el Poliestireno Expandido y sistemas como el SNS 360, que prometen mejorar la durabilidad y resistencia de los bloques de concreto en estas condiciones adversas, son un reflejo del esfuerzo global por encontrar soluciones efectivas. Sin embargo, frente a la preocupante contaminación que afecta a nuestras ciudades, el gobierno había impuesto restricciones al uso del Tecnopor. En respuesta a esta problemática, algunos congresistas han planteado recientemente la posibilidad de modificar la legislación con el objetivo de facilitar la incorporación del Tecnopor en el sector de la construcción, explorando alternativas que sean económicamente viables [9]. Investigaciones previas han explorado la creación de ladrillos hechos de concreto leve mediante la adición de poliestireno reciclado, arrojando resultados prometedores en términos de disminución del peso del concreto sin comprometer significativamente su resistencia a la compresión [10] [11]. El sistema SNS 360, enfocado en la impermeabilización, podría añadir valor a las propiedades del Tecnopor, ofreciendo una solución integral que aborde la protección contra la humedad. La integración de estas tecnologías podría representar un avance significativo en búsqueda de materiales de

vanguardia que sean utilizados en Perú. Este análisis implica determinar la dosificación óptima y asegurarse de que estas propiedades que se alineen con los requisitos por la Norma E. 070 en lo que respecta a albañilería.

En el contexto local, la ciudad de Pimentel, ubicada en la región costera de Lambayeque, Perú, enfrenta desafíos particulares en el ámbito de la construcción. La variabilidad de las temperaturas ambientales en esta región tiene un impacto notable en los materiales de hormigón. Dada su cercanía al Océano Pacífico, las viviendas de Pimentel, generalmente construidas con sistemas de albañilería confinada y a porticada, se ven afectadas por la proximidad al mar, lo que las expone a un ataque constante de agentes químicos. Estos factores, como la salinidad y la humedad, ponen en riesgo la integridad y longevidad de las estructuras de concreto [12]

La Municipalidad Provincial de Pimentel ha identificado que una parte considerable de los edificios y residencias en su jurisdicción presentan señales evidentes de desgaste y deterioro acelerado. Esta situación genera alarmas en cuanto a la seguridad y condiciones de habitabilidad de estas edificaciones. Esto se incluye, el crecimiento demográfico de la ciudad, con una población que supera los 45,000 habitantes según el último censo del INEI (2017) [13], demanda una expansión constante de la infraestructura habitacional y pública, lo que intensifica la necesidad de encontrar soluciones constructivas sostenibles y duraderas.

En respuesta a esta situación, se ha incrementado la demanda de bloques de construcción ligeros. Su principal ventaja es la reducción del tamaño de los cimientos debido al menor peso que soportan, lo que conlleva a la creación de estructuras más económicas y estéticas. El uso de bolas de Tecnopor adicionado al concreto para fabricar bloques ligeros es una práctica común, ofreciendo bloques con una variedad de densidades [14]. La aplicación de SNS 360 como impermeabilizante brinda resistencia aceptable y se adecúa para usos estructurales. Estos materiales ofrecen múltiples beneficios, incluyendo la reducción del consumo de energía, la aceleración de los procesos de construcción y la utilización de recursos locales, lo que se traduce en rentabilidad, resistencia a la humedad y sostenibilidad ambiental.

Por tanto, la investigación de tecnologías y materiales innovadores, la incorporación de EPS y SNS 360 en la producción de ladrillos de concreto representa una táctica prometedora para superar los retos constructivos en Lambayeque Chiclayo. Este estudio busca aportar conocimientos beneficiando tanto a la comunidad local como al sector constructivo de la región.

Sin embargo, esta investigación se justifica en una meta de poder mejorar los ladrillos a base de concreto mediante la inclusión de EPS y el sistema SNS 360, lo cual tiene el potencial de ampliar el conocimiento actual sobre las características mecánicas e impermeabilizantes del

concreto, proporcionando una base sólida para futuras exploraciones en esta línea. En cuanto a ello se planteó una justificación metodológica, que propone un enfoque sistemático y empírico para evaluar lo propuesto, mediante pruebas de laboratorio, análisis estadísticos y comparaciones con estándares industriales, aportando así una estructura metodológica que podría ser replicada o adaptada en investigaciones futuras.

Desde el aspecto técnico se aspira a avanzar donde los bloques de concreto sean más resistentes, impermeables y térmicamente eficientes. Para que así impactar positivamente en las comunidades al promover la construcción de edificaciones más seguras y confortables.

Para concluir se propuso como Objetivo general de esta investigación Evaluar la influencia del Poliestireno Expandido y del Sistema SNS 360 en la mejora de la impermeabilidad y la durabilidad de los bloques de concreto, de igual manera se establecieron Objetivos específicos como: Determinar las propiedades físicas de los agregados para los bloques de concreto; determinar por ensayos de durabilidad la permeabilidad, exposición a sulfatos y penetración ion cloruro de los bloques de concreto con y sin incorporación con Poliestireno Expandido y Sistema SNS 360; determinar las propiedades físico-mecánicas de los bloques de concreto con y sin incorporación con Poliestireno Expandido y Sistema SNS 360, incluyendo la evaluación del módulo de elasticidad y el módulo de corte en pilas y muretes respectivamente; evaluación de costo de bloques de concreto con y sin incorporación con Poliestireno Expandido y Sistema SNS 360.

Revisión de literatura

Antecedentes Internacionales

El artículo titulado "**Lightweight concrete blocks produced using expanded polystyrene and foaming agent**" [14] tiene como objetivo principal investigar en explorar el proceso de hacer ladrillos utilizando concreto ligero utilizando poliestireno expandido (EPS) y un agente espumante. El equipo de investigación buscaba lograr bloques de concreto celular ligero (CLC) con resistencia térmica y baja densidad, reemplazando parcialmente el cemento con cenizas volantes, escoria de alto horno granulada (GGBS) y un agente espumante. En cuanto a la metodología, se utilizaron diversos materiales como cemento, arena manufacturada (M-Sand), cenizas volantes, GGBS, entre otros incluyendo un agente espumante a base de alcohol bencílico y agua. Se llevaron a cabo pruebas de calidad del agua, resistencia a la compresión y térmica en ladrillos hechos con concreto incorporado con el aditivo. El estudio apuntaba a conseguir una densidad objetivo de 1000 kg/m^3 , y para ello se definió una proporción específica en la mezcla. El proceso de producción implicó la mezcla manual de los componentes y su posterior compactación en moldes. En los resultados obtenidos. En cuanto a los resultados, se notó que el uso de cenizas volantes y GGBS en la mezcla disminuyó tanto la necesidad de agua como la emisión de carbono, aunque esto tuvo como contraparte una reducción del 25-50% en su $f'c$ de los bloques. Se estableció que un concreto con una densidad menor a 1800 kg/m^3 se considera liviano. Los bloques de concreto ligero producidos mostraron tener una resistencia a la compresión menor que los bloques huecos convencionales, pero mayor que los ladrillos de arcilla. En las conclusiones, se destacó que, aunque se logró reducir la densidad y la contracción, y se mejoró la resistencia térmica, hubo una desviación mínima en su $f'c$.

Es fundamental tener en cuenta los antecedentes de la investigación. Además, es necesario desarrollar los fundamentos teóricos, lo que implica sintetizar y reinterpretar la busca obtenida de diversas fuentes, como textos, capítulos científicos, presentaciones orales y otros recursos que están estrechamente relacionados con el tema de estudio. Se deben incluir citas de conceptos, clasificaciones, teorías, entre otros.

El artículo "**Effect of incorporating Expanded polystyrene beads on Thermophysical, mechanical properties and life cycle analysis of lightweight earth blocks**" [15] aborda la problemática del excesivo consumo de energía para mantener el confort térmico en los edificios, lo cual ha incrementado los impactos económicos y ambientales del sector de la construcción.

Para ello, se investiga la producción de bloques ligeros de tierra (LWB) hechos de tierra cruda, estabilizados con cal y mezclados con bolas de poliestireno expandido (EPS). Su investigación tuvo como enfoque de la investigación evaluar los efectos de la incorporación de diferentes contenidos de perlas de EPS (0, 40, 45, 50, 55, 60, 65% en volumen) en las propiedades térmicas, el comportamiento mecánico y su durabilidad de estos bloques ligeros de tierra. Para ello, se llevaron a cabo para medir su desempeño térmico y mecánicos de los bloques, así como un análisis del ciclo de vida de las paredes hechas con estos bloques. En cuanto a la metodología, se utilizaron diferentes proporciones del material al ladrillo de concreto, y se realizaron pruebas para evaluar su rendimiento en términos de aislamiento térmico, resistencia a la flexión, f^b y comportamiento en el estudio del ciclo de vida. Cada ensayo demostró que al incorporar perlas de EPS mejoró el rendimiento del aislamiento térmico en un 47.19% y 57.36% para contenidos de 40% y 65% de perlas de EPS, respectivamente, en contraste con el grupo de control (sin perlas de EPS). Sin embargo, también se logró visualizar una desviación mínima en sus resistencias a la flexión y a la compresión en un 90.50% y 96.59%, respectivamente, para la muestra que contenía 65% de perlas de EPS en comparación con las muestras de referencia. A pesar de esto, la incorporación de perlas de EPS mejoró la ductilidad de los bloques ligeros. Además, su durabilidad en paredes hechas con bloques de 65% de perlas de EPS mostró una disminución en la energía requerida y el efecto de los gases de efecto invernadero CO₂ en un 19.82% y 15.86%, respectivamente, en comparación con las paredes convencionales de lama de aire.

El artículo "**Experimental assessment of the thermal and mechanical performance of insulated concrete blocks**" [16] se enfoca en evaluar el rendimiento térmico y mecánico de bloques de concreto aislados, utilizando diferentes materiales de desecho industrial. El objeto de estudio principal es identificar la proporción ideal de bolas de poliestireno (EPS), polietileno de baja densidad (LDPE), vermiculita (VL) y escoria volcánica (VS) para producir bloques de concreto con baja conductividad térmica con f^c aceptable, utilizando una baja cantidad de cemento para menorar tanto las emisiones de CO₂ como el costo. La metodología incluyó en examinar la conductividad térmica, f^c , densidad, absorción, análisis de costos y emisiones de CO₂ para determinar la eficiencia de los bloques aislados. Se realizaron pruebas experimentales para evaluar estas características de ladrillos hechos de concreto con diferentes contenidos de materiales aislantes. La investigación arrojó resultados que la conductividad térmica de los bloques VS, EPS, LDPE y VL se redujo en aproximadamente un 26.1%, 19.4%, 17.0% y 16.7%, respectivamente, en comparación con el bloque normal. Sin embargo, su f^c disminuyó

en 51%, 47%, 39% y 37% para los bloques VS, VL, LDPE y EPS, respectivamente, frente a un bloque estándar. Además, se observó que el ladrillo de vermiculita mostró la mayor absorción de agua de todos los bloques, hasta aproximadamente un 14%. El análisis de costos demostró que los bloques aislados con EPS y VS son los más económicos en comparación con otros bloques aislados. Además, se recomendó el uso del bloque aislado con VS debido a su baja conductividad térmica y cumplimiento los requisitos de capacidad de carga a la compresión para paredes no portantes. Se encontró que la mejor pared (VS) puede mejorar la resistencia térmica en aproximadamente un 279% en comparanza con los bloques de concreto convencionales, lo que podría reducir el costo del consumo de energía de 349.3 a 99.4 \$/m² (aproximadamente 3.5 veces de reducción) basado en el valor presente neto (NPV) a lo largo de 50 años. Además, la pared VS podría minimizar las emisiones de CO₂ en aproximadamente 3.71 veces en contraste con el bloque de concreto convencional y alrededor de 1.35 veces en comparación con la pared de control.

Antecedentes Nacionales

El documento titulado "**Evaluación de bloques de concreto con plástico (PET) en muros portantes de las viviendas del distrito de Independencia, Lima 2022**" [17] El estudio se enfocó en analizar el efecto de los ladrillos fabricados con concreto reforzado con material plástico PET en las paredes de las residencias dentro del área de investigación. A través de un modelo cuasi experimental, con orientación cuantitativo y explicativo, se evaluó la f'b de los bloques de concreto con adiciones de PET en igualdades de 5%, 10% y 15%. Los efectos mostraron que la incorporación de PET influye negativamente en la capacidad de carga a la compresión del concreto. En particular, en prismas de albañilería, la tenacidad disminuyó de 224,50 kg/cm² a 165,30 kg/cm², mientras que, en pruebas diagonales en muretes de albañilería, bajó de 11,22 kg/cm² a 5,92 kg/cm². Además, la f'b de los elementos de mampostería de concreto se reduce de 218,72 kg/cm² a 148,89 kg/cm². Estas reducciones fueron equitativas al aumento en la cantidad de PET utilizado en los bloques de concreto, lo que demostró una menor resistencia del f'c. Este aspecto es clave para evaluar la seguridad y la integridad estructural al emplear materiales reciclados en la construcción. Los resultados son esenciales para considerar los posibles impactos estructurales y de seguridad al usar materiales reciclados.

El documento titulado "**Evaluación de la conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto sustituyendo el confitillo por poliestireno expandido tipo perla**" [18] se centra en analizar cómo la sustitución del confitillo (un tipo de agregado fino) adicionando bolas pequeñas de Tecnopor afecta el desempeño de los ladrillos hecho de concreto. Su enfoque del estudio fue evaluar su resistencia térmica y cómo se comporta tanto físicos-mecánicos los ladrillos modificados, con la intención de mejorar su capacidad de aislamiento térmico sin comprometer significativamente su resistencia y durabilidad. La metodología empleada incluyó la realización de diversas pruebas conforme a normativas específicas. Se llevaron a cabo pruebas diversas conforme a las normas pertinentes, incluyendo la ASTM C177-13 para la conductividad térmica y normativas nacionales para pruebas como alabeo, variación dimensional, absorción, densidad y tenacidad a la compresión, utilizando los equipos del laboratorio de Ingeniería Civil in situ en la universidad. Los resultados indicaron una mejora en el aislamiento térmico esto debido a una ligera caída en su conductividad térmica y se observaron descensos en las propiedades de absorción y densidad, con un incremento en su $f'c$ hasta cierto punto. Sin embargo, los valores numéricos específicos de estos cambios no se proporcionan en el resumen del documento. En cuanto a las conclusiones, se destacó que, a pesar de la disminución en algunas de sus características físico-mecánicas, superan el rango establecido en la normativa peruana para bloques no portantes. Además, se resaltó el incremento en las propiedades térmicas a medida que se sustituye el poliestireno expandido por el confitillo, demostrando que un mayor porcentaje resulta en una conductividad térmica más baja

El documento titulado "**Uso de residuos de la producción de bloques de sillar de la cantera de Añashuayco en el diseño de concreto de resistencias convencionales y su análisis de durabilidad ante la acción química, en la ciudad de Arequipa**" [19] aborda la problemática de la acumulación de desechos de roca ignimbrita en la cantera de estudio, en Arequipa. El sillar, un material representativo de la ciudad, se ha tallado en esta cantera durante mucho tiempo, generando grandes cantidades de residuos. El objetivo principal del estudio si es viable evaluar los desechos de roca ignimbrita como agregado grueso en el diseño de concreto, con la intención de disminuir la extracción de recursos naturales y reemplazarlos por estos residuos. Además, se busca diseñar concretos que puedan resistir ataques de sulfato de sodio y magnesio, evaluando su durabilidad ante la acción química. La metodología empleada incluyó el diseño de concreto siguiendo el método ACI 211.1 y la técnica del módulo de fineza para la selección de la cantera. Se realizaron pruebas para comprobar las características del

concreto en estado fresco y endurecido, incluyendo la resistencia $f'c$ y la exposición a sulfatos. Los resultados demostraron que llega a alcanzar resistencia a los sulfatos sin necesariamente aumentar su $f'b$, identificando aplicaciones específicas para este concreto y destacando su menor costo en comparación con el concreto tradicional. En las conclusiones, se destacó la manera de emplear la roca ignimbrita como agregado grueso en su diseño, enfatizando su desempeño en ligereza y alto contenido de absorción.

El documento titulado **“Evaluación de bloques de concreto adicionando poliestireno, Chota”** [20] se enfoca en la albañilería, un material común en la construcción cuyo manejo puede ser laborioso por su peso. La investigación propone usar poliestireno como sustituto de agregados más pesados, manteniendo la resistencia de su $f'c$ según las normas vigentes. El objetivo es determinar qué cantidad de agregados de la provincia del estudio se puede reemplazar con poliestireno expandido en la fabricación de bloques estructurales hechos de concreto, cumpliendo los parámetros de la normativa E.070 en su uso de estructural. Se analizaron las características de agregado fino de Conchán y confitillo de Chuyabamba, siguiendo la NTP 400.037. Se experimentó con dosificación alterada con 0, 10, 20, 30 y 40% de poliestireno, realizando pruebas de compresión en cubos de 10 cm. Los resultados mostraron que bloques con 0, 10 y 20% de poliestireno alcanzaron un $f'b$ de 58.32, 50.10 y 35.71 kg/cm², respectivamente, y los porcentajes de absorción variaron en consecuencia. Se concluyó que bloques con 10% de poliestireno son adecuados para muros portantes, mientras que aquellos con 20% son útiles para muros no portantes, cumpliendo con los estándares de la norma E.070 y demostrando su utilidad en diversos contextos constructivos.

Antecedentes Locales

El documento denominado **"Elaboración de bloques de concreto incorporando tereftalato de polietileno"** [21] se centra en el estudio en ladrillos a base de concreto, que son elementos aptos de tolerar grandes cargas según su resistencia. Dada la escasez de arena en diversos lugares a nivel local, se abre la posibilidad de suplir este material por opciones más partidarias con el medio ambiente. En este caso, se opta por utilizar el (PET) en proporciones de 0%, 2%, 4%, 6% y 8%, al diseño del ladrillo. Su principal objetivo fue como influenciaba el (PET) cuando se concentra a la arena en la producción de ladrillos hechos de concreto de uso portantes. Para ello, se sometieron los bloques a diversos ensayos, incluyendo pruebas de alabeo, variación adimensional, absorción, y capacidad de carga a la compresión de pilas y

muretes. La investigación indica que, al aumentar la dosis de PET por encima del 2%, se contempla una tendencia a la reducción de la cabida de densidad, absorción, succión y humedad de los bloques. Además, se notó que la capacidad de resistencia de las unidades detalla menos fisura en comparación con el modelo patrón, especialmente con la porción óptima de 2% PET. En conclusión, se determinó que los bloques de concreto portante son aceptables hasta con una mínima porción de PET y son sostenibles al ambiente. Sin embargo, se debe buscar otros porcentajes a pruebas de durabilidad para evaluar la composición de estos bloques en construcciones de mayor importancia.

El documento titulado "**Evaluación de Bloques de Concreto Tipo P Incorporando Polietileno de Alta Densidad Reciclado**" [22] explora una solución ecológica al impacto ambiental del plástico, al utilizarlo en componentes arquitectónicos. Se enfoca en analizar el efecto del (PEAD) a modo reciclado en la fabricación de unidades de concreto tipo P, con el objetivo de ofrecer una alternativa económica y ecológica al ladrillo cocido tradicional en construcciones no estructurales. Se experimentó con diferentes proporciones de PEAD reciclado (5%, 10%, 20% y 30%) para evaluar su impacto en las propiedades mecánicas y físicas de los bloques. Los ensayos incluyeron pruebas de resistencia a la compresión y absorción a los 28 días de curado. Los resultados demostraron que un 20% de PEAD es el porcentaje ideal para mejorar su f^b en ladrillos. Aunque no se brindan cifras específicas, se puede concluir que la integración de PEAD reciclado en ladrillos hechos de concreto es una opción viable y sostenible, destacando el 20% de PEAD como el nivel deseable para potenciar la capacidad a la compresión y promover la reutilización de plásticos.

La indagación titulada "**Caracterización física y mecánica del bloque de concreto convencional vs bloque de concreto mejorado con fibras de vidrio, Lambayeque**" [23] busca regenerar las propiedades del concreto mediante la añadidura de polietileno de alta densidad. Este material, es común de envases alimenticios y botellas, es una fuente considerable de contaminación. Su reciclaje y uso en concreto podrían marcar un avance significativo en la conservación ambiental. El estudio se centró en examinar el impacto del polietileno de alta densidad en las características físicas y mecánicas del concreto utilizado en pavimentación en el distrito La Victoria, Chiclayo. Se realizaron ensayos de capacidad de carga y flexión en concreto con adiciones de polietileno de 5% a 15%, así como en muestras de concreto sin modificar. Los resultados indicaron mejoras en su f^b , especialmente con un 15% de polietileno, alcanzando 210 Kg/cm² a los 28 días de curado. En resumen, la inclusión de polietileno de alta

densidad no solo progresa las características mecánicas del concreto, sino que también ofrece una ruta efectiva para el reciclaje de plásticos, alineándose con objetivos de sostenibilidad y protección del medio ambiente.

Bases teóricas

Poliestireno celular expandido (EPS)

Material plástico celular y ligero, caracterizado por su capacidad para absorber impactos y resistir a la humedad. Se produce a través de un proceso de expansión térmica que transforma las resinas de polietileno en espuma con una estructura cerrada de celdas. Este material es conocido por su versatilidad, durabilidad y capacidad de aislamiento térmico. [21]

Al ser resistente al agua y poseer propiedades aislantes, también ayuda a prevenir la infiltración de humedad en las estructuras de concreto, protegiéndolas de posibles daños y contribuyendo a su longevidad. Además, su flexibilidad y capacidad de absorción de impactos lo convierten en una opción popular para aplicaciones de aislamiento acústico. [22]

Sistema de Estabilización de Suelos SNS 360 (Soil Nano Stabilisation)

El Sistema SNS 360 es un método avanzado para la estabilización de suelos, orientado principalmente a la construcción de caminos y diversas infraestructuras. Este sistema se distingue por ser una transformación irreversible del suelo, es decir, una vez aplicado, las propiedades del suelo no pueden ser alteradas por agentes químicos o mecánicos, y su efectividad se mantiene a lo largo del tiempo. Este proceso natural actúa mejorando las propiedades mecánicas del suelo, acelerando la atracción de partículas y su compactación, un proceso que normalmente tomaría mucho tiempo bajo ciertas condiciones [24]

- Componentes

El sistema se basa en la nanotecnología, utilizando aditivos estabilizadores que transforman el suelo natural en un material resistente, impermeable y flexible. Estos aditivos, compuestos por tensioactivos catiónicos de origen vegetal, son ecológicos y no tóxicos. El Sistema SNS 360 incluye dos productos principales: Nano Liquid Formulation (NLF) y Nano Powder Formulation (NPF). El NLF actúa sobre el agua absorbida en partículas de arcilla o limo fino, promoviendo la compactación y resistencia a la deformación. Por otro lado, el NPF, un producto

en polvo acrecentó la protección contra el agua, bloqueando capilares y evitando la penetración de agua en la capa tratada. [24]

- **Aplicaciones**

Son variadas e incluyen autopistas, carreteras, caminos secundarios, bases estabilizadas para redes subterráneas como alcantarillados y acueductos, terraplenes ferroviarios, áreas deportivas y de ocio, y la fabricación de bloques de construcción. Una de sus cualidades más destacadas es su reacción ante humedad: los suelos tratados con este sistema se vuelven impermeables, inhibiendo el flujo de agua por capilaridad y permeabilidad. [24]

- **Ventajas**

El sistema ofrece ventajas significativas como ser económico, de fácil aplicación, requerir mínimo mantenimiento, y ser ecológico, al no contaminar las capas de agua ni la tierra. Su aplicación no requiere maquinaria especial y no tiene tiempos de fraguado, lo cual simplifica y acelera los procesos de construcción. [24]

Concreto:

Material compuesto formado al mezclar cemento, agua y agregados y en ciertas ocasiones puede incluir aditivos. Su versatilidad, durabilidad y resistencia lo convierten en uno de los materiales de construcción más manejados en el mundo. [25].

Composición del Concreto:

- **Cemento:**

Funciona como componente aglutinante en la mezcla de concreto, ya que facilita la unión de los demás componentes. Al combinarse con agua, el cemento crea una pasta que se resiste con el tiempo, proporcionando al concreto su resistencia. [25]

- **Agua:**

El agua es crucial para iniciar la reacción química (hidratación) que permite que el cemento se endurezca. Además, el agua mejora la trabajabilidad del concreto, facilitando su mezcla,

colocación y compactación, a su vez debe estar completamente exento de grasas e impurezas que podrían dañar el concreto, como se establece en la normativa NTP 339.088 [25]

- **Aire:**

Se entabla en forma de pequeñas burbujas en el concreto que mejora su resistencia al ciclo de congelación y deshielo, lo que es vital en climas donde las temperaturas fluctúan significativamente. También, el aire contribuye a la trabajabilidad del concreto. [25]

- **Agregados:**

Los agregados, que incluyen arena, grava y piedras trituradas, constituyen el componente más abundante del concreto. Su volumen representa aproximadamente el 75% del total de la mezcla, lo que los convierte en un factor económico crucial en la construcción. Además de su función estructural, los agregados influyen en tolerancias de su capacidad de carga y durabilidad del concreto. Por ello, es esencial que estos materiales sean resistentes a las condiciones climáticas y no contengan impurezas que puedan afectar negativamente la calidad del concreto. [25]

Bloques de Concreto

Son unidades versátiles y personalizables de uso común en la construcción. Su fabricación involucra técnicas de moldeo que permiten obtener diferentes formas, tamaños y resistencias. La capacidad de ajustar la resistencia de los bloques es una ventaja significativa, ya que permite adaptarlos a las exigencias de cada proyecto. [26]

Propiedades Físicas y Mecánicas de los Agregados

Análisis Granulométrico

Se trata de una prueba de laboratorio que permite identificar la repartición de los tamaños de partículas que conforman un suelo o un agregado. Es decir, indica la proporción de partículas grandes, medianas y pequeñas presentes en la muestra. Esta información es clave para conocer las propiedades y el comportamiento del material, lo que facilita su selección para diversas aplicaciones, como en la construcción.[27]

Viene al caso que para ello antes de continuar con la ejecución de los ensayos debemos tomar en cuenta los siguientes términos.

Tamaño máximo: Hace referencia al tamiz de menor tamaño a través del cual pasa completamente la muestra de agregado grueso y logra pasar sin quedar retenida.

Tamaño máximo nominal: En este se observa el primer porcentaje retenido significativo de modelo.

Módulo de fineza: Representa el promedio del tamaño de partículas en el agregado el cual se adquiere de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en una serie de mallas y dividiendo por 100.

Curva granulométrica: Es una representación gráfica que ilustra la distribución de los tamaños de las partículas en una muestra de agregado.

Husos granulométricos: Son los rangos o límites establecidos normativamente para los agregados.

