UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

Comparación del uso de 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024

Asesor:

Mgt. Ing. Mendoza Nina, Renato Héctor

Autor:

Becerra Panccahua, Gimena Gladys

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero(a) Civil

Cusco - Cusco – Perú

2026

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FILIAL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Cusco, a los 08 días del mes de julio de 2026, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° N.º 249-2026-UTEA-FI-EPIC-FC(e) de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Presidente :	Mg. **OSCCO ORCCOHUARANCCA, John Charlie**
Dictaminante :	Mgt. **CANAL APAZA, Jaime**
Replicante :	Mgt. **TORRES ARENAS, Luis Alberto**

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis ☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Comparación del uso de 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024.

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br. BECERRA PANCCAHUA, Gimena Gladys

Para optar el Tituló Profesional de:

INGENIERO (A) CIVIL

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO(S) ☒ o DESAPROBADO(S) ☐:

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Nota	Detalle (**)
Br. **BECERRA PANCCAHUA, Gimena Gladys**	11	Aprobado

Siendo las 12:00 horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mg. **OSCCO ORCCOHUARANCCA, John Charlie** (Firma)

Dictaminante: Mgt. **CANAL APAZA, Jaime** (Firma)

Replicante: Mgt. **TORRES ARENAS, Luis Alberto** (Firma)

Nota: Desaprobado: 0-10; **Aprobado:** 11-20

(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

8%	Fuentes de Internet
2%	Publicaciones
11%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Metadatos

Datos del Autor		
Apellidos y nombres	:	Becerra Panccahua, Gimena Gladys
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	71117138
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0003-3079-4892
Datos del Asesor		
Apellidos y nombres	:	Mgt. Ing. Mendoza Nina, Renato Héctor
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	44159849
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0002-2454-354X
Datos de la investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Ingeniería civil
Línea de Investigación	:	Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo Sostenible.
Rango de años en que se realizó la investigación	:	Noviembre 2024 – julio 2025
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de similitud	:	12%
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios por encaminarme, darme la fortaleza que necesito para superar cada desafío, bendecirme y brindarme la oportunidad de alcanzar este importante logro profesional. A la memoria de mis queridos abuelos, quienes, aunque ya no se encuentran físicamente a mi lado, viven por siempre en mi corazón, su amor, sus enseñanzas y los valores que sembraron en mí, siguen guiando mi vida.

A mis padres, por su amor incondicional, por cada sacrificio realizado y por creer siempre en mí, gracias por ser el motor que impulsó cada uno de mis pasos y por enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para alcanzar los sueños. A mi novio, por acompañarme con amor, paciencia y comprensión durante este proceso, gracias por brindarme tu apoyo, por confiar en mí y por animarme a seguir adelante en los momentos más difíciles. Con todo mi cariño y gratitud, dedico este trabajo como el reflejo del esfuerzo, la constancia y el amor de quienes estuvieron presentes en cada paso de este sueño hecho realidad.

Gimena Gladys Becerra Panccahua

Agradecimientos

A Dios, porque es mi guía y fortaleza, por darme la sabiduría y perseverancia para culminar esta importante etapa de mi vida.

A mis queridos abuelos, quienes hoy descansan en la eternidad. Su amor, enseñanzas y valores permanecerán siempre en mi corazón; este logro también honra su memoria.

A mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios, su apoyo constante y por creer siempre en mí. Este logro también les pertenece.

A mi novio, por su paciencia, comprensión y apoyo incondicional durante este proceso, así como por motivarme a seguir adelante en los momentos más difíciles.

Finalmente, expreso agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este trabajo. Con gratitud, presento esta tesis como el reflejo del esfuerzo, la perseverancia y el apoyo recibido para alcanzar uno de mis mayores sueños: convertirme en profesional.

Gimena Gladys Becerra Panccahua

Resumen

Esta investigación tiene como título: Comparación del uso de 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco, YURA (IP, HE y MS), con la finalidad de determinar el tipo de cemento que tiene mejor desempeño para las condiciones constructivas de la región, su enfoque es cuantitativo, de tipo aplicada, con diseño experimental y alcance comparativo, donde se elaboraron bloquetas utilizando una misma dosificación, variando únicamente el tipo de cemento, para posteriormente evaluar el peso unitario, la trabajabilidad mediante el ensayo de asentamiento (slump), la exudación, la absorción de agua y la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, de acuerdo con las NTP y ASTM aplicables.

Se evidenciaron como resultados, diferencias significativas entre los cementos evaluados, primeramente, el cemento YURA IP presentó la mayor trabajabilidad (3.8"), y la mayor exudación, YURA MS mostró una resistencia intermedia y una absorción cercana al 10 %, lo que podría afectar su durabilidad y YURA HE mejor comportamiento integral, con una trabajabilidad de 3.6", una exudación aproximada de 1.55 %, una absorción cercana al 6 % y la mayor resistencia promedio a los 28 días, alcanzando 65.56 kg/cm². Se concluye que el cemento YURA HE es la alternativa más adecuada para la fabricación de bloquetas de concreto en Cusco, al tener mejor equilibrio entre resistencia mecánica, trabajabilidad, baja absorción y control de la exudación, favoreciendo un mejor desempeño estructural y una mayor calidad de las unidades producidas.

Palabras clave: Bloquetas de concreto, Cemento, Propiedades físico-mecánicas, Dosificación.

Abstract

This research is titled "Comparison of the use of three types of cement (YURA IP, HE, and MS) in the manufacture of concrete blocks in Cusco," with the aim of determining which cement type performs best under the region's construction conditions. The study employs a quantitative, applied approach with an experimental design and a comparative scope. Concrete blocks were manufactured using a constant mix design—varying only the cement type—and subsequently evaluated for unit weight, workability (via the slump test), bleeding, water absorption, and compressive strength at 7, 14, and 28 days of curing, in accordance with applicable NTP and ASTM standards.

The results revealed significant differences among the cements evaluated: YURA IP cement exhibited the highest workability (3.8") and the greatest bleeding; YURA MS showed intermediate strength and water absorption near 10% (a factor that could affect durability); and YURA HE demonstrated the best overall performance, with a workability of 3.6", bleeding of approximately 1.55%, absorption near 6%, and the highest average strength at 28 days, reaching 65.56 kg/cm². It is concluded that YURA HE cement is the most suitable alternative for manufacturing concrete blocks in Cusco, as it offers the best balance of mechanical strength, workability, low absorption, and bleeding control, thereby promoting superior structural performance and higher quality in the produced units.

Keywords: Concrete blocks, Cement, Physico-mechanical properties, Mix proportioning.

Índice

Portada……....i

Acta de sustentación.....ii

Reporte de similitud..... iii

Metadatos.....iv

Dedicatoria v

Agradecimientos.....vi

Resumen vii

Abstract viii

Índice.....ix

Índice de tablas.....xi

Índice de figuras xiv

Índice de anexos.....xvi

I. Introducción 17

II. Planteamiento del problema..... 20

2.1. Descripción y formulación del problema..... 20

2.2. Objetivos..... 25

2.2.1. Objetivo general..... 25

2.2.2. Objetivos específicos..... 25

2.3. Justificación e importancia..... 26

2.4. Hipótesis..... 30

2.5. Variables 31

III. Marco teórico 34

3.1. Antecedentes 34

3.2. Bases teóricas 37

3.3. Definición de términos 56

IV. Metodología 59

4.1. Tipo y nivel de investigación 59

4.2. Ámbito temporal y espacial 60

4.3. Población y muestra 62

4.4. Instrumentos 66

4.5. Procedimientos 68

4.6. Análisis de datos 77

4.7. Consideraciones éticas 78

V.Resultados y discusión 79

VI.Conclusiones 154

VII.Recomendaciones 159

VIII.Referencias 161

IX.Anexos 166

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de Variables.....33

Tabla 2 Composición química del cemento 39

Tabla 3 Clasificación del cemento según ASTM y NTP 41

Tabla 4 Tipo de cemento: Ventajas y Aplicaciones.....42

Tabla 5 Muestra 63

Tabla 6 Cuadro comparativo de los ensayos realizados para la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las bloquetas de concreto.....76

Tabla 7 Análisis granulométrico arena gruesa por tamizado.....79

Tabla 8 Análisis granulométrico confitillo por tamizado.....81

Tabla 9 Contenido de humedad de material fino 84

Tabla 10 Contenido de humedad de material grueso 86

Tabla 11 Peso unitario suelto agregado fino.....88

Tabla 12 Peso unitario suelto agregado grueso.....89

Tabla 13 Peso específico y absorción de agregado fino AASHTO 90

Tabla 14 Absorción del cemento YURA IP 91

Tabla 15 Absorción del cemento YURA HE.....91

Tabla 16 Absorción del cemento YURA MS 92

Tabla 17 Revestimiento del concreto fresco 93

Tabla 18 Ensayo de exudación del concreto de tipo YURA HE 94

Tabla 19 Exudación YURA IP.....95

Tabla 20 Exudación YURA MS……..……..96

Tabla 21 Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA IP a los 7 días ...98

Tabla 22 Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA IP a los 14 días100

Tabla 23 Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA IP a los 28 días102

Tabla 24 Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA HE a los 7 días 105

Tabla 25 Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA HE a los 14 días 107

Tabla 26 Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA HE a los 28 días 110

Tabla 27 Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA MS a los 7 días113

Tabla 28 Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA MS a los 14 días 116

Tabla 29 Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA MS a los 28 días 119

Tabla 30 Resultados descriptivos de la Resistencia característica al corte kg/cm2 125

Tabla 31 Test de normalidad para Resistencia característica al corte kg/cm2 a los 7 días.133

Tabla 32 Prueba de Kruskal-Wallis para Resistencia característica al corte kg/cm^2 a los 7 días 134

Tabla 33 Comparaciones por parejas de Descripción.....135

Tabla 34 Test de normalidad para Resistencia característica al corte kg/cm^2 a los 14 días 137

Tabla 35 Prueba de Kruskal-Wallis para Resistencia característica al corte kg/cm^2 a los 14 días.....138

Tabla 36 Comparaciones por parejas para Resistencia característica al corte kg/cm^2 a los 14 días.....139

Tabla 37 Test de normalidad para Resistencia característica al corte kg/cm^2 a los 28 días 142

Tabla 38 Prueba de Kruskal-Wallis para Resistencia característica al corte kg/cm^2 a los 28 días.....143

Tabla 39 Comparaciones por parejas para Resistencia característica al corte kg/cm^2 a los 28 días.....144

Tabla 40 Análisis de costo unitario para diseño IP 147

Tabla 41 Análisis de costo unitario para diseño HE.....148

Tabla 42 Análisis de costo unitario para diseño MS.....148

Índice de figuras

Figura 1 Proceso de fabricación del cemento:.....40

Figura 2 Propiedades del IP.....49

Figura 3 Proceso de fabricación de bloquetas.....51

Figura 4 Ensayo de SLUMP.....55

Figura 5 Ensayo módulo de fineza.....69

Figura 6 Ensayo de absorción.....74

Figura 7 Ensayo de comprensión.....75

Figura 8 Ensayo de exudación cemento N° 2 75

Figura 9 Curva granulométrica.....80

Figura 10 Curva granulométrica.....83

Figura 11 Grafica del contenido de humedad agregado fino 85

Figura 12 Grafica de contenido de humedad agregado grueso.....87

Figura 13 Peso unitario suelto agregado fino 88

Figura 14 Peso unitario suelo agregado grueso.....89

Figura 15 Peso específico de los 3 tipos de cemento.....90

Figura 16 Exudación YURA IP 95

Figura 17 Ensayo compresión de bloquetas con YURA IP a los 7 días.....99

Figura 18 Ensayo compresión de bloquetas con YURA IP a los 14 días.....101

Figura 19 Ensayo compresión de bloquetas con YURA IP a los 28 días.....103

Figura 20 Resumen ensayo compresión de bloquetas con YURA IP 104

Figura 21 Ensayo compresión de bloquetas con YURA HE a los 7 días 106

Figura 22 Ensayo compresión de bloquetas con YURA HE a los 14 días 109

Figura 23 Ensayo compresión de bloquetas con YURA HE a los 28 días 111

Figura 24 Resumen ensayo compresión de bloquetas con YURA HE 112

Figura 25 Ensayo compresión de bloquetas con YURA MS a los 7 días.....115

Figura 26 Ensayo compresión de bloquetas con YURA MS a los 14 días.....118

Figura 27 Ensayo compresión de bloquetas con YURA MS a los 28 días 121

Figura 28 Resumen ensayo compresión de bloquetas con YURA MS 122

Figura 29 Comparación de la Resistencia de bloquetas (con 3 tipos de cemento) en kg/cm^2 a los 7 días 128

Figura 30 Comparación de la Resistencia de bloquetas (con 3 tipos de cemento) kg/cm^2 a los 14 días.....130

Figura 31 Comparación de la Resistencia de bloquetas (con 3 tipos de cemento) kg/cm^2 a los 28 días.....131

Índice de anexos.

Anexo 1 Matriz de Consistencia.....167

Anexo 2 Informes de laboratorio 169

Anexo 3 Certificado de calibración de equipos.....174

Anexo 4 Análisis de Costos unitarios 192

Anexo 5 Panel fotográfico 194

I. Introducción

En las últimas décadas, la construcción en el Perú ha experimentado un crecimiento que es considerado sostenido, impulsado por la demanda de viviendas, infraestructura urbana y proyectos de desarrollo regional, es por ello, y es ahí que los materiales de construcción son esenciales para la durabilidad, la calidad, la resistencia y la sostenibilidad de las construcciones. Las bloquetas de concreto, son una alternativa eficiente debido a su producción y comportamiento estructural apropiado, este se ha convertido en una opción muy empleada para la edificación de cercos, muros y casas. El realizar de estas unidades prefabricadas se realiza con cemento, agua y agregados; por ende, las propiedades de las mismas dependen sobre todo del tipo de cemento que se utilice, así como de la dosificación de los materiales y las condiciones en que se mezclan, compactan y curan.

La calidad de las bloquetas de concreto es considerado un aspecto fundamental para garantizar la seguridad y el adecuado desempeño de las edificaciones, ya que las propiedades como la resistencia a la compresión, la absorción de agua, la trabajabilidad, el peso unitario y la exudación permiten evaluar el comportamiento del material durante su fabricación y en servicio, pero cabe resaltar que solo habiendo un control de estas propiedades mediante ensayos normalizados resulta indispensable para verificar que se cumplan aquellos requisitos establecidos

en la normativa técnica y asegurar que las unidades de albañilería presenten un comportamiento adecuado frente a las condiciones de uso y exposición.