En este ensayo utilizaremos las siguiente:

Equipos	Instrumentos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza electrónica • Horno de T° 110 °C ± 5 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamices • Brocha o escobilla • Cucharones • Taras 	<ul style="list-style-type: none"> • Confitillo • Arena

Tabla 1: Distribución de la arena

Granulometría de la Arena Gruesa	
Malla ASTM	% Que Pasa
N° 4	100
N° 8	95 a 100
N° 16	70 a 100
N° 30	40 a 75
N° 50	10 a 35
N° 100	2 a 15
N° 200	Menos de 2

Fuente: RNE E.070

Tabla 2: Distribución del confitillo

Granulometría del Confitillo	
Malla ASTM	% Que Pasa
1/2"	100
3/8"	85 a 100
N° 4 (4.75 mm)	10 a 30
N° 8 (2.36 mm)	0 a 10
N° 16 (1.18 mm)	0 a 5

Fuente: RNT E.070

Una vez que se han obtenido cada porcentaje retenido acumulado en las mallas, se procede a concluir el módulo de fineza del agregado fino.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ retenidos acumulados}}{100}$$

Peso Unitario

Se refiere a la cantidad de masa por cada unidad de volumen de un material, y generalmente se expresa en unidades como kilogramos por metro cúbico (kg/m³) o libras por pie cúbico (lb/ft³). Este indicador es fundamental para comprender la densidad y el grado de compactación del material. [28]

- Peso Unitario Compactado y Suelto

Apunta a la masa del agregado por unidad de volumen cuando está en estado natural, sin haber sido compactado. El material se encuentra más disperso y hay más espacio entre las partículas, lo que resulta en un peso unitario menor en comparación con su estado compactado [28]. Mientras el otro ensayo se modula a la masa del agregado por unidad de volumen después de haber sido sometido a compactación. Se halla siguiendo la siguiente ecuación:

$$PUSS = \frac{Wms}{Vr}$$

$$PUCS = \frac{Wmc}{Vr}$$

Donde:

Ms: Peso unitario suelto (Kg/m³)

W.C.: Peso unitario compactado (Kg/m³)

Vr: Peso del volumen del depósito (Kg)

Peso Específico

Representa la masa que ocupa cada unidad de volumen, tomando en cuenta tanto la materia sólida como el volumen total, incluidos los poros y vacíos presentes entre las partículas. A diferencia del peso unitario, este concepto abarca el espacio que ocupan las partículas individuales junto con los espacios Inter particulares, proporcionando una medida integral de la densidad efectiva del material[29].

- Peso Específico de Masa Seca y Superficialmente Seco

Es una característica física de los materiales que refleja la mayor parte de masa presente en una unidad de volumen, abarcando tanto la masa de las partículas sólidas como la de los poros y los espacios vacíos entre ellas [29]. Mientras el otro ensayo es el peso específico cuando los poros del material están completamente repletos de agua, pero la superficie está seca. Se halla siguiendo la siguiente ecuación:

$$P_{em} = \frac{D}{B + A - C}$$

$$P_{em} (SSS) = \frac{A}{B + A - C}$$

Donde:

D: Peso muestra seca (gr)

A: Peso Muestra saturada SSS

B: Peso del frasco + agua

C: Peso frasco + agua + muestra SSS

- Porcentaje de Absorción

Este concepto hace alusión al conjunto de agua que un material puede retener con relación a su peso en estado seco [29]. Se calcula saturando el material con agua, permitiéndole absorber tanto como sea posible, y luego midiendo cuánto ha aumentado su peso en comparación con su peso seco original. Se halla siguiendo la siguiente ecuación:

$$\% Abs = \frac{S - W_{ms}}{W_{ms}} * 100$$

Donde:

S: Peso seco de la arena (gr)

Ms: Peso de la muestra secada (gr)

- Contenido de Humedad

Esto alude al nivel de agua contenida en el material, representado como un porcentaje en relación con el peso del material en estado seco [29]

$$\%CH = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$$

Donde:

%CH: Contenido de humedad (%)

Mh: Masa húmedo (gr)

Ms: Masa seca (gr)

DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO F’c =175 Kg/cm²

El diseño de mezclas de concreto consiste en elegir cuidadosamente los materiales que la componen y establecer sus proporciones específicas para lograr un concreto que satisfaga las propiedades exigidas para su aplicación. Es fundamental ajustar y verificar las proporciones obtenidas mediante pruebas de laboratorio, asegurando así que el concreto cumpla con los estándares de rendimiento esperados.

En este caso, el diseño de la mezcla se llevó a cabo utilizando el método ACI 211.1, el cual es ampliamente reconocido a nivel mundial como el sistema más utilizado por el American Concrete Institute para el diseño de concreto en diversos tipos de obras.

Para determinar un diseño eficiente se debe considerar los siguientes datos básicos:

Cemento

- Densidad (Gc)
- Masa unitaria suelta (MUSc)

Agua

- Densidad (Ga) - Ga =1.00 kg/dm³

Agregados

- Análisis granulométrico
- TMN
- Densidad aparente seca (G)
- Porcentajes de humedad de los agregados
- Masas unitarias sueltas (MUS)

Una vez ya obtenidos los datos de las propiedades físicas de los agregados procedemos seguiremos los pasos establecidos por la norma en consideración; a continuación, se detalla los siguientes pasos:

- a) Selección del asentamiento
- b) Control del TMN
- c) Evaluación del agua de mezcla

- d) Determinación de la resistencia de dosificación
- e) Elección de la relación (A/C)
- f) Automatización del contenido de cemento y aditivo
- g) Automatización de la cantidad de cada agregado
- h) Automatización de proporciones iniciales
- i) Primera mezcla de prueba. Ajuste por humedad de los agregados

Una vez obtenidos los resultados de la primera mezcla, se debe a ajustar las proporciones para alcanzar la manejabilidad y asentamiento requeridos. A continuación, se prepara una segunda mezcla de prueba con las proporciones modificadas; las características de esta segunda mezcla se comparan con las especificaciones requeridas y, si existen diferencias, se ajustan nuevamente. Luego, se elabora una tercera mezcla de prueba, la cual debe cumplir con el asentamiento y la resistencia esperados. En caso de que este último ajuste no satisfaga las condiciones debido a errores en el ensayo, se continúan realizando modificaciones hasta obtener los resultados deseados.

Para la elaboración del diseño necesitaremos los siguientes equipos, aparatos o instrumentos:

Equipos	Instrumentos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza electrónica • Trompo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cono de Abrams • Molde metálico • Cucharon • Varilla lisa • Wincha 	<ul style="list-style-type: none"> • Confitillo • Arena

Unidades de Albañilería

Son elementos primordiales en la construcción de muros y estructuras. Estas unidades se fabrican a partir de materiales como **arcilla, sílice-cal o concreto**. Se hace una distinción entre ladrillos y bloques, donde los ladrillos son lo suficientemente pequeños para manejarse con una sola mano, mientras que los bloques son más grandes y requieren ambas manos para su manipulación. [30]

Clasificación para fines estructurales

De acuerdo con lo estipulado en el RNE, los elementos constructivos de mampostería deben cumplir con características específicas para ser consideradas adecuadas para su uso en estructuras.

Tabla 3: Clasificación con Finalidad de integridad estructural

TABLA 1 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Fuente: RNE E.070

Limitaciones en su aplicación

El RNE también dictamina que la implementación y utilización de las unidades de albañilería deben estar en concordancia con las zonas sísmicas definidas en el territorio peruano, las cuales están detalladamente especificadas en la Norma Técnica E.030.

Tabla 4: Limite de uso

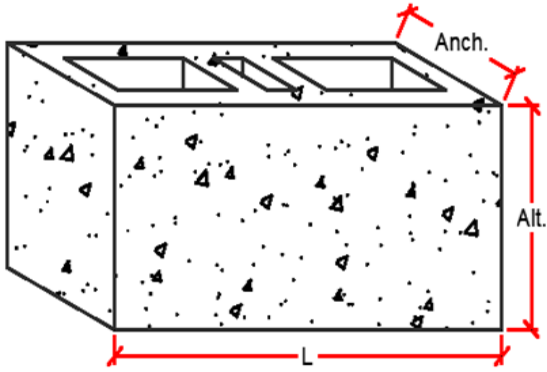
TABLA 2 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Fuente: RNE E.070

Ensayos en Elementos constructivos de mampostería

Variación Dimensional

Dentro del desarrollo se da en bloques de concreto o ladrillos de albañilería esto refiere a los cambios en las dimensiones (largo, ancho y altura) que pueden ocurrir debido a diversos factores como la absorción de agua, cambios en la temperatura, entre otros [31]. Se halla siguiendo la siguiente ecuación:



$$V = \frac{(D_e - D_p)}{D_e} * 100$$

Donde:

V: Variación dimensional. (%)

Dp: Dimensión promedio de la muestra.

De: Dimensión especificada por el fabricante.

Ilustración 1: Diseño de bloque, alteración dimensional

Fuente: Construcciones de Albañilería - PUCP

Alabeo

Según (NTP) 399.613 detalla el procedimiento para evaluar la deformación o alabeo en una pieza de albañilería. Según [32], este método permite identificar deformaciones tanto cóncavas como convexas en la superficie del material. En el caso de las deformaciones cóncavas, se posiciona una regla a lo largo de la diagonal de la superficie recta y se mide la profundidad de la hendidura en la unidad. Por otro lado, cuando se trata de una superficie convexa, se procede a medir la altura que resalta de la unidad. Se halla siguiendo la siguiente ecuación:

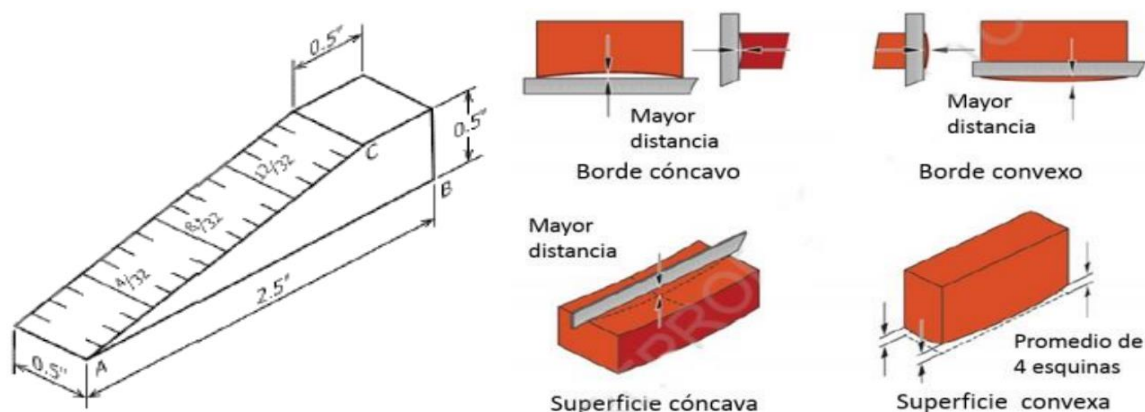


Ilustración 2: Criterio de cálculo de alabeo

Fuente: NTP. 399.613

Succión

El método de prueba de succión se utiliza con muestras previamente secadas en un horno por un tiempo de 24 hrs. para investigaciones, y con unidades en su estado natural cuando se realiza para evaluar la succión en un proceso de construcción. Según [33], es esencial saturar los ladrillos antes de usarlos si la succión supera los 20 gr/minuto en un área de 200 cm².

Tras pesar el espécimen (P1), colocarla sobre soportes por un minuto, luego retirarla, secar su superficie con un paño y proceder a un nuevo pesaje (P2). La medición de la succión se basa en estos pesos y en el área de contacto (A) de la unidad con el agua, que se expresa en centímetros cuadrados. Los datos obtenidos se presentan en términos de gramos por cada 200 cm² por minuto. En situaciones de trabajo en la obra, se puede prescindir de mantener un nivel constante de inmersión de 3 mm de la unidad. En este caso, la succión se calcula por la diferencia de volumen, normalizada a 200 cm². [30]

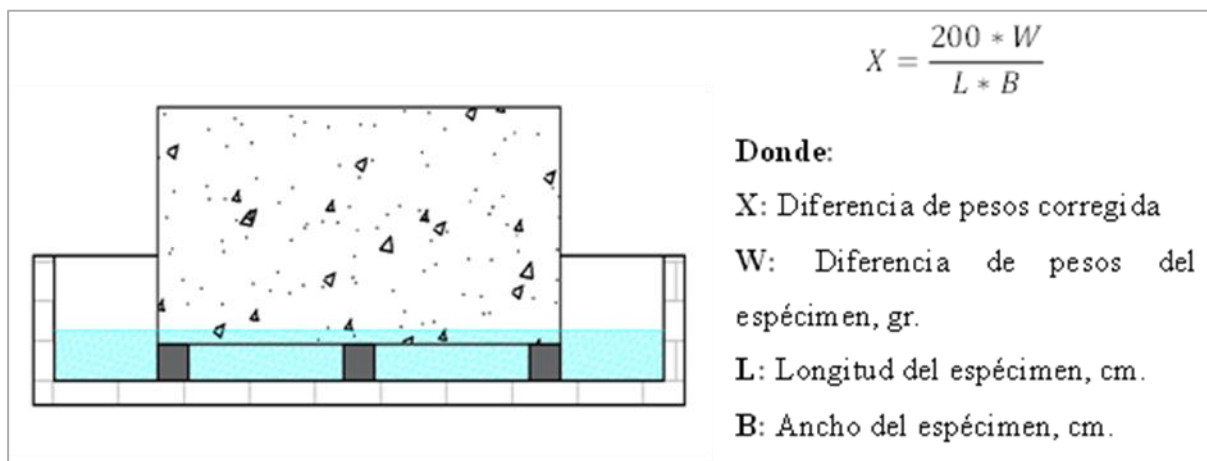


Ilustración 3: Prueba de succión

Fuente: NTP. 399.613

Absorción Capilar

Para aplicar este ensayo se encuentra en la norma [33], Los especímenes fueron secados en un horno a una temperatura de entre 105 °C y 115 °C durante al menos 24 horas, asegurando que la variación de peso no superara el 0.2%. Luego, se enfrían en una cámara a 24 °C ± 8 °C, con humedad relativa entre el 30% y el 70%, manteniéndolos separados y sin exposición a corrientes de aire durante un mínimo de 4 horas antes de ser pesados. Después de esto, se sumergieron en agua limpia durante 24 horas a una temperatura de entre 15.5 °C y 30 °C, se secaron superficialmente y se pesaron dentro de los cinco minutos posteriores a su extracción del agua.

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{100 * (W_S - W_D)}{W_D}$$

Donde:

Wd = P. Sc (gr)

Ws = P. Sat. (gr)

Ensayo de Permeabilidad

En concreto, la UNE-EN 12390-8 utilizado para determinar la permeabilidad del hormigón a través de la medición de la profundidad de penetración del agua bajo presión. El principio de esta prueba es relativamente sencillo: se aplica una presión de agua específica a una cara de una muestra de hormigón durante un tiempo determinado, y luego se mide hasta qué profundidad ha penetrado el agua en el hormigón. Este procedimiento proporciona una indicación clara de la permeabilidad del hormigón, que es un factor importante para determinar su durabilidad y aptitud para ciertas aplicaciones, especialmente en entornos donde la exposición al agua o la humedad es una preocupación. La profundidad hasta la cual el agua penetra en el hormigón puede darnos una idea de la densidad y la calidad del hormigón. Un hormigón de mayor calidad y más denso generalmente permitirá una menor penetración de agua, lo que indica una mayor resistencia a la infiltración de líquidos y, por lo tanto, una mayor durabilidad a largo plazo. [34]

Ensayo de Sulfatos

La norma ASTM C1012:04, se enfoca en evaluar el cambio de longitud que experimentan los morteros de cemento hidráulico cuando se exponen a una solución de sulfato. Esta técnica de prueba es importante para precisar la resistencia del mortero de cemento a la expansión causada por los sulfatos, un fenómeno que puede comprometer la integridad estructural de las construcciones de concreto. El ensayo implica sumergir cilindros o prismas de mortero en una solución de sulfato y medir el cambio en su longitud a lo largo del tiempo. Estos cambios de longitud se comparan con las mediciones de control tomadas antes de la exposición a la solución de sulfato. [35]

Resistencia al Concreto a la penetración ión cloruro

ASTM C1202-22 Este método implica aplicar una corriente eléctrica a una muestra de concreto durante un período de tiempo especificado. El concreto se coloca entre dos electrodos, y se mide la cantidad de electricidad que pasa a través del concreto en este tiempo. La idea detrás de esto es que la cantidad de corriente que puede pasar a través del concreto está directamente relacionada con la cantidad de iones de cloruro que pueden penetrar en él. A menor flujo de corriente a través del concreto, mayor es su capacidad para resistir la intrusión de iones de cloruro. Esta metodología permite una cuantificación precisa de la permeabilidad del concreto frente a los cloruros, lo cual es un factor determinante para evaluar su durabilidad y vida útil. Esto resulta especialmente relevante en ambientes con alta exposición a cloruros, donde la resistencia a su penetración es crucial para prolongar la integridad del material. [36]



Ilustración 4: Prueba de Ión cloruro

Fuente: ACI UNT Student Chapter

Resistencia a Compresión

El procedimiento para ajustar la capacidad de carga ($f'b$) de los elementos constructivos de mampostería se ejecuta según lo señalado en la normativa [33]. Antes de realizar el ensayo, las unidades deben estar secas y a temperatura ambiente, y se deben dejar reposar durante al menos 48 horas previo al refrentado. La prueba se lleva a cabo aplicando la carga en la orientación perpendicular al plano de asiento del ladrillo, y se debe asegurar que los especímenes estén correctamente centrados bajo el soporte esférico superior, manteniendo un margen de error de 1.6 mm.

Conforme a lo estipulado en la Norma [37]. Este procedimiento asegura que se tenga en cuenta la variabilidad en la resistencia de las unidades y proporciona un valor más conservador y seguro para la resistencia a la compresión.

Donde:

$$f'b = \frac{W}{A}$$

F'b = Resistencia a la compresión del espécimen, (kg/cm²) o (MPa).

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, Kg. F

A = Promedio del área bruta o neta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm².

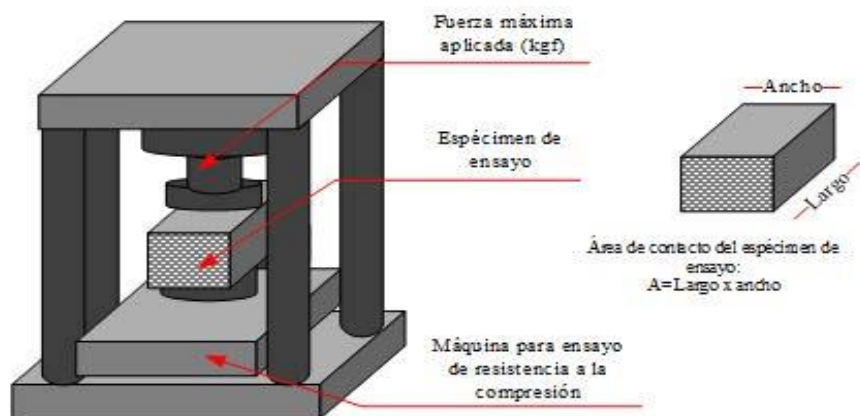


Ilustración 5: Prueba de compresión

Ensayos en Albañilería

Capacidad de carga a la compresión en pilas (f'm)

Evalúa simulando cómo se comportarían estas unidades cuando están apiladas y sometidas a carga en una estructura real. Se utiliza una carga vertical hasta que el prisma raja, y los resultados ayudan a determinar la cabida de carga y la estabilidad de la albañilería en condiciones similares a las de su uso final. [38]

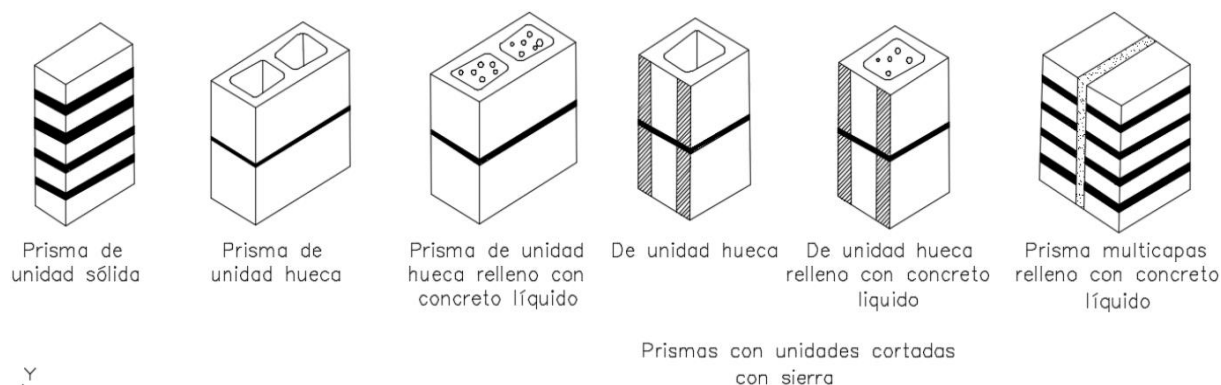


Ilustración 6: Elaboración de prismas

Fuente: NTP 399.605

Resistencia diagonal en muretes (v'm)

Mide la resistencia al corte diagonal de un muro pequeño de albañilería, aplicando una carga diagonal en el plano del muro. Este procedimiento ayuda a evaluar cómo la albañilería resistirá fuerzas cortantes, que son críticas en situaciones sísmicas o bajo cargas laterales. Los resultados proporcionan información valiosa sobre la integridad estructural [39]

Tabla 5: Rendición diagonal de muretes

TABLA 9 (**)				
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm ²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f'_b	PILAS f'_m	MURETES v'_m
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Fuente: RNE E.070

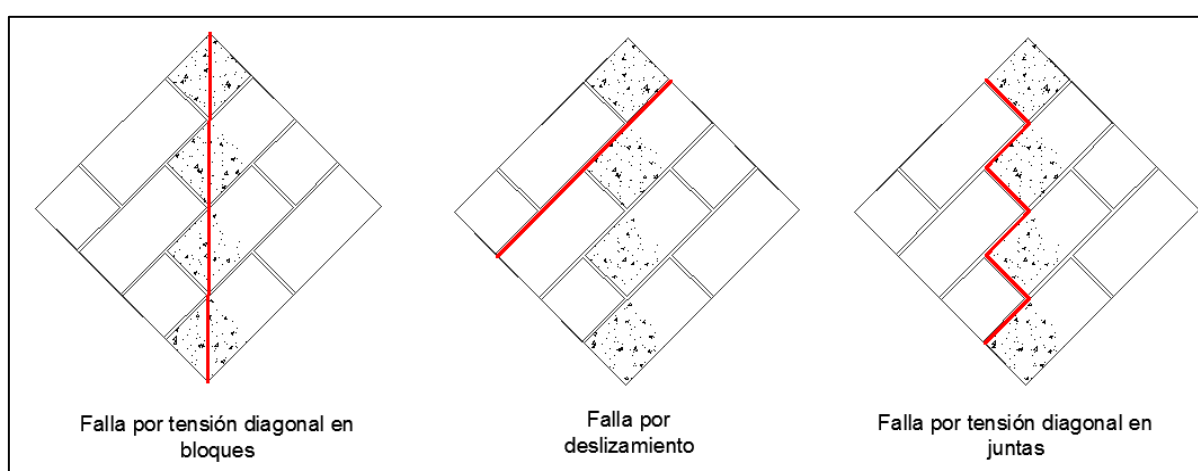


Ilustración 7: Clases de falla en muretes

Fuente: Pertenece al ejecutor

Las fallas más comunes en muretes de mampuesto sometidos a presión diagonal son de clasificados por tres tipos (ilustración 7): **(1) falla por tensión diagonal en bloques**; refleja una hendidura diagonal que atraviesa los bloques directamente. Es como si el bloque se partiera en dos siguiendo una línea inclinada. Esta grieta suele ser bastante recta. **(2) Falla por tensión diagonal en las juntas**: En este caso, la falla ocurre en la unión entre el bloque y el mortero que lo une a los otros. La grieta sigue una trayectoria escalonada, como una escalera, y se ubica aproximadamente en el eje del muro. **(3) falla por deslizamiento**; aquí, los bloques se separan del mortero, como si estuviera resbalando uno sobre otro. Esto provoca que una de las juntas horizontales del muro se despegue. [40]

Cálculo del módulo de corte de la albañilería (Gm)

Las muestras de albañilería son sometidas a ensayos específicos diseñados para aplicar fuerzas de corte. Estas fuerzas se aplican de manera controlada, y la deformación resultante es

cuidadosamente medida. La correlación entre la tensión de corte aplicada y la deformación por corte observada es la base para el procesamiento de datos del módulo de corte.

El método general utilizada para calcular el módulo de corte es $G = \tau/\gamma$, donde τ representa la tensión de corte (fuerza de corte por unidad de área) y γ la deformación angular o de corte (cambio angular por unidad de longitud). Esta relación es esencial para entender cómo se comportará un muro de albañilería bajo cargas laterales o de corte, que son comunes en situaciones sísmicas o de viento. [41]

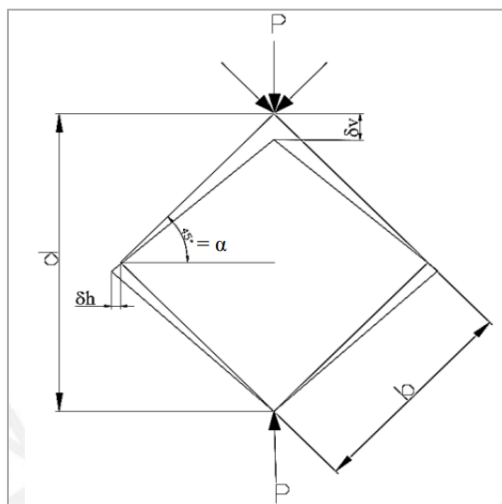


Ilustración 8: Manera de evaluar el módulo de corte $G'm$
Fuente: Informe de María Claudia Ruiz Salinas

Cálculo del módulo de elasticidad de la albañilería (E_m)

se establece un enfoque metodológico centrado en la identificación y aplicación de cargas específicas, así como en la medición precisa de las deformaciones resultantes. El procedimiento inicia con la aplicación de cargas gradualmente del ensayo, seleccionadas estratégicamente por situarse dentro del rango elástico del material, de acuerdo con las referencias bibliográficas y los patrones observados en los gráficos de relación entre fuerza y deformación. Estas mediciones se llevan a cabo utilizando sensores colocados en las caras anterior y posterior de cada pila de albañilería. El módulo de elasticidad se calcula individualmente para cada sensor, y posteriormente se promedian estos valores para obtener una cifra representativa por cada pila. Este cálculo se respalda en la Ley de Hooke, que concierne la tensión (esfuerzo axial, representado por σ) con la deformación (deformación unitaria, representada por ϵ). Así, la fórmula para determinar el módulo de elasticidad de la albañilería se define como: [41]

Donde:

$$E_m = \frac{\Delta F \times L}{A \times \Delta \delta_1}$$

ΔF = cambio de la fuerza aplicada

L = long. de la muestra

A = área muestra

$\Delta \delta_1$ = variación de la deformación medida.

Materiales y métodos

Hipótesis

La incorporación del Poliestireno Expandido y el Sistema SNS 360 en la industria de unidades de mampostería de concreto, progreso significativamente su resistencia, durabilidad, propiedades físicas y mecánicas en zonas de atmosfera marina.

Tipo y nivel de Investigación

Tipo de Investigación

La exploración abarca un enfoque cuantitativo, ya que busca explorar el impacto de añadir Poliestireno Expandido y el Sistema Soil Nano Stabilisation (SNS 360) a un bloque de concreto, manteniendo constantes otras variables. Se sigue un proceso típico de investigación cuantitativa, que incluye la tipificación de un problema, la formulación de una hipótesis y la elaboración de un plan de investigación. Este enfoque se centra en la medición precisa, la cuantificación de las variables y el uso de métodos estadísticos para estudiar los datos recopilados, tal como se señala en la referencia [42]

En términos de su metodología, esta investigación adopta un enfoque experimental, manipulando de manera deliberada las variables independientes para observar los efectos deseados y controlando simultáneamente otras variables relevantes para el estudio, tal como se discute en la referencia [42].

Nivel de Investigación

Experimental

Realizar una evaluación tanto física como mecánica de las nano-adiciones, basándonos en las especificaciones técnicas proporcionadas para el Poliestireno Expandido y el Sistema SNS 360. Esto incluirá un análisis de la granulometría para verificar la distribución de tamaño de los agregados, siguiendo el procedimiento establecido por la NTP 400.012, así como pruebas para determinar las características físicas de los agregados.

Procederemos a formular un diseño de mezcla para alcanzar una resistencia de 175 f'c, primero sin ninguna adición (que servirá como nuestra muestra de referencia), y luego incorporando Poliestireno Expandido en proporciones del 10%, 20% y 30%. Además, añadiremos el Sistema SNS 360 en una proporción del 4% del peso del cemento. Tras la

creación de las muestras, son sometidas a pruebas para determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Los resultados de estos ensayos nos permitirán confirmar o descartar la hipótesis inicialmente planteada.

Población, muestra y muestreo

Población

La selección de la muestra se basa en la población, aplicando ciertos criterios específicos que aseguran su representatividad. Dentro de este marco es conveniente identificar la población o universo teniendo en cuenta los objetivos de estudio [30]. Dicho lo anterior la población para el progreso de la presente investigación comprenderá la mezcla de concreto patrón y la que contiene Poliestireno Expandido y nano adiciones.

Muestra

La muestra es de tamaño infinito ya que comprenderá la mezcla de concreto con y sin adiciones, lo cual estará comprendido por un total de 240 unidades de concreto. En cuanto a la exposición de los bloques de concreto al ambiente marino, se indicará claramente que estos se colocarán sin mortero de recubrimiento, es decir, a cara vista, para evaluar de manera directa la influencia del ambiente marino en el material.

Muestreo

Se elaborarán muestras de concreto con medidas de 12 x 19 x 39 cm. Se siguieron las directrices establecidas por la norma E.070 y las normativas NTP 339.604 para la recolección de muestras y la determinación de las cantidades requeridas para llevar a cabo los ensayos esenciales. Estos ensayos incluyen la estimación de la resistencia a la compresión, alabeo, succión, absorción y variación dimensional de las muestras, asegurando una resistencia de diseño de 175 kg/cm² utilizando cemento tipo I.

Tabla 6: Cantidad de especímenes patrón a realizar

Tipo de Ensayo	Cantidad Und.	Edad de Ensayos (días)			Total
		7	14	28	
Variación dimensional	3	-	-	-	3
Alabeo	3	-	-	-	3
Succión	3	-	-	-	3
Absorción Capilar	3	-	-	-	3
Resistencia a la Permabilidad	3	-	-	1	3
Resistencia Ión Cloruro	3	-	-	1	3
Resistencia a los Sulfatos	3	-	-	1	3
Unidades a Compresión axial (f'b)	3	1	1	1	9
Pilas a Compresión axial (f'm)	2	-	-	3	6
Muretes a compresión diagonal (v'm)	8	-	-	3	24
Total de muestra Patron					60

Fuente: Pertenece del ejecutor

Tabla 7: Cantidad de especímenes experimental a realizar

INDICADOR	10% + 4%	20% + 4%	30% + 4%
Variación dimensional	3	3	3
Succión	3	3	3
Alabeo	3	3	3
Absorción Capilar	3	3	3
Resistencia a la Permabilidad	3	3	3
Resistencia Ión Cloruro	3	3	3
Resistencia a los Sulfatos	3	3	3
Unidades a Compresión axial (f'b)	9	9	9
Pilas a Compresión axial (f'm)	6	6	6
Muretes a compresión diagonal (v'm)	24	24	24

Total de muestra Experimental	180
--------------------------------------	------------

Fuente: *Perteneciente del ejecutor*

Es de importancia conocer que los nanomateriales incorporados en la mezcla, pues su medida se expresa en (gr/cm^3), y los porcentajes indicados se manejarán únicamente con las adiciones por peso del cemento. Además, se utilizarán perlas de EPS de $20 \text{ kg}/\text{m}^3$ en la composición de la mezcla.

Operacionalización de Variables

Tabla 8: Variable Independiente

Variable Independiente	Definición Conceptual (1)	Indicadores (2)	Unidad de medida (3)	Rango de variabilidad (4)	Instrumento y/o metodo de medición 5
Poliestireno Expandido	Material plástico espumado, caracterizado por su ligereza, capacidad aislante y resistencia a la humedad. Se utiliza en la fabricación de paneles aislantes, bloques de construcción, envases y embalajes, y en sistemas de aislamiento para edificios. Se produce expandiendo perlas de poliestireno pre-procesadas en moldes, donde se fusionan bajo la acción del vapor para formar bloques	Cantidad Poliestireno Expandido	Porcentajes en peso	10 % 20 % 30 %	Fichas de recopilación de información de la técnica y acta de resultados
Sistema SNS 360	El Sistema SNS 360 se basa en la nanotecnología para estabilizar y mejorar las propiedades del suelo. Utiliza dos formulaciones a nanoescala: la (NLF) y la (NPF). El sistema es especialmente útil en la construcción y la ingeniería civil para preparar suelos para la construcción de carreteras, cimientos y otras estructuras, asegurando una base sólida y duradera.	Cantidad del SNS 360	Porcentajes en peso	4.00%	Fichas de recopilación de información de la técnica y acta de resultados

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Tabla 9: Variable Dependiente

Variable Dependiente	Definición Conceptual (1)	Dimensiones (2)	Indicadores (3)	Instrumento o Ensayo (4)	Unidad de medida (5)
Resistencia, Durabilidad Y Propiedades físicas - mecánicas de los Bloques de Concreto	<p>La resistencia de los bloques de concreto se refiere a la capacidad del material para soportar cargas aplicadas sin fallar o romperse. Se mide comúnmente a través de la resistencia a la compresión, que es la máxima presión que los bloques pueden soportar por unidad de área antes de que se produzca una fractura.</p>	<p>Resistencia de los bloques de concreto</p>	Resistencia a la Compresión (f _b)	NTP 399.604	<p>Se mide en Megapascuales (MPa) o kilogramo-fuerza por centímetro cuadrado (kgf/cm²).</p>
			Resistencia a la compresión de prismas (f _m)	NTP 399.605	
			Resistencia la compresión diagonal de muretes (v _m)	NTP 399.621	
			Módulo de Corte	E.070	
			Módulo de Elasticidad	E.070	
	<p>La durabilidad de los bloques de concreto indica su capacidad para resistir condiciones ambientales adversas y desgaste a lo largo del tiempo sin sufrir un deterioro significativo. Esto incluye la resistencia a la penetración de agua y cloruros, la exposición a productos químicos entre otros factores.</p>	<p>Durabilidad de los bloques de concreto</p>	Permeabilidad	UNE-EN 12390-8	Milímetros por segundo (mm/s)
			Ataque a Sulfatos	ASTM C1012:04	Milímetros (mm)
			Ion Cloruro	ASTM C-1202	La unidad de medida para este ensayo es el coulomb (C)
	<p>Las propiedades físicas-mecánicas de los bloques de concreto abarcan las características inherentes del material que afectan su comportamiento y desempeño bajo cargas y durante su vida útil. Estas propiedades son esenciales para determinar cómo se comportará el concreto en diversas condiciones y bajo diferentes tipos de fuerzas.</p>	<p>Propiedades físicas - mecánicas</p>	Analisis Granulometrico	NTP 400.012	-
			Contenido de humedad	NTP 339.185	%
			Peso específico	NTP 400.021	kg/m ³
			Peso unitario suelto	NTP 400.017	kg/m ³
			Peso unitario compactado		
Variación Dimensional			NTP 339.613	%	
Alabeo				mm	
Succión	%				
Absorción	%				

Fuente: *Perteneciente del ejecutor*

Tabla 10: Variables Intervinientes

VARIABLES INTERVINIENTES		
TIPO DE CEMENTO	Tipo I	Análisis químico y físicos según la norma NTP
DIAMETRO DEL TECNOPOR A USAR	20 Kg/m ³	Densidad
RESISTENCIA DEL LADRILLO A DISEÑAR	175 kg/cm ²	Prensa de compresión
DIMENSIONES DE BLOQUE DE CONCRETO	12X19X39 cm	Unicon Prefabricados

Fuente: *Perteneciente del ejecutor*

Metodologías y herramientas para la obtención de datos

Aquí se presentan las metodologías, técnicas y herramientas propuestas para esta investigación.

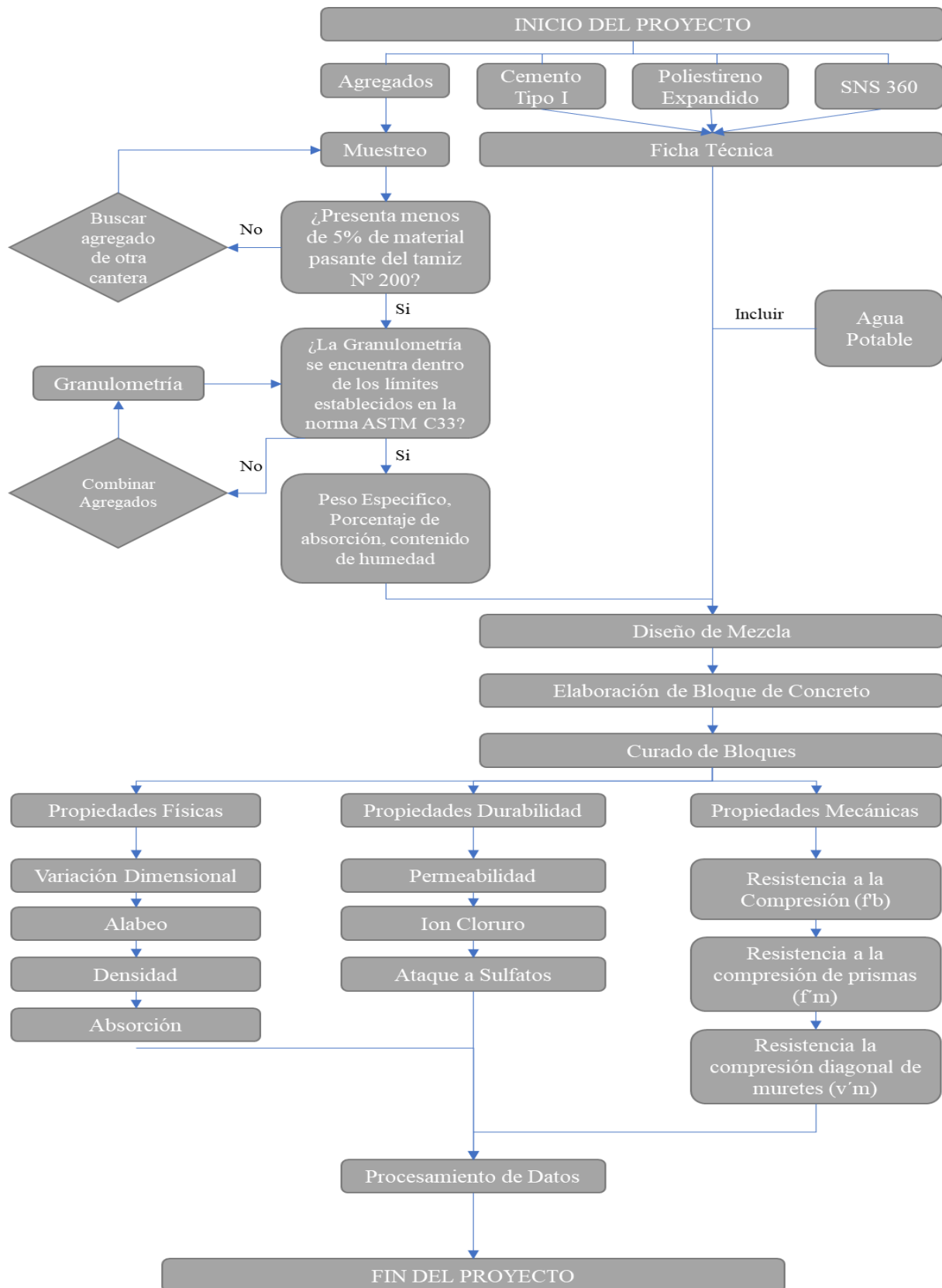
Tabla 11: Método, técnica y herramientas de acopio de datos

Metodología	Descripción de Ensayo Empleada	Normativa	Instrumentos
E x p e r i m e n t a l	AGREGADOS		Hojas de registro pre-diseñada o una bitácora para anotar manualmente todos los datos relevantes de cada ensayo, incluyendo la fecha, la hora, el tipo de ensayo, las dimensiones de la muestra, las condiciones ambientales y los resultados obtenidos.
	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400.012	
	Peso unitario de los agregados suelto y compactado	NTP 400.017	
	Contenido de humedad de los agregados	NTP 339.185	
	Peso específico y capacidad de absorción de los agregados	NTP 400.021 Y NTP 400.022	
	DISEÑO DE MEZCLA		
	Diseño de Mezcla de Concreto	ACI 211	
	ENSAYO DE BLOQUES DE CONCRETO		
	Resistencia a la Permeabilidad	UNE-EN 12390-8	
	Resistencia a Ión Cloruro	ASTM C-1202	
	Resistencia a los Sulfatos	ASTM C1012:04	
	Unidad de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto	NTP 339.604	
	Resistencia a la Compresión (f' b)	ASTM C39	
Resistencia a la compresión de prismas (f' m)	NTP 339.605		
Resistencia la compresión diagonal de muretes (v' m)	NTP 339.621		

Fuente: *Perteneciente del ejecutor*

Estrategia para demostrar la hipótesis

Gráfica 1: Diagrama de flujo



Fuente: Pertenece al ejecutor

Caracterización de los materiales

- Cemento portland Tipo I

En la presente exploración se usó cemento portland Tipo I de marca Cemex, que le brinda al concreto excelente desempeño de resistencias iniciales y finales. Este tipo de cemento se desempeña con la normativa NTP 334.009 o ASTM C 150.



Ilustración 9: Cemento Cemex

Fuente: Ficha técnica Cemex

- SNS 360

En la presente investigación se adicione el sistema Soil Nano Estabilisation “SNS 360”, este producto se obtuvo mediante la empresa CH33 nano sistema “ENGINEERING” con el fin de proporcionar nuevas investigaciones en el desarrollo de la producción y elaboración de unidades de albañilería de concreto.



Ilustración 10: SNS 360

Fuente: CH33 nano sistema “ENGINEERING”

- Poliestireno Expandido

En la presente investigación también se le añadió bolitas de EPS, este material se adquirió por medio de la empresa ETSA PERÚ, la cual brinda este tipo de material para diferentes tipos de aplicación en la construcción especialmente para realizar rellenos livianos; como también proporciona variedades de densidades del producto, en este caso se utilizó perlas de EPS con densidad de 20 Kg/m³.



Ilustración 11: Perlas de EPS

Fuente: Etsa Perú

- Agregados

Agregado Grueso (confitillo)

El agregado grueso empleado en esta investigación proviene de la cantera Tres Tomás, situada en la provincia de Ferreñafe. Esta cantera está constituida por materiales de origen ígneo. El agregado que se usó en la investigación es identificado como confitillo.

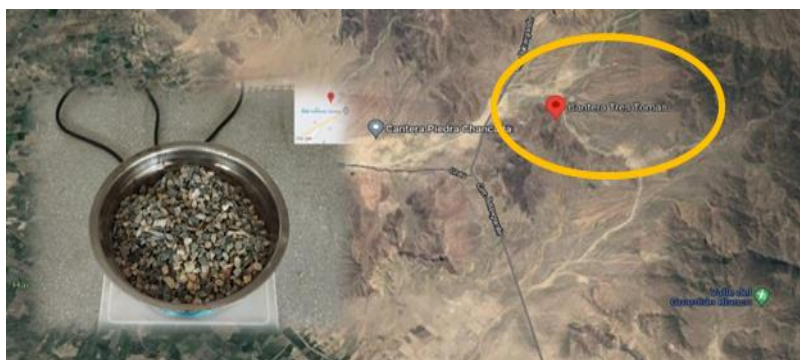


Ilustración 12: Ubicación de la cantera 3 tomas

Fuente: Google maps

Agregado Fino

Material utilizado para realización de la investigación es originario de la cantera La Victoria, localizada en la jurisdicción de Pátapo.

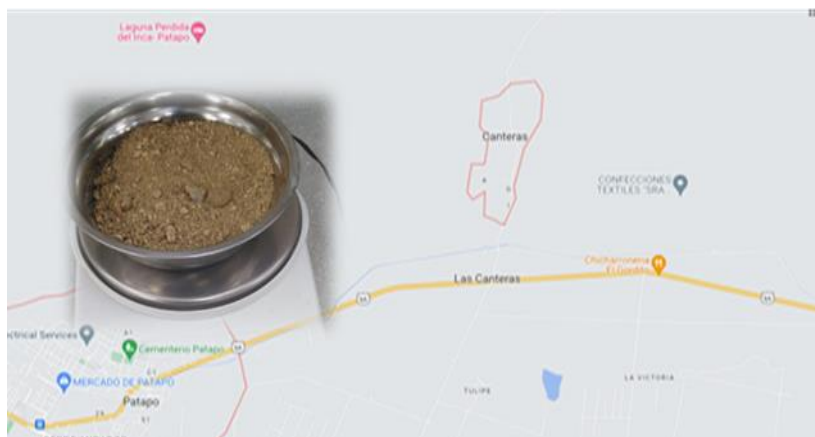


Ilustración 13: Ubicación de la cantera

Fuente: Google

Ensayos de los materiales

Los agregados desempeñan un papel crucial en la producción de concreto, por lo que se realizaron los estudios necesarios para comprobar si cumplían con los rasgos requeridos. El AF (arena) y el AG (confitillo) efectuaron los parámetros establecidos, lo que garantiza su idoneidad para el uso en la mezcla.

- Cuarteo de los agregados

Se seleccionan cantidades adecuadas de las muestras de agregados. Estas muestras se expanden sobre una superficie, donde se dividen en cuatro secciones equivalentes. Luego, se eligen las partes opuestas y se vuelven a dividir. Este procedimiento se perpetra con el fin de adquirir una muestra representativa más precisa.



Ilustración 14: Selección de material proceso de cuarteo de agregados

Fuente: Pertenciente del ejecutor

- Análisis granulométrico de los agregados

Procedimiento del AF y AG:

Seleccionamos una porción de la muestra y se registra el peso mediante una balanza electrónica, a continuación la muestra seleccionada se procede a lavarla cuidadosamente para eliminar polvo, arcilla y otros materiales sueltos para no afectar el ensayo, ya lavada se lleva al horno por un lapso de 24 hrs. para secarla por completo; una vez sacada del horno se vuelve a pesar para ya luego continuar con el tamizado respectivo y sacar pesos obtenidos de acuerdo a cada retenido por tamiz; finalmente obtenido los datos de cada peso se vendrá a realizar los cálculos mediante hojas de cálculo en gabinete.



Ilustración 15: Tamizado de la arena gruesa

Fuente: Perteneciente del ejecutor



Ilustración 16: Tamizado del confitillo

Fuente: Perteneciente del ejecutor

- Contenido de Humedad de los agregados

Procedimiento de AF y AG:

Primero pesamos una proporción del espécimen de cada material, de manera consecutiva se coloca al hornillo a una temperatura firme de 110° C por un lapso de 24 horas; Posteriormente pasada las 24 hrs. en el horno se deja enfría por un tiempo estimado a criterio, para finalmente registrar el peso seco mediante el horno de cada muestra respectivamente; una vez ya teniendo registrado los pesos de cada muestra se realizará los cálculos respectivos en gabinete.



Ilustración 17: Colocación de muestras al horno

Fuente: Pertenece al ejecutor

- Peso específico y absorción de los agregados

Peso específico de la arena

Procedimiento:

Iniciamos seleccionando una muestra representativa del material para ensayar su grado de absorción mediante el cono de absorción, posterior a ello se sumerge por 24 hrs, se deja secar al aire libre de manera superficial de forma continua. Luego de que haya alcanzado un secado superficial, se procede a tamizar el material por una malla # 4 y obtener una porción estimada que pese 500g para poder verterla a la fiola juntamente con agua destilada a temperatura ambiente durante 24 hrs. Se asegura que estas partículas estén completamente saturadas; ulteriormente, colocamos el material en un recipiente, el cual se debe tomar su peso antes de colocar la muestra al horno por 24 horas y para culminar con el ensayo se registra el peso seco después de 24 hrs. que estuvo en el horno.

El grado de absorción será calculado con los mismos datos obtenidos en el procedimiento detallado anteriormente.



Ilustración 18: Prueba con el cono de absorción
Fuente: Perteneciente del ejecutor



Ilustración 19: Absorción de arena gruesa
Fuente: Perteneciente del ejecutor

Peso específico del confitillo

Procedimiento:

Se obtiene una muestra representativa para proceder a saturarla por 24 horas, continuamente se pone a secar livianamente al aire libre. Una vez secada al aire livianamente, se toma una porción estimada que pese 500 gr para poder verterla al matraz juntamente con agua destilada a temperatura ambiente durante 24 horas. Se asegura que estas partículas estén completamente saturadas; después, colocamos el material en un recipiente, el cual se debe tomar su peso antes de colocar la muestra al horno por 24 horas y obtener un último dato de la muestra seca.

El grado de absorción será calculado con los mismos sats obtenidos en el procedimiento detallado anteriormente

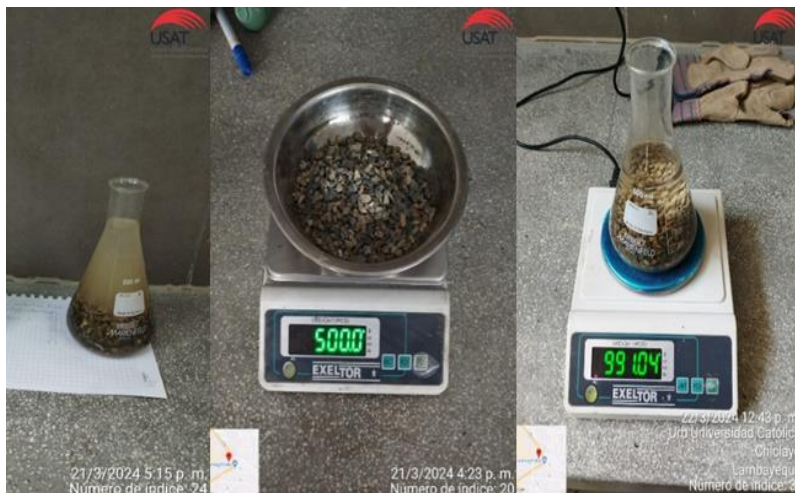


Ilustración 20: Peso específico del confitillo

Fuente: Perteneciente del ejecutor

- Peso unitario suelto y compactado del AF y AG

Peso unitario suelto

Procedimiento:

Calculamos el peso del molde en estado vacío como referencia para cálculos posteriores de muestra menos molde; se utilizó el mismo molde para todo el proceso para no tener varianza de pesos del molde. Este se llena hasta dejar una pequeña corona en la parte superior para poder nivelar con una varilla lisa. Una vez quitado el agregado que sobrepasa el molde mediante la nivelada con la varilla, el agregado debe quedar parejo a ras del molde. Inmediatamente conviene quitar cualquier material que haya quedado fuera del molde o en los costados, con el fin de no alterar al peso al momento de pesar la muestra. Finalmente procedemos a pesar la muestra del agregado más el molde; este proceso se hace por repetidas veces para tomar lectura de una secuencia de pesos que se asemejan al peso real y no tengan mucha variación entre pesos.



Ilustración 21: Peso unitario suelto del confitillo

Fuente: Pertenciente del ejecutor

Peso unitario compactado

Procedimiento:

Se comienza llenando un tercio del molde, aplicando 25 golpes con una varilla metálica, cuidando de no golpear la base del molde. Luego, se dan 15 golpes con un martillo de goma alrededor del recipiente. A continuación, se llena hasta dos tercios y se repite el mismo proceso mencionado anteriormente. Posteriormente, se llena el molde por completo y se sigue con el mismo procedimiento. Finalmente, se alisa la superficie del molde utilizando la varilla metálica y ponemos a pesar el molde como la muestra de material. Es importante asegurarse de que los resultados no presenten una diferencia mayor al 1%.



Ilustración 22: Peso unitario compactado de la arena

Fuente: Pertenciente del ejecutor

Diseño De Mezcla – Concreto $F'c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$

- Asentamiento de prueba (slump)

Procedimiento:

Empezamos a pesar los materiales para cada tanda, tener los instrumentos humedecidos para evitar adherencia del concreto. Verter los materiales de manera controlada y en orden para realizar una mezcla uniformemente por un lapso no menor a 2 minutos; llenar el cono en tercios, compactar cada tercio con 25 golpes con una varilla metálica de 5/8" y luego enrasar la superficie superior del cono. Por último, levantar el cono cuidadosamente, para luego medir la distancia vertical entre el centro del montículo y la parte superior del cono.



Ilustración 23: Prueba de slump
Fuente: Pertenciente del ejecutor

- Probetas cilíndricas

Se fabricaron probetas con la intención de evaluar los parámetros de cumplimiento de nuestro concreto y así proceder a elaborar los bloques de concreto establecidos en el proyecto.

Procedimiento:

Se deben ubicar los moldes en un lugar adecuado para la preparación de los especímenes. Antes de utilizarlos, se limpian y se les aplica aceite o algún aditivo que facilite el desmoldeo, evitando que el concreto se adhiera al molde durante el desencofrado. Se sugiere humedecer las herramientas que se utilizarán antes de iniciar el ensayo. Las probetas se llenarán en tres capas, compactando cada una con 25 golpes de una varilla lisa y aplicando 15 golpes con un mazo de

goma. Finalmente, tras completar la última capa, se procederá a nivelar la superficie, lo que se puede hacer utilizando una plancha metálica para obtener un acabado más uniforme.



Ilustración 24: Realización de probetas

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Una vez que se ha completado el llenado de las probetas, se dejan curar durante 24 horas. Luego, se retiran los moldes de las probetas. Estas se sumergen completamente en agua durante el período necesario hasta que se realicen las pruebas de resistencia. En este proyecto, se ensayaron a los 7 días, 14 días y 28 días.

- Ensayo de resistencia a la compresión de probetas

Procedimiento:

En esta prueba, se debe retirar la probeta del agua y dejarla secar al sol hasta que adquiera un aspecto seco y adecuado para la prueba. Las probetas se ensayarán en los plazos establecidos: a los 7, 14 y 28 días, asegurándose de cumplir los tiempos de tolerancia para evitar afectar los resultados. Se llevará el modelo a la máquina de ensayo y se colocará de manera que esté centrado, permitiendo así una distribución homogénea de la carga. Una vez posicionada la probeta, se aplicará la carga de forma gradual hasta que se produzca la ruptura. Finalmente, tras el fallo del espécimen, se deberá observar el modelo de falla, tomar fotografías y registrar la carga superior que soportó antes de fallar.



Ilustración 25: Prueba de capacidad de carga a compresión en probetas

Fuente: Pertenciente del ejecutor

En esta prueba se verificó 9 muestras, las cuales fueron ensayadas 3 modelos por día de prueba, con la finalidad de evaluar si el diseño utilizado cumple con lo requerido.

Producción De Los Bloques Concreto diseño $F'c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$

Se fabricaron 204 bloques siguiendo un proceso estandarizado y con la asistencia de personal calificado, utilizando dos diseños diferentes de concreto realizados en el laboratorio de la universidad.