En el Perú, las unidades de albañilería destinadas a la construcción deben cumplir con los requisitos de calidad, los cuales fueron establecidos en las Normas Técnicas Peruanas, siendo la NTP 399.613 una de las principales referencias para su fabricación y evaluación. A pesar de ello, en diversos centros de producción, principalmente aquellos de carácter artesanal o de menor escala, no siempre se implementan de manera uniforme los procedimientos técnicos exigidos por la normativa. Como resultado, las bloquetas elaboradas pueden presentar diferencias en sus propiedades físicas y mecánicas, lo que repercute en su comportamiento durante su vida útil.

Esta realidad resulta especialmente significativa en la ciudad del Cusco, donde el crecimiento del sector construcción y el incremento de proyectos habitacionales han elevado la demanda de unidades de albañilería. Asimismo, las condiciones ambientales características de esta región, como la elevada altitud, las variaciones de temperatura entre el día y la noche y la presencia de periodos climáticos bien definidos, constituyen factores que pueden modificar el desarrollo de los procesos de hidratación, fraguado y curado del cemento. En consecuencia, estas condiciones pueden influir en la calidad y el desempeño de las unidades producidas, haciendo necesaria la evaluación de alternativas que contribuyan a optimizar sus propiedades.

En la región sur de nuestro país, la empresa Yura S.A. comercializa diferentes tipos de cemento con propiedades específicas para diversas aplicaciones. El cemento YURA IP destaca por su comportamiento puzolánico y durabilidad; el cemento YURA HE se caracteriza por desarrollar alta resistencia en edades tempranas, lo que favorece la fabricación de elementos prefabricados; mientras que el cemento YURA

MS presenta moderada resistencia al ataque de sulfatos, siendo recomendado para ambientes con presencia de humedad o sales. No obstante, en la práctica, la selección del tipo de cemento suele basarse en criterios de disponibilidad o costo, sin considerar suficientemente su influencia sobre las propiedades físico-mecánicas de las bloquetas, situación que puede afectar la calidad del producto final y su comportamiento durante la vida útil.

Es por ello, que surge la necesidad de realizar investigaciones experimentales que permitan comparar objetivamente el desempeño de los diferentes tipos de cemento disponibles en el mercado, utilizando una misma dosificación y condiciones controladas de fabricación. Los resultados obtenidos constituyen una base técnica para la selección del cemento más adecuado en la elaboración de bloquetas de concreto, contribuyendo a mejorar los procesos constructivos, optimizar la calidad de los materiales empleados y promover edificaciones más seguras y duraderas.

Finalmente resaltar que la presente investigación aplico, y tiene como objetivo comparar el comportamiento de los cementos YURA IP, YURA HE y YURA MS empleados a la fabricación de bloquetas de concreto, mediante la evaluación de sus propiedades físico-mecánicas, incluyendo el peso unitario, la trabajabilidad, la exudación, la absorción de agua y la resistencia a la compresión. Estos resultados permitieron identificar el tipo de cemento que presenta el mejor desempeño para las condiciones constructivas de la ciudad del Cusco, aportando información técnica que podrá servir como referencia para fabricantes de bloquetas, profesionales de la ingeniería civil, investigadores y futuras investigaciones relacionadas con la optimización de materiales para la construcción.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

A nivel internacional, la industria de los materiales de construcción enfrenta el desafío de desarrollar productos cada vez más sostenibles, resistentes y económicos, especialmente debido al impacto ambiental asociado a su producción. En este contexto, el cemento, como uno de los materiales que son más utilizados en el mundo, es responsable de aprox. el 8% de las emisiones globales de CO_2, lo que ha motivado el desarrollo de investigaciones orientadas a optimizar el desempeño de los distintos tipos de cemento a la fabricación de elementos prefabricados, como las bloquetas. Estos estudios buscan reducir el consumo energético y mejorar las propiedades físico-mecánicas de dichos elementos, contribuyendo así a una construcción más eficiente y sostenible (Dehghan, 2022)

Cabe resaltar que hoy en este mundo moderno el desarrollo de la industria de prefabricados y unidades de albañilería (bloquetas de concreto) depende estrictamente de la selección del ligante hidráulico adecuado. La literatura científica actual enfatiza que el uso indiscriminado de cemento Portland tradicional sin adiciones genera altas tasas de calor de hidratación y porosidad capilar en mezclas secas, estas tendencias globales exigen la caracterización comparativa entre cementos adicionados con materiales puzolánicos frente a cementos por desempeño de alta resistencia inicial

(HE) o de moderada resistencia a los sulfatos (MS). Esto se debe a que la finura del grano y la reactividad de los componentes modifican sustancialmente el agua libre en la mezcla, afectando directamente la trabajabilidad y la evolución de la microestructura del gel C-S-H en el concreto (Ahmad & Khan, 2023)

Es asi como en Nigeria, diversos estudios sobre bloques de concreto tipo *sandcrete blocks* han evidenciado que la producción de estas unidades de albañilería presenta una fuerte dependencia de la disponibilidad y el costo del cemento, lo que conduce a que muchas plantas de fabricación seleccionen el material ligante sin criterios técnicos estandarizados ni control de calidad adecuado. Esta situación es particularmente crítica en pequeñas y medianas unidades de producción, donde el control tecnológico del proceso es limitado.

Como consecuencia de las diferencias presentes en los procesos de fabricación, las unidades de albañilería pueden presentar un comportamiento físico-mecánico variable. Entre las propiedades que muestran mayor variación se encuentran la resistencia a la compresión, la densidad y la absorción de agua, parámetros fundamentales para evaluar su calidad y desempeño estructural. Estas diferencias no solo se observan entre distintos fabricantes, sino también entre unidades pertenecientes a un mismo lote de producción, lo que refleja una falta de uniformidad en las características del producto final.

Cabe resaltar, diversos estudios experimentales coinciden en que el tipo de cemento empleado y sus características de calidad ejercen una influencia directa sobre el comportamiento de las unidades de albañilería. Asimismo, la ausencia de ensayos de laboratorio durante las etapas de producción y control de calidad limita la verificación del cumplimiento de las especificaciones técnicas, incrementando la probabilidad de obtener unidades con propiedades inferiores a las requeridas por la normativa vigente. Esta problemática se agrava por la falta de cumplimiento estricto de

normas técnicas en muchas zonas de producción, lo que incrementa el riesgo de obtener unidades de albañilería subestándar utilizadas en edificaciones de baja altura. (Nuruddeen & Murtala, 2023)

En el Perú, el sector de la construcción constituye uno de los principales motores del crecimiento económico, representando alrededor del 6% del Producto Bruto Interno nacional, (INEI., 2024) ,sin embargo, a pesar de su relevancia económica, a la fabricación de bloquetas aún predomina el uso de materiales tradicionales y procesos de carácter artesanal, en los cuales no siempre se considera el tipo de cemento más adecuado para garantizar niveles óptimos de resistencia y durabilidad. Si bien empresas cementeras nacionales como Cementos Yura S.A. producen diversos tipos de cemento, tales como IP, HE y MS, diseñados para distintas condiciones de exposición y aplicaciones específicas, la elección del material suele basarse en la costumbre o en la disponibilidad comercial, más que en criterios técnicos. Esta situación se ve agravada por la escasez de estudios comparativos aplicados a elementos no estructurales, lo que limita la optimización de costos, la mejora de la calidad del producto final y la garantía de un comportamiento adecuado frente a la humedad, la compresión y la abrasión (Caltrans, 2021).

Dicho lo anterior a nivel nacional en el Perú la producción de unidades de albañilería como las bloquetas de concreto ha experimentado un incremento significativo, principalmente en el sector de la autoconstrucción y en pequeñas empresas dedicadas a la fabricación de prefabricados. Sin embargo, esta actividad presenta una problemática relacionada con la limitada estandarización en la selección del tipo de cemento utilizado en su fabricación. En muchos casos, la elección del cemento se realiza bajo criterios económicos o de disponibilidad en el mercado local, sin considerar un análisis comparativo de su desempeño en términos de resistencia mecánica, trabajabilidad y durabilidad del producto final. Esta situación genera

variaciones en la calidad de las bloquetas producidas, evidenciándose diferencias en propiedades fundamentales como la resistencia a la compresión, la absorción de agua y la densidad. (Coila Pari, 2022)

Asimismo, la ausencia de un control tecnológico riguroso en pequeños centros de producción contribuye a que los resultados no sean homogéneos, lo que puede comprometer el desempeño estructural de las edificaciones donde estas unidades son utilizadas. En este contexto, se evidencia la necesidad de realizar estudios comparativos que permitan evaluar el comportamiento de distintos tipos de cemento a la fabricación de bloquetas de concreto, con el fin de optimizar su calidad y garantizar un mejor desempeño en la construcción a nivel nacional.

En la región del Cusco, la demanda de bloquetas se ha incrementado considerablemente como consecuencia del crecimiento urbano, la implementación de programas de vivienda social y la expansión de zonas periurbanas. No obstante, gran parte de su producción continúa realizándose de manera artesanal o semi-industrial, sin un control técnico riguroso en la selección del tipo de cemento ni en las condiciones de mezclado y curado. A pesar de que Cementos Yura S.A. distribuye en esta región los cementos Yura IP, Yura HE y Yura MS, los fabricantes locales tienden a seleccionar el cemento principalmente por criterios económicos o de disponibilidad, sin considerar las propiedades físico-mecánicas que cada tipo puede aportar al producto final. Esta práctica genera una notable variabilidad en la resistencia a la compresión, la absorción de agua y la durabilidad de las bloquetas, lo cual repercute negativamente en la calidad constructiva y en la vida útil de las edificaciones (González, 2019). Asimismo, las condiciones climáticas propias del Cusco, caracterizadas por una alta radiación solar, una marcada variación térmica diaria y periodos de elevada humedad durante la temporada de lluvias, influyen directamente en el proceso de fraguado del cemento y en el desempeño final de las bloquetas, por ello, resulta necesario realizar un análisis

comparativo del comportamiento de los cementos Yura de tipo IP, HE y MS en la fabricación de bloquetas, con el fin de determinar cuál de ellos ofrece mejores niveles de resistencia, durabilidad y adaptabilidad a las condiciones ambientales locales.

De igual manera, la insuficiente aplicación de estos procedimientos de control de calidad y la escasa realización de ensayos durante el proceso de fabricación favorecen la producción de bloquetas con propiedades físico-mecánicas poco uniformes. Esta variabilidad puede afectar el desempeño de las unidades cuando son utilizadas en edificaciones de albañilería confinada o portante, al no garantizar un comportamiento estructural homogéneo.

Frente a esta situación, resulta pertinente realizar una evaluación comparativa del empleo de distintos tipos de cemento a la fabricación de bloquetas en la ciudad del Cusco. El desarrollo de este análisis permitirá identificar la alternativa que proporcione mejores propiedades físico-mecánicas, contribuyendo a optimizar la calidad de las unidades de albañilería y a favorecer un comportamiento estructural más confiable en las construcciones donde sean empleadas. (Ccama Galvez, 2024)

En ese sentido, la presente investigación busca aportar información técnica relevante que contribuya en mejora de la calidad y sostenibilidad de los materiales utilizados en la construcción en la región del Cusco, promoviendo una selección más racional del tipo de cemento en función de su aplicación y del entorno climático en el que será empleado.

2.1.1. Problema general.

P.G. ¿Como se compara el uso de 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024?

2.1.2. Problemas específicos.

P.E. 1. ¿Cómo se mide el peso unitario del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024?

P.E. 2. ¿Cómo se mide la trabajabilidad del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024?

P.E. 3. ¿Cómo se mide la resistencia a la compresión del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024?

P.E. 4. ¿Cómo varía la absorción de agua en las bloquetas con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024?

P.E. 5. ¿Cómo varía la exudación del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

O.G. Comparar el uso de 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024.

2.2.2. Objetivos específicos

O.E. 1. Determinar el peso unitario del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024.

O.E. 2. Determinar la trabajabilidad del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024.

O.E. 3. Determinar la resistencia a la compresión del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024.

O.E. 4. Determinar la absorción de agua del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024.

O.E. 5. Determinar la exudación del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024.

2.3. Justificación e importancia

2.3.1. Justificación

2.3.1.1. Justificación teórica

Desde una perspectiva teórica, la investigación se basa en el análisis del comportamiento físico-mecánico del cemento como material conglomerante esencial a la elaboración de bloquetas, el estudio de los distintos tipos de cemento Yura IP (puzolánico), Yura HE (alta resistencia temprana) y Yura MS (moderada resistencia a sulfatos) permite ampliar el conocimiento sobre cómo su composición mineralógica y sus propiedades químicas influyen en la resistencia, durabilidad y desempeño de los elementos prefabricados, donde la teoría del concreto indica que la resistencia final y la durabilidad dependen de la relación que exista en relación al agua/cemento, el tipo de cemento y las condiciones de curado, factores que cobran especial relevancia en zonas con características climáticas variables como el Cusco.

Asimismo, diversos estudios señalan que la composición del cemento influye directamente en la velocidad de hidratación, el desarrollo de resistencias tempranas y la durabilidad del material, lo que justifica la evaluación comparativa de distintos tipos de cemento en la fabricación de elementos prefabricados como las bloquetas de concreto. (Neville, 2011)

2.3.1.2. Justificación práctica

Esta investigación busca generar resultados aplicables a la realidad de la industria local de los materiales de construcción en Cusco, donde la fabricación de bloquetas constituye una actividad esencial para el crecimiento urbano y el desarrollo

de la vivienda social. Actualmente, la elección del tipo de cemento se realiza principalmente por razones económicas o de disponibilidad en el mercado local, sin una base experimental que justifique su selección desde un enfoque técnico.

Esta situación genera una producción de bloquetas con posibles variaciones en sus propiedades físico-mecánicas, lo que puede afectar su desempeño en obra, especialmente en edificaciones de albañilería confinada o portante. En este contexto, la comparación del desempeño de bloquetas fabricadas con cementos Yura IP (puzolánico), Yura HE (alta resistencia temprana) y Yura MS (moderada resistencia a sulfatos) permitirá identificar cuál de estos tipos de cemento ofrece mejores resultados en términos de resistencia a la compresión, absorción de agua, densidad y durabilidad.