Procedimiento:

Se definió el diseño de los bloques que se elaboraran, seguido a eso se prepararon los materiales para el diseño patrón (arena, confitillo, cemento y agua) y para el diseño con adición se añade (poliestireno expandido y sistema SNS 360). Una vez ya teniendo todo listo se procede a verter los materiales por cada tanda establecida y para ello se debe mezclar por un tiempo no menor a 2 minutos, la mezcla se almacena en un lugar adecuado para evitar interferencias con el proceso de moldeo; consecutivamente al moldeo se vibró la mezcla para eliminar el aire y así obtener una buena trabajabilidad, por último, para terminar el proceso se desmoldarán los bloques en un área libre para el fraguado final.



Ilustración 26: Producción de bloques patrón y bloques con adición

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Ensayos para determinar la durabilidad

- Resistencia a la Permeabilidad

Procedimiento:

Se desarrollo con la elaboración de 3 muestras por diseño, en el caso de esta investigación se trabajó el diseño patrón y el diseño optimo encontrado; para comenzar con el procedimiento de Permeabilidad, después de su elaboración se debe cumplir con al menos 28 días bajo curado en agua, prontamente después de desmoldar la probeta; posteriormente a ello con un cepillo con cerdas de metal se desbasta la base de superficie que estará sometida a presión hidrostática. Continuamente, se instala la muestra en el equipo donde será ensayada por un periodo de 72 horas. Finalizado el tiempo, estas muestras se romperán por la mitad, para así poder visualizar cuanto avanza la penetración del agua en el tiempo ensayado, medida en milímetros.



Ilustración 27: Prueba de permeabilidad en probetas diseño patrón

Fuente: Perteneciente del ejecutor

- Resistencia Ion Cloruro

Procedimiento:

Se elaborarán 3 probetas por cada diseño que se ha realizado en el estudio del proyecto, la cual serán ensayadas en recipientes cilíndricos de (100 mm de diámetro y 200 mm de altura), estas muestras luego de su preparación se someterán a un saturado previo a evaluación; continuamente a ello las probetas se cortarán en discos de (100 mm de diámetro y 50 mm de altura). Estas son sometidas a una bomba de vacío que genera una presión de 1 mm de mercurio. Las muestras cortadas en discos de concreto son colocadas en dos celdas acrílicas con una solución diferente por celda, las soluciones utilizadas para el ensayo fueron: cloruro de sodio (NaCl al 3%) e hidróxido de sodio (NaOH al 0.3%) a todo ello se aplica una corriente constante de 60V entre ambas celdas por un tiempo de 6 horas.



Ilustración 28: Prueba a resistencia de Ión cloruro diseño patrón

Fuente: Perteneciente del ejecutor



Ilustración 29: Prueba a resistencia de Ión cloruro de 10% EPS +4% SNS 360

Fuente: Perteneciente del ejecutor

- Resistencia a los Sulfatos

Este ensayo se basó en los principios de la norma **ASTM C1012**, que evalúa la alteración de longitud en muestras de mortero o concreto sometidas a soluciones de sulfatos, pero adaptó algunas condiciones para la investigación. En lugar de usar moldes estándar, se emplearon barras de **75 mm x 75 mm x 285 mm**, siguiendo las recomendaciones de la **ASTM C157**, debido al uso de un agregado específico conocido como **confitillo**. Las barras se desencofraron

y se curaron durante 28 días y después de ello, se registró la medida inicial de variación de longitud. Posteriormente las barras se sumergieron en solución de sulfatos para posteriores mediciones de variaciones de longitud a las 1, 2, 3, 4, 8, 13, y 15 semanas, todo esto con el fin de observar el progreso del ataque por sulfatos.



Ilustración 31: Prueba de resistencia a sulfatos

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Ensayos para determinar las propiedades físicas de los bloques

- Variación dimensional de bloques de concreto patrón

Para la realización, se utilizaron tres bloques de concreto como representación del lote producido. A continuación, se midieron su longitud, ancho y altura manejando una regla metálica y un vernier, con el objetivo de obtener medidas precisas. Posteriormente, se registraron todos los datos recolectados y se transfirieron a las hojas de cálculo para su reporte según la clasificación final.



Ilustración 32: Prueba de variación dimensional diseño patrón

Fuente: Pertenciente del ejecutor

- **Variación dimensional de bloques de concreto con adición de poliestireno expandido y SNS 360 con diferentes porcentajes**

Para realizar este ensayo, se emplearon tres bloques de concreto diseñados con distintos porcentajes, representando así el lote producido. Se midieron su longitud, ancho y altura utilizando una regla metálica y un vernier para obtener medidas precisas. Posteriormente, se registraron todos los datos obtenidos y se trasladaron a las hojas de cálculo para su informe de acuerdo con la clasificación final.



Ilustración 33: Prueba de variación dimensional con diseño de EPS y SNS 360

Fuente: Pertenciente del ejecutor

- Alabeo

Este ensayo se lleva a cabo en las superficies de apoyo del bloque. Para ello, se coloca una regla de manera diagonal y, con la ayuda del vernier, se identifica la zona más deformada en el caso de concavidad. En el caso de convexidad, se verifica que la regla esté bien apoyada de forma uniforme en ambos extremos; si no es así, se mide la deformación en cada extremo utilizando el vernier. Es importante señalar que este procedimiento se realiza en todas las superficies de apoyo del bloque. Los datos obtenidos se registran para su posterior análisis y para comprobar que las deformaciones de las unidades se mantengan dentro de los límites establecidos. Este proceso se aplica a todos los bloques elaborados, tanto a los de patrón como a aquellos con adiciones en diferentes porcentajes.



Ilustración 34: Prueba de alabeo en bloques con diseño patrón y modificados

Fuente: Pertenece al ejecutor

- Succión

Seleccionamos 3 unidades por cada diseño para ser evaluados, a continuación, se registran las dimensiones y se llevan a secarse en el horno a una temperatura de 110° C por 24 hrs. una vez ya cumplido su secado en el horno se dejan enfriar a temperatura ambiente para luego ser sumergido en un recipiente; para ello se utilizó un recipiente de vidrio lo cual tiene una base uniforme y dentro de ella unos apoyos de acero la cual tendrán la función de soporte al bloque, este proceso consta en verter agua al recipiente y seguidamente a eso se procede a introducir de manera cuidadosa el bloque y calcular 1 min. como indica la norma, terminado el tiempo cronometrado de 1 min se saca el bloque y se seca con una franela toda la superficie expuesta en agua para proceder a su pesado final y obtener la variación de pesos.



Ilustración 35: *Ensayo de succión*

Fuente: *Perteneciente del ejecutor*

- Absorción

Se selecciona por lote de producción en este caso 3 unidades por cada tanda de elaboración en cuanto a unidades de diseño patrón y unidades con adiciones en diferentes porcentajes. Seguidamente se procede a pesar el bloque para obtener un dato de peso en su estado natural después del fraguado



Ilustración 36: *Prueba de absorción, pesado de muestras en estado natural.*

Fuente: *Perteneciente del ejecutor*

Una vez ya pesado cada muestra se sumergirán en una poza de agua limpia por un tiempo de 24 horas. Una vez cumplido con el tiempo sumergido se procede a retirar las muestras para dejar escurrir por unos 5 min o secar con ayuda de alguna franela para luego registrar su peso y obtener un valor del bloque de concreto sumergido por 24hrs.



Ilustración 37: Pesaje de bloques luego de permanecer saturados
Fuente: Pertenciente del ejecutor

Posteriormente las muestras se colocan en un horno eléctrico a una calentura invariable de 110° C, por un turno de 24 horas.



Ilustración 38: Puesta de bloques al horno
Fuente: Pertenciente del ejecutor

Después de cumplir las 24 horas en el horno se procede a sacar las muestras y dejarlas enfriar a temperatura ambiente por un tiempo razonable, posteriormente al enfriado se procede a pesar las muestras para así poder calcular el porcentaje que absorben. Finalmente, ya obtenidos los datos de pesados tanto en estado seco natural, en estado saturado y en estado seco después de salir del horno; se procede a realizar los cálculos mediante hojas Excel.



Ilustración 39: Pesaje de bloques superficialmente secas

Fuente: Pertenciente del ejecutor

Ensayos para determinar las propiedades mecánicas del bloque

- Resistencia a la compresión

Procedimiento:

En este desarrollo empezamos por colocar las muestras en tanques llenos de agua para que lleven el tiempo necesario de curado con respecto a los días de ensayo de ruptura. Posteriormente al curado ya una vez cumplido el tiempo por cada edad a ensayar se procede a sacar las muestras necesarias para que se oreen a temperatura ambiente y luego se proceda a ensayar en la maquina a compresión.



Ilustración 40: Prueba de capacidad de carga a compresión f'_c - 7 días

Fuente: Pertenciente del ejecutor

Se repite el mismo procedimiento para las evaluaciones siguientes con respecto a los bloques elaborados y respetando siempre el tiempo de curado.



Ilustración 41: Ensayo de capacidad de carga a compresión f'_b – 14 días

Fuente: Pertenciente del ejecutor



Ilustración 42: Ensayo de capacidad de carga a compresión f'_b – 28 días

Fuente: Pertenciente del ejecutor

- Compresión axial de Pilas

Procedimiento:

Para fabricar estos elementos de mampostería se seleccionaron bloques de buena calidad, dimensiones uniformes y que estén estandarizados con la resistencia adecuada, seguidamente se prepara un mortero con una relación de 1:4 asegurando una mezcla homogénea y trabajable;

para continuar con el proceso se establece un área donde se pueda asegurar una base firme y uniforme. La asentada de los bloques sobre ellos mismos es de 2 unidades por pila construida asegurando uniformemente una junta constante entre las unidades, generalmente entre 10 y 15 mm. Una vez ya construidas estas se mantendrán en constante humedad para evitar la pérdida prematura de la humedad del mortero.



Ilustración 43: Preparación de prismas

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Finalmente, ya cumplido los 28 días después de su elaboración se someterán a ensayarse en una prensa hidráulica con el fin de obtener sus valores de resistencia en kg/cm² o Mpa para luego clasificarlas según las resistencias dadas en la norma técnica E. 070.



Ilustración 44: Prueba de capacidad de carga a compresión de prismas

Fuente: Perteneciente del ejecutor

- Compresión diagonal de Muretes

Procedimiento:

Para fabricar estos elementos de mampostería se seleccionan bloques que estén en buena calidad, para este proceso se establece lo mismo que en la elaboración de pilas; lo que en si se diferencia es que es de mayores dimensiones no menores de 600 mm x 600 mm, en este caso se tomaron 8 unidades por murete elaborado lo cual consta de 2 unidades por hilada, para el desarrollo de evaluación de resistencia también consta en 28 días después de haber sido construidos.

Por otro lado, se fabricaron 8 muestras para cada diseño de mezcla, lo que incluye 3 muretes de bloques patrón y 3 muretes de bloques con diversas combinaciones de poliestireno expandido y SNS 360.



Ilustración 45: Construcción de muretes

Fuente: Pertenciente del ejecutor

Para finalizar con el ensayo de compresión diagonal de muretes se ponen a prueba de resistencia mediante una prensa que nos determine la carga final que los muretes resistirán pasado sus 28 días después de haber sido elaborados, este ensayo también nos determina y ayuda a identificar el tipo de falla que se genera.



Ilustración 46: Ensayo de capacidad de carga a compresión de muretes DP – Identificación de ruptura por tensión diagonal de juntas

Fuente: Perteneciente del ejecutor



Ilustración 47: Ensayo de capacidad de carga a compresión de muretes diseño 10% EPS + 4% SNS 360 – Identificación de ruptura por deslizamiento

Fuente: Perteneciente del ejecutor



Ilustración 48: Ensayo de capacidad de carga a compresión de muretes diseño 20% EPS + 4% SNS 360 – Identificación de ruptura por tensión diagonal de juntas

Fuente: Pertenece al ejecutor



Ilustración 49: Ensayo de capacidad de carga a compresión de muretes diseño 30% EPS + 4% SNS 360 – Identificación de ruptura por tensión diagonal de juntas

Fuente: Pertenece al ejecutor

- Módulo de corte ($G'm$)

Este proceso de cálculo se registró juntamente con el desarrollo de prueba de resistencia a compresión diagonal en muretes.

- Módulo de Elasticidad (Em)

El desarrollo de la prueba se aplicó en unidades de concreto (bloques), en lo cual se seleccionaron 3 unidades del diseño patrón y 3 unidades de adición con 10 % EPS + 4% SNS 360 que viene a ser el diseño optimo. Para esto las unidades son ensayadas en una prensa, juntamente ajustadas con un soporte que rodea la unidad y acompañada por unos controladores (dial) que mientras se somete la presión va aumentando. Al finalizar o fallar la unidad se registra la carga ultima de la prensa y los valores arrojados por el dial.



Ilustración 50: Muestra sometida a carga en prensa de compresión

Fuente: Pertenece al ejecutor



Ilustración 51: Preparación de unidades para prueba

Fuente: Pertenece al ejecutor

Resultados y discusión

Presentaremos los resultados logrados tanto en el laboratorio interno propio de la universidad como en un laboratorio externo, abarcando los agregados y las unidades específicas de la investigación, así como los elementos de mampostería y la durabilidad de los bloques. Estos resultados fueron generados a partir de cálculos, fórmulas y pruebas realizadas.

Características de los agregados

- Granulometría Agregado fino – Arena

Tabla 12: Producto de prueba granulométrica de la arena gruesa

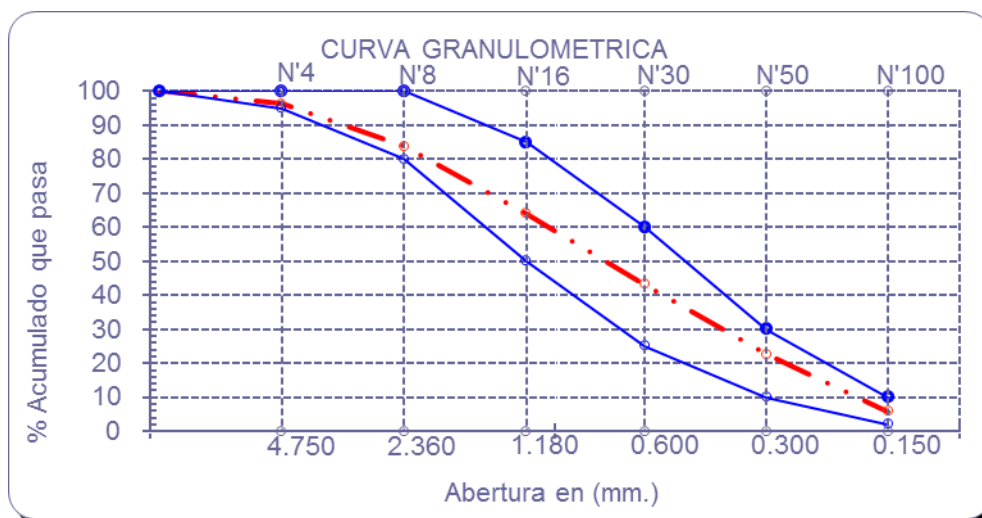
Cantera : Arena - Cantera La Victoria P. Inicial H. 1207.1
P. Inicial S. 1056.6 % = 14.3

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.750	38.5	3.6	3.6	96.4	95	100
N° 08	2.360	131.5	12.4	16.1	83.9	80	100
N° 16	1.180	210.6	19.9	36.0	64.0	50	85
N° 30	0.600	219.8	20.8	56.8	43.2	25	60
N° 50	0.300	216.3	20.5	77.3	22.7	10	30
N° 100	0.150	177.8	16.8	94.1	5.9	2	10
Fondo		3.36	0.3	94.4	5.6		
Módulo de Fineza				2.840			
Abertura de malla de referencia				9.500			

Fuente: Pertenece al ejecutor

La tabla presenta los resultados del análisis granulométrico de la arena, se observa que el tamiz N°4 (4.750 mm) retiene un 3.6% del material, mientras que el tamiz N°100 (0.150 mm) retiene un 16.8%. El Módulo de Fineza (MF) es 2.840, lo que indica un agregado relativamente fino cumple con el parámetro.

Por otra perspectiva deducimos que, la distribución granulométrica muestra buena gradación, con una disminución progresiva en el porcentaje acumulado que pasa a medida que disminuye el tamaño de la malla. Esto es favorable para la trabajabilidad y cohesión del concreto.

Gráfica 2: Rango granulométrico de arena gruesa

Fuente: Pertenece al ejecutor

La curva granulométrica del AF desempeña los límites granulométricos establecidos en la NTP 400.012; se puede visualizar en el detalle de la curva roja que se encuentra dentro de los parámetros establecidos. La curva granulométrica muestra una variabilidad mínima en los tamaños de partículas, lo que sugiere una buena uniformidad del material. Esto es importante para asegurar la consistencia en las proporciones del concreto.

- **Ensayo de humedad de la arena**

Tabla 13: Humedad de la arena

Referencia	: Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185		
I.- Datos			
Peso de muestra húmeda	(gr.)	1126.76	1126.76
Peso de muestra seca	(gr.)	1108	1108
Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
Contenido de humedad	(%)	1.69	1.69
Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.69	

Fuente: Pertenece al ejecutor

- **Ensayo de peso específico y absorción de la arena**

Tabla 14: Absorción y peso específico de la arena

<u>Referencia</u>	: Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022
-------------------	-------------------------------------

I.- Datos.

Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	1009.6	1009.6
Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	701.1	701.1
Peso del Agua	(g)	308.5	308.5
Peso de la Arena Secada al Homo + Peso del Frasco	(g)	696.5	696.5
Peso del Frasco	(g)	201.1	201.1
Peso de la Arena Secada al Homo	(g)	495.4	495.4
Volumen del frasco	(g)	500.0	500.0

II.- Resultados

PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.586
PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.610
PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.650
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.94

Fuente: Pertenece al ejecutor

- **Ensayo de peso unitario de la arena gruesa**

Tabla 15: Peso unitario de la arena

<u>Referencia</u>	: Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017
-------------------	------------------------------------

1.- PESO UNITARIO SUELTO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9061	9067
Peso del recipiente	(gr.)	0	0
Peso del material		9061	9067
Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1632	1633
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1429	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	10362	10364
Peso del recipiente	(gr.)	0	0
Peso del material		10362	10364
Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1866	1866
Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1634	

Fuente: Pertenece al ejecutor

- **Granulometría Agregado grueso – Confitillo**

Tabla 16: Producto de prueba granulométrica del confitillo

Cantera : Confitillo - Tres Tomas-Ferreñafe.

P. Inicial H. 1010.92

P. Inicial S. 1000

% = 1.11

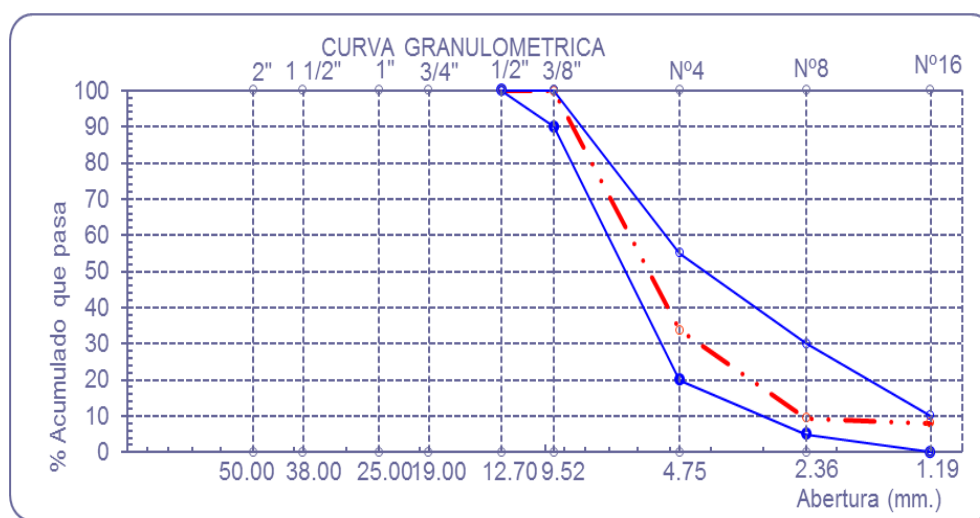
Malla		Peso Ret.	(% Ret.	(% Acum. Ret.	(% Acum. Que Pasa	Especificaciones HUSO 89	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.70	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.52	1.5	0.1	0.1	99.9	90.0	100.0
Nº 04	4.75	660.3	66.0	66.2	33.8	20.0	55.0
Nº 08	2.36	244.1	24.4	90.6	9.4	5.0	30.0
Nº 16	1.19	13.4	1.3	91.9	8.1	0.0	10.0
Fondo		80.6	8.1	100.0	0.0		
Tamaño Maximo			1/2"	38.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/8"	25.00			

Fuente: Pertenciente del ejecutor

La tabla contiene los resultados de un análisis gradual del confitillo proveniente de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe. Entre los datos evaluados nos indica que el TM es de 1/2" y el TMN es de 3/8"; Los valores se comparan con las especificaciones de la norma HUSO 89.

La mayoría de la acumulación de porcentajes que pasan por los tamices cumplen con los rangos permitidos por la NTP 400.012. Esto sugiere que el agregado es adecuado para su uso en la construcción, cumpliendo con los estándares de calidad requeridos.

Gráfica 3: Gradación del confitillo



Fuente: Pertenciente del ejecutor

La curva granulométrica indica que el confitillo tiene una buena gradación, con una distribución uniforme de tamaños de partículas. Esto es favorable para la trabajabilidad y cohesión del concreto, ya que una buena gradación mejora las propiedades mecánicas del material.

- **Ensayo de humedad del Confitillo**

Tabla 17: Humedad del confitillo

<u>Referencia</u>	: Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185		
I.- Datos			
A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1152.51	1152.51
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1147	1147
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.48	0.48
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.48	

Fuente: Pertenece al ejecutor

- **Ensayo de peso específico y absorción del confitillo**

Tabla 18: Peso específico y absorción del confitillo

<u>Referencia</u>	: Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021		
<u>I.- Datos.</u>			
Peso del confitillo Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	991.0	991.0
Peso del confitillo Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	685.0	685.0
Peso del Agua	(g)	306.0	306.0
Peso del confitillo Secada al Homo + Peso del Frasco	(g)	682.7	682.7
Peso del Frasco	(g)	185.0	185.0
Peso del confitillo Secada al Homo	(g)	497.7	497.7
Volumen del frasco	(g)	500.0	500.0
<u>II.- Resultados</u>			
PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.566	
PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.578	
PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.597	
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.47	

Fuente: Pertenece al ejecutor

- **Ensayo de peso unitario de la arena gruesa**

Tabla 19: Peso unitario del confitillo

Referencia	: Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017		
1.- PESO UNITARIO SUELTO			
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8010	8034
Peso del recipiente	(gr.)	0	0
Peso del material		8010	8034
Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1471	1476
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1457	
2.- PESO UNITARIO COMPACTADO			
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9188	9198
Peso del recipiente	(gr.)	0	0
Peso del material		9188	9198
Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1688	1690
Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1670	

Fuente: Pertenciente del ejecutor

Características de diseño de mezcla del concreto patrón

- **Resistencia a compresión de Probetas**

Tabla 20: Resistencia a compresión DP evaluado en probetas

$$f'c = 175.0 \text{ kgf/cm}^2$$

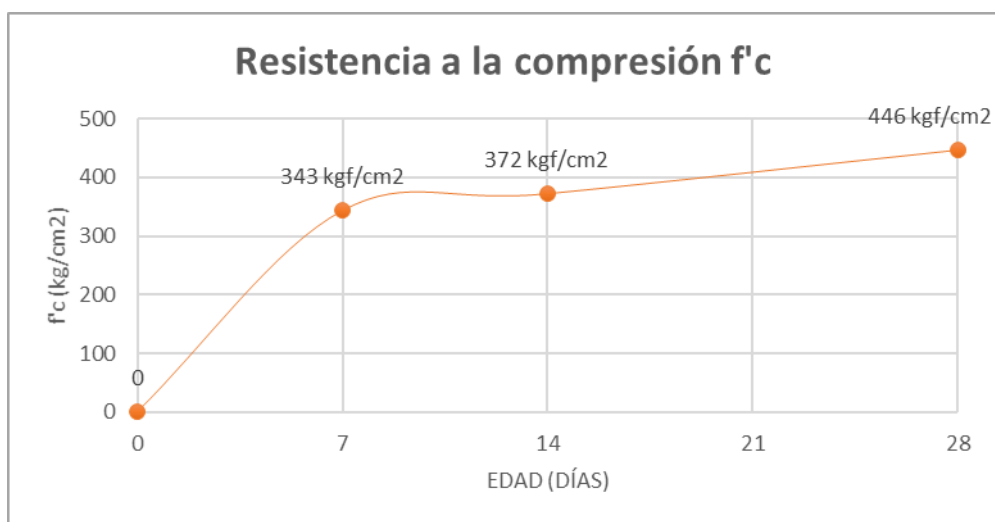
	F'c (kg/cm²)	EDAD	F'c (kg/cm²)
Probeta diseño M-P	317.6 kgf/cm ²	7	343.0 kgf/cm ²
Probeta diseño M-P	357.7 kgf/cm ²	7	
Probeta diseño M-P	353.8 kgf/cm ²	7	
Probeta diseño M-P	363.1 kgf/cm ²	14	371.7 kgf/cm ²
Probeta diseño M-P	361.8 kgf/cm ²	14	
Probeta diseño M-P	390.1 kgf/cm ²	14	
Probeta diseño M-P	476.9 kgf/cm ²	28	446.2 kgf/cm ²
Probeta diseño M-P	432.2 kgf/cm ²	28	
Probeta diseño M-P	429.4 kgf/cm ²	28	

Fuente: Pertenciente del ejecutor

Podemos analizar las resistencias registradas para cada uno de los días de ensayo realizados en las probetas cilíndricas, que se llevaron a cabo a los 7, 14 y 28 días, respectivamente. A los 28 días, se obtuvo una resistencia de 446.2 kg/cm². Estas altas resistencias son significativas,

ya que se utilizó cemento Cemex tipo I, el cual demuestra un excelente desempeño tanto en resistencias iniciales como finales.

Gráfica 4: Línea de tendencia de capacidad de carga a la compresión de probetas de DP



Fuente: Perteneciente del ejecutor

Se puede observar que la curva de tendencia obtenida del ensayo de probetas presenta una inclinación ascendente, lo cual es un indicativo positivo. La resistencia de diseño fue de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, y al llegar a los 28 días, cuando la muestra alcanza el 100% de su resistencia, se sitúa por encima de este valor, con un $f'c$ de 446.2 kg/cm^2 .

Caracterización de la proporción de mezcla para Bloques de concreto y adiciones

Tabla 21: Dosificación del EPS

PORCENTAJES DE POLIESTIRENO EXPANDIDO				
Para una probeta / peso de materiales Arena y Confitillo				
Vol. Ag + Af	5.238 kg			
H =	20 cm		Cantidad:	51 Und.
PORCENTAJES PE	Alt. en % PE	Peso gr	Peso x Cant. Probetas	
10 %	2 cm	9.51	485.01 gr	0.49 kg
20 %	4 cm	18.81	959.31 gr	0.96 kg
30 %	6 cm	28.48	1452.48 gr	1.45 kg

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Posteriormente al diseño patrón trabajamos los porcentajes de adición para la producción de los bloques de concreto con poliestireno expandido y SNS 360; la cual se detalla en el cuadro resumen de los resultados con respecto a cada porcentaje indicado por el evaluador.

En el caso de la dosificación del SNS 360 se trabajó de acuerdo con el peso del cemento el cual cumple con indicador importante para el diseño, esta recomendación de dosificación también establecida por el proveedor del producto en este caso la empresa CH33.