Asimismo, la investigación permitirá optimizar los procesos de fabricación de bloquetas en la región Cusco, contribuyendo a la reducción de fallas constructivas, el mejor aprovechamiento de los materiales y la mejora del comportamiento estructural de las edificaciones. Los resultados obtenidos podrán servir como base técnica para productores, técnicos y profesionales del sector construcción, facilitando una selección más eficiente del tipo de cemento según el desempeño requerido.

De esta manera, se busca generar información técnica útil y aplicable directamente en la producción local, promoviendo la estandarización de criterios en la fabricación de bloquetas y contribuyendo al incremento de la calidad constructiva en el ámbito regional.

2.3.1.3. Justificación metodológica

Asimismo, la investigación permitirá sentar bases para futuros estudios que otros investigadores puedan desarrollar sobre esta temática, de modo que las pruebas realizadas contribuyan a garantizar la calidad de los insumos utilizados a la fabricación de bloquetas de concreto, en concordancia con las Normas Técnicas Peruanas (NTP)

vigentes. En el Perú, el Instituto Nacional de Calidad, (INACAL, 2020), establece que los materiales de construcción, como el cemento, el concreto y las unidades de albañilería, deben cumplir con especificaciones técnicas que aseguren su calidad, resistencia y durabilidad, promoviendo la seguridad estructural de las edificaciones.

En este sentido, la presente investigación se alinea con normas como la NTP 334.082, que establece los requisitos de desempeño del cemento Portland y cementos adicionados, clasificándolos según su uso general, alta resistencia inicial, resistencia a sulfatos y calor de hidratación; así como la NTP 339.114, que regula los requisitos del concreto premezclado, garantizando el control de calidad en su producción. Asimismo, se consideran las normas relacionadas a unidades de albañilería como la NTP 331.017, que establece los requisitos de calidad para ladrillos y unidades utilizadas en albañilería, las cuales son aplicables como referencia para bloquetas de concreto en términos de desempeño estructural.

De esta manera, se busca que los resultados obtenidos en la investigación contribuyan al cumplimiento de criterios técnicos normativos, fortaleciendo la estandarización de los procesos de producción y permitiendo que futuras investigaciones continúen mejorando la calidad de las unidades de albañilería en el ámbito regional y nacional.

2.3.2. Importancia

Esta investigación posee relevancia técnica, científica y social, debido a que aborda la calidad de las bloquetas de concreto utilizadas en el sector de la construcción de la ciudad del Cusco, donde este material es ampliamente empleado en proyectos de vivienda, urbanizaciones y obras de pequeña y mediana envergadura; por ello, resulta necesario evaluar alternativas que permitan optimizar sus propiedades físico-mecánicas y garantizar un mejor desempeño durante su vida

útil.

Desde una perspectiva técnica, el estudio permitirá analizar la influencia de tres tipos de cemento fabricados por Yura S.A. (Yura IP, Yura HE y Yura MS) sobre las propiedades físico-mecánicas de las bloquetas, se deben considerar parámetros como la resistencia a la compresión, la absorción de agua y otras características relacionadas con su comportamiento mecánico y su durabilidad; a partir de la comparación de los resultados será posible identificar el cemento que ofrezca un mejor desempeño bajo las condiciones ambientales propias de la ciudad del Cusco, aportando criterios técnicos para la selección de materiales y la optimización del proceso de fabricación.

En el ámbito académico y científico, esta investigación busca contribuir y ampliar el conocimiento sobre el comportamiento de los cementos de producción nacional aplicados a la fabricación de unidades de albañilería, generando información experimental que podrá servir como base para futuras investigaciones; ademas de fortalecer la enseñanza universitaria y promover el desarrollo de nuevas alternativas tecnológicas en el campo de los materiales de construcción; asimismo, favorecerá una formación profesional orientada al uso eficiente de los recursos disponibles y a la aplicación de criterios técnicos sustentados en evidencia.

En el aspecto social y económico, la investigación es relevante porque promueve el uso eficiente de cementos producidos en el país, lo que reduce costos de transporte y favorece la economía regional, asimismo, al orientar a pequeños productores y empresas constructoras en la elección del tipo de cemento más adecuado, se fomenta la producción de bloquetas de mayor calidad a precios accesibles, mejorando las condiciones de vivienda de la población cusqueña y fortaleciendo el desarrollo urbano sostenible.

2.3.3. Delimitación

Esta investigación se delimita al análisis de propiedades físico-mecánicas de bloquetas de concreto fabricadas con los cementos Yura IP, Yura HE y Yura MS, considerando específicamente el peso unitario, la trabajabilidad, la resistencia a la compresión, la absorción de agua y la exudación del concreto. Este estudio se desarrolla en la ciudad del Cusco, cuyas condiciones ambientales y geográficas influyen en el comportamiento del concreto y en el proceso de fabricación de las bloquetas. La investigación se ejecutó durante el año 2024, periodo en el cual se realiza la elaboración de las muestras, la ejecución de los ensayos de laboratorio y el análisis de los resultados obtenidos. Metodológicamente, el estudio adopta un enfoque cuantitativo, de tipo experimental y comparativo, empleando procedimientos y ensayos de laboratorio realizados conforme a normas técnicas vigentes aplicables al concreto y a los elementos prefabricados del Perú, dando la garantia para su validez y confiabilidad de los resultados, el análisis de los datos se efectúo mediante métodos estadísticos con la finalidad de determinar la existencia de diferencias entre los cementos evaluados, sin pretender establecer la superioridad absoluta de un tipo de cemento sobre otro, sino comparar su comportamiento bajo condiciones controladas y específicas.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

H.G. Comprobar que existen diferencias en las propiedades físico-mecánicas de las bloquetas fabricadas con 3 tipos de cemento, permitiendo identificar el tipo de cemento que presenta un mejor desempeño en términos de resistencia, Cusco 2024.

2.4.2. Hipótesis especificas

H.E. 1. Comprobar que existen diferencias en el peso unitario del concreto empleado a la fabricación de bloquetas con 3 tipos de cemento, observándose diferencias en las condiciones de rendimiento y calidad, permitiendo identificar el tipo de cemento con mejor comportamiento, Cusco 2024.

H.E. 2. Comprobar que existen diferencias en la trabajabilidad del concreto utilizado a la fabricación de bloquetas con 3 tipos de cemento, presentando uno de los tipos de cemento mejor comportamiento reológico, Cusco 2024.

H.E. 3. Comprobar que existen diferencias en la resistencia a la compresión del concreto utilizado en la fabricación de bloquetas con 3 tipos de cemento, evidenciándose mayor resistencia en uno de los tipos de cemento, Cusco 2024.

H.E. 4. Comprobar que existen diferencias en la absorción de agua de las bloquetas elaboradas con 3 tipos de cemento, Cusco 2024 permitiendo identificar el tipo de cemento con menor absorción.

H.E. 5. Identificar diferencias en la exudación del concreto utilizado en la fabricación de bloquetas con 3 tipos de cemento, bajo las condiciones del Cusco en el año 2024, permitiendo identificar el tipo de cemento con menor exudación.

2.5. Variables

2.5.1. Variable Independiente: Tipo de comento

- **Definición conceptual:**

  El tipo de cemento se refiere a la clasificación del material aglomerante

hidráulico utilizado a la fabricación de elementos de concreto, según su composición química y propiedades específicas, conforme a las normas técnicas como NTP 334.009.

- **Definición operacional:**

  El cemento es considerado el material de construcción que más se utiliza en el mundo, el cual aporta propiedades útiles y deseables, como resistencia a la compresión, durabilidad y estética para una diversidad de aplicaciones de construcción (Cemex, 2019).

- **Indicadores de la variable independiente:**

  Tipo de cemento (Yura IP, Yura HE y Yura MS).

- **Escala de medición para la variable independiente:** Nominal

2.5.2. Variable dependiente: Propiedades de bloquetas

- **Definición conceptual:**

  Las propiedades de las bloquetas son aquellas características físicas y mecánicas que determinan su calidad y comportamiento estructural en la construcción, tales como resistencia, absorción y trabajabilidad.

- **Definición operacional:**

  Para esto la unidad de albañilería a base de cemento, agua, agregados, aditivos, c/s pigmentos, de forma prismática, que cuentan con dimensiones interiores modulares no mayores de 60 cm, sin armadura según NTP 399.602

- **Indicadores de la variable dependiente:**

  Absorción, f´c, trabajabilidad, exudación.

- **Escala de medición para la variable dependiente:** Razon

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Escala de medición
Tipo de cemento (VI)	Se refiere a la clasificación del cemento según su composición y uso, conforme a las normas técnicas (por ejemplo: Portland tipo I, tipo V, cementos puzolánicos, etc.). (Neville, 2011)	Se manipulará utilizando diferentes tipos de cemento en la elaboración de bloquetas.	Tipo de cemento	Yura IP Yura HE Yura MS	Nominal
VARIABLE DEPENDIENTE	**DEFINICION CONCEPTUAL**	**DEFINICION OPERACIONAL**	**DIMENSIONES**	**INDICADORES**	**ESCALA DE MEDICION**
Propiedades de bloquetas (VD)	Son las características físicas y mecánicas que determinan la calidad y desempeño de las bloquetas en la construcción. (ACI, 2011)	Se medirán las propiedades resultantes de las bloquetas elaboradas con distintos tipos de cemento.	1. Resistencia a la compresión	- MPa (megapascales) de resistencia	Cuantitativa (razón)
			2. Absorción de agua	- Porcentaje de absorción de agua	
			3. Peso unitario	- kg/m³ de densidad	
			4. Trabajabilidad	Indice de trabajabilidad	
			5. Exudación	% de Exudacion	

*Nota***.** Fuente: Elaboración Propia

III. Marco Teórico

3.1. Antecedentes

3.1.1. A nivel Internacional

Para (Nuruddeen & Murtala, 2023), desarrollaron una investigación titulada *"*Influencia Del Grado De Cemento En Las Propiedades De Resistencia De Los Bloques De Arena*"*, cuyo objetivo fue evaluar la influencia del tipo y grado de cemento en las propiedades físico-mecánicas de los bloques de arena y cemento (*sandcrete blocks*), con énfasis en la resistencia a la compresión y la absorción de agua. La metodología utilizada fue de tipo experimental, con un diseño cuantitativo en laboratorio, donde se elaboraron bloques de arena y cemento empleando diferentes grados de cemento Portland, variando su resistencia nominal. Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión y absorción de agua conforme a estándares internacionales de materiales de construcción. Los resultados mostraron que los bloques fabricados con cementos de mayor grado de resistencia presentaron valores superiores de resistencia a la compresión y menor absorción de agua en comparación con aquellos elaborados con cementos de menor desempeño. Asimismo, se evidenció una relación directa entre el tipo de cemento y la calidad final del bloque.

Para (Okonkwo & Anagbaoso, 2023), desarrollaron una investigación titulada "Influencia del contenido de cemento y la presión de compactación en las propiedades mecánicas de los bloques de hormigón de arena.", cuyo

objetivo fue evaluar la influencia del contenido de cemento y la presión de compactación en las propiedades mecánicas de los bloques de arena y cemento, tales como la resistencia a la compresión, la absorción de agua y la densidad. La metodología fue de tipo experimental en laboratorio, con un enfoque cuantitativo, donde se fabricaron bloques de sandcrete utilizando diferentes porcentajes de contenido de cemento y distintos niveles de presión de compactación. Posteriormente, las muestras fueron sometidas a ensayos de resistencia a la compresión y absorción de agua bajo condiciones controladas. Los resultados evidenciaron que el incremento del contenido de cemento y de la presión de compactación mejora significativamente la resistencia a la compresión de los bloques, mientras que la absorción de agua disminuye. Asimismo, se determinó que la compactación tiene un efecto más significativo que el contenido de cemento en la resistencia final del bloque. Como conclusión, los autores señalan que tanto el contenido de cemento como la compactación influyen directamente en la calidad de los bloques de arena y cemento, recomendando optimizar estos parámetros para mejorar el desempeño estructural de las unidades de albañilería.

3.1.2. A nivel Nacional

Para Cabrera (2019) en su investigación titulada ““Evaluación de la resistencia, permeabilidad y absorción capilar de bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina en la ciudad de Abancay-2018”, tuvo como objetivo principal mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina frente a bloques de concreto convencionales, donde el tipo fue una investigación aplicada con nivel exploratorio; debo mencionar que los resultados del ensayo de resistencia a la compresión al realizar los bloques de concreto con adición de emulsión de parafina, concluyeron que la adición 5,

correspondiente al 2.5% redujo la resistencia a un 55.55 $kg/cm2$, para lo cual realizando la clasificación seria usado en la construcción de muros no portantes, la absorción obtenida para los bloques de concretos c/s adición de emulsión de parafina, se concluyó que la adición 5 correspondiente al 2.5%, redujo de manera considerable la absorción capilar frente a un bloque de concreto convencional, la permeabilidad obtenida tanto a bloques de concretos c/s adición de emulsión de parafina, se concluye que la adición 5, correspondiente al 2.5%, redujo de igual forma considerable la permeabilidad frente a un bloque de concreto convencional.

De acuerdo con Huirma (2021) para su investigación titulada "Elaboración de bloques de concreto con la adición de aserrín para el uso en edificaciones de albañilería confinada, Juliaca – Puno 2021", tuvo como objetivo principal que se elaboraran de bloques de concreto con la adición de aserrín para el uso en edificaciones de albañilería confinada. Obteniendo que el alabeo de bloqueta patrón 1.9 mm de concavidad y 1.8 mm de convexidad, bloqueta con 5 % de aserrín 2.0 mm de concavidad y 1.9mm convexidad y bloqueta con 10 % de aserrín 1.8mm concavidad y 1.7 mm convexidad. Obteniendo los siguientes resultados para la absorción para la bloqueta patrón bloqueta patrón 2.05 %, bloqueta con 5 % de aserrín 2.75 % y bloqueta con 10 % de aserrín 3.07 %, de la incorporación del aserrín en los bloques de concreto para 0%, 5% y 10 % la resistencia promedio a la compresión de las unidades del bloque se obtiene, 102.6, 108.8 y 115.6 kg/cm2. La rotura a compresión a los 28 días en pilas de bloque se obtuvieron los siguientes datos para la bloqueta patrón 78.2 kg/cm2, bloqueta con 5% de aserrín 83.2 kg/cm2 y bloqueta con 10% de aserrín 93.2 kg/cm2.

Según (Coila Pari, 2022) desarrolló una investigación titulada "Comparación de la resistencia a la compresión de bloquetas normales y recicladas de concreto", cuyo objetivo fue determinar y comparar la resistencia

a la compresión de bloquetas de concreto elaboradas con diferentes condiciones de mezcla, incluyendo el uso de materiales reciclados. La metodología fue de tipo experimental, con un enfoque cuantitativo y diseño de laboratorio, donde se elaboraron probetas de bloquetas de concreto bajo diferentes dosificaciones, sometiéndolas posteriormente a ensayos de resistencia a la compresión según normas técnicas peruanas. Los resultados evidenciaron variaciones en la resistencia a la compresión de las bloquetas según la composición de la mezcla, demostrando que la dosificación y los materiales utilizados influyen directamente en su desempeño mecánico. Las bloquetas convencionales presentaron mayor resistencia en comparación con aquellas elaboradas con materiales reciclados. Finalmente se determinó que la calidad de las bloquetas de concreto depende significativamente de los materiales utilizados en su fabricación y de la dosificación adecuada, recomendando un mayor control en el proceso de producción para garantizar su calidad estructural.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Cemento

"El cemento hidráulico producido mediante la molienda de Clinker Portland consiste principalmente en el silicato de calcio hidráulico, que habitualmente contiene una o más formas de sulfato de calcio como aditivo en el proceso de molienda". HORMIGÓN: NTP 339.047:2014. Según el NTP E060, (MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, 2020).

3.2.1.1. Concepto del cemento

El cemento es un material conglomerante hidráulico de naturaleza inorgánica que, al entrar en contacto con el agua, experimenta un proceso de

hidratación que le permite fraguar y endurecer, incluso bajo condiciones húmedas o sumergidas. Esta característica lo convierte en el principal conglomerante hidráulico en las mezclas de concreto y mortero, existen diversos tipos de cemento, clasificados según sus aditivos, resistencias, características especiales y tiempo de fraguado (Adrianzen & Chavez, 2022).

Es el producto compuesto de arena, cemento, agua, y otros elementos necesarios como aditivos, para mejorar la durabilidad y utilidad adecuada para la construcción de muros, pared, toda la infraestructura necesaria; cabe recordar que los bloques por primera vez lo elaboraron lo Romanos en Europa y en América fueron los incas hace miles de años, que contaron con moldes grandes y un poco desigualadas en su diámetro, lo que resulto una obtención similar a la piedra tallada (arena blanca seleccionada, polvo de piedra y agua). Sin embargo, actualmente los bloques, son piezas, con las medidas previstas ya que el sistema de construcción, así la requiere, inclusive se regula los agregados, dependiendo de ellos, varia su calidad del producto (Huirma, 2021).

3.2.1.1.1. Importancia y función:

El cemento constituye uno de los materiales fundamentales en la industria de la construcción, ya que es la base para la elaboración del concreto, mortero y unidades prefabricadas como las bloquetas. Su importancia radica en que permite la unión de los agregados, proporcionando resistencia, estabilidad y durabilidad a las estructuras. Además, su versatilidad lo convierte en un insumo indispensable en obras de infraestructura, edificación y prefabricados, siendo clave para el desarrollo urbano y la vivienda.

El cemento actúa como material aglutinante que, al mezclarse con agua, forma una pasta que recubre y une los agregados finos y gruesos. Esta pasta cementicia es la responsable de la cohesión del material y

del desarrollo de su resistencia mecánica mediante la formación del gel de silicato de calcio hidratado (C-S-H). Asimismo, el cemento influye directamente en propiedades como la trabajabilidad, el tiempo de fraguado, la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto.

3.2.1.1.2. Composición química del cemento:

Tabla 2

Composición química del cemento

Componente químico	Abreviatura	Porcentaje aproximado (%)	Función en el cemento
Silicato tricálcico	C_3S	50 – 70 %	Responsable del desarrollo de la resistencia inicial del cemento y del rápido endurecimiento.
Silicato dicálcico	C_2S	15 – 30 %	Contribuye al desarrollo de la resistencia a largo plazo del concreto.
Aluminato tricálcico	C_3A	5 – 12 %	Influye en el tiempo de fraguado y en la resistencia a los sulfatos.
Ferritoaluminato tetracálcico	C_4AF	5 – 10 %	Aporta poco a la resistencia, pero influye en el color del cemento y en la formación del clínker.
Yeso	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	3 – 5 %	Regula el tiempo de fraguado del cemento, evitando el fraguado rápido.
Óxidos menores	—	< 1 – 3 %	Incluyen MgO, Na_2O, K_2O, que afectan la estabilidad y reactividad del cemento.

Nota. La tabla presenta la composición química típica del cemento Portland y sus principales fases mineralógicas, las cuales influyen directamente en el desarrollo de la resistencia, el tiempo de fraguado y la durabilidad del concreto. Los valores

porcentuales son aproximados y pueden variar según el tipo de cemento y el proceso de fabricación. Fuente: (Neville, 2011)

3.2.1.1.3. Proceso de fabricación del cemento:

El proceso de fabricación del cemento inicia con la extracción de materias primas como la caliza, arcilla, sílice y óxidos de hierro. Estos materiales son obtenidos de canteras mediante perforación, voladura y trituración primaria, para luego ser transportados a la planta de procesamiento.

- **Extracción de materias primas**

Figura 1

Proceso de fabricación del cemento:



Es la primera etapa del proceso de fabricación del cemento, donde se obtienen materiales como caliza, arcilla, sílice y óxidos de hierro desde

canteras. Estos materiales son seleccionados y transportados a la planta para su posterior procesamiento.

- **Clinkerización**

Es el proceso en el que las materias primas se someten a altas temperaturas dentro de un horno rotatorio (aprox. 1450 °C), generando reacciones químicas que dan origen al clínker, principal componente del cemento.

- **Molienda**

Es la etapa final, donde el clínker se enfría y se muele junto con yeso y adiciones minerales, obteniéndose el cemento en su forma final, listo para su almacenamiento y uso en la construcción.

3.2.1.1.4. Clasificación del cemento según ASTM y NTP

Tabla 3

Clasificación del cemento según ASTM y NTP

Tipo de cemento	Características principales	Uso principal
Cemento Portland Tipo I	Cemento de uso general, sin condiciones especiales de exposición. Es el más utilizado en obras civiles convencionales.	Construcciones comunes en general
Cemento Portland Tipo II	Presenta moderada resistencia a sulfatos y moderado calor de hidratación.	Estructuras expuestas a suelos o aguas con contenido moderado de sulfatos
Cemento Portland Tipo V	Alta resistencia a los sulfatos.	Obras hidráulicas y ambientes altamente agresivos con alta concentración de sulfatos

Tipo de cemento	Características principales	Uso principal
Cementos adicionados	Contienen materiales puzolánicos, escoria de alto horno o cenizas volantes. Mejoran durabilidad, reducen permeabilidad y optimizan el comportamiento a largo plazo.	Estructuras que requieren mayor durabilidad y desempeño a largo plazo

Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.1.5. Cementos empleados en la investigación

Tabla 4

Tipo de cemento: Ventajas y Aplicaciones

Tipo de cemento	Características técnicas	Ventajas	Aplicaciones
Cemento Yura IP	Cemento Portland con adición puzolánica. Presenta buen desarrollo de resistencia a largo plazo y moderado calor de hidratación.	Mayor durabilidad, menor permeabilidad y buen comportamiento en condiciones normales de exposición.	Obras de concreto en general, viviendas, estructuras convencionales y elementos no expuestos a ambientes agresivos.
Cemento Yura HE	Cemento de alta resistencia inicial. Desarrolla resistencias tempranas rápidamente.	Permite el desencofrado rápido, reduce los tiempos de construcción y mejora la productividad en obra.	Prefabricados, pavimentos y obras donde se requiere alta resistencia en edades tempranas.

Tipo de cemento	Características técnicas	Ventajas	Aplicaciones
Cemento Yura MS	Cemento resistente a sulfatos moderados. Diseñado para ambientes con exposición química media.	Mayor resistencia frente a agentes agresivos y mejora la durabilidad del concreto.	Son estructuras expuestas a suelos o aguas con contenido moderado de sulfatos, obras hidráulicas y proyectos de saneamiento.

Nota. Fuente: Cementos Yura S.A. (YURA, 2023)

3.2.1.1.6. Influencia del tipo de cemento en el concreto

El tipo de cemento influye directamente en el comportamiento físico y mecánico del concreto, afectando propiedades como la resistencia, trabajabilidad, durabilidad y velocidad de fraguado. Cada tipo de cemento presenta una composición diferente de Clinker y adiciones minerales, lo que determina su desempeño en distintas condiciones de exposición. (Neville, 2011)

El cemento Portland Tipo I desarrolla un comportamiento estándar, adecuado para obras convencionales, generando resistencias normales y sin requerimientos especiales de durabilidad. En cambio, el cemento Tipo II presenta una moderada resistencia a los sulfatos y menor calor de hidratación, lo que mejora su desempeño en ambientes con exposición química moderada.

Por otro lado, el cemento Tipo V ofrece alta resistencia a los sulfatos, lo que incrementa significativamente la durabilidad del concreto en ambientes agresivos, como suelos salinos o estructuras hidráulicas. Finalmente, los cementos adicionados incorporan materiales puzolánicos o escorias, lo que reduce la permeabilidad del concreto, mejora su durabilidad a largo plazo y disminuye la generación de fisuras por calor de hidratación.

En general, la elección del tipo de cemento influye en la resistencia a compresión, la durabilidad, la trabajabilidad y el comportamiento del concreto frente a agentes externos, siendo un factor determinante en el diseño de mezclas y en la vida útil de las estructuras. (ACI, 2019)

3.2.2. Bloquetas de Concreto

Los bloques de concreto son elementos prefabricados de construcción hechos a base de una mezcla de cemento, arena, grava (o confitillo) y agua, que se moldean y se dejan endurecer hasta alcanzar la resistencia necesaria.

Se utilizan principalmente para la construcción de muros y paredes, ya que son resistentes, económicos y fáciles de colocar. Su forma es generalmente rectangular y pueden ser macizos o con huecos, lo que ayuda a reducir su peso y mejorar el aislamiento.

3.2.2.1. Clasificación:

La NTP 331.017 clasifica a las bloquetas de acuerdo al área de orificios y su resistencia a la compresión, los bloques completamente sólidos se utilizan a menudo para proyectos como la pavimentación, donde la estabilidad y la durabilidad son considerables importantes y los bloques huecos, los cuales ocupan más de una cuarta parte y normalmente más de la mitad de su área transversal, se utilizan para construir vallas delimitadoras y otras estructuras grandes. Los orificios los hacen más livianos y pueden resultar útiles para pasar cables o tuberías a través de ellos, también puede pasar barras de refuerzo a través de los agujeros para mayor estabilidad.

- Los bloques de concretos macizos, son buenos para crear paredes que brinden protección contra los elementos, como los fuertes vientos, también se pueden utilizar para proyectos como muros y jardineras de jardín, muros de contención, cimientos, escalones y

hogueras, además suelen ser más pesados que los bloques huecos, pero pueden resultar menos costosos (NTP 399.602.2002, 2002).

- Bloque de camilla, son los bloques de concreto se utilizan en la construcción para conectar las esquinas de las unidades de mampostería. Sus caras se colocan paralelas a la cara de la pared.
- Los bloques de pilares son el tipo de bloques en los que muchas personas piensan cuando piensan en bloques de concreto y, a menudo, están disponibles en grandes cantidades en las tiendas de suministros de construcción (NTP 399.600.2017, 2017).
- Bloques acanalados o de vigas, los bloques adintelados se reconocen por su forma de U, las profundas ranuras creadas por la forma de U, que se extienden a lo largo de estos bloques, se rellenan con hormigón y barras de refuerzo. Se utilizan como preparación para vigas de dintel y generalmente se colocan aparte superior de puertas y ventanas para transferir la carga que presiona hacia abajo desde arriba.
- Los bloques de jamba están hechos con una ranura poco profunda a lo largo de los dos orificios y una ranura más profunda en un extremo. Proporcionan espacio para los miembros de la carcasa de una ventana y, a menudo, se utilizan específicamente en ventanas de guillotina (Beltom, 2021).
- Un bloque de columna suele ser un bloque cuadrado con un solo orificio, estos se pueden apilar para crear columnas, con refuerzo en el interior (Beltom, 2021).
- Los bloques de esquina se colocan en las esquinas, como es de esperar, o en los extremos de las ventanas y aberturas de puertas, donde el lado liso queda expuesto al exterior, mientras que el lado

bastidor discurre paralelo a la pared.

- Los bloques de cara dividida parecen bloques de pilares, excepto que un borde tiene una textura muy rugosa, casi irregular, que expone los agregados internos del bloque. Este bloque es muy poroso y, por tanto, vulnerable a los daños causados por el agua, pero también tiene un menor riesgo de infestación de termitas y es menos susceptible al fuego (Beltom, 2021).
- Los bloques de punta redondeada son los mismos que los bloques de esquina en su uso y estructura, excepto que tienen bordes redondeados (de ahí su nombre). Un solo bloque de punta redondeada, como el que se muestra aquí, puede tener un tamaño de 6 por 8 por 16 pulgadas; en el mismo tamaño está disponible un bloque con doble punta redondeada en un extremo (Beltom, 2021).
- Los bloques de partición son similares a los bloques de pilares de concreto, excepto que son más altos que anchos. Estos bloques estrechos parecen casi gafas anchas si se ven de frente (Beltom, 2021).

Cabe resaltar, que el comportamiento del concreto y, por ende, de las bloquetas, depende en gran medida del tipo de cemento utilizado, ya que la resistencia mecánica, el tiempo de fraguado, la retracción, la durabilidad frente a agentes agresivos y la trabajabilidad de la mezcla están determinadas por las características químicas y físicas del cemento, donde cada tipo de cemento genera una hidratación diferente.

Reacción del cemento en la creación de elementos de albañilería

El cemento tipo IP se denomina puzolánico debido a la incorporación de materiales puzolánicos, tales como cenizas volcánicas, escorias o arcillas calcinadas, que reaccionan químicamente con la cal liberada durante la hidratación del cemento portland para formar compuestos cementantes

adicionales, y esta reacción secundaria contribuye a mejorar la microestructura de la pasta de cemento, reduciendo la porosidad y aumentando su durabilidad, el cemento IP es conocido por su menor generación de calor de hidratación, lo cual es útil en climas cálidos o en elementos de gran volumen. En el caso de las bloquetas, su uso podría traducirse en una mayor durabilidad y menor fisuración a largo plazo, aunque su desarrollo de resistencia en los primeros días tiende a ser más lento en comparación con otros tipos (Apaza & Mallqui, 2022).