Tabla 22: Síntesis de la proporción de mezcla para producción de bloques

Elaboración 51 und. por diseño	Bloque diseño Patron	Bloque 10% PE + 4% SNS 360	Bloque 20% PE + 4% SNS 360	Bloque 30% PE + 4% SNS 360
Materiales	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad
Cemento	99.54 kg	99.54 kg	99.54 kg	99.54 kg
Agua	62.61 Lt	62.61 Lt	62.61 Lt	62.61 Lt
Arena	259.82 kg	259.82 kg	259.82 kg	259.82 kg
Confitillo	218.16 kg	218.16 kg	218.16 kg	218.16 kg
PE (gr)	-	485.01 gr	959.31 gr	1452.48 gr
SNS 360	-	4.20	4.20	4.20

Fuente: Pertenece del ejecutor

Se presenta la cantidad de cada agregado que se empleará para fabricar 51 unidades que conforman un lote. En total se trabajará con 4 lotes: uno corresponde a los bloques patrón y los otros tres incluyen la adición de poliestireno expandido y SNS 360. en distintas combinaciones como se da al caso de (10% + 4%, 20% + 4% y 30% + 4%) respectivamente.

- Resistencia a la Permeabilidad

Tabla 23: Resultado de Permeabilidad, bloques de concreto diseño patrón

Muestra N°	Descripción de la Muestra (Kg/cm ²)	Edad	Tiempo	Cara	Penetración Máxima (mm)		
		(Días)	(72 ± 2 Horas)		Unidad	Promedio	Clase de exposición
M - 1	CONCRETO 175 Kg/cm ² - Bloque patrón	28	72	A	34.74	23.61	Cumple para elementos en masa o armados
				B	26.7		
M - 2	CONCRETO 175 Kg/cm ² - Bloque patrón	28	72	A	20.36		
				B	15.36		
M - 3	CONCRETO 175 Kg/cm ² - Bloque patrón	28	72	A	22.33		
				B	22.16		

Fuente: Pertenece del ejecutor

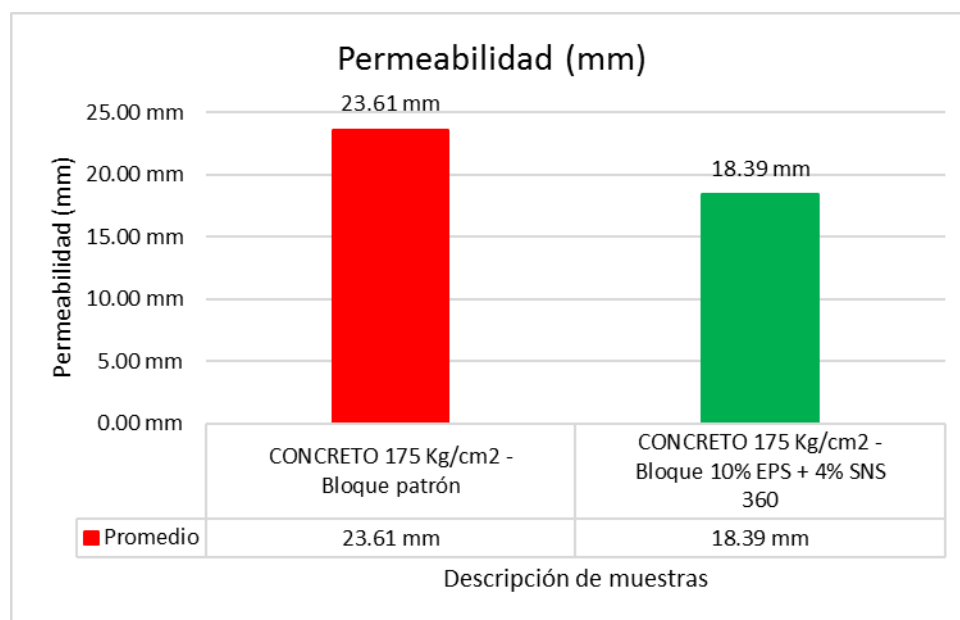
Un menor valor de penetración indica una mayor resistencia del concreto al paso de agua, lo que implica un concreto más durable. En este caso, el promedio de penetración es 23.61 mm, lo cual parece alinearse con los niveles adecuados para elementos en masa o armados, según las normativas de exposición ambiental.

Tabla 24: Resultado de Permeabilidad, bloques de concreto diseño 10% EPS + 4% SNS 360

Muestra N°	Descripción de la Muestra (Kg/cm ²)	Edad	Tiempo	Cara	Penetración Maxima (mm)		
		(Dias)	(72 ± 2 Horas)		Unidad	Promedio	Clase de exposición
M - 1	CONCRETO 175 Kg/cm ² - Bloque 10% EPS + 4% SNS 360	28	72	A	20.45	18.39	Cumple para elementos en masa o armados
				B	19.11		
M - 2	CONCRETO 175 Kg/cm ² - Bloque 10% EPS + 4% SNS 360	28	72	A	19.22		
				B	19.01		
M - 3	CONCRETO 175 Kg/cm ² - Bloque 10% EPS + 4% SNS 360	28	72	A	16.44		
				B	16.09		

Fuente: Perteneciente del ejecutor

En este caso, el promedio de penetración es 18.39 mm, lo cual se encuentra en un rango menor con los niveles adecuados para elementos en masa o armados, según las normativas de exposición ambiental. Por otro lado, cabe recalcar que está en un rango que lo caracteriza como diseño óptimo en cuanto a la comparación con el diseño patrón, por lo que se determina a ser un diseño adecuado para estructuras expuestas a condiciones severas.

Gráfica 5: Comparación de Permeabilidad

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Se observa una reducción de la penetración del diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 con una penetración de 18.39 mm, con respecto al diseño patrón que indica una penetración de 23.61 mm, lo que indica mejoras en la impermeabilidad del concreto. Esto puede atribuirse a la densificación de la microestructura o al comportamiento del aditivo como barrera a la permeación.

- **Resistencia Ion Cloruro**

Tabla 25: Registro de medidas de discos cortados - DP

DATOS DE LAS PROBETAS PARA EL ENSAYO DE PENETRACION DE ION CLORURO								
'atrón	DIÁMETRO				ESPESOR			
Muestra	D 1(mm)	D 2mm)	D 3(mm)	Dprom (mm)	e-1(mm)	e-2(mm)	e-3(mm)	Dprom (mm)
DP-1	100.00	100.00	100.00	100.00	51.26	51.05	51.09	51.13
DP-2	100.00	100.00	100.00	100.00	51.96	52.01	51.69	51.89
DP-3	100.00	100.00	100.00	100.00	51.14	51.78	51.23	51.38

Fuente: Perteneciente del ejecutor

La tabla detalla las medidas promedio de los cortes de concreto para el ensayo acorde de la norma indicada que establece diámetro y espesor mínimo para su ejecución.

Tabla 26: Registro de corriente en lapsos de 30 min.

Registro de Datos		DP-1	DP-2	DP-3
Dato N°	t (30min)	in (A)	in (A)	in (A)
1	0	0.00745	0.00757	0.0077
2	30	0.00746	0.00758	0.00771
3	60	0.00747	0.00759	0.00772
4	90	0.00748	0.0076	0.00773
5	120	0.00749	0.00761	0.00774
6	150	0.0075	0.00763	0.00776
7	180	0.00751	0.00765	0.00778
8	210	0.00751	0.00766	0.00778
9	240	0.00754	0.00767	0.00779
10	270	0.00755	0.00768	0.0078
11	300	0.00756	0.00769	0.00781
12	330	0.00757	0.00769	0.00782
13	360	0.00758	0.0077	0.00783

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Este registro se realiza en lapsos de 30 min por un tiempo final de 6 horas medidas por un multitester.

Tabla 27 : Determinación y Ajuste de carga pasante

Muestra	Q (coulombs)	Muestra	Q (coulombs)
DP-1	162.144	DP-1	146.335
DP-2	165.033	DP-2	148.942
DP-3	167.769	DP-3	151.412
Qpromedio (Coulombs)	164.982	Qpromedio (Coulombs)	148.896

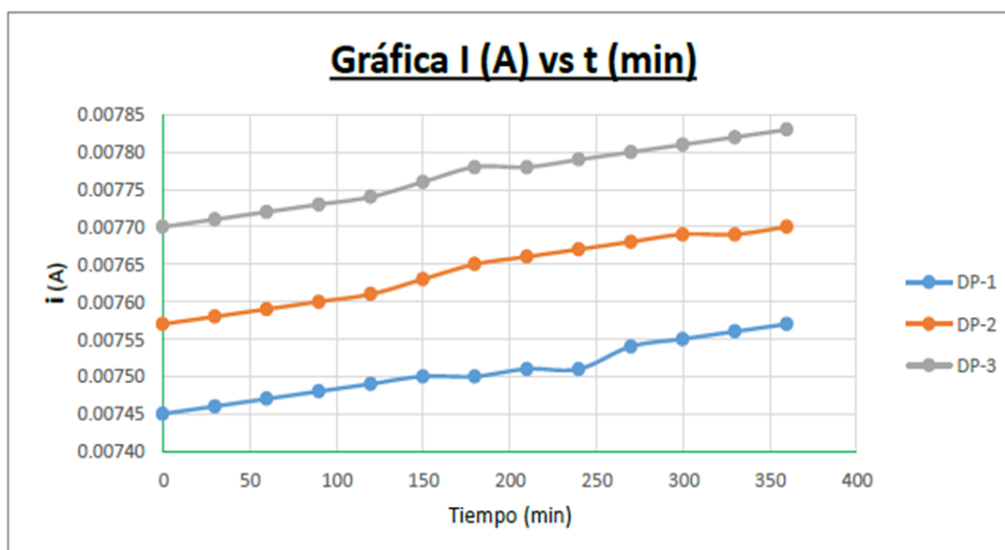
Fuente: Perteneciente del ejecutor

Tabla 28: Comparación de cargas

MUESTRA	PENETRABILIDAD
DP-1	Muy Baja
DP-2	Muy Baja
DP-3	Muy Baja
EVALUACIÓN PROMEDIO	MUY BAJA

Fuente: Perteneciente del ejecutor

La tabla mostrada determina el nivel de penetrabilidad de las muestras sometidas, a ello se le hizo un análisis con los parámetros de la norma indicada para el ensayo en la que determinamos que está en un rango de (100 – 1000) de carga pasada (coulombs), entonces quiere decir que tiene muy baja penetrabilidad.

Gráfica 6: Agrupamiento de cargas, corriente vs tiempo

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Esta determinación de gráfica nos ayuda a reconocer el comportamiento de la corriente (i) en función del tiempo (min). A lo largo del tiempo se visualiza un incremento gradual en los 3 casos, lo que sugiere un aumento en la conductividad iónica del concreto. En conjunto, estos resultados evidencian variaciones en la capacidad de los especímenes para resistir la penetración de cloruros, un aspecto fundamental para evaluar su durabilidad en entornos agresivos.

Tabla 29: Registro de medidas de discos cortados – diseño 10% EPS + 4% SNS 360

DATOS DE LAS PROBETAS PARA EL ENSAYO DE PENETRACION DE ION CLORURO								
Patrón + 10%EPS +4%SNS	DIÁMETRO				ESPESOR			
Muestra	D 1(mm)	D 2mm)	D 3(mm)	Dprom (mm)	e-1(mm)	e-2(mm)	e-3(mm)	Dprom (mm)
DP-1	100.00	100.00	100.00	100.00	51.31	51.10	51.14	51.18
DP-2	100.00	100.00	100.00	100.00	52.01	52.06	51.74	51.94
DP-3	100.00	100.00	100.00	100.00	51.19	51.83	51.28	51.43

Fuente: Pertenciente del ejecutor

Tabla 30: Registro de corriente en lapsos de 30 min.

Registro de Datos		DP-1	DP-2	DP-3
Dato N°	t (30min)	in (A)	in (A)	in (A)
1	0	0.00799	0.00803	0.00801
2	30	0.00800	0.00804	0.00802
3	60	0.00801	0.00805	0.00803
4	90	0.00802	0.00806	0.00804
5	120	0.00803	0.00807	0.00805
6	150	0.00804	0.00810	0.00806
7	180	0.00804	0.00811	0.00809
8	210	0.00805	0.00812	0.00809
9	240	0.00805	0.00813	0.00810
10	270	0.00807	0.00814	0.00811
11	300	0.00809	0.00815	0.00812
12	330	0.00810	0.00815	0.00813
13	360	0.00811	0.00816	0.00814

Fuente: Pertenciente del ejecutor

Este registro se realiza en lapsos de 30 min por un tiempo final de 6 horas medidas por un multitestester.

Tabla 31: Determinación y Ajuste de carga pasante

Muestra	Q (coulombs)	Muestra	Qs (coulombs)
DP-1	173.79	DP-1	156.845
DP-2	174.987	DP-2	157.926
DP-3	174.447	DP-3	157.438
Qpromedio (Coulombs)	174.408	Qpromedio (Coulombs)	157.403

Fuente: Pertenciente del ejecutor

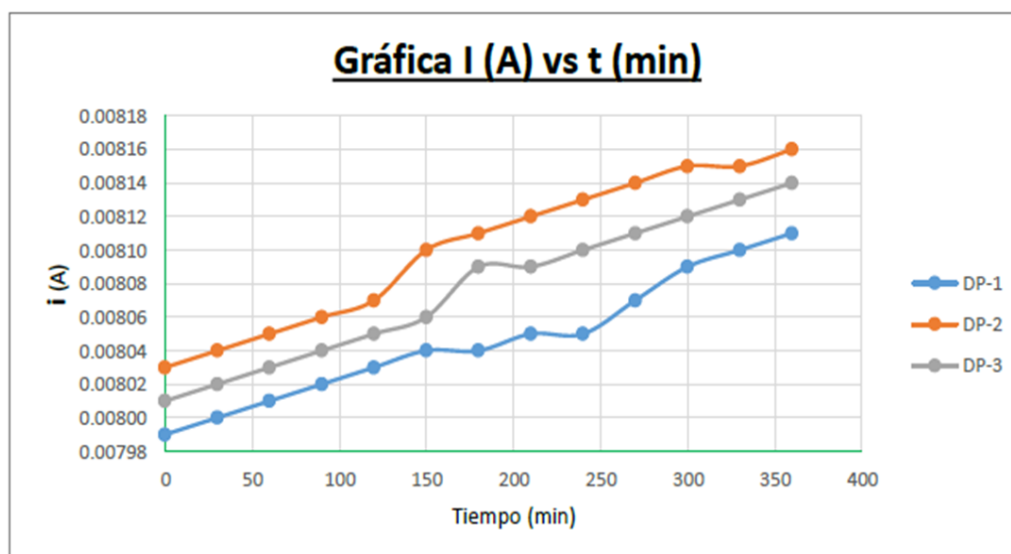
Dentro de la evaluación de ión cloruro a las muestras hemos llegado a una variación entre el diseño patrón y el diseño de 10% EPS + 4% SNS 360, debido a que el diseño patrón genera una carga menor a las muestras de adición con una varianza de 8.507 de carga entre ambas; esto cabe indicar que nuestro diseño patrón genera una carga más deseable y recalcar que a pesar de ello se estable estar en el mismo rango ambos diseños.

Tabla 32: Comparación de cargas

MUESTRA	PENETRABILIDAD
DP-1	Muy Baja
DP-2	Muy Baja
DP-3	Muy Baja
EVALUACIÓN PROMEDIO	MUY BAJA

Fuente: Perteneciente del ejecutor

La tabla mostrada determina el nivel de penetrabilidad de las muestras sometidas, a ello se le hizo un análisis con los parámetros de la norma indicada para el ensayo en la que determinamos que está en un rango de (100 – 1000) de carga pasada (coulombs), entonces quiere decir que tiene muy baja penetrabilidad.

Gráfica 7: Agrupamiento de cargas, corriente vs tiempo

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Esta determinación de gráfica nos ayuda a reconocer el comportamiento de la corriente (i) en función del tiempo (min). A lo largo del tiempo se visualiza un incremento gradual en los 3 casos, lo que sugiere un aumento en la conductividad iónica del concreto. En conjunto, estos resultados evidencian variaciones en la capacidad de los especímenes para resistir la penetración de cloruros, un aspecto fundamental para evaluar su durabilidad en entornos agresivos.

- **Resistencia por sulfatos**

Tabla 33: Modificación de Long - DP

Semenas / Barras	M1	M2	M3
	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura Inicial	2.162	4.299	1.960
Semana 1	2.341	4.371	2.016
Semana 2	2.379	4.407	2.069
Semana 3	2.415	4.435	2.119
Semana 4	2.450	4.519	2.253
Longitud nominal del calibre	250		

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Tabla 34: Extensión Unitaria - DP

Variación de Longitud	Δ M1	Δ M2	Δ M3	Δ Promedio
Semana 1	0.07 %	0.03 %	0.02 %	0.041 %
Semana 2	0.09 %	0.04 %	0.04 %	0.058 %
Semana 3	0.10 %	0.05 %	0.06 %	0.073 %
Semana 4	0.12 %	0.09 %	0.12 %	0.107 %

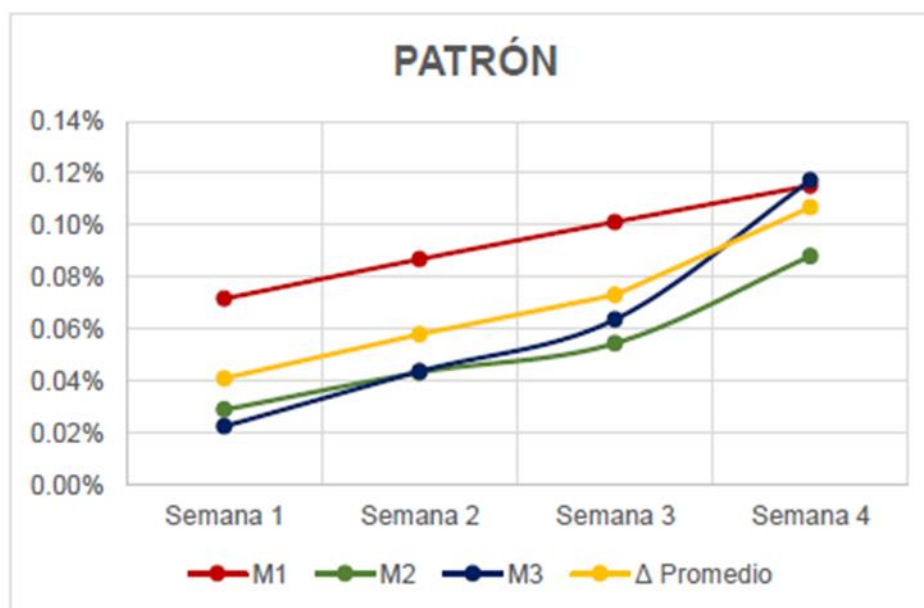
Fuente: Perteneciente del ejecutor

En la primera tabla se registran las lecturas iniciales y las medidas semanales de longitud de tres barras (M1, M2, M3). A lo largo de cuatro semanas, las tres barras muestran un incremento continuo en su longitud, lo que refleja una expansión del material.

La segunda tabla presenta la variación porcentual de longitud semanal de las barras. El promedio de expansión comienza en 0.041% la primera semana y aumenta gradualmente hasta 0.107% en la cuarta semana.

El ensayo indica una expansión progresiva de las barras, siendo M1 la que mayor variación muestra, seguida de M3 y M2. Según la norma ASTM C 1012-04, la expansión observada hasta la cuarta semana se mantiene dentro de límites aceptables, lo que sugiere que esta evaluación tiene una **resistencia moderada a la penetración de sulfatos**. Sin embargo, el continuo incremento de la expansión indica que es necesario un monitoreo a largo plazo para evaluar la durabilidad real del material en entornos agresivos.

Gráfica 8: Varianza de Long. por semana - DP



Fuente: Perteneciente del ejecutor

Tabla 35: Modificación de Long diseño 10% EPS + 4% SNS 360

Semanas / Barras	M1	M2	M3
	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura Inicial	3.342	3.586	3.622
Semana 1	3.413	3.626	3.671
Semana 2	3.464	3.676	3.735
Semana 3	3.49	3.700	3.772
Semana 4	3.599	3.817	3.891
Longitud nominal del calibre	250		

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Tabla 36: Extensión unitaria diseño 10% EPS + 4% SNS 360

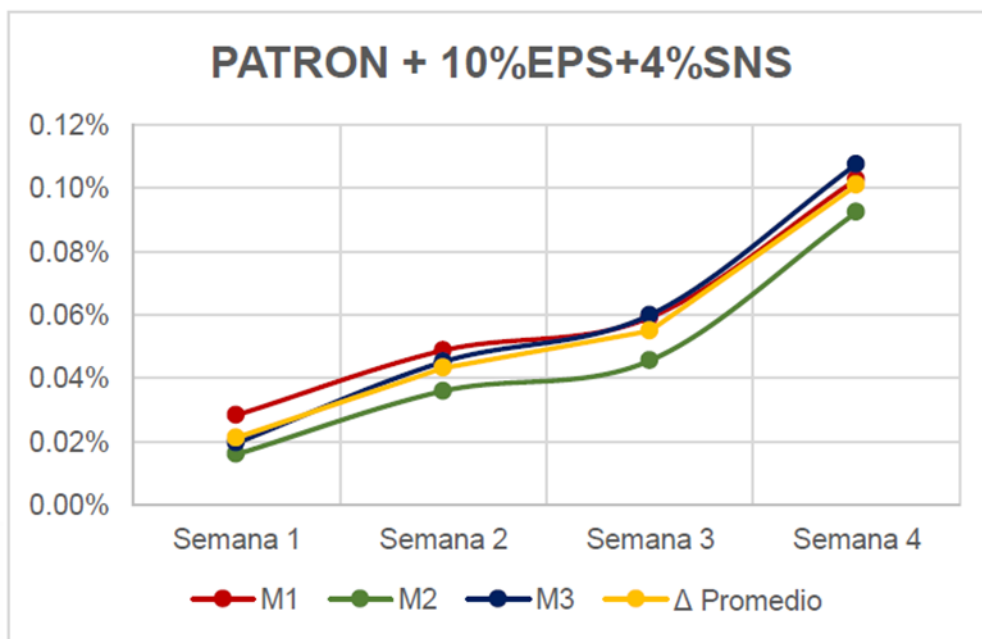
Variación de Longitud	Δ M1	Δ M2	Δ M3	Δ Promedio
Semana 1	0.03 %	0.02 %	0.02 %	0.021 %
Semana 2	0.05 %	0.04 %	0.05 %	0.043 %
Semana 3	0.06 %	0.05 %	0.06 %	0.055 %
Semana 4	0.00 %	0.09 %	0.11 %	0.101 %

Fuente: Perteneciente del ejecutor

La primera tabla muestra las mediciones iniciales y semanales de tres muestras (M1, M2, M3) en milímetros. Se observa un incremento progresivo en las longitudes de las barras durante las cuatro semanas del ensayo.

La segunda tabla refleja el porcentaje de variación de longitud semanal. El promedio de la expansión acumulada para las tres muestras alcanza su máximo en la cuarta semana (0.101%). Según la norma ASTM C 1012-04, estos incrementos permiten evaluar la durabilidad del material frente a la acción de los sulfatos. Los valores obtenidos indican una expansión moderada, lo que sugiere una resistencia aceptable del material a la degradación por sulfatos.

Gráfica 9: Varianza de Long. por semana – diseño 10% EPS + 4% SNS 360



Fuente: Perteneciente del ejecutor

Resultados de las propiedades físicas de los bloques

- **Variación dimensional de los bloques**

Tabla 37: Producto prueba de variación dimensional

	ESPÉCIMEN N°	LARGO (mm)							ANCHO (mm)							ALTURA (mm)						
		L1	L2	L3	L1	L2	L3	LP	A1	A2	A3	A1	A2	A3	AP	H1	H2	H3	H1	H2	H3	HP
PATRON	B-01	394.00	392.00	390.00	390.00	392.00	394.00	392.00	120.37	123.88	121.23	125.84	130.26	124.84	124.40	190.00	192.00	190.00	191.00	191.00	190.00	190.67
	B-02	391.00	393.00	394.00	390.00	391.00	392.00	391.83	121.44	122.51	120.68	127.29	131.44	128.43	125.30	191.00	190.00	190.00	191.00	190.00	189.00	190.17
	B-03	392.00	393.00	392.00	390.00	392.00	391.00	391.67	121.53	123.39	119.64	126.50	130.16	126.39	124.60	192.00	189.00	190.00	191.00	190.00	190.00	190.33
10% + 4%	B-01	391.00	393.00	395.00	391.00	394.00	396.00	393.33	120.37	122.38	121.23	124.40	129.25	125.09	123.79	190.00	189.00	190.00	189.00	190.00	191.00	189.83
	B-02	391.00	393.00	394.00	391.00	393.00	394.00	392.67	121.26	122.91	120.21	125.58	129.53	121.43	123.49	191.00	190.00	190.00	189.00	190.00	189.00	189.83
	B-03	391.00	392.00	394.00	391.00	393.00	394.00	392.50	122.03	122.28	119.80	124.35	127.70	124.16	123.39	192.00	190.00	193.00	189.00	188.00	187.00	189.83
20% + 4%	B-01	392.00	392.00	394.00	391.00	393.00	396.00	393.00	120.64	123.00	121.42	124.94	130.96	126.50	124.58	191.00	191.00	189.00	188.00	192.00	190.00	190.17
	B-02	391.00	393.00	394.00	392.00	394.00	395.00	393.17	120.90	122.80	120.73	125.58	129.53	121.43	123.50	193.00	191.00	190.00	189.00	189.00	191.00	190.50
	B-03	391.00	393.00	394.00	392.00	394.00	395.00	393.17	120.90	122.80	120.73	125.58	129.53	121.43	123.50	191.00	191.00	190.00	189.00	190.00	191.00	190.33
30% + 4%	B-01	394.00	394.00	394.00	390.00	392.00	391.00	392.50	120.24	123.12	120.78	123.47	129.78	124.94	123.72	189.00	190.00	191.00	190.00	189.00	191.00	190.00
	B-02	395.00	394.00	393.00	392.00	393.00	395.00	393.67	120.87	124.83	121.02	125.73	128.84	124.51	124.30	192.00	191.00	190.00	190.00	192.00	191.00	191.00
	B-03	393.00	394.00	396.00	391.00	393.00	395.00	393.67	120.79	122.88	120.74	125.96	129.85	126.63	124.48	191.00	189.00	188.00	192.00	189.00	190.00	189.83

Medida Promedio (mm)

Medida Especificada del fabricante (mm)

Desviación estándar

Variación Dimensional Máxima según Norma E.070 (%)

MP =	392.76
ME =	390.00
σ =	0.68
	± 2 %
	Ok

MP =	124.09
ME =	120.00
σ =	0.61
	± 4 %
	Ok

MP =	190.21
ME =	190.00
σ =	0.38
	± 3 %
	Ok

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Observamos que el promedio de la medición de los bloques de concreto tanto patrón y/o con adición nos indica que, hay una ligera variación con respecto a las medidas efectivas de diseño, además se corrobora con el rango mínimo establecido en la norma técnica E.070, lo cual indicamos que se encuentra dentro del parámetro establecido y a modo de ver si estas variaciones son aceptables o no para su uso en la mampostería.