El cemento tipo IP se denomina puzolánico debido a la incorporación de materiales puzolánicos, tales como cenizas volcánicas, escorias o arcillas calcinadas, que reaccionan químicamente con la cal liberada durante la hidratación del cemento portland para formar compuestos cementantes adicionales. Esta reacción secundaria contribuye a mejorar la microestructura de la pasta de cemento, reduciendo la porosidad y aumentando su durabilidad, el cemento IP es conocido por su menor generación de calor de hidratación, lo cual es útil en climas cálidos o en elementos de gran volumen. En el caso de las bloquetas, su uso podría traducirse en una mayor durabilidad y menor fisuración a largo plazo, aunque su desarrollo de resistencia en los primeros días tiende a ser más lento en comparación con otros tipos (Apaza & Mallqui, 2022).

El cemento HE se caracteriza por su capacidad de desarrollar resistencias mecánicas elevadas en un corto período, generalmente en los primeros 3 a 7 días de curado, ya que esto se debe a que existe una mayor finura en la molienda y a una proporción diferente de los componentes del clinker, lo que acelera la hidratación del cemento, en aplicaciones como la fabricación de bloquetas, donde se requiere liberar rápidamente los moldes y optimizar los ciclos de producción, el cemento HE representa una opción eficiente y productiva. Además, permite reducir tiempos de curado, lo cual es

especialmente valioso en climas fríos o regiones donde no se cuenta con infraestructura para curado prolongado (Delgado, Muñoz, & Rojas, 2020).

El cemento tipo MS está diseñado para ofrecer resistencia a ambientes con presencia de sulfatos, como suelos arcillosos, aguas subterráneas salinas o zonas húmedas que pueden generar reacciones químicas perjudiciales al concreto. Este tipo de cemento contiene un menor contenido de aluminato tricálcico (C3A), el cual es responsable de las reacciones con los sulfatos que provocan expansión, fisuración y deterioro prematuro, aunque este tipo de cemento no se distingue por una resistencia mecánica superior, sí presenta ventajas cuando las bloquetas se destinarán a entornos agresivos, contribuyendo a aumentar la vida útil de la construcción en esas condiciones (Del Pino & Milachay, 2023).

El cemento HE favorece la ganancia rápida de resistencia, pero puede conllevar una mayor contracción por secado si no se controla adecuadamente el curado, al contrario, el cemento IP desarrolla resistencia de forma más lenta, pero su estructura interna es más densa y resistente a largo plazo. El cemento MS, por su parte, es ideal para mitigar deterioros causados por sulfatos o ambientes húmedos, aunque su resistencia inicial puede no ser tan alta como en el caso del HE.

En la fabricación de bloquetas el cemento Yura IP (Puzolánico), con su mayor capacidad de retención de agua, ofrece mejor adherencia y un fraguado más lento, ideal para trabajos que requieren más tiempo de manipulación. El cemento Yura HE (de alta eficiencia) destaca por su alta resistencia inicial y durabilidad, adecuado para proyectos que demandan estructuras robustas. Finalmente, el cemento Yura MS (multiuso) es una opción versátil para diversas aplicaciones, ofreciendo un equilibrio entre resistencia y trabajabilidad.

Figura 2

Propiedades del IP



Nota. Fuente YURA S.A.

Otros factores:

Efectos de presión atmosférica reducida a medida que se incrementa la altitud, la presión atmosférica disminuye, lo que puede afectar la hidratación del cemento, la incorporación de aire, el desarrollo de la microestructura y el relleno de poros. Estudios recientes han observado que en entornos de alta altitud se obtiene menor resistencia en concretos aireados bajo iguales condiciones de procesamiento, lo que se atribuye a una combinación de baja presión ambiental, menor grado de hidratación y mayor porosidad interna, por su parte, la guía ACI 306R-16: Guide to Cold Weather Concreting señala que la reducción de temperatura y la posibilidad de congelamiento antes de alcanzar una resistencia mínima pueden comprometer el endurecimiento del cemento; aunque se centra más en condiciones frías que en altitud, el principio de que las condiciones ambientales desfavorables retrasan la hidratación se aplica también al caso de altitud (Yao, Liu, Han, Wang, & Lv, 2024).

Impacto de radiación UV intensa, donde las zonas de gran altitud suelen estar más expuestas a radiación ultravioleta (UV) debido a la menor capa

atmosférica filtrante y mayor irradiancia solar. Esta radiación puede afectar los materiales cementicios en su superficie, acelerando ciertas reacciones químicas como la carbonatación, modificando la microestructura superficial del cemento y alterando la tasa de evaporación del agua libre en los poros. Un estudio de materiales cementicios expuestos a radiación UV encontró que la irradiancia aceleró la carbonatación, aumentó la cobertura de calcita, y mejoró en algunos casos la micro dureza y resistencia superficial, donde este efecto, aunque más reportado para morteros o superficies expuestas, sugiere que en altura cualquier mezcla cementicia debe considerar la radiación UV como variable adicional que puede influir en la durabilidad, especialmente en superficies sin protección.

En altitud elevada los rangos térmicos entre el día y la noche suelen ser más amplios, con variaciones que pueden afectar el fraguado, la hidratación y la distribución de esfuerzos térmicos en el concreto. Las variaciones térmicas pueden provocar retrasos en la hidratación del cemento, retardo en la ganancia de resistencia o aparición de micro fisuras por contracción térmica. En entornos de gran altitud se ha destacado que el viento, la temperatura y la radiación combinan para aumentar el riesgo de fisuración y rendimiento reducido del concreto (Liu, Zhang, Zhao, Huan, & Liu, 2023), por lo tanto, en zonas andinas o similares, el diseño de mezclas de concreto y cemento debe contemplar estas oscilaciones térmicas para asegurar una hidratación adecuada y un buen comportamiento mecánico y de durabilidad.

3.2.2.2. Materias primas para la fabricación de bloquetas de concreto

- **Cemento:** Actúa como material aglomerante, responsable de unir todos los componentes y desarrollar la resistencia del bloque.

- **Agregado fino:** Generalmente arena, aporta cohesión a la mezcla y mejora la trabajabilidad del concreto.
- **Agregado grueso:** Conformado por confitillo o grava, proporciona resistencia y estabilidad estructural al bloque.
- **Agua:** Permite la hidratación del cemento y facilita el proceso de mezclado y compactación, además que esta se mantiene durante el curado; además cabe resaltar que el agua aporta la trabajabilidad para obtener una mezcla homogénea y trabajable.

3.2.2.3. Proceso de fabricación de bloquetas

- **Dosificación:** Consiste en medir adecuadamente los materiales según el diseño de mezcla establecido.
- **Mezclado:** Se combinan los materiales hasta obtener una mezcla homogénea.
- **Moldeado:** La mezcla se coloca en moldes con la forma y dimensiones del bloque.
- **Compactación:** Se aplica presión para eliminar vacíos y aumentar la densidad del bloque.
- **Curado:** Se mantiene la humedad adecuada para permitir el desarrollo de la resistencia del concreto.

Figura 3

Proceso de fabricación de bloquetas



3.2.2.4. Normativa aplicable

- **NTP 339:** Norma Técnica Peruana que regula requisitos de materiales y ensayos del concreto y sus componentes.
- **ASTM C90:** Especifica los requisitos para bloques de concreto de carga y no carga.
- **Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE):** Establece los criterios técnicos obligatorios para el diseño y construcción en el Perú.

3.2.3. Propiedades de las bloquetas

3.2.3.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es la capacidad máxima del concreto para soportar cargas axiales de compresión antes de fallar. Generalmente se expresa en megapascales (MPa) y constituye el principal parámetro utilizado para evaluar la calidad y el desempeño mecánico del concreto. (Association, 2004),

La resistencia a la compresión constituye el principal parámetro de diseño del concreto, ya que la mayoría de elementos estructurales trabajan principalmente a compresión. Un adecuado valor de resistencia garantiza la seguridad, estabilidad y durabilidad de las estructuras, evitando fallas prematuras y asegurando el cumplimiento de las condiciones en edificaciones y obras civiles.

La resistencia a la compresión del concreto depende de diversos factores, entre los cuales destacan:

- Tipo y calidad del cemento.
- Relación agua-cemento.
- Calidad, granulometría y limpieza de los agregados.
- Proceso de mezclado y compactación.
- Condiciones y tiempo de curado.
- Edad del concreto.

- Condiciones ambientales durante el fraguado.

Estos factores determinan la microestructura del concreto y, por ende, su capacidad resistente (Neville, 2011).

El ensayo de resistencia a la compresión se realiza mediante la norma ASTM (C140, 2011) o su similar (NTP 399.604, 2002).

3.2.3.2. Absorción

La absorción es el proceso mediante el cual un líquido penetra y ocupa los vacíos permeables presentes en un material poroso. En el concreto, esta propiedad se utiliza para evaluar la porosidad y la durabilidad del material. Los principales factores que influyen en la absorción de agua del concreto son:

- Relación agua-cemento.
- Tipo y finura del cemento.
- Calidad y granulometría de los agregados.
- Grado de compactación de la mezcla.
- Condiciones de curado.
- Porosidad y microestructura del concreto.
- Edad del concreto.

El ensayo de absorción de agua se realiza siguiendo procedimientos establecidos en normas técnicas como la ASTM C140 o su similar NTP 399.604, 2002.

3.2.3.3. Peso unitario

El peso unitario del concreto es una propiedad física que representa la relación entre la masa y el volumen que ocupa una determinada cantidad de concreto, expresándose generalmente en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). Esta propiedad permite determinar la densidad aparente de la mezcla y evaluar la distribución de sus componentes, como el cemento, los agregados, el agua y

los vacíos de aire presentes. Su determinación constituye un parámetro fundamental para verificar la uniformidad y calidad del concreto durante su producción y colocación.

Es por ello que la importancia del peso unitario radica en que proporciona información sobre el grado de compactación y la correcta dosificación de los materiales, aspectos que influyen directamente en el desempeño del concreto. Valores adecuados de peso unitario suelen estar asociados con mezclas homogéneas y de buena calidad, mientras que variaciones significativas pueden indicar problemas de segregación, exceso de aire o deficiencias en la compactación. Por ello, este ensayo es ampliamente utilizado como parte del control de calidad en laboratorio y en obra para garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas. (400.017, 2020).

Algunas normas o sus similares que se toman en consideración son la ASTM C140 o su similar NTP 399.604, 2002.

3.2.3.4. Trabajabilidad

La trabajabilidad es la facilidad con la que el concreto puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado manteniendo su homogeneidad, sin presentar segregación ni exudación excesiva. Esta propiedad está estrechamente relacionada con el contenido de agua y la relación agua-cemento.

Los factores que influyen para la trabajabilidad del concreto está influenciada por diversos factores, entre los cuales destacan:

- Contenido de agua en la mezcla.
- Tipo y finura del cemento.
- Granulometría, forma y textura de los agregados.
- Relación agua-cemento.
- Uso de aditivos químicos.

- Temperatura ambiental.
- Tiempo transcurrido desde el mezclado.

Estos factores determinan la facilidad de manejo del concreto fresco y su comportamiento durante el proceso constructivo.

3.2.3.4.1. Relación agua cemento

La trabajabilidad del concreto se evalúa principalmente mediante ensayos estandarizados, siendo el más común el ensayo de asentamiento (Slump), realizado con el cono de Abrams según la norma ASTM C143. Este ensayo permite medir la consistencia del concreto fresco a través del descenso vertical de la muestra después de retirar el molde.

Figura 4

Ensayo de SLUMP



3.2.3.5. Exudación

La exudación es el fenómeno por el cual parte del agua de mezclado asciende a la superficie del concreto fresco debido al asentamiento de las partículas sólidas. Este proceso puede afectar la calidad superficial, la resistencia y la durabilidad del concreto. (INACAL, 2020).

Las principales causas de la exudación en el concreto son:

- Exceso de agua en la mezcla.
- Insuficiente contenido de finos en los agregados.
- Deficiente granulometría de los materiales.
- Baja cohesión de la mezcla.
- Compactación inadecuada.
- Dosificación incorrecta del diseño de mezcla.

A lo que podría llevar a la Formación de una capa débil en la superficie.

- Aumento de la porosidad superficial.
- Reducción de la adherencia entre partículas.
- Disminución de la resistencia mecánica.
- Aparición de fisuras superficiales.
- Menor durabilidad del elemento prefabricado.

Uno de los métodos más utilizados es el procedimiento descrito por el ACI 238, que permite medir la tasa y cantidad de exudación en condiciones controladas, evaluando la estabilidad de la mezcla durante el proceso de fraguado.

3.3. Definición de términos

- **Cemento**: Material aglomerante hidráulico que, al mezclarse con agua, forma una pasta capaz de fraguar y endurecer, otorgando resistencia y cohesión a la mezcla. En este estudio, el cemento constituye la variable independiente principal.

- **Bloqueta:** Elemento prefabricado de concreto no estructural, generalmente de forma prismática, utilizado en muros divisorios y cerramientos. En la presente investigación, la bloqueta se fabrica mediante la combinación de cemento, agregados y agua, evaluándose su desempeño físico-mecánico según el tipo de cemento empleado.
- **Cemento Tipo IP**: Cemento Portland Puzolánico de uso general, caracterizado por la incorporación de materiales puzolánicos que mejoran la durabilidad y reducen el calor de hidratación. En la investigación, se evalúa su comportamiento en la resistencia, absorción y durabilidad de bloquetas fabricadas en condiciones locales del Cusco.
- **Cemento Tipo HE**: Cemento de Alta Resistencia Temprana, diseñado para desarrollar elevadas resistencias mecánicas en edades iniciales. En el estudio, se analiza su influencia en la resistencia a la compresión temprana y final de las bloquetas.
- **Cemento Tipo MS**: Cemento con Moderada Resistencia a los Sulfatos, adecuado para ambientes con presencia de agentes agresivos. En la investigación, se considera su desempeño frente a la humedad y su contribución a la durabilidad de las bloquetas.
- **Resistencia a la compresión**: Capacidad de la bloqueta para soportar cargas axiales sin fallar, expresada generalmente en unidades de presión. En el presente estudio, es una de las principales propiedades mecánicas utilizadas para comparar el desempeño de los tres tipos de cemento.
- **Absorción de agua**: Propiedad física que indica la cantidad de agua que una bloqueta puede absorber en relación con su peso seco. En esta investigación, se emplea como indicador de porosidad y durabilidad del material.
- **Peso unitario:**Es la relación entre la masa y el volumen del concreto, expresada en kg/m³, y permite evaluar su densidad y grado de compactación.

- **Trabajabilidad:**Es la facilidad con la que el concreto fresco puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado sin segregarse, manteniendo su homogeneidad.
- **Exudación:**Fenómeno mediante el cual el agua del concreto fresco asciende a la superficie debido al asentamiento de los sólidos, afectando la calidad superficial del material.
- **Durabilidad**: Capacidad de la bloqueta para mantener sus propiedades físicas y mecánicas a lo largo del tiempo frente a condiciones ambientales adversas. En el estudio, se analiza en función del tipo de cemento y de las condiciones climáticas del Cusco.
- **Condiciones climáticas locales**: Conjunto de factores ambientales propios de la región del Cusco, tales como la radiación solar, la variación térmica diaria y la humedad estacional, que influyen en el fraguado, endurecimiento y desempeño final de las bloquetas.
- **Proceso de fraguado**: Etapa en la que la pasta de cemento pasa de un estado plástico a uno sólido debido a reacciones químicas de hidratación. En la investigación, se considera su influencia en la calidad final de las bloquetas según el tipo de cemento utilizado.
- **Dosificación:**Es el proceso de proporción de los materiales del concreto (cemento, agua, agregados y aditivos) con el fin de obtener las propiedades deseadas en estado fresco y endurecido.
- **Curado**: Procedimiento aplicado a las bloquetas después del moldeo, destinado a mantener condiciones adecuadas de humedad y temperatura para garantizar un desarrollo óptimo de la resistencia. En el estudio, el curado se mantiene controlado para asegurar la comparabilidad de resultados.

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

Esta investigación fue de tipo explicativa ya que según Arias y Covinos (2021) precisan que estos estudios experimentales, los cuales se pueda generar mediante una manipulación intencionada de la variable independiente, el cual pueda permitir comprobar hipótesis que expliquen el comportamiento de un determinado fenómeno.

En la presente investigación se utilizó el método analítico donde según Quesada y Medina (2020) precisan que “El análisis, entendido como la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos, ha sido uno de los procedimientos más utilizados a lo largo de la vida humana para acceder al conocimiento”.

La presente investigación tiene un alcance aplicativo ya que según (Ramos, 2020) precisa que se aplican procesos de análisis de datos completamente básicos, donde se puede identificar la frecuencia en la cual se presenta un fenómeno de interés y sus características generales.

La presente investigación tiene un diseño experimental ya que según Hernández y Mendoza (2019) precisan que el diseño experimental el cual permite analizar cuál es el nivel y/o estado de una o más diversas variables en un momento dado, o bien en cuál es la relación entre un conjunto de variables en algun punto en el tiempo.

La investigación se enmarca dentro de un nivel explicativo, en la medida en que busca interpretar y explicar cómo el tipo de cemento influye en el comportamiento físico-mecánico de las bloquetas, considerando las condiciones climáticas propias de la región del Cusco. A través del análisis de resultados experimentales, se pretende comprender la relación causa–efecto entre el tipo de cemento utilizado y el desempeño final del producto.

4.2. Ámbito temporal y espacial

El presente estudio se enmarca dentro de un ámbito temporal definido en el año 2024, periodo en el cual se desarrollarán todas las actividades correspondientes a la investigación, desde la recopilación de información, el trabajo experimental en laboratorio, hasta el análisis de resultados y formulación de conclusiones. Este marco temporal ha sido elegido considerando la vigencia de los productos cementicios disponibles en el mercado peruano para ese año, así como la disponibilidad de tecnologías locales para la fabricación de bloquetas, además, se considera que en 2024-2025, existen condiciones técnicas, logísticas y académicas favorables para la ejecución del estudio, incluyendo la existencia de proveedores estables de cemento Yura y laboratorios regionales equipados para la evaluación físico-mecánica de los elementos prefabricados.

En cuanto al ámbito espacial, la investigación se desarrollará en la ciudad del Cusco, ubicada en la región sur andina del Perú. Cusco es una ciudad de gran relevancia histórica, cultural y turística, caracterizada por su compleja topografía y su ubicación a más de 3,300 metros sobre el nivel del mar. Esta condición altitudinal influye directamente en las condiciones ambientales, generando una presión atmosférica menor, niveles de radiación solar más elevados y una menor disponibilidad de oxígeno, factores que

pueden incidir en los procesos de hidratación del cemento y en el comportamiento del concreto durante su fraguado y endurecimiento.

Asimismo, la ciudad presenta un clima predominantemente templado-frío, con marcadas variaciones térmicas entre el día y la noche, así como una estacionalidad bien definida entre épocas secas y lluviosas. Durante la temporada de lluvias, la humedad ambiental tiende a incrementarse, lo cual puede afectar la trabajabilidad y el tiempo de fraguado del concreto; mientras que en la temporada seca, la rápida evaporación del agua puede generar riesgos de fisuración si no se realiza un adecuado curado.

En este contexto, las condiciones geográficas y climáticas particulares del Cusco hacen que la selección adecuada de materiales de construcción, especialmente el tipo de cemento, tenga un impacto significativo en el comportamiento mecánico y durabilidad de los elementos de concreto. Por ello, resulta fundamental evaluar su desempeño en este entorno específico, con el fin de garantizar estructuras más seguras, resistentes y adaptadas a las exigencias del medio andino. La elección de Cusco como lugar de estudio responde a varios factores. En primer lugar, es una zona con una alta demanda de soluciones constructivas accesibles y duraderas, donde las bloquetas son comúnmente utilizadas en edificaciones de uso residencial y comunitario. En segundo lugar, la región cuenta con mano de obra calificada y experiencia en procesos de fabricación artesanal y semindustrial de prefabricados; sin embargo, resaltar que esta información es de acuerdo al laboratorio utilizado para esta investigación lo cual facilita la realización de pruebas prácticas a nivel local.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

Según Hernández y Mendoza (2018) precisan que la población es un conjunto finito o infinito de elementos con una característica común a la que se aplican en general las conclusiones de un estudio, definida por la pregunta y los objetivos de la investigación. Según la norma NTP 399.611, 2017, la población total serán en total 180 briquetas.

4.3.1.1. Criterios de inclusión

Los cementos utilizados que serán el tipo Yura IP, Yura HE y Yura MS, son cementos que se encuentran en la localidad donde se realizará la investigación y cada uno de ellos cuentan con diferentes características ya que el objetivo es comparar para determinar el diseño con el cual se obtienen mejores resultados.

4.3.1.2. Criterios de exclusión

Tipos de cemento y marcas que no se encuentran con facilidad en Cusco.

4.3.2. Muestra

Para Arias y Covinos (2021) la muestra es pequeños subconjunto de la población de análisis que pertenecen al espacio donde se aplica la investigación. El tamaño de muestra de la presente investigación se consideró como referencia a las unidades mínimas de ensayo que establece la norma E 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, donde se indica que “para determinar la resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad), y contenido de humedad, se seleccionarán 20 unidades por cada tipo de cemento y especímenes adicionales se pueden tomar por acuerdo al grado de

investigación". Por lo cual en esta investigación se realizará por edad 7, 14 y 28 días por los tres tipos de cemento dando un total de 180 briquetas.

Tabla 5

Muestra

Cemento	Total, de bloquetas	7 días	14 días	28 días
Yura IP	60	20	20	20
Yura HE	60	20	20	20
Yura MS	60	20	20	20
TOTAL	**180 bloquetas**	**60**	**60**	**60**

Nota: Se realizaron 180 unidades de la albañilería en total, por edad 7, 14 y 28 días por los tres tipos de cemento. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Muestreo

El muestreo utilizado en la presente investigación fue un muestreo por conveniencia, donde se seleccionaron las muestras disponibles considerando la disponibilidad de materiales y la capacidad operativa del laboratorio para garantizar que los experimentos puedan realizarse de manera segura y eficiente, es por eso que este muestreo permite realizar un estudio comparativo experimental controlado, optimizando recursos y asegurando que las condiciones experimentales sean uniformes para todas las muestras evaluadas.

Diseño de Mezcla según el Método ACI 211 para cemento IP: El diseño de mezcla para el concreto fue realizado siguiendo el método ACI 211, con una resistencia característica a la compresión de 50 kg/cm² y una consistencia tipo fluida con un asentamiento (slump) de 6 pulgadas. La relación agua-cemento (A/C) se estableció en 0.85, lo que garantiza un adecuado equilibrio entre trabajabilidad y resistencia, donde los materiales seleccionados para la mezcla fueron:

- **Cemento IP Marca Yura :** 271 kg/m³ (equivalente a 6.37 bolsas).

- **Arena gruesa** **:** 815 kg/m³, con un contenido de humedad del 1.8% y una absorción del 1.93%
- **Confitillo** **:** 823 kg/m³, perfil angular con tamaño máximo nominal de 3/8 pulgadas, humedad de 1.38% y absorción de 0.20%
- **Agua potable** **:** 230 litros por metro cúbico de mezcla
- **Aire atrapado** **:** 3.00%

La proporción volumétrica resultante es de: 1: 3.07: 3.08 (cemento: arena gruesa: confitillo)

Para el diseño de Mezcla según el Método ACI 211 para cemento HE: El diseño de mezcla para el concreto fue realizado siguiendo el método ACI 211, con una resistencia característica a la compresión de 50 kg/cm² y una consistencia tipo fluida con un asentamiento (slump) de 6 pulgadas. La relación agua-cemento (A/C) se estableció en 0.85, lo que garantiza un adecuado equilibrio entre trabajabilidad y resistencia, donde los materiales seleccionados para la mezcla fueron:

- **Peso específico** **:2.96**
- **Agua** **:** Potable, proveniente de la red pública de la ciudad.
- **Arena gruesa:**

  Peso específico : 2.54

  Absorción : 1.93 %

  Contenido de humedad : 1.80 %

  Módulo de fineza : 2.19

  Peso compacto seco : 1502.05 kg/m³
- **Confitillo:** Perfil angular

  Tamaño máximo nominal : 3/8")

Peso específico : 2.54

Absorción : 0.20 %

Contenido de humedad : 1.38 %

Módulo de fineza : 5.79

La proporción volumétrica resultante es de: 1: 3.07: 3.08 (cemento: arena gruesa: confitillo)

El diseño de mezcla se efectuó siguiendo el Método ACI 211, considerando una resistencia especificada de f'c = 50 kg/cm², consistencia fluida (slump = 5 pulgadas), sin aditivos y sin aire incorporado para el diseño con cemento MS, donde:

- **Confitillo:** Perfil angular

  Peso específico de la masa : 2.54

  Absorción : 1.93 %

  Contenido de humedad : 1.80 %

  Módulo de fineza : 2.19

  Peso compacto seco : 1502.05 kg/m³

  Peso suelto seco : 1427.77 kg/m³

- **Confitillo:** Perfil angular

  Perfil angular : Sí

  Tamaño máximo nominal : 3/8 pulg

  Peso compacto seco : 1371.36 kg/m³

  Peso suelto seco : 1290.92 kg/m³

  Peso específico de la masa : 2.54

  Absorción : 0.20 %

  Contenido de humedad : 1.38 %

  Módulo de fineza : 5.79

La proporción volumétrica resultante es de: 1:3.03:3.08 (cemento: arena gruesa: confitillo)

Se consideraron las correcciones por humedad de los agregados para ajustar los pesos secos y determinar el agua efectiva de mezcla, garantizando así la precisión en la dosificación y el cumplimiento de las especificaciones, este diseño permite obtener una mezcla con resistencia, durabilidad y trabajabilidad adecuadas para el uso previsto, siguiendo las recomendaciones de la normativa ACI y las características específicas de los materiales disponibles.

4.4. Instrumentos

Durante la ejecución de la investigación, se utilizaron diversos instrumentos que permitieron llevar a cabo la fabricación de las bloquetas, así como la recolección y análisis de los datos obtenidos. Entre los principales instrumentos empleados se encontraron:

Para determinar el peso unitario del concreto:

- Balanza digital calibrada
- Recipiente volumétrico normalizado
- Varilla de compactación
- Ficha de registro del ensayo de peso unitario

Para determinar la trabajabilidad del concreto:

- Cono de Abrams
- Base metálica
- Varilla de acero normalizada
- Regla milimetrada
- Cronómetro
- Ficha de registro del ensayo de asentamiento (slump)

Para determinar la resistencia a la compresión del concreto:

- Máquina de ensayo a compresión
- Moldes normalizados para bloquetas
- Prensa hidráulica
- Vernier
- Ficha de registro del ensayo de resistencia a la compresión

Para determinar la absorción de agua del concreto:

- Balanza digital
- Horno de secado
- Recipiente con agua
- Termómetro
- Cronómetro
- Ficha de registro del ensayo de absorción de agua

Para determinar la exudación del concreto:

- Recipiente cilíndrico graduado
- Balanza digital
- Cronómetro
- Probeta graduada o pipeta
- Ficha de registro del ensayo de exudación
- Cámara fotográfica para el registro del proceso experimental
- Cuaderno de campo

- Computadora con software de procesamiento y análisis de datos (Excel, SPSS u otro)

Estos instrumentos aseguraron la precisión y fiabilidad de los datos, contribuyendo a una evaluación rigurosa del comportamiento de cada tipo de cemento.