- Alabeo

Tabla 38: Producto de prueba de alabeo

	ESPÉCIMEN N°	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)			MEDIDA CARA INFERIOR (mm)		
		Convexidad		Concavidad	Convexidad		Concavidad
		Lado Izq. (M1)	Lado Der. (M3)	Centro (M2)	Lado Izq. (M1)	Lado Der. (M3)	Centro (M2)
PATRON	B-01	2.15	1.45				
	B-02			1.92	0.45	1.19	
	B-03	1.21	0.83				1.23
10% EPS + 4% SNS 360	B-01	1.71	0.26				0.86
	B-02	1.50	0.90				0.68
	B-03	1.11	1.45				1.72
20% EPS + 4% SNS 360	B-01	1.20	0.96				
	B-02	1.80	1.40				
	B-03			1.82	1.89	1.35	
30% EPS + 4% SNS 360	B-01	0.47	1.91				1.56
	B-02	0.20	2.87		0.38	1.29	
	B-03	2.43	1.22				
	PROMEDIO (mm)	1.38	1.33	1.87	0.91	1.28	1.21
	ALABEO (máx. mm)	4	4	4	4	4	4
		Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Fuente: *Perteneciente del ejecutor*

Se observa que presentan un alabeo promedio máximo de 1.38 mm de concavidad y 1.87 en convexidad; la cual están cumpliendo el parámetro indicado en la norma E.070 que nos indica un alabeo máximo de 4 mm.

- Absorción

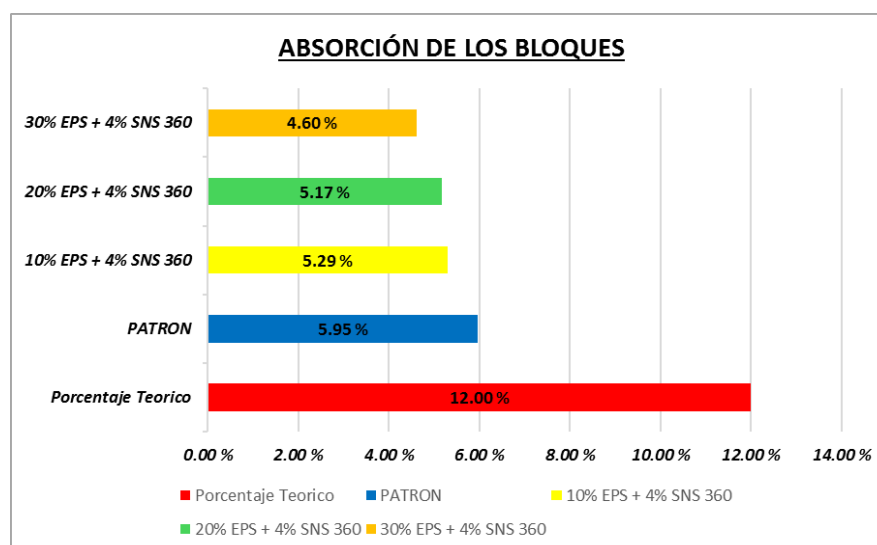
Tabla 39: Producto de prueba de absorción

PATRON		PESO			ABSORCIÓN
ESPÉCIMEN N°	Peso Natural (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Saturado 24h (gr)		(%)
B-01	15,910.00	15,480.00	16,420.00		6.07
B-02	15,950.00	15,650.00	16,570.00		5.88
B-02	15,760.00	15,410.00	16,320.00		5.91
				PROMEDIO	5.95 %
				% Absorción max.	12.00 %
10% EPS + 4% SNS 360					Ok
ESPÉCIMEN N°	Peso Natural (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Saturado 24h (gr)		ABSORCIÓN (%)
B-01	15,020.00	14,700.00	15,440.00		5.03
B-02	15,110.00	14,620.00	15,400.00		5.34
B-02	15,040.00	14,510.00	15,310.00		5.51
				PROMEDIO	5.29 %
				% Absorción max.	12.00 %
20% EPS + 4% SNS 360					Ok
ESPÉCIMEN N°	Peso Natural (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Saturado 24h (gr)		ABSORCIÓN (%)
B-01	15,189.00	14,720.00	15,540.00		5.57
B-02	15,089.00	14,690.00	15,450.00		5.17
B-02	15,311.00	14,920.00	15,630.00		4.76
				PROMEDIO	5.17 %
				% Absorción max.	12.00 %
30% EPS + 4% SNS 360					Ok
ESPÉCIMEN N°	Peso Natural (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Saturado 24h (gr)		ABSORCIÓN (%)
B-01	14,950.00	14,490.00	15,220.00		5.04
B-02	14,770.00	14,460.00	15,070.00		4.22
B-02	14,800.00	14,480.00	15,140.00		4.56
				PROMEDIO	4.60 %
				% Absorción max.	12.00 %
					Ok

Fuente: Pertenciente del ejecutor

En el ensayo de absorción realizado, los bloques con diseño patrón tienen una absorción promedio de 5.95%. Los bloques con adición óptimos son los de 30% EPS + 4% SNS 360, con una absorción de 4.60%, menor que los otros diseños

Gráfica 10: Limitación de absorción de los bloques



Fuente: Pertenciente del ejecutor

Podemos visualizar la gráfica que hay un comportamiento aceptable de porcentaje de absorción Según la NTP 399.602, ya que establece un máximo porcentaje de absorción del 12% y a manera de interpretación se deduce que los diseños elaborados se encuentran por debajo del parámetro establecido; todos los diseños ensayados cumplen con este parámetro y por ende el diseño que absorbe menor agua es de 30% EPS + 4% SNS 360.

- **Succión**

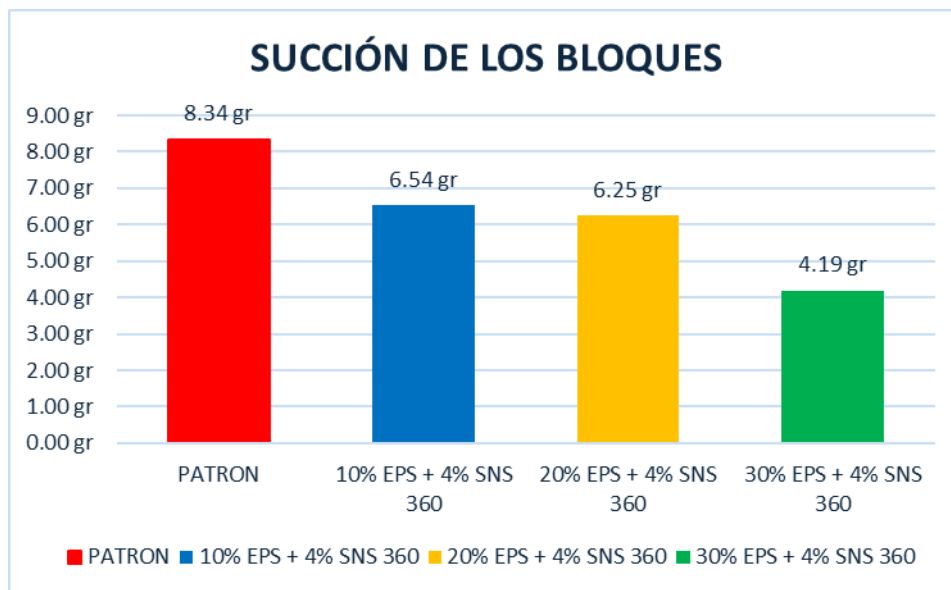
Tabla 40: Producto de prueba de succión

Patron						
ESPÉCIMEN N°	LARGO "L" (mm)	ANCHO "B" (mm)	PESO (gr)		ÁREA BRUTA (cm²)	S (gr)
			Inicial – Seco	Final + Agua		
B-01	391.00	122.54	15,480.00	15,510.00	479.13	12.52
B-02	391.00	123.21	15,650.00	15,660.00	481.75	4.15
B-03	391.00	122.56	15,410.00	15,430.00	479.21	8.35
					PROMEDIO	8.34
10% EPS + 4% SNS 360						
ESPÉCIMEN N°	LARGO "L" (mm)	ANCHO "B" (mm)	PESO (gr)		ÁREA BRUTA (cm²)	S (gr)
			Inicial – Seco	Final + Agua		
B-01	391.00	122.08	14,700.00	14,710.00	306.00	6.54
B-02	391.00	121.84	14,620.00	14,630.00	306.00	6.54
B-03	391.00	122.29	14,510.00	14,520.00	306.00	6.54
					PROMEDIO	6.54
20% EPS + 4% SNS 360						
ESPÉCIMEN N°	LARGO "L" (mm)	ANCHO "B" (mm)	PESO (gr)		ÁREA BRUTA (cm²)	S (gr)
			Inicial – Seco	Final + Agua		
B-01	391.00	122.54	14,720.00	14,730.00	479.13	4.17
B-02	391.00	123.21	14,690.00	14,710.00	481.75	8.30
B-03	391.00	122.56	14,705.00	14,720.00	479.21	6.26
					PROMEDIO	6.25
30% EPS + 4% SNS 360						
ESPÉCIMEN N°	LARGO "L" (mm)	ANCHO "B" (mm)	PESO (gr)		ÁREA BRUTA (cm²)	S (gr)
			Inicial – Seco	Final + Agua		
B-01	391.00	121.78	14,490.00	14,500.00	476.16	4.20
B-02	391.00	121.78	14,520.00	14,530.00	476.16	4.20
B-03	391.00	122.33	14,540.00	14,550.00	478.31	4.18
					PROMEDIO	4.19

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Detallando los valores encontrados en el ensayo de succión llegamos a detallar que el bloque con diseño patrón tiene el valor más alto entre todos los grupos, lo que sugiere que las muestras sin aditivos absorben más agua; para ello decimos que el diseño con el 30% EPS + 4% SNS 360 tiene una minoría significativa en la absorción de agua comparado con el patrón. Esto sugiere que las adiciones disminuyen la porosidad o la capacidad de succión del material.

Gráfica 11: Comparación de succión en bloques



Fuente: *Perteneciente del ejecutor*

En el gráfico resumen de barras del ensayo de succión visualizamos una minoría progresiva con respecto al diseño patrón, en efecto podemos detallar que los aditivos a medida que aumenta la proporción, la capacidad de absorción de agua disminuye. Esto indica que los aditivos mejoran la resistencia del material a la succión, posiblemente cerrando los poros o reduciendo la capilaridad. Por otro tema técnico podemos decir que la implicancia en el desempeño estructural los materiales con menor succión tienden a ser más duraderos en ambientes húmedos, ya que absorben menos agua, lo que podría ayudar a prevenir problemas como eflorescencias o debilitamiento estructural.

Resultados de las propiedades mecánicas de los bloques

- Resistencia a la compresión ($f'b$)

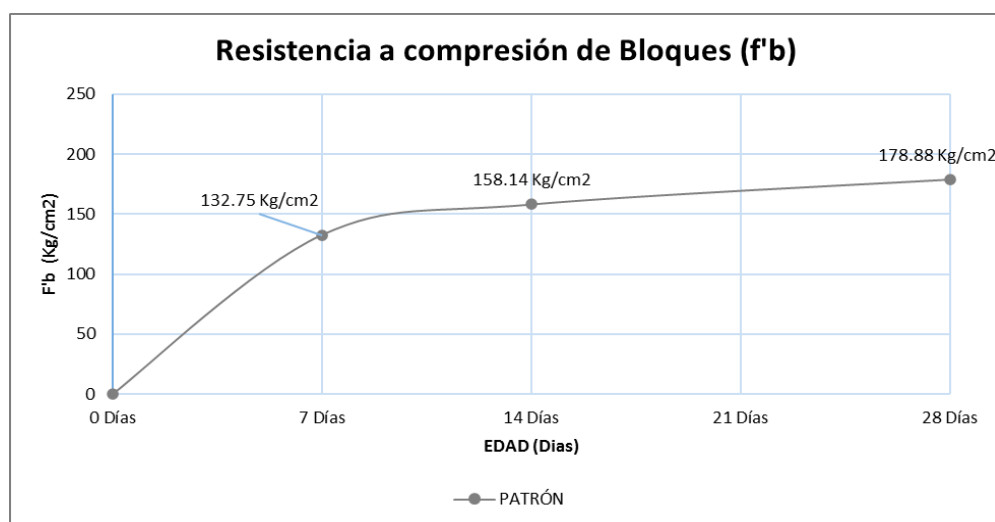
Tabla 41: Producto de prueba de resistencia a compresión DP

Muestra	Descripción	Edad	Area neta (cm ²)	Cargas (Kgf)	fb (Kg/cm ²)
1	Bloques de Concreto Diseño Patron	7	306.00	37939.10	123.98
2		7	306.00	39624.90	129.49
3		7	306.00	44299.40	144.77
4		14	306.00	47990.00	156.83
5		14	306.00	48570.00	158.73
6		14	306.00	48610.00	158.86
7		28	306.00	56010.00	183.04
8		28	306.00	55450.00	181.21
9		28	306.00	52750.00	172.39

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Se observa en la tabla cada una de las resistencias evaluadas de la muestra patrón con respecto a cada edad considerado en días, para ello detallamos la mayor resistencia media a los 28 días es de 178.88 kg/cm², esto indica estar dentro del parámetro indicado con respecto a nuestro diseño de 175 kg/cm²; comparando con la resistencia mínima de la norma E.070 teóricamente a su mínimo estipulado de diseño consideramos que está dentro del parámetro.

Gráfica 12: Línea de tendencia de capacidad de carga a la compresión de bloques de concreto diseño Patrón



Fuente: Perteneciente del ejecutor

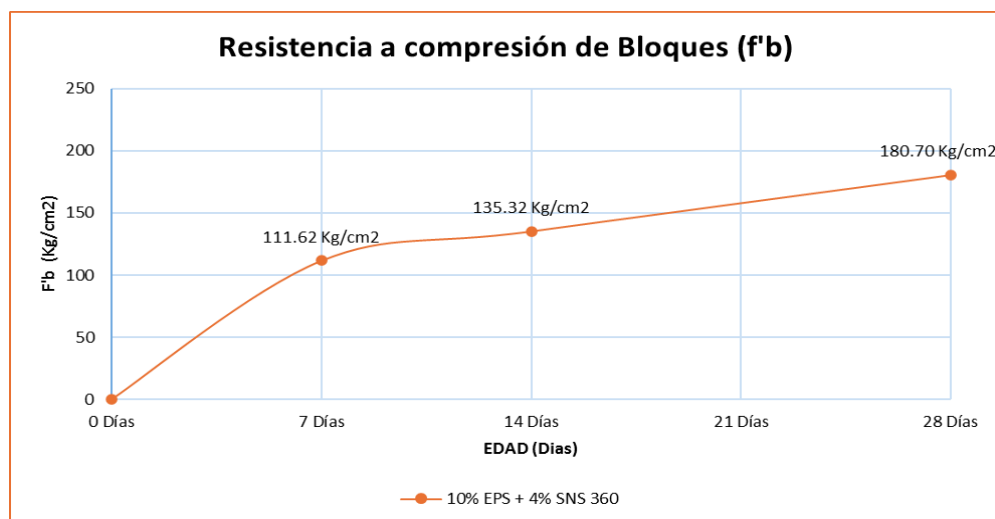
Observamos un comportamiento progresivo con el pasar de los días ensayados, el cual se considera un comportamiento adecuado.

Tabla 42: Producto de resistencia a compresión diseño con 10% EPS + 4% SNS 360

Muestra	Descripción	Edad	Area neta (cm ²)	Cargas (Kgf)	fb (Kg/cm ²)
1	Bloques de Concreto Diseño de 10% EPS + 4% SNS 360	7	306.00	32530.00	106.31
2		7	306.00	35770.00	116.90
3		7	306.00	34163.00	111.64
4		14	306.00	38130.00	124.61
5		14	306.00	39440.50	128.89
6		14	306.00	46656.20	152.47
7		28	306.00	53890.00	176.11
8		28	306.00	58580.00	191.44
9		28	306.00	53410.00	174.54

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Se observa en la tabla cada una de las resistencias evaluadas con respecto al diseño de 10% EPS + 4% SNS 360, para ello detallamos que en la mayor resistencia promedio a los 28 días es de 180.70 kg/cm², esto indica estar dentro del parámetro indicado con respecto a nuestro diseño de 175 kg/cm² y de tal manera que supera la mínima resistencia del diseño patrón; comparando con la resistencia mínima de la norma E.070 teóricamente a su mínimo estipulado de diseño consideramos que está dentro del parámetro.

Gráfica 13: Línea de tendencia de resistencia a la compresión de bloques de concreto diseño de 10% EPS + 4% SNS 360

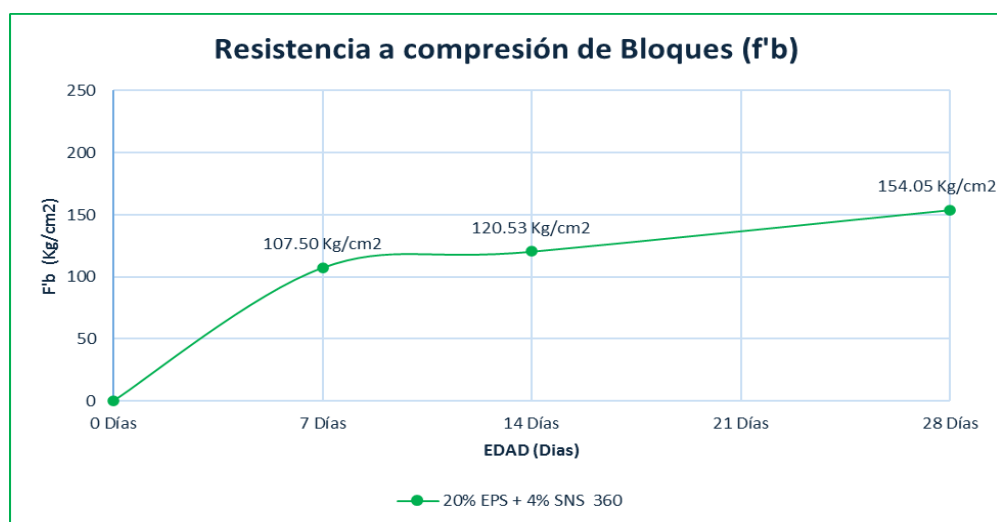
Fuente: Perteneciente del ejecutor

Observamos un comportamiento progresivo con el pasar de los días ensayados, el cual se considera un comportamiento adecuado.

Tabla 43: Producto de resistencia a compresión diseño con 20% EPS + 4% SNS 360

Muestra	Descripción	Edad	Area neta (cm ²)	Cargas (Kgf)	fb (Kg/cm ²)
1	Bloques de Concreto Diseño de 20% EPS + 4% SNS 360	7	306.00	27802.80	90.86
2		7	306.00	30770.70	100.56
3		7	306.00	40110.00	131.08
4		14	306.00	32680.00	106.80
5		14	306.00	33180.00	108.43
6		14	306.00	44782.00	146.35
7		28	306.00	46310.00	151.34
8		28	306.00	45660.00	149.22
9		28	306.00	49450.00	161.60

Se observa en la tabla cada una de las resistencias evaluadas con respecto al diseño de 20% EPS + 4% SNS 360, para ello detallamos que la mayor resistencia media a los 28 días es de 154.05 kg/cm², cabe indicar que no desempeña con la resistencia establecida de 175 kg/cm² que caracteriza el diseño patrón; comparando con la mínima resistencia de la norma E.070 teóricamente a su mínimo estipulado de diseño consideramos que está dentro del parámetro.

Gráfica 14: Línea de tendencia de capacidad de carga a la compresión de bloques de concreto diseño de 20% EPS + 4% SNS 360

Fuente: Perteneciente del ejecutor

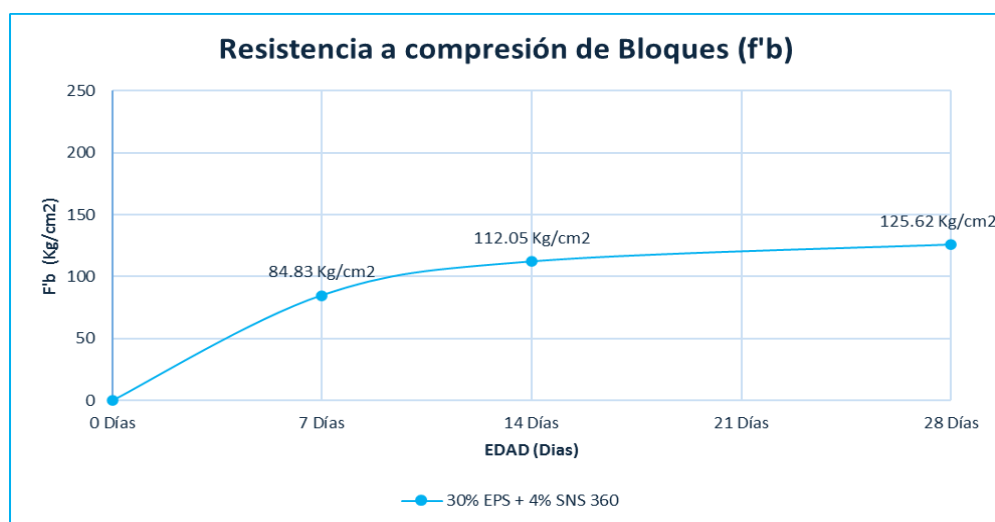
Observamos un comportamiento progresivo con el pasar de los días ensayados, el cual se considera un comportamiento adecuado.

Tabla 44: Producto de resistencia a compresión diseño con 30% EPS + 4% SNS 360

Muestra	Descripción	Edad	Area neta (cm ²)	Cargas (Kgf)	fb (Kg/cm ²)
1	Bloques de Concreto Diseño de 30% EPS + 4% SNS 360	7	306.00	28877.60	94.37
2		7	306.00	24929.10	81.47
3		7	306.00	24066.80	78.65
4		14	306.00	32530.00	106.31
5		14	306.00	36930.00	120.69
6		14	306.00	33400.00	109.15
7		28	306.00	37260.00	121.76
8		28	306.00	38430.00	125.59
9		28	306.00	39630.00	129.51

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Se observa en la tabla cada una de las resistencias evaluadas con respecto al diseño de 30% EPS + 4% SNS 360, para ello detallamos que la mayor resistencia media a los 28 días es de 125.62 kg/cm², cabe indicar que no desempeña con la resistencia establecida de 175 kg/cm² que caracteriza el diseño patrón; comparando con la mínima resistencia de la norma E.070 teóricamente a su mínimo estipulado de diseño consideramos que está dentro del parámetro.

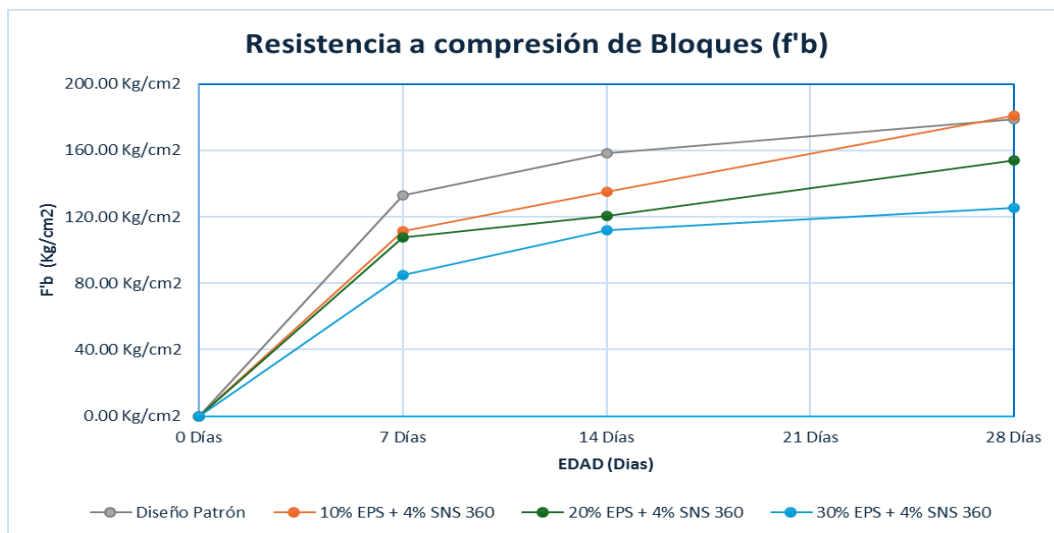
Gráfica 15: Línea de tendencia de capacidad de carga a la compresión de bloques de concreto diseño 30% EPS + 4% SNS 360

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Observamos un comportamiento progresivo con el pasar de los días ensayados, el cual se considera un comportamiento adecuado.

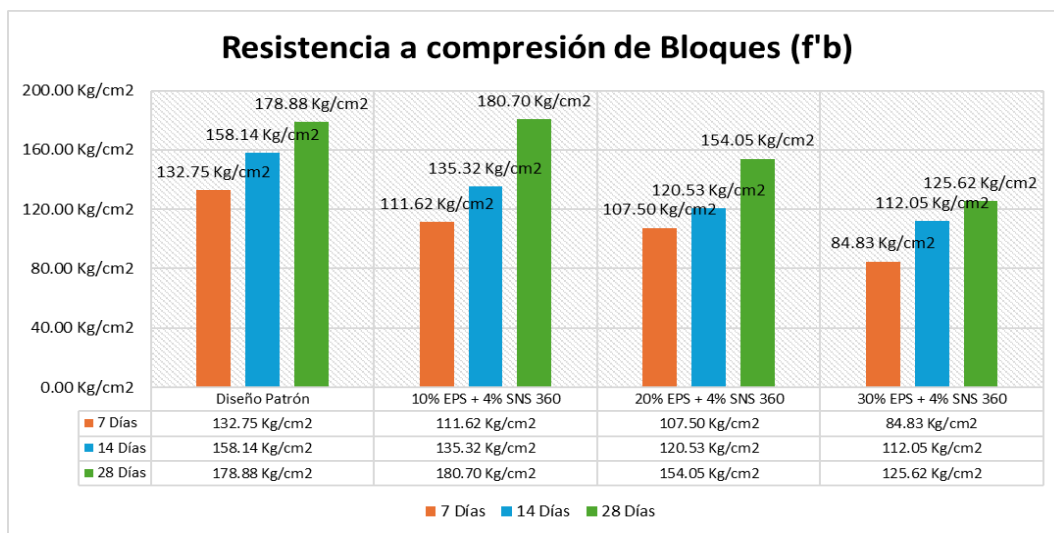
Para mejor explicación el ensayo de capacidad de carga a la compresión de bloques se generó el agrupamiento de las líneas de tendencia y grafico de barras con respecto a cada diseño evaluado y sus resistencias promedio por bloques ensayados; se muestra el detalle en la siguiente imagen gráfica:

Gráfica 16: Agrupamiento de línea de tendencia con respecto al promedio de capacidad de carga a la compresión de cada diseño ensayado



Fuente: Pertenciente del ejecutor

Gráfica 17: Resumen de capacidad de carga a la compresión de los bloques de concreto



Fuente: Pertenciente del ejecutor

En resumen, a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia deducimos que el diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 supera el rango establecido de resistencia de 175 kg/cm² como

diseño mínimo establecido para bloque con diseño patrón; mientras que el resto de los diseños con adición no superan en la resistencia mínima de diseño requerido.

- **Capacidad de carga a la compresión axial de Pilas (f'm)**

Tabla 45: Producto de capacidad de carga a la compresión axial de pilas (f'm) bloques DP

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Edad (Días)	Lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	fm (Mpa)	Factor Correc.	fnt (Mpa)	fnt (Kg/cm ²)	Promedio f'm (Kg/cm ²)
1	Prisma - Bloque de concreto patrón	28	396	120	394	47520	3.28	599960	12.63	1.093	13.8	140.67	143.02 Kg/cm ²
2	Prisma - Bloque de concreto patrón	28	396	120	394	47520	3.28	609955	12.84	1.093	14.03	143.02	
3	Prisma - Bloque de concreto patrón	28	396	120	394	47520	3.28	619950	13.05	1.093	14.26	145.36	

Fuente: Perteneciente del ejecutor

El ensayo de capacidad de carga de prismas (pilas) de bloques de concreto de acuerdo con la norma E.070 indica una resistencia mínima de 74 kg/cm² y 120 kg/cm² como máxima resistencia, a todo ello nos topamos con un promedio de 143.02 kg/cm² con respecto al diseño patrón lo que indica estar sobre el valor máximo de la norma; determinando que está cumpliendo y hasta superando la resistencia máxima establecida por la normativa.

Tabla 46: Producto de capacidad de carga a la compresión axial de pilas (f'm) diseño 10% EPS + 4% SNS 360

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Edad (Días)	Lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	fm (Mpa)	Factor Correc.	fnt (Mpa)	fnt (Kg/cm ²)	Promedio f'm (Kg/cm ²)
1	Prisma - Bloque 10% EPS + 4% SNS 360	28	396	120	394	47520	3.28	698900	14.71	1.093	16.07	163.87	157.52 Kg/cm ²
2	Prisma - Bloque 10% EPS + 4% SNS 360	28	396	120	394	47520	3.28	644750	13.57	1.093	14.83	151.18	
3	Prisma - Bloque 10% EPS + 4% SNS 360	28	396	120	394	47520	3.28	671825	14.14	1.093	15.45	157.52	

Fuente: Perteneciente del ejecutor

En cuanto a la resistencia del diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 nos arroja un promedio de 157.52 kg/cm² indicando estar por encima de la resistencia máxima determinada por la norma E.070 y determinando que si cumple para fines estructurales.

Tabla 47: Producto de capacidad de carga a la compresión axial de pilas ($f'm$) diseño 10% EPS + 4% SNS 360

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Edad (Días)	Lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	fm (Mpa)	Factor Correc.	fint (Mpa)	fint (Kg/cm ²)	Promedio $f'm$ (Kg/cm ²)
1	Prisma - Bloque 20% EPS + 4% SNS 360	28	396	120	394	47520	3.28	518870	10.92	1.093	11.93	121.66	121.66 Kg/cm ²
2	Prisma - Bloque 20% EPS + 4% SNS 360	28	396	120	394	47520	3.28	501330	10.55	1.093	11.53	117.55	
3	Prisma - Bloque 20% EPS + 4% SNS 360	28	396	120	394	47520	3.28	536410	11.29	1.093	12.33	125.77	

Fuente: Perteneciente del ejecutor

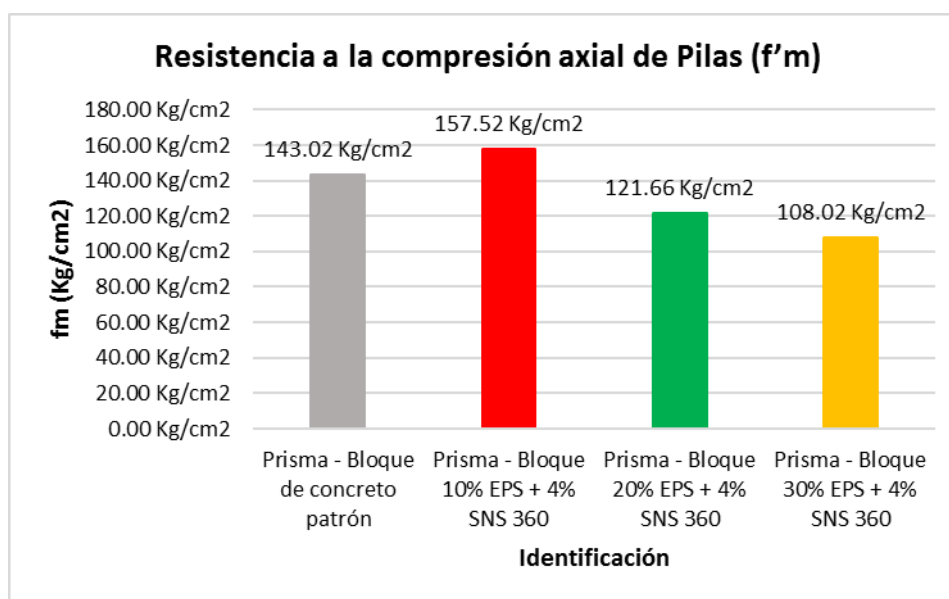
La resistencia del diseño de 20% EPS + 4% de SNS 360 tiene un promedio de 121.66 kg/cm² indicando estar también por encima de la resistencia estipulado en la norma y determinando que si cumple.

Tabla 48: Producto de capacidad de carga a la compresión axial de pilas ($f'm$) diseño 10% EPS + 4% SNS 360

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Edad (Días)	Lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	fm (Mpa)	Factor Correc.	fint (Mpa)	fint (Kg/cm ²)	Promedio $f'm$ (Kg/cm ²)
1	Prisma - Bloque 30% EPS + 4% SNS 360	28	396	120	394	47520	3.28	436040	9.18	1.093	10.03	102.24	108.02 Kg/cm ²
2	Prisma - Bloque 30% EPS + 4% SNS 360	28	396	120	394	47520	3.28	485380	10.21	1.093	11.16	113.81	
3	Prisma - Bloque 30% EPS + 4% SNS 360	28	396	120	394	47520	3.28	460710	9.7	1.093	10.59	108.02	

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Este diseño cumple la resistencia estando dentro de los parámetros indicados por la norma ya que arroja una resistencia promedio de 108.02 kg/cm² destacando su conformidad de cumplir para diseños estructurales.

Gráfica 18: Resumen de capacidad de carga a la compresión axial de pilas ($f'm$)

Fuente: Perteneciente del ejecutor

La grafica nos determina mediante barras la determinación de las resistencias con respecto a cada diseño, determinando tanto el valor más alto y más bajo, esto nos indica que, el diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 nos resulta tener el valor de resistencia más elevado de los otros diseño superando el diseño patrón y posicionándose a ser el óptimo, por otra parte el diseño de 30% EPS + 4% SNS 360 obtiene un valor menor que el resto con resistencia de 108.02 kg/cm² ; a todo ello hago indicar que los diseños tanto patrón como diseño con adiciones se encuentran dentro de los parámetros indicados en la norma y hasta en algunos superando la máxima resistencia estipulado en la norma E.070.

- **Capacidad de carga a la compresión diagonal de muretes ($V'm$)**

Tabla 49: Producto de capacidad de carga a la compresión diagonal de muretes ($V'm$) DP

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Edad (Días)	L (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (Kg/cm ²)	Promedio $V'm$ (Kg/cm ²)
1	Murete - Bloque de concreto patrón	28	820	795	121	97708	136398	0.99	10.6	10.24 Kg/cm ²
2	Murete - Bloque de concreto patrón	28	820	795	121	97708	135456	0.98	9.99	
3	Murete - Bloque de concreto patrón	28	820	795	121	97708	137340	0.99	10.13	

Fuente: Perteneciente del ejecutor

El ensayo de resistencia de muretes de bloques de concreto de acuerdo con la norma E.070 indica una resistencia mínima de 8.6 kg/cm^2 y 10.9 kg/cm^2 como máxima resistencia, a todo ello nos topamos con un promedio de 10.24 kg/cm^2 con respecto al diseño patrón lo que indica estar dentro del parámetro indicado en la norma y ser considerado para diseños estructurales.

Tabla 50: Producto de capacidad de carga a la compresión diagonal de muretes (V'm) diseño 10% EPS + 4% SNS 360

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Edad (Días)	L (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (Kg/cm ²)	Promedio V'm (Kg/cm ²)
1	Murete - Bloque 10% EPS + 4% SNS 360	28	820	795	121	97708	170920	1.24	12.61	12.52 Kg/cm ²
2	Murete - Bloque 10% EPS + 4% SNS 360	28	820	795	121	97708	169733	1.23	12.52	
3	Murete - Bloque 10% EPS + 4% SNS 360	28	820	795	121	97708	168546	1.22	12.44	

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Respecto a la resistencia del diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 nos bota una media de 12.52 kg/cm^2 indicando estar por encima de la resistencia máxima determinada por la norma E.070 y determinando que si cumple para fines estructurales.

Tabla 51: Producto de capacidad de carga a la compresión diagonal de muretes (V'm) diseño 20% EPS + 4% SNS 360

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Edad (Días)	L (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (Kg/cm ²)	Promedio V'm (Kg/cm ²)
1	Murete - Bloque 20% EPS + 4% SNS 360	28	820	795	121	97708	147219	1.07	10.86	11.75 Kg/cm ²
2	Murete - Bloque 20% EPS + 4% SNS 360	28	820	795	121	97708	159211	1.15	11.75	
3	Murete - Bloque 20% EPS + 4% SNS 360	28	820	795	121	97708	171204	1.24	12.63	

Fuente: Perteneciente del ejecutor

La resistencia del diseño de 20% EPS + 4% de SNS 360 tiene un promedio de 11.75 kg/cm^2 indicando estar también por encima de la resistencia estipulado en la norma y determinando que si cumple.

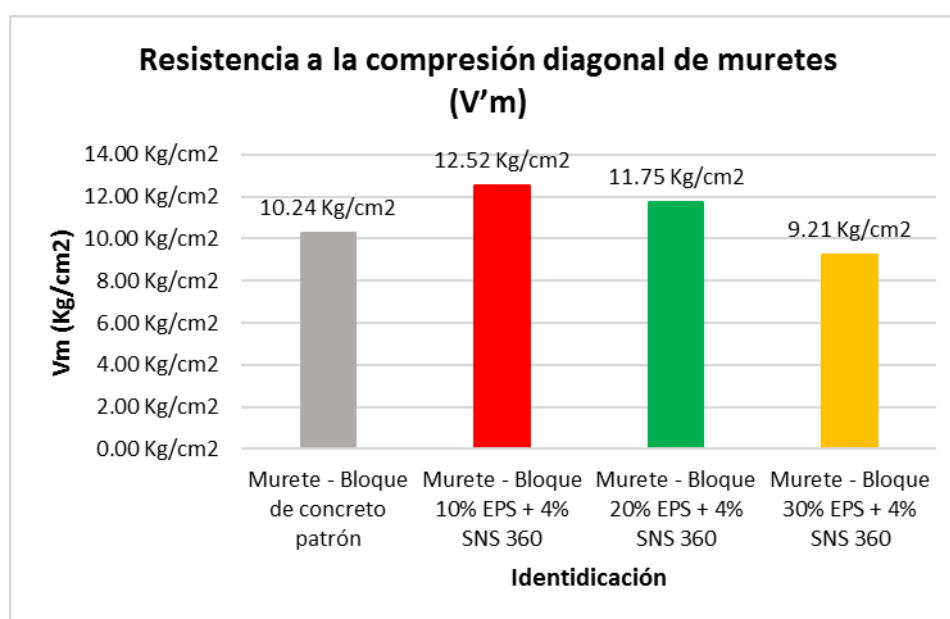
Tabla 52: Producto de capacidad de carga a la compresión diagonal de muretes ($V'm$) diseño 30% EPS + 4% SNS 360

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Edad (Días)	L (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (Kg/cm ²)	Promedio V'm (Kg/cm ²)
1	Murete - Bloque 30% EPS + 4% SNS 360	28	820	795	121	97708	121418	0.88	8.96	9.21 Kg/cm ²
2	Murete - Bloque 30% EPS + 4% SNS 360	28	820	795	121	97708	128236	0.93	9.46	
3	Murete - Bloque 30% EPS + 4% SNS 360	28	820	795	121	97708	124827	0.9	9.21	

Fuente: Perteneciente del ejecutor

Este diseño cumple la resistencia estando dentro de los parámetros indicados por la norma ya que arroja una resistencia promedio de 9.21 kg/cm² destacando su conformidad de cumplir para diseños estructurales.

Gráfica 19: Resumen a la capacidad de carga a la compresión diagonal de muretes ($V'm$)



Fuente: Perteneciente del ejecutor

La grafica nos determina mediante barras la determinación de capacidad de carga a la compresión de muretes con respecto a cada diseño, determinando tanto el valor más alto y más bajo, esto nos indica que, el diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 indica tener el valor de resistencia superior con una resistencia de 12.52 kg/cm² que los otros diseño superando el diseño patrón y posicionándose a ser el óptimo, por otra parte el diseño de 30% EPS + 4% SNS 360 obtiene un valor menor que el resto con resistencia de 9.21 kg/cm²; a todo ello hago indicar

que los diseños tanto patrón como diseño con adiciones se encuentran dentro de los parámetros indicados en la norma y hasta en algunos superando la máxima resistencia estipulado en la norma E.070.

- **Cálculo del módulo de corte de la albañilería (Gm)**

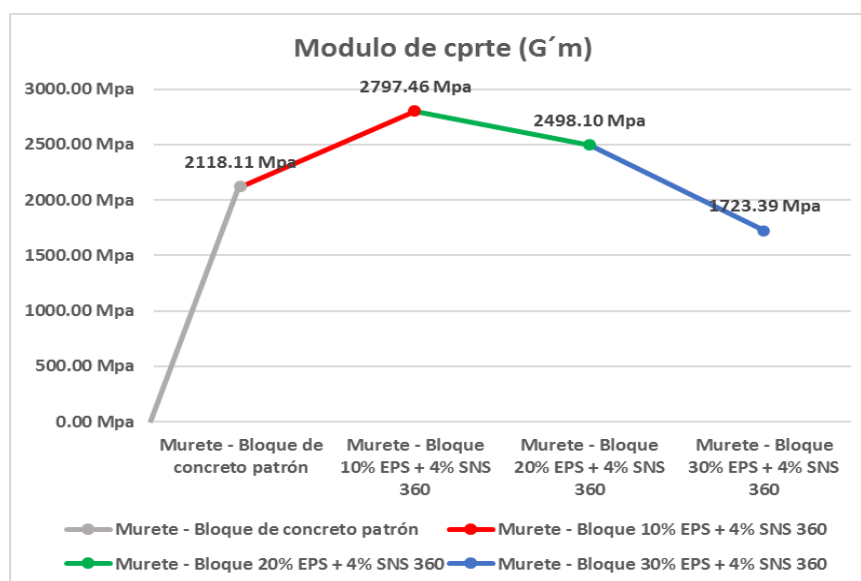
Tabla 53: Resultado de cálculo del módulo de corte (G´m)

Identificación	Muestras	P (KN)	Dial Y	Dial X	P 50%	P 20%	A. diagonal	EV50%	EV20%	EH50%	EH20%	LV i	LH i	G´m (Mpa)
Murete - Bloque de concreto patrón	M - 1	136.40	0.401	0.117	68.20	27.28	97707.5	0.201	0.080	0.059	0.023	820.0	795.0	2194.28
	M - 2	135.46	0.400	0.124	67.73	27.09	97707.5	0.200	0.080	0.062	0.025	820.0	795.0	2153.45
	M - 3	137.34	0.397	0.172	68.67	27.47	97707.5	0.199	0.079	0.086	0.034	820.0	795.0	2006.61
Murete - Bloque 10% EPS + 4% SNS 360	M - 1	170.92	0.324	0.180	85.46	34.18	97707.5	0.162	0.065	0.090	0.036	820.0	795.0	2814.47
	M - 2	169.73	0.358	0.140	84.87	33.95	97707.5	0.179	0.072	0.070	0.028	820.0	795.0	2835.30
	M - 3	168.55	0.360	0.151	84.27	33.71	97707.5	0.180	0.072	0.076	0.030	820.0	795.0	2742.62
Murete - Bloque 20% EPS + 4% SNS 360	M - 1	147.22	0.312	0.180	73.61	29.44	97707.5	0.156	0.062	0.090	0.036	820.0	795.0	2482.70
	M - 2	159.21	0.371	0.160	79.61	31.84	97707.5	0.186	0.074	0.080	0.032	820.0	795.0	2492.70
	M - 3	171.20	0.360	0.204	85.60	34.24	97707.5	0.180	0.072	0.102	0.041	820.0	795.0	2518.89
Murete - Bloque 30% EPS + 4% SNS 360	M - 1	121.24	0.403	0.220	60.71	24.28	97707.5	0.202	0.081	0.110	0.044	820.0	795.0	1617.66
	M - 2	128.24	0.401	0.191	64.12	25.65	97707.5	0.201	0.080	0.096	0.038	820.0	795.0	1799.66
	M - 3	124.83	0.412	0.180	62.41	24.97	97707.5	0.206	0.082	0.090	0.036	820.0	795.0	1752.84

Fuente: Perteneciente del ejecutor

De manera adicional se calculó el módulo de corte de la albañilería evaluado parcialmente con el ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes, este ensayo dándonos como valor cada módulo de corte respecto a cada diseño ensayado, de tal manera dando como resultado que el diseño con mayor módulo de corte es el de 10% EPS + 4% SNS 360 con un valor de 2797.46 Mpa.

Gráfica 20: Comportamiento del módulo de corte (G´m) de bloques de concreto



Fuente: Perteneciente del ejecutor

Esta grafica nos detalla los promedios de cada diseño, en cuanto a comportamiento decimos que el diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 tiene un comportamiento mayor de corte con respecto a los otros diseños.

- Análisis de costos unitarios de bloques de concreto

El ACU considerado como una técnica que permite determinar cuánto cuesta producir una cantidad para realizar una actividad, en este caso consideramos para la preparación de bloques de concreto por m³. Este análisis es más que toda una evaluación de gabinete en hojas de Excel, considerando mano de obra, materiales y herramientas o equipos. Por otro lado, tomando en cuenta materiales de impacto de construcción y adiciones para previas evaluaciones de mejoras.

Además, cabe recalcar que los costos de las adiciones, materiales, equipos, mano de obra está de acuerdo con los proveedores y son referenciales ya que van cambiando con el pasar del tiempo.

Tabla 54: ACU de bloques de concreto - DP

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS - DISEÑO PATRÓN					
Diseño de Bloques de Concreto f'c = 175 kg/cm ²				CU	307.68
RENDIMIENTO	190	Bloques/día	JORNADA	8	Hrs/día
	1	m ³ /día			
Descipción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					1.74
Oficial	hh	1	0.042	21.68	0.91
Peón	hh	1	0.042	19.62	0.83
Materiales					305.02
Cemento Cemex Tipo I	bls		8.623	31.00	267.31
Arena	m ³		0.538	38.00	20.44
Confitillo	m ³		0.369	43.00	15.87
Agua	lt/m ³		0.233	6.00	1.40
Equipos y/o Herramientas					0.92
Mezcladora de Concreto	hm	1	0.042	14.00	0.59
Maquina Vibro - Compactadora	hm	1	0.042	6.63	0.28
Herramientas Manuales	% mo		3%	1.74	0.05

Fuente: Perteneciente del ejecutor

La evaluación del ACU de los bloques de concreto patrón nos indica un valor de S/. 307.68 soles evaluado por 1 m³ lo que cabe indicar que resulta una elaboración de 190 unidades.

Tabla 55: Resultado de ACU de bloques de concreto diseño de 10% EPS + 4% SNS 360

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS - DISEÑO 10% EPS + 4% SNS 360					
Diseño de Bloques de Concreto f'c = 175 kg/cm2				CU	755.43
RENDIMIENTO	190	Bloques/día	JORNADA	8	Hrs/día
	1	m3/día			
Descipción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					1.74
Oficial	hh	1	0.042	21.68	0.91
Peón	hh	1	0.042	19.62	0.83
Materiales					752.77
Cemento Cemex Tipo I	bls		8.623	31.00	267.31
Arena	m3		0.538	38.00	20.44
Confitillo	m3		0.369	43.00	15.87
Agua	lt/m3		0.233	6.00	1.40
Poliestireno Expandido (EPS)	kg		1.807	10.00	18.07
SNS 360					
Nano Liquid Formulation (NLF)	lt/m3		7.551	50.00	377.55
Nano Powder Formualtion (NPF)	kg		8.044	6.48	52.13
Equipos y/o Herramientas					0.92
Mezcladora de Concreto	hm	1	0.042	14.00	0.59
Maquina Vibro - Compactadora	hm	1	0.042	6.63	0.28
Herramientas Manuales	% mo		3%	1.74	0.05

Fuente: Perteneiente del ejecutor

Tabla 56: Resultado de ACU de bloques de concreto diseño de 20% EPS + 4% SNS 360

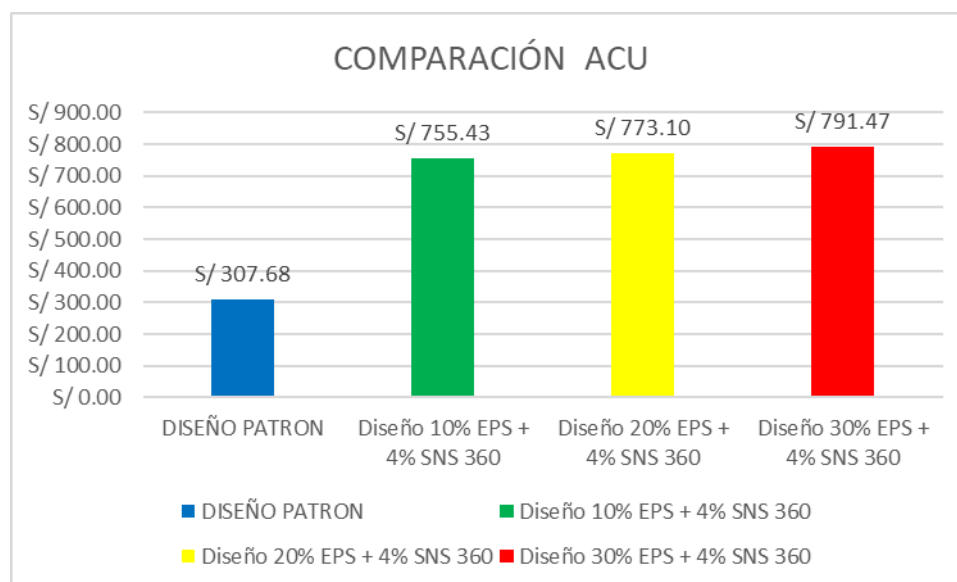
ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS - DISEÑO 20% EPS + 4% SNS 360					
Diseño de Bloques de Concreto f'c = 175 kg/cm2				CU	773.10
RENDIMIENTO	190	Bloques/día	JORNADA	8	Hrs/día
	1	m3/día			
Descipción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					1.74
Oficial	hh	1	0.042	21.68	0.91
Peón	hh	1	0.042	19.62	0.83
Materiales					770.44
Cemento Cemex Tipo I	bls		8.623	31.00	267.31
Arena	m3		0.538	38.00	20.44
Confitillo	m3		0.369	43.00	15.87
Agua	lt/m3		0.233	6.00	1.40
Poliestireno Expandido (EPS)	kg		3.574	10.00	35.74
SNS 360					
Nano Liquid Formulation (NLF)	lt/m3		7.551	50.00	377.55
Nano Powder Formualtion (NPF)	kg		8.044	6.48	52.13
Equipos y/o Herramientas					0.92
Mezcladora de Concreto	hm	1	0.042	14.00	0.59
Maquina Vibro - Compactadora	hm	1	0.042	6.63	0.28
Herramientas Manuales	% mo		3%	1.74	0.05

Fuente: Perteneiente del ejecutor

Tabla 57: Resultado de ACU de bloques de concreto diseño de 20% EPS + 4% SNS 360

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS - DISEÑO 30% EPS + 4% SNS 360					
Diseño de Bloques de Concreto f'c = 175 kg/cm2				CU	791.47
RENDIMIENTO	190	Bloques/día	JORNADA	8	Hrs/día
	1	m3/día			
Descipción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					1.74
Oficial	hh	1	0.042	21.68	0.91
Peón	hh	1	0.042	19.62	0.83
Materiales					788.81
Cemento Cemex Tipo I	bls		8.623	31.00	267.31
Arena	m3		0.538	38.00	20.44
Confitillo	m3		0.369	43.00	15.87
Agua	lt/m3		0.233	6.00	1.40
Poliestireno Expandido (EPS)	kg		5.411	10.00	54.11
SNS 360					
Nano Liquid Formulation (NLF)	lt/m3		7.551	50.00	377.55
Nano Powder Formualtion (NPF)	kg		8.044	6.48	52.13
Equipos y/o Herramientas					0.92
Mezcladora de Concreto	hm	1	0.042	14.00	0.59
Maquina Vibro - Compactadora	hm	1	0.042	6.63	0.28
Herramientas Manuales	% mo		3%	1.74	0.05

Fuente: Perteneiente del ejecutor

Gráfica 21: Comparación de ACU de los bloques

Fuente: Perteneiente del ejecutor

En resumen, los ACU con respecto a los diseños con adición determina un elevado costo en cuanto al diseño patrón, esto cabe indicar que tendríamos un problema con la dependencia al

determinar económicamente un proyecto de este tipo ya que nos vería afectado en su comercio dentro del rubro de construcción, pero cabe destacar que en cuanto a su mejora es muy eficaz con respecto a un diseño convencional. Los costos se encuentran en un valor elevado de dos veces su producción del diseño patrón.

Discusiones

Propiedades físicas de los bloques de concreto

De acuerdo con **Casapino Jara, Manuel Jesús; Serrano Quintanilla, Ana Cecilia; 2020**. En su estudio titulado “Evaluación de la conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto sustituyendo el confitillo por poliestireno expandido tipo perla” nos indica una ligera variación en los ensayos físicos de los bloques y en cuanto a propiedades mecánicas de resistencia indica un incremento en su f^b hasta un cierto punto; entonces comparado a mis resultados indico que, con respecto a los ensayos físicos no presento déficit alguno con respecto a mis adiciones que indique no estar dentro de los parámetros establecidos en las normas indicadas por ensayo, respecto a mi resistencia de mi f^b detallo un punto positivo con respecto a mi adición de 10% EPS + 4% SNS 360 ya que respecto a mi muestra patrón me demuestra una ligera alza que sobrepasa en su resistencia mínima de diseño concluyendo que obtuve un resultado positivo en cuanto a mi combinación de adiciones.

En cuanto a las evaluaciones físicas de variación dimensional de los bloques con adiciones de EPS y SNS 360, se muestran resultados positivos ya que estas se encuentran dentro de los parámetros normalizados en la norma E.070 en las que indica variaciones de 2%, 4% y 3%, en largo, ancho y altura para bloques de concreto clase P. Indicado a ello nos centramos en nuestras variaciones y vemos que tenemos variaciones de 1.01%, 1.03% y 1.0%, en largo, ancho y altura, valores sumamente aptos dentro de los rangos normados; de tal manera que todos los diseños están dentro de los parámetros y pueden ser utilizados para estructuras de muros portantes.

El ensayo de alabeo que prácticamente se determina la convexidad y concavidad en este caso de los bloques de concreto, para ello nos respaldamos de la norma E.070 que indica un valor máximo de 4mm; en este caso la evaluación en los bloques con adición nos da un resultado máximo de convexidad de 1.43 mm y concavidad de 1.82 en bloques evaluados de 20% EPS + 4% SNS 360; determinando su aceptación con la norma deducimos que todos los diseños elaborados están dentro de los parámetros indicados en dicha norma y se encuentran aptos para ser utilizados en procesos de construcción para muros portantes existentes.

La evaluación de los bloques de concreto en cuanto a la absorción está respaldada con la NTP 399.602 esta establece el rango máximo de absorción de 12%; detallando el ensayo obtuvimos porcentajes que se encuentran debajo del rango máximo como cabe indicar que tenemos diferentes diseños de bloques en las que están denominados los bloques de concreto patrón (5.95%), diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 (5.29%), diseño 20% EPS + 4% SNS 360 (5.17%) y el diseño de 30% EPS + 4% SNS 360 (4.60%), todo esto hace indicar que se encuentran debajo del rango máximo indicado en la norma y los de adición con porcentajes por debajo del diseño patrón, por lo tanto consideramos aptos para ser utilizados en procesos constructivos de cualquier tipo de obra que requiera de su capacidad para resistir adversidades severas como muros portantes.