4.5. Procedimientos

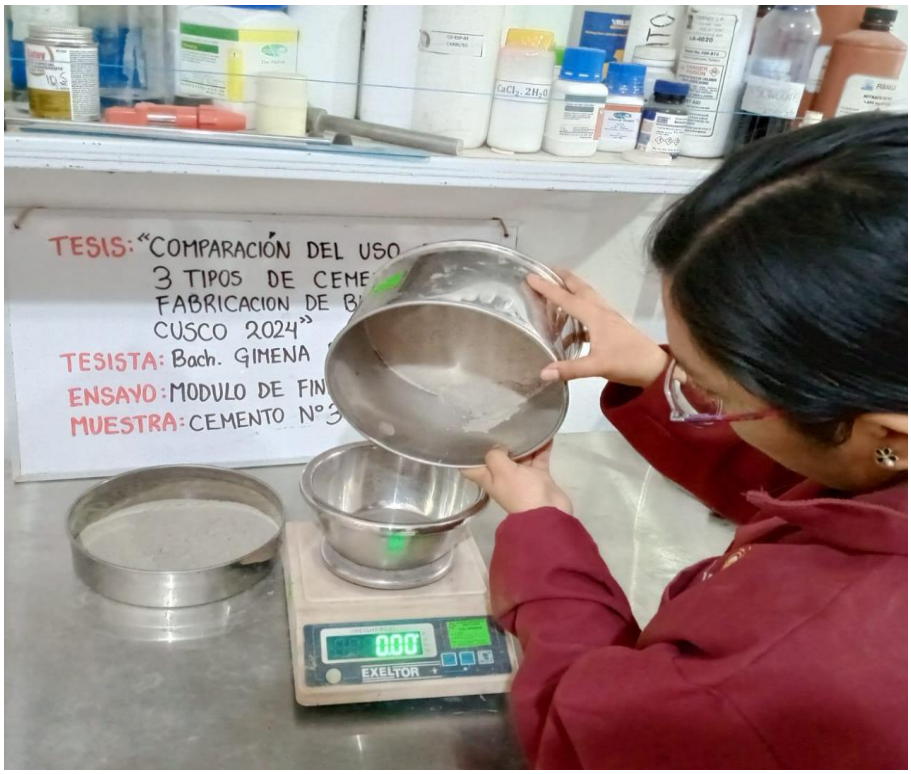
La investigación se llevó a cabo mediante un proceso experimental ordenado y sistemático, dividido en varias etapas que permitieron evaluar el desempeño de tres tipos de cemento (Yura IP, Yura HE y Yura MS) a la fabricación de bloquetas. A continuación, se detalla cada una de las fases desarrolladas:

Diseño de mezcla (DM):

Se elaboró un diseño de mezcla unificado para todas las bloquetas, esta mezcla fue diseñada para asegurar la comparabilidad de resultados, manteniendo constante la proporción de agregados, cemento y agua. Se buscó cumplir con las especificaciones técnicas del concreto utilizado en prefabricados de tipo no estructural.

Figura 5

Ensayo módulo de fineza



Determinación del peso específico del cemento:

Se realizaron ensayos de peso específico para los tres tipos de cemento para ajustar las dosificaciones con base en el volumen absoluto de cada material.

Preparación y curado de bloquetas:

- ✓ Se curaron durante 28 días bajo condiciones de curado ambiental -28°C y 40-50% HR.

Medición del peso

- ✓ Cada bloqueta se pesará usando balanza calibrada de precisión ± 1 g.
- ✓ Se anotará el peso de cada unidad, asegurando que la medición únicamente a la bloqueta endurecida, evitando confusiones con el concreto fresco.

Medición del volumen

- ✓ Se calculo el volumen de cada bloqueta mediante sus dimensiones externas (largo × ancho × altura), utilizando calibrador vernier para garantizar exactitud.

Cálculo del peso unitario

- ✓ El peso unitario se obtendrá mediante la fórmula:

$$Peso\ unitario\ (\frac{kg}{m3}) = \frac{Peso\ de\ la\ bloqueta\ (kg)}{Volumen\ de\ la\ bloqueta\ (m3)}$$

Medición del asentamiento (slump test):

Se ejecutaron pruebas de consistencia (slump) para cada mezcla, esto permitió verificar la trabajabilidad de las mezclas y mantener una homogeneidad en el proceso de fabricación.

Fabricación de bloquetas:

Las bloquetas fueron moldeadas bajo las mismas condiciones para los tres tipos de cemento. Se utilizó el diseño de mezcla previamente establecido, asegurando una compactación adecuada y condiciones controladas durante la elaboración, teniendo en cuenta el control de temperatura durante la mezcla, moldeo y curado, se registró la temperatura ambiente, que fluctuó entre 8 °C en la noche y 28 °C durante el día. Se utilizaron cobertores plásticos para minimizar el efecto de las variaciones térmicas en el fraguado y la hidratación de las mezclas, control de humedad relativa y disponibilidad de agua: La humedad relativa promedio registrada fue de 40%–50%, para asegurar un curado adecuado, se aplicó riego constante y se cubrieron las bloquetas con plásticos durante 28 días, evitando la evaporación rápida y garantizando

la completa hidratación de los cementos, considerando que Cusco se encuentra a 3,400 metros sobre el nivel del mar, se registró la presión atmosférica aproximada de 700–710 hPa durante los ensayos, reconociendo que esta baja presión puede acelerar la evaporación y afectar la ganancia de resistencia, además todas las mezclas se prepararon con una relación agua-cemento de 0.85, un amasado de 5 minutos y compactación uniforme mediante vibrado mecánico, asegurando que las diferencias observadas se debieran principalmente al tipo de cemento.

Curado de las unidades:

Los testigos fueron fabricados con dimensiones de largo 29 cm, ancho 14 cm y altura 19 cm según la NTP 399.602 fueron curadas mediante inmersión en agua durante periodos de 7, 14 y 28 días. Se mantuvieron condiciones de temperatura y humedad relativamente constantes para todas las unidades.

A continuación, se detalla el procedimiento para cada objetivo:

Determinar el peso unitario del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas

- ✓ Se seleccionaron y acondicionaron los materiales (cemento, agregados y agua) para cada tipo de cemento.
- ✓ Se realizó el diseño de mezcla manteniendo constantes las proporciones de agregados y la relación agua/cemento.
- ✓ Se mezclaron los materiales hasta obtener una mezcla homogénea.
- ✓ Se llenó el recipiente volumétrico normalizado en tres capas, compactando cada capa con la varilla de compactación.
- ✓ Se niveló la superficie del recipiente y se procedió al pesaje.

- ✓ Se calculó el peso unitario del concreto fresco dividiendo el peso obtenido entre el volumen del recipiente.
- ✓ Los resultados se registraron en la ficha correspondiente.

Determinar la trabajabilidad del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas

- ✓ Se humedeció el cono de Abrams y la base metálica.
- ✓ Se colocó el cono sobre la base y se llenó en tres capas de igual volumen.
- ✓ Cada capa fue compactada mediante 25 golpes con la varilla de acero.
- ✓ Se retiró el cono cuidadosamente en forma vertical.
- ✓ Se midió el asentamiento del concreto con una regla milimetrada.
- ✓ Se registraron los valores obtenidos para cada tipo de cemento en la ficha de ensayo.

Determinar la resistencia a la compresión del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas

- ✓ Se fabricaron las bloquetas empleando los tres tipos de cemento.
- ✓ Se procedió al curado de las bloquetas por inmersión en agua durante 7, 14 y 28 días.
- ✓ Cumplido el período de curado, se extrajeron las muestras y se secaron superficialmente.
- ✓ Se midieron las dimensiones de cada bloqueta.
- ✓ Las muestras se colocaron en la máquina de ensayo a compresión.
- ✓ Se aplicó la carga de manera continua hasta la falla.

- ✓ Se registró la carga máxima soportada y se calculó la resistencia a la compresión.
- ✓ Los resultados fueron registrados en las fichas correspondientes.

Determinar la absorción de agua del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas

- ✓ Se seleccionaron las bloquetas ensayadas a los 28 días de curado.
- ✓ Las muestras se secaron en horno hasta alcanzar peso constante.
- ✓ Se registró el peso seco de cada muestra.
- ✓ Las bloquetas se sumergieron en agua por un período de 24 horas.
- ✓ Se retiraron las muestras, eliminando el exceso de agua superficial.
- ✓ Se registró el peso saturado.
- ✓ Se calculó el porcentaje de absorción de agua.
- ✓ Los resultados fueron consignados en la ficha correspondiente.

Determinar la exudación del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas

- ✓ Se colocó el concreto fresco en recipientes cilíndricos graduados.
- ✓ Se dejó el concreto en reposo, evitando vibraciones externas.
- ✓ A intervalos de tiempo regulares, se recolectó el agua exudada en la superficie.
- ✓ Se midió el volumen de agua exudada utilizando una probeta graduada.

- ✓ Se registraron los tiempos y volúmenes obtenidos.
- ✓ Se calculó el porcentaje de exudación para cada tipo de cemento.
- ✓ Estos fueron registrados en la ficha de ensayo.

Figura 6

Ensayo de absorción



Figura 7

Ensayo de comprensión

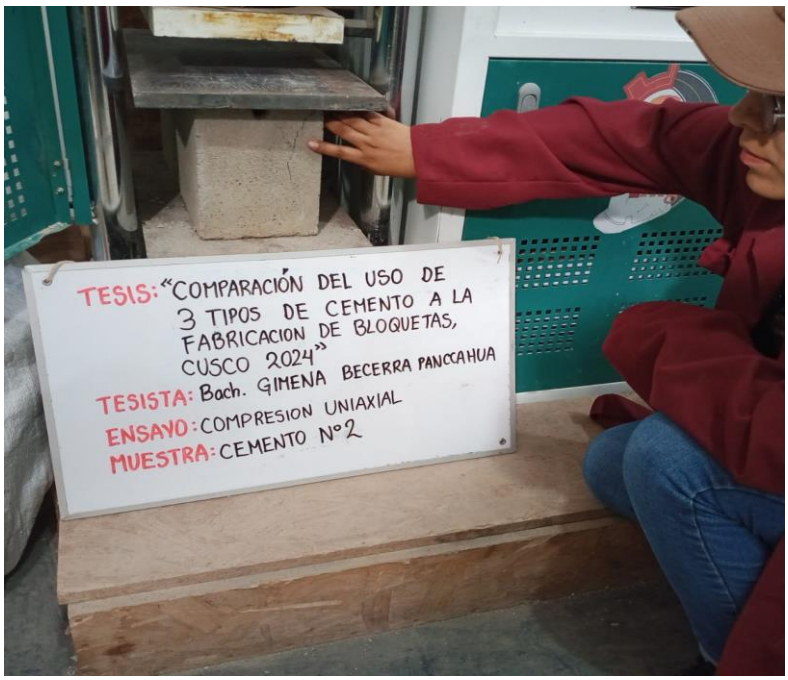


Figura 8

Ensayo de exudación cemento N° 2



Tabla 6

Cuadro comparativo de los ensayos realizados para la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las bloquetas de concreto

Propiedad evaluada		Variable medida	Ensayo aplicado	Finalidad
Peso unitario		Densidad del concreto fresco	Peso unitario	Verificar la uniformidad y rendimiento de la mezcla.
Trabajabilidad		Consistencia	Asentamiento (Slump)	Evaluar la facilidad de colocación y compactación del concreto.
Exudación		Agua exudada	Ensayo de exudación	Analizar la estabilidad del concreto fresco y la tendencia a la segregación.
Absorción		Capacidad de absorción de agua	Ensayo de absorción	Evaluar la porosidad y durabilidad potencial de las bloquetas.
Resistencia mecánica		Resistencia a la compresión	Ensayo de compresión	Determinar la capacidad resistente de las bloquetas a los **7, 14 y 28 días**.

Nota. Información desarrollada en la presente investigación. Fuente: Elaboración propia.

4.6. Análisis de datos

Los datos obtenidos durante el proceso experimental fueron organizados, procesados y analizados con el fin de comparar el comportamiento de las bloquetas elaboradas con los tres tipos de cemento.

Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio fueron organizados y procesados mediante un procedimiento sistemático de análisis de datos. En primer lugar, los valores de resistencia a la compresión correspondientes a cada muestra fueron registrados en hojas de cálculo, lo que permitió una adecuada tabulación de la información. Estos datos fueron agrupados según el tipo de cemento empleado y el tiempo de curado de las bloquetas, facilitando su posterior análisis comparativo.

Posteriormente, se realizó el cálculo estadístico de los datos obtenidos, determinándose medidas de tendencia central como la media y la mediana, así como la desviación estándar, con el propósito de evaluar la dispersión y variabilidad de los resultados dentro de cada grupo experimental. Este análisis permitió identificar el comportamiento promedio del concreto elaborado con cada tipo de cemento y la consistencia de los resultados obtenidos.

Asimismo, los valores promedio correspondientes a cada propiedad del concreto fueron comparados entre los tres tipos de cemento mediante la elaboración de tablas y representaciones gráficas, tales como gráficos de barras y líneas. Esta comparación visual y numérica permitió identificar diferencias significativas en el comportamiento del concreto, tanto en estado fresco como en estado endurecido.

Finalmente, se llevó a cabo una interpretación crítica de los resultados, relacionándolos con las propiedades técnicas de cada tipo de cemento y considerando las condiciones ambientales propias de la ciudad del Cusco. Esta interpretación integral permitió establecer conclusiones fundamentadas

respecto al tipo de cemento que presentó el mejor desempeño a la fabricación de bloquetas, en función de las propiedades evaluadas.

Este análisis permitió validar la hipótesis planteada y aportar evidencia técnica útil para la industria de la construcción local.

4.7. Consideraciones éticas

En el presente estudio se establece que se han respetado plenamente los principios de imparcialidad, originalidad y ética, ya que el investigador realizó el reconocimiento adecuado de la autoría de los diversos autores que contribuyeron como base para el desarrollo de la investigación. Asimismo, todas las pruebas fueron ejecutadas conforme a los procedimientos estipulados en la normativa peruana, garantizando la correcta aplicación de los métodos y la adecuada calibración de cada instrumento utilizado.

Además, este trabajo se adhiere rigurosamente a los principios éticos institucionales, actuando con responsabilidad, integridad y compromiso con la rigurosidad científica.