En la prueba de succión la norma E.070 establece como rango máximo de 10 a 20 gr/200cm² – min, en el caso de esta evaluación se obtuvo lo siguiente; diseño patrón (8.34 gr/200cm²), diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 (6.54 gr/200cm²), diseño de 20% EPS + 4% SNS 360 (6.25 gr/200cm²) y el diseño de 30% EPS + 4% SNS 360 (4.19 gr/200cm²); tomando en cuenta los diseños de bloques de concreto ya sea con adición o patrón se encuentran por debajo del rango estipulado por la normativa, lo que indica que son recomendados para su uso, pero tener en cuenta que siempre deben ser regados antes de su asentado por al menos 30 min, por unas 10 a 15 horas antes de su asentado.

Determinación por durabilidad

En esta discusión se analiza la permeabilidad de los bloques de concreto, tomando como referencia la norma EN 12390-8, que regula el ensayo de penetración de agua bajo presión en concretos. Esta norma es esencial para evaluar el desempeño del concreto de resistir el ingreso de agua, lo que está directamente relacionado con su durabilidad. El diseño patrón con una penetración de 23.61 mm, este diseño cumple con los requisitos básicos para elementos estructurales en masa o armados bajo condiciones de exposición moderada. Sin embargo, este nivel de permeabilidad podría no ser suficiente en aplicaciones donde se requiere un concreto altamente impermeable, como en infraestructuras sometidas a alta humedad o presión de agua. Para ello el diseño con 10% EPS y 4% SNS 360 reduce a 18.39 mm de penetración de agua esto indica una mejora clara en la impermeabilidad del concreto. El EPS reduce la densidad del material, y el SNS 360, como impermeabilizante, contribuye a bloquear los poros capilares del concreto. Esto resulta en un bloque más adecuado para estructuras que demanden alta durabilidad frente a la exposición continua al agua o condiciones climáticas agresivas. Estos

resultados indican que la adición de EPS (poliestireno expandido) y SNS 360 al concreto mejoran significativamente su resistencia a la permeabilidad. Según la norma EN 12390-8, un menor valor de penetración refleja una mayor resistencia del material al paso del agua, lo cual es un factor crítico en la durabilidad de las estructuras expuestas a la intemperie o ambientes agresivos.

Según condiciones de evaluación establecidos en la norma ASTM C 1202, en la cual esta indica rangos de penetrabilidad desde indicadores como: despreciable (<100), muy bajo (100 a 1000), bajo (1000 a 2000), moderado (2000 a 4000) y alto (>4000) de tal manera que debido a estos rangos se establecen las condiciones de usabilidad de elementos estructurales que estarán expuestos a condiciones severas. Entonces basado a ello las muestras evaluadas nos indican lo siguiente: con respecto a nuestro diseño patrón el ensayo de penetrabilidad de iones toma como carga promedio 148.896 (coulombs), estableciéndose como **muy baja** durante la presencia de penetrabilidad de iones, en el diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 obteniendo un $Q_{promedio}$ 157.403 (coulombs), también considerándose a una determinación de **muy baja** carga absorbida. Fundamentando a ello decimos que ambos diseños cumplen los parámetros indicados en la normativa, pero nos da al caso que el diseño patrón tiene un valor menor al de diseño con una diferencia de 8.507 haciendo indicar que el diseño con adiciones se debe tomar distintas consideraciones de elaboración o mejorar los porcentajes de manera parcial ya que a pesar de ello no demuestran ser una amenaza en su estructura.

El ensayo de resistencia a sulfatos realizado sigue los lineamientos de la norma ASTM C 1012-04, la cual evalúa la expansión de barras de mortero sumergidas en una solución de sulfatos. En este caso, las muestras (M1, M2, M3) muestran un comportamiento de expansión progresiva durante las cuatro semanas de exposición. La norma establece que los materiales sometidos a ambientes de alta concentración de sulfatos deben tener una expansión controlada para evitar fallos estructurales. Según los resultados obtenidos, la expansión promedio en la semana 4 del diseño patrón fue de 0.107% y el de adición de 0.101% con una pequeña diferencia de 0.006% entre ambos, lo que indica que el material mantiene un nivel de expansión moderado a pesar de la exposición constante a sulfatos. Estos valores están por debajo del límite crítico establecido en la norma para mezclas de cementos resistentes a sulfatos, que generalmente no deben superar una expansión del 0.10% en un período de seis meses. Además, si bien ambos diseños cumplen con los estándares de la norma ASTM C 1012-04 en términos de expansión durante el periodo evaluado, el diseño con adición se perfila como una mejor opción para proyectos en zonas con alta exposición a sulfatos, al reducir de manera más efectiva la

expansión. Este comportamiento también podría reflejarse en la longevidad de la estructura, disminuyendo la probabilidad de deterioro a largo plazo.

Por último, comparando los resultados con estudios previos, se observa que la tasa de expansión semanal es consistente con materiales similares utilizados en zonas expuestas a sulfatos. La baja expansión promedio hasta la semana 4 demuestra que este material puede ser adecuado para construcciones en ambientes agresivos, aunque sería recomendable continuar el monitoreo a largo plazo para asegurar que el material no presente deterioros significativos en períodos más extensos.

Las condiciones de las zonas marinas, caracterizadas por la alta concentración de cloruros y la constante humedad, aceleran la corrosión del refuerzo y reducen la durabilidad del concreto convencional. Frente a este escenario, el bloque con adición de 10% EPS y 4% SNS 360 evidencia un desempeño superior, al presentar menor absorción capilar y permeabilidad, mayor resistencia a la penetración de cloruros y un comportamiento mecánico equivalente o mejor al bloque patrón. Estas propiedades permiten recomendar su aplicación en proyectos ubicados en ambientes costeros, al ofrecer mayor durabilidad, sostenibilidad y eficiencia económica durante el ciclo de vida de la estructura.

Propiedades mecánicas de los bloques de concreto

Para detallar el ensayo de resistencia en los bloques de concreto hago mención que el diseño de resistencia a concreción del concreto fue de 175 kg/cm² a esto me baso como resistencia de f'_b mínimo de 50 kg/cm² indicado en la norma E.070 para uso de muros portantes; entonces decimos que los promedios de resistencia de f'_b alcanzado en su máxima edad de 28 días son las siguientes: diseño patrón (178.88 kg/cm²), diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 (180.70 kg/cm²) aumenta 1% respecto al DP, diseño de 20% EPS + 4% SNS 360 (154.05 kg/cm²) disminuye el 14% respecto del DP y el diseño de 30% EPS + 4% SNS 360 (125.62 kg/cm²) disminuye el 30% respecto del DP; destacando a todo ello el diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 con una resistencia superior al diseño patrón, indicando que se establece como un diseño óptimo y establecido para un uso portante en muros estructurales; sin desmerecer las resistencias de los otros diseños y comparados con la norma E.070 también se encuentran en un rango superior y se puede también utilizar para fines estructurales.

Al no contar con una investigación de tal manera que se use las mismas adiciones me base a la mención de **Medina Cercado, Elmer Jhone; 2022**. Experimento dosificaciones de 0, 10.

20, 30 y 40 % de EPS; indicando una minoría de su $f'b$ y absorción respecto a cada porcentaje, pero concluye que en consecuencia a lo evaluado los bloques de 10% EPS son los indicados para muros portantes ya que esta llega a cumplir con los estándares según la norma E.070 la cual pueden ser utilizados para muros portantes, por otro lado, indica que el restante de porcentajes al verse afectado parcialmente se consideraría útiles para muros no portantes. Respetando la posición del autor indico que respecto a mi evaluación de absorción si se logra obtener resultados positivos respecto a cada porcentaje de EPS y SNS 360, tomando en cuenta su resultado del porcentaje de 10% EPS, indico que concuerdo con su resultado ya que en mi estudio también llego a concluir que mi dosificación optima es mi combinación en adición de 10% EPS + 4% SNS 360 concluyendo que sería un diseño óptimo para ser utilizado como muros portantes.

Por otra parte, se ensayaron prismas (pilas) a la que se rige como ensayos a conjunto de unidades adheridas con mortero, estas indicaciones basadas de acuerdo con la NTP 399.604, mientras que en la norma E.070 nos indica su resistencia mínima a compresión $f'm$ de 74 kg/cm² y máxima de 120 kg/cm² para aquellos muros que se utilizaran como portantes en usos constructivos; indicando ya lo que es los resultados tenemos que el diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 aumenta el 10% a lo que es el DP, el diseño de 20% EPS + 4% SNS 360 disminuye el 15% a su resistencia de acuerdo al DP y el diseño de 30% EPS + 4% SNS 360 tiene una disminución de 25% del DP; a todo ello cabe indicar que todos los diseños a pesar de su alza y su baja en resistencia se encuentran aptos dentro de los parámetros normados.

Para el ensayo de muretes se trabajó bajo régimen de la NTP 399.621, mientras que la norma E.070 nos establece los parámetros de resistencia mínimo de 8.6 kg/cm² y máximo de 10.9 kg/cm²; en consecuencia detallamos que los muretes con respecto al diseño patrón tienen como resultado que el diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 aumenta un 22%, el diseño de 20% EPS + 4% SNS 360 aumenta un 15% y el diseño de 30% EPS + 4% SNS 360 disminuye al menos 10% del diseño patrón, debidamente a todo ellos nos resulta positivo y seguros de usar los 3 diseños ya que estos se encuentran dentro de los parámetros normados.

De acuerdo con lo señalado por **San Bartolomé, Casabonne, Gallegos y la Norma Técnica de Edificación E.070**, los ensayos de pilas y muretes deben reproducir las condiciones reales de obra, incorporando grout y refuerzo en unidades alveolares para garantizar resultados representativos del comportamiento de la albañilería armada o confinada. Sin embargo, la presente investigación prescindió de dichos elementos con un criterio metodológico orientado

a evaluar la resistencia básica de los bloques, considerando el escenario más crítico y, por lo tanto, más conservador. Este enfoque permitió obtener valores mínimos de resistencia, evitando sobreestimaciones y asegurando la validez de las comparaciones realizadas. Se reconoce, no obstante, la necesidad de que futuras investigaciones complementen este análisis mediante la aplicación íntegra de la normativa, a fin de validar el desempeño estructural en condiciones reales de servicio. [31] [30]

Análisis de costo unitario

En este proyecto el ACU es por metro cúbico (m^3) de bloques de concreto, se observan diferencias significativas entre el bloque de diseño patrón y aquellos modificados con aditivos de EPS (poliestireno expandido) y SNS 360. EL bloque de diseño patrón tiene un costo de **S/. 307.68 por m^3** , lo que representa el valor base en el análisis. Este diseño corresponde a un bloque tradicional de concreto sin aditivos especiales, lo que explica su menor costo en comparación con los diseños modificados. La inclusión de **EPS** y **SNS 360** genera un incremento notable en el costo unitario. Por ejemplo: El bloque con 10% de EPS y 4% SNS 360 cuesta **S/. 755.43**, más del doble que el diseño patrón. Con un 20% de EPS y 4% SNS 360, el costo sube a **S/. 773.10**, y con 30% de EPS y 4% de SNS 360, alcanza **S/. 791.47**.

En un análisis de costo – beneficio el EPS es un material liviano que mejora las propiedades del concreto, mientras que el SNS 360 estaría aportando propiedades de impermeabilización o mejora estructural. A pesar del incremento en costos, estos aditivos probablemente mejoran la durabilidad, aislamiento y resistencia del bloque, especialmente en entornos agresivos o con mayores exigencias. El costo-beneficio de estos bloques debe ser evaluado con respecto a las mejoras en propiedades que proporcionan. El uso de EPS y SNS 360 reduce la densidad e impermeabiliza, lo que podría resultar en una reducción de peso de la estructura y en menores costos de transporte, aunque incrementa el costo inicial del material, pero determinado con características superiores a los convencionales.

Es importante destacar que, si bien los bloques modificados son más costosos, también podrían generar ahorros a largo plazo debido a su mejor beneficio en técnicas de resistencia a la permeabilidad y, posiblemente, una mayor vida útil en condiciones adversas.

El costo incrementado se justifica en contextos donde la durabilidad es crítica, como en construcciones con alta exposición a la humedad o en proyectos donde se busca optimización energética debido al aislamiento térmico.

Conclusiones

- De manera general los materiales entablados para la ejecución de este proyecto entablan sus parámetros óptimos para su uso. Es importante resaltar que el AG para la evaluación granulométrica se determinó en parámetros de la técnica HUSO 89, estableciendo su TMN de 3/8 in. Así mismo se determinó un MF del AF con un valor de 2.84. De igual forma se determinaron todas las propiedades para un uso adecuado en diseño.
- En resumen, los bloques modificados con **EPS y SNS 360** demuestra un desempeño positivo en términos de impermeabilidad al compararlo con los bloques de diseño patrón, lo que podría ser ventajoso para estructuras con mayores demandas de durabilidad, mostrándose como resultado una profundidad de 18.39 mm a diferencia del diseño patrón que resulta con una profundidad de 23.61 mm. En términos de la norma **EN 12390-8**, ambos concretos cumplen los requisitos para elementos estructurales, pero el diseño con adición podría ser más adecuado para aplicaciones donde se requiera estructuras que estén expuestas a condiciones severas con respecto a la humedad o agentes químicos. Por otro lado, determinar la penetración de iones es fundamental para garantizar un buen desempeño del concreto en ambientes agresivos. Sin embargo, dado que mide la corriente eléctrica y no la penetración directa de cloruros, los resultados deben interpretarse cuidadosamente; mostrando como resultado tenemos que el diseño patrón desarrolla una carga de 148.896 (coulombs), mientras que el diseño de 10% EPS + 4% SNS 360 resulta con 157.403 (coulombs) con una mínima varianza de 8.507 coulombs a base del diseño patrón; pero sin modificar su rango de muy baja penetrabilidad entablado en la norma **ASTM C1202**. Los resultados del ensayo de resistencia a sulfatos muestran que ambos diseños, tanto el patrón como el que incorpora adiciones, cumplen con los límites de expansión establecidos por la norma **ASTM C 1012-04** durante las cuatro semanas evaluadas. El diseño con adición presenta una expansión promedio menor (0.101%) en comparación con el diseño patrón (0.107%), lo que indica una mejora en la resistencia frente a la acción de los sulfatos.
- En el desarrollo de propiedades físicas los bloques de concreto de diseño patrón y diseño EPS + SNS 360 cumplen los requisitos normativos, arrojando como resultado de varianza del 1.01% en su largo, 1.03% en su ancho y 1.0% de alto estando dentro de lo permisible indicado en la norma; en el ensayo de alabeo se determinó su máxima convexidad y concavidad determinando como rango máximo 4mm según norma y para nuestro ensayo se resultó que el diseño de 20% EPS + 4% SNS 360 me arrojó 1.43 de convexidad y 1.82 de concavidad estando por debajo del rango máximo normado; la

prueba de absorción nos da como resultado que el DP tiene 5.95%, diseño 10% EPS + 4% SNS 360 tiene 5.29%, diseño 20% EPS + 4% SNS 360 tiene 5.17% y el diseño 30% EPS + 4% SNS 360 tiene 4.60% a todo ello se concluye que son inferiores al rango máximo normado que es de 12%, y determinando el más óptimo según lo evaluado decimos que es el diseño de 30% EPS + 4% SNS 360. Para concluir con las pruebas físicas se evaluó la succión medida en $\text{gr}/200 \text{ cm}^2 - \text{min}$ arrojando los siguientes resultados el DP con $8.34 \text{ gr}/\text{cm}^2 - \text{min}$, mientras que el resto de los diseños tienen como valores de $6.54 \text{ gr}/\text{cm}^2 - \text{min}$ el diseño de 10% EPS + 4% SNS 360, $6.25 \text{ gr}/\text{cm}^2 - \text{min}$ el diseño de 20% EPS + 4% SNS 360 y por último el diseño de 30% EPS + 4% SNS 360 con un valor mínimo de $4.19 \text{ gr}/\text{cm}^2 - \text{min}$.

De manera general se emparejo que los bloques de concreto que han sido diseñado han demostrado su buen beneficio respecto a su comportamiento para muros portantes cumpliendo su mínima resistencia establecida en la norma E.070. Para ello recalamos que el diseño óptimo es de 10% EPS + 4% SNS 360 con una resistencia de f'_b de $180.70 \text{ kg}/\text{cm}^2$ superando al resto de diseños y sobre todo al diseño patrón con una capacidad de carga de $178.88 \text{ kg}/\text{cm}^2$, mientras que los diseños de 20% EPS + 4% SNS 360 llegan a $154.05 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y el de 30% EPS + 4% SNS 360 tiene $125.62 \text{ kg}/\text{cm}^2$, haciendo mención que nuestro diseño de f'_c fue de $175 \text{ kg}/\text{cm}^2$. Para prismas resultamos que el DP y 10%, 20%, y 30% EPS + 4% SNS 360 se obtuvo lo siguiente: $143.02 \text{ kg}/\text{cm}^2$, $157.52 \text{ kg}/\text{cm}^2$, $121.66 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y $108.02 \text{ kg}/\text{cm}^2$ respectivamente. Para la capacidad de carga evaluada en muretes se obtuvo lo siguiente: $10.24 \text{ kg}/\text{cm}^2$, $12.52 \text{ kg}/\text{cm}^2$, $11.75 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y $9.21 \text{ kg}/\text{cm}^2$ respectivamente a todo ello indicamos que los 3 diseños con adición cumplen con la normativa. Para finalizar se calculó el módulo de corte parcialmente con el ensayo de muretes obteniendo como resultados: 2118.11 Mpa , 2797.46 Mpa , 2498.10 Mpa y 1723.39 Mpa respectivamente.

- En resumen, el diseño patrón sigue siendo la opción más económica, mientras que los bloques con aditivos de EPS y SNS 360, aunque más costosos, ofrecen **mejores características técnicas** que pueden justificar su inversión en proyectos donde la durabilidad y el rendimiento son prioritarios

Recomendaciones

- El analizar los agregados es muy importante para obtener un buen desempeño al momento de trabajar nuestro diseño, para eso es recomendable tomar en cuenta cada factor establecido en las normativas y especificaciones técnicas aplicadas.
- Dado que el poliestireno es un material derivado del petróleo, evaluar su ciclo de vida y su impacto ambiental puede ser beneficioso. Esto permitirá comprender si la utilización de poliestireno expandido, en combinación con SNS 360, representa una opción más sostenible en comparación con otros materiales de construcción.
- Sería útil extender el tiempo de evaluación a más de cuatro semanas para observar los efectos a largo plazo en ambos diseños. Este enfoque ayudaría a identificar si las diferencias en la expansión se mantienen, se reducen o se incrementan con el tiempo.
- Dado que el diseño con adición muestra una menor expansión frente al ataque de sulfatos, es recomendable que futuros estudios profundicen en el tipo y proporción de aditivos que mejoran la resistencia. Esto permitirá definir mejor las cantidades óptimas y analizar su viabilidad económica.
- Ajustar las cantidades de poliestireno expandido y SNS 360 para mejorar la resistencia sin afectar negativamente la expansión del bloque.
- Basándose en los resultados obtenidos, se podrían desarrollar recomendaciones para minimizar la expansión en ambientes con presencia de sulfatos, particularmente en el uso de aditivos. Las recomendaciones podrían ser útiles para normativas de construcción en regiones donde estos ataques son comunes.
- Se recomienda que futuras investigaciones incorporen grout y refuerzo en los ensayos de pilas y muretes, siguiendo lo establecido en la Norma E.070 y en la literatura especializada, con el fin de reproducir condiciones reales de obra y validar el comportamiento estructural de la albañilería en servicio. De esta manera, los resultados obtenidos podrán complementarse con un análisis más integral, fortaleciendo la aplicabilidad práctica de los bloques evaluados en proyectos constructivos.

Referencias

- [1] T. Wu, L. Jin, T. Fan, L. Qiao, P. Liu, P. Zhou y Y. Zhang, «A multi-phase numerical simulation method for the changing process of expansion products on concrete under sulfate attack,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 19, p. e02458, 2023.
- [2] A. A. Sadoon, M. A. Al-Shugaa, M. K. Rahman, A. Al-Fakih y M. A. Al-Osta, «Enhancing unreinforced masonry wall resilience through nano-silica modified steel fiber reinforced mortar: A study on in-plane cyclic loading,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 19, p. e02358, 2023.
- [3] El Ágora, «Cambio climático,» *El aumento del nivel del mar amenaza al 10% de la población mundial*, pp. 1-3, 29 Octubre 2019.
- [4] UNESCO, «Programas oceánicos de la UNESCO,» UNESCO-IOC, Paris, 2022.
- [5] J. Dubuit, S. Laurens, A. Bertron, D. Garcia, L. Etcheverry, F. Deby y B. Erable, «Biogalvanic cathodic protection of reinforced concrete structures in marine environments,» *Construction and Building Materials*, vol. 403, p. 133180, 2023.
- [6] P. C. G. Astudillos y S. P. L. Bocanegra, «INFLUENCIA DE LAS PATOLOGÍAS MEDIOAMBIENTALES QUE AFECTAN A LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA ELABORADOS CON LADRILLOS DE ARCILLA KING KONG ARTESANAL EN SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE LAS EDIFICACIONES UNIFAMILIARES EN EL SECTOR TAQUILA,» Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2019.
- [7] H. Jin, J. Liu, D. Zhong y L. Tang, «Experimental study on chloride ion diffusion behavior and microstructure in concrete under alternating ambient humidity conditions,» *Construction and Building Materials*, vol. 401, p. 132886, 2023.
- [8] H. Jin, X. Fan, Z. Li, W. Zhang, J. Liu, D. Zhong y L. Tang, «An experimental study on the influence of continuous ambient humidity conditions on relative humidity changes, chloride diffusion and microstructure in concrete,» *Journal of Building Engineering*, vol. 59, p. 105112, 2022.
- [9] Gestión, «Proyecto busca retomar uso de tecnopor: qué lo motiva y por qué genera rechazo del Minam y Defensoría,» *Política Ambiental*, 2022.

- [10] K. V. Trinidad Vasquez, «Elaboración de bloques de concreto liviano adicionándole poliestireno reciclado para uso no estructural, Lima 2019,» Universidad César Vallejo, Lima, 2020.
- [11] J. S. Lapa Ramos, «Efecto del poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo,» Universidad Continental, Huancayo, 2020.
- [12] J. J. Santamaria Damián, «Influencia de la ceniza de bagazo de caña en la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto, Pimentel, 2022,» Universidad César Vallejo, Pimentel, 2022.
- [13] Instituto Nacional de Estadística e Informática, *Censo Poblacional*, Lima: INEI, 2020.
- [14] B. Vinod, H. Surendra y R. Shobha, «Lightweight concrete blocks produced using expanded polystyrene and foaming agent,» *Materials Today: Proceedings*, vol. 52, nº 3, pp. 1666-1670, 2022.
- [15] S. Layachi, O. Izemmouren, A. Dakhia, B. Taallah, E. Atiki, K. S. Almeasar, M. Layachi y A. Guettala, «Effect of incorporating Expanded polystyrene beads on Thermophysical, mechanical properties and life cycle analysis of lightweight earth blocks,» *Construction and Building Materials*, vol. 375, p. 130948, 2023.
- [16] W. A. Al-Awsh, O. S. B. Al-Amoudi, M. A. Al-Osta, A. Ahmad y T. A. Saleh, «Experimental assessment of the thermal and mechanical performance of insulated concrete blocks,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 283, p. 124624, 2021.
- [17] J. H. Caynamari Abanto, «Evaluación de bloques de concreto con plástico (PET) en muros portantes de las viviendas del distrito de Independencia, Lima 2022,» Universidad César Vallejo, Lima, 2022.
- [18] M. J. Casapino Jara y A. C. Serrano Quintanilla, «Evaluación De La Conductividad Térmica Y Propiedades Físico-Mecánicas De Bloques De Concreto Sustituyendo El Confitillo Por Poliestireno Expandido Tipo Perla,» Universidad Andina del Cusco, Cusco, 2020.
- [19] J. D. Quito Coila, «Uso de residuos de la producción de bloques de sillar de la cantera de Añashuayco en el diseño de concreto de resistencias convencionales y su análisis de durabilidad ante la acción química, en la ciudad de Arequipa,» Universidad Católica de Santa María, Arequipa, 2019.

- [20] E. J. Medina Cercado, «Evaluación de bloques de concreto adicionando poliestireno, Chota,» Universidad Nacional Autónoma de Chota, Chota, 2022.
- [21] L. S. Arbildo Ypanaque, «Elaboración de bloques de concreto incorporando tereftalato de polietileno,» Universidad Señor de Sipán, Pimentel, 2023.
- [22] J. M. Arboleda Iman, «Evaluación de Bloques de Concreto Tipo P Incorporando Polietileno de Alta Densidad Reciclado,» Universidad Señor de Sipán, Pimentel, 2023.
- [23] H. Manayay Cieza, «Caracterización física y mecánica del bloque de concreto convencional vs bloque de concreto mejorado con fibras de vidrio, Lambayeque,» Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2021.
- [24] CONSOLID, «Productos Viales,» Lima, 2016.
- [25] A. F, Tecnología del Concreto, Lima: 3° Edición: Perú, 2009.
- [26] B. M. CABRERA HUAMANÑAHUI y C. RAMIREZ ARONI, «EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA, PERMEABILIDAD Y ABSORCIÓN CAPILAR DE BLOQUES DE CONCRETO ELABORADOS CON ADICIÓN DE EMULSIÓN DE PARAFINA EN LA CIUDAD DE ABANCA- 2018,» Universidad Tecnológica de los Anfes, Abancay, 2019.
- [27] Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, «AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado,» Indecopi, Lima, 2001.
- [28] Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, «AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso,» Indecopi, Lima, 1999.
- [29] Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, «AGREGADOS - METODOS DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO,» Indecopi, Lima, 2001.
- [30] H. Gallegos y C. Casabonne, Albañilería Estructural, Lima: PUCP, 2005.
- [31] A. S. Bartolome, Construcciones de Albañilería, Lima: PUCP, 1994.
- [32] «Modelamiento y evaluación comparativa de la resistencia característica de la albañilería y módulo de elasticidad de unidades tipo blocker de la ciudad de Cusco, modificado con acero y polipropileno frente a albañilería tradicional, 2019,» Universidad Andina del Cusco, Cusco, 2019.
- [33] Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, «Unidades de Albañilería. Metodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería,» Indecopi, Lima, 2005.

- [34] UNE-EN 12390-8:2009, «Profundidad de penetración de agua bajo presión,» Norma Española, España, 2009.
- [35] W. G. Pire, «ESTUDIO DE DURABILIDAD AL ATAQUE DE SULFATOS DEL CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO,» Universidad Nacional de Colombia, Colombia, 2013.
- [36] ASTM C1202-22, «ASTM Volume 04.02: Concrete And Aggregates,» de *Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration*, Estados Unidos, 2022, p. 8.
- [37] MVCS, Propuesta de NORMA E.070 - ALBAÑILERÍA, Lima: Sencico, 2019.
- [38] Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, «UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería,» Indecopi, Lima, 2003.
- [39] Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, «UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería,» Indecopi, Lima, 2001.
- [40] L. M. G. F. V. R. J. y. V. M. G. Fernández Baqueiro, «Determinación de la resistencia a compresión diagonal y modulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto,» *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 2021.
- [41] M. C. R. Salinas, «MACROMODELACIÓN NUMÉRICA DE ENSAYOS DE PILAS Y MURETES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA,» Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2017.
- [42] D. R. H. Sampieri, «Metodología de la Investigación,» Mc Graw Hill, México, 2014.

Anexos

- [PANEL FOTOGRAFICO - DESARROLLO DE TESIS II](#)
- [VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE TESIS](#)