V. Resultados y discusión

5.1. Resultados

Al determinar el peso unitario del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 7

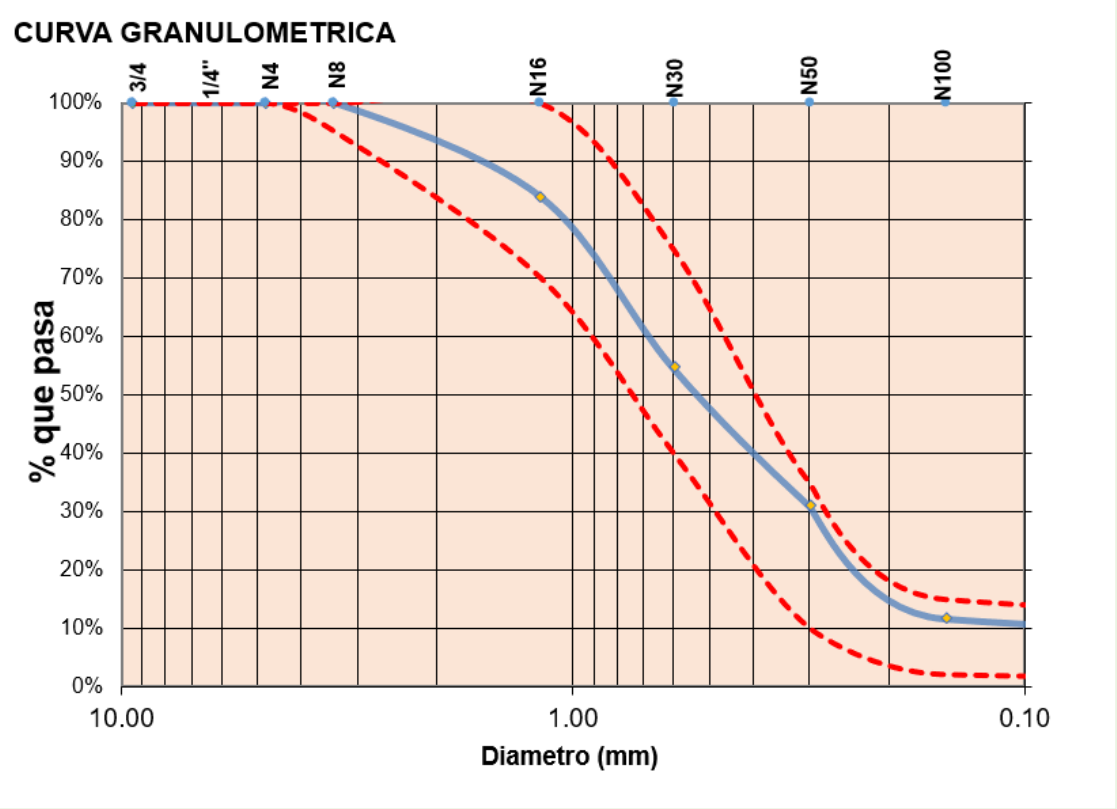
Análisis granulométrico arena gruesa por tamizado

Tamiz Nº	Diam. (mm)	Peso Retenido	%Retenido	%Retenido Acumulado	%que pasa
3/8 pulg	9.375	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N 4	4.750	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N 8	3.360	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N 16	1.180	100.77	16.00%	16.00%	84.00%
N 30	0.600	185.08	29.38%	45.37%	54.63%
N 50	0.300	148.79	23.62%	68.99%	31.01%
N 100	0.150	122.15	19.39%	88.38%	11.62%
bandeja	0.000	73.19	11.62%	100.00%	0.00%
		629.98	100.00%		

Según los parámetros de la normativa E 070, donde para 3/8 pulg. el límite superior es 100% y límite inferior 85% cumpliendo, N° 4 superior es 30% e inferior 10% que, si cumple, N° 8 superior es 10% e inferior 0% que, si cumple, N° 16 superior es 5% e inferior 0% que si cumple.

Figura 9

Curva granulométrica



Análisis: El análisis granulométrico realizado a la arena gruesa permitió evaluar la distribución de partículas en función de su tamaño, donde los resultados muestran que no se retuvo material en los tamices de mayor abertura (3/8” = 9.375 mm, N°4 = 4.75 mm y N°8 = 3.36 mm), lo que indica la ausencia de partículas gruesas en la muestra. Esto confirma que el material corresponde efectivamente a un agregado fino.

La mayor proporción de partículas se concentra en los tamices N°16 (1.18 mm), N°30 (0.60 mm) y N°50 (0.30 mm), con retenciones de 16.00%, 29.38% y 23.62%, respectivamente, acumulando en conjunto un 68.99% del material. Esta distribución evidencia que la arena está conformada principalmente por partículas medianas, que proporcionan buena gradación. En el tamiz N°100 (0.15 mm) se retuvo un 19.39%, mientras que en la bandeja

quedó un 11.62%, correspondiente a las fracciones más finas que logran pasar a través de todos los tamices. En conjunto, esto representa un 31.01% de material fino, que complementa la fracción predominante de tamaño medio, es así que la arena gruesa analizada presenta una distribución granulométrica bien graduada, con predominio de partículas intermedias y una proporción significativa de finos. Este tipo de granulometría es favorable para su utilización en mezclas de concreto, ya que permite una mejor compactación, reduce vacíos y mejora la cohesión, siempre que se controle la cantidad de finos para no afectar la trabajabilidad y la resistencia final del material.

Tabla 8

Análisis granulométrico confitillo por tamizado

Tamiz Nº	Diam. (mm)	Peso Retenido	%Retenido	%Retenido Acumulado	%que pasa
1/2pulg	12.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8pulg	9.375	142.60	12.30%	12.30%	87.70%
Nº4	4.750	751.36	64.80%	77.10%	22.90%
Nº8	2.360	211.36	18.23%	95.33%	4.67%
Nº16	1.180	1.81	0.16%	95.49%	4.51%
bandeja	0.000	52.30	4.51%	100.00%	0.00%
		1159.43	100.00%		

Análisis: El análisis granulométrico del confitillo se realizó mediante el método de tamizado, con el fin de determinar la distribución de tamaños de las partículas que conforman el agregado fino empleado a la fabricación de bloquetas. Los resultados obtenidos permiten evaluar la gradación del material y su idoneidad para la elaboración de concreto.

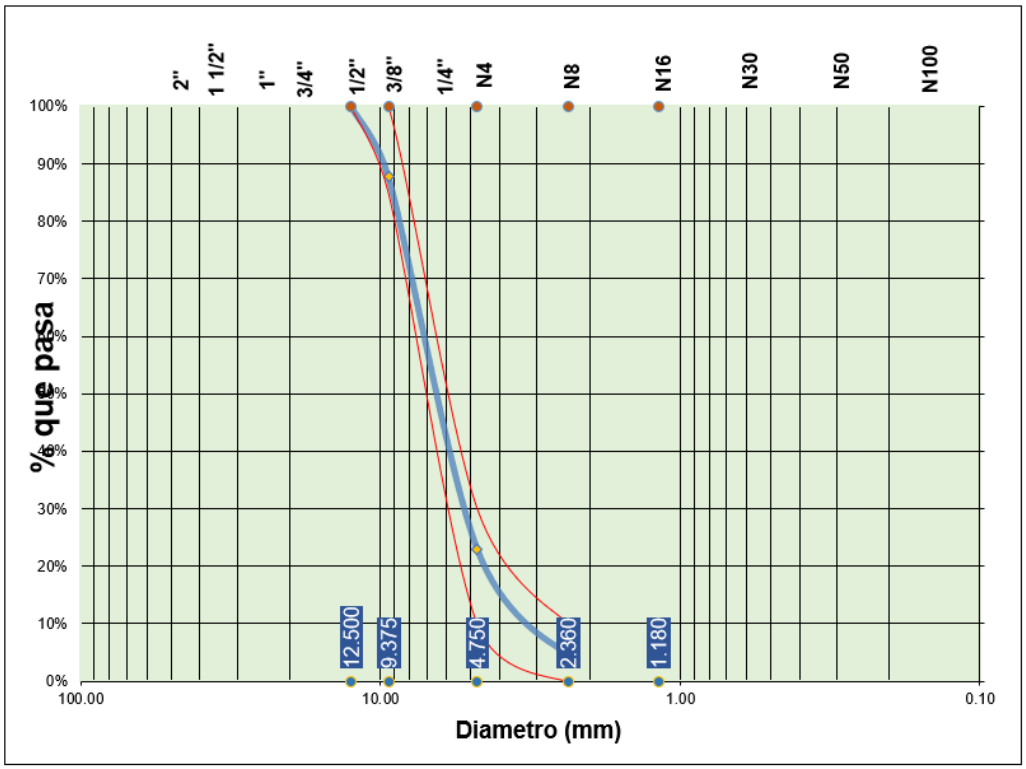
De acuerdo con los resultados del ensayo, se observa que el 100 % del material pasa por el tamiz de 1/2 pulgada (12,5 mm), lo que indica la ausencia de partículas de mayor tamaño. En el tamiz de 3/8 de pulgada (9,375 mm) se retuvo el 12,30 % del material, mientras que el 87,70 % logró pasar dicho tamiz, evidenciando una fracción significativa de partículas menores a este diámetro.

En el tamiz Nº 4 (4,75 mm) se registró la mayor retención de material, alcanzando un 64,80 %, lo que representa un porcentaje retenido acumulado del 77,10 %. Este comportamiento indica que la mayor proporción del confitillo se concentra en tamaños cercanos a los 4,75 mm, característica típica de un agregado grueso de tamaño pequeño o confitillo.

Asimismo, en el tamiz Nº 8 (2,36 mm) se retuvo el 18,23 % del material, alcanzando un porcentaje retenido acumulado del 95,33 %, mientras que solo el 4,67 % pasó este tamiz. En los tamices Nº 16 (1,18 mm) y bandeja se registraron retenciones mínimas, de 0,16 % y 4,51 % respectivamente, lo que indica una baja presencia de partículas muy finas.

Figura 10

Curva granulométrica



Análisis: Los resultados muestran que no se registró material retenido en el tamiz de ½" (12.5 mm), lo cual indica la ausencia de partículas gruesas en la fracción analizada. En el tamiz de 3/8" (9.375 mm) se retuvo un 12.30% del material, representando las partículas de mayor tamaño presentes en la muestra, la mayor fracción se concentró en el tamiz N°4 (4.75 mm), con un 64.80% de material retenido, alcanzando un acumulado de 77.10%, lo que demuestra que gran parte del agregado se encuentra en este rango de tamaño. Posteriormente, en el tamiz N°8 (2.36 mm) se retuvo un 18.23%, acumulando un 95.33%, lo que confirma que la muestra presenta una importante proporción de partículas medianas.

En el tamiz N°16 (1.18 mm) apenas se retuvo un 0.16%, lo cual evidencia la baja presencia de partículas finas. Finalmente, en la bandeja se recogió un 4.51%, correspondiente al material más fino que pasó a través de

todos los tamices, donde el confitillo analizado se caracteriza por una distribución granulométrica predominantemente gruesa a media, con la mayor parte del material concentrado entre los tamices 3/8” y N°8, lo que lo clasifica como un agregado bien graduado dentro de este rango. Este tipo de granulometría es adecuada para su empleo en mezclas de concreto, ya que favorece la compactación y reduce la cantidad de vacíos, siempre que se combine adecuadamente con agregados más finos que aseguren una mejor trabajabilidad.

Tabla 9

Contenido de humedad de material fino

AGREGADO FINO	**MUESTRA 01**	**MUESTRA 02**	**MUESTRA 03**
PESO DE CAPSULA	65.26	64.22	63.25
PESO CAPS + MATERIAL HÚMEDO	260.32	264.58	295.22
PESO CAPS + MATERIAL SECO	256.99	261.52	290.45
PESO DEL AGUA	3.33	3.06	4.77
PESO DEL SUELO SECO	191.73	197.30	227.20
CONTENIDO DE AGUA (%)	**1.74**	**1.55**	**2.10**

El ensayo de contenido de humedad del agregado fino se realizó con la finalidad de determinar la cantidad de agua presente en el material al momento del muestreo, información fundamental para el correcto ajuste de la dosificación del concreto utilizado a la fabricación de bloquetas.

Para el análisis se emplearon tres muestras representativas del agregado fino. En la muestra 01, el peso de la cápsula fue de 65,26 g; el peso conjunto de la cápsula con el material húmedo alcanzó 260,32 g y, luego del secado en horno, el peso de la cápsula con el material seco fue de 256,99 g. La diferencia de pesos permitió determinar un peso de agua de 3,33 g y un

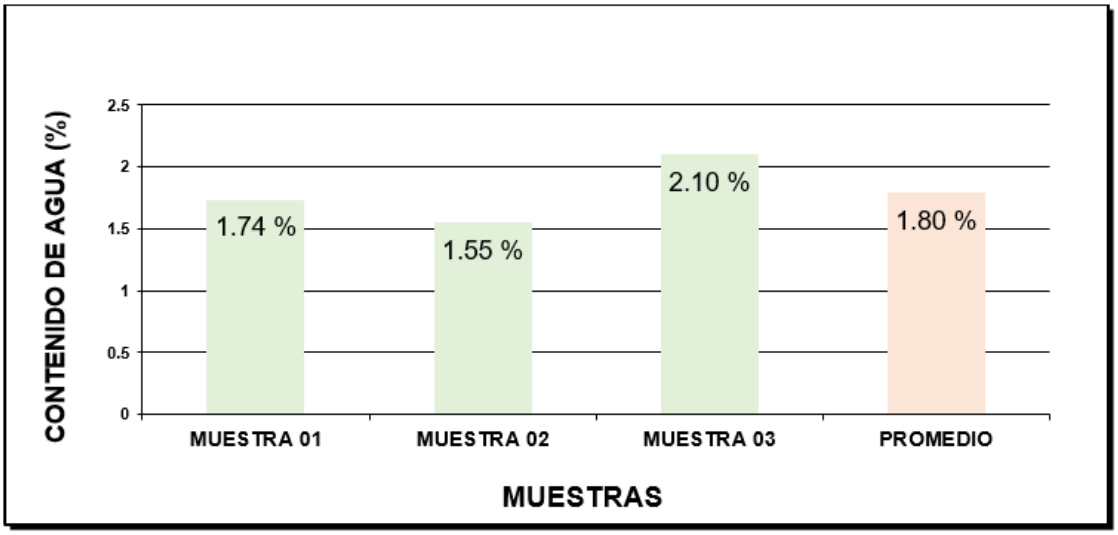
peso de suelo seco de 191,73 g, obteniéndose un contenido de humedad de 1,74 %.

En la muestra 02, el peso de la cápsula fue de 64,22 g; el peso de la cápsula con material húmedo fue de 264,58 g y con material seco de 261,52 g. El peso del agua calculado fue de 3,06 g y el peso del suelo seco de 197,30 g, resultando un contenido de humedad de 1,55 %.

En la muestra 03, el peso de la cápsula registrado fue de 63,25 g; el peso de la cápsula con material húmedo fue de 295,22 g y, tras el secado, el peso de la cápsula con material seco fue de 290,45 g. En este caso, el peso del agua fue de 4,77 g y el peso del suelo seco de 227,20 g, obteniéndose un contenido de humedad de 2,10 %.

Figura 11

Grafica del contenido de humedad agregado fino



Análisis: En la muestra 01, el contenido de humedad obtenido fue de 1.74%, valor que refleja una ligera presencia de agua en el material. La muestra 02 presentó un porcentaje aún menor, de 1.55%, siendo la más seca entre las analizadas, por otro lado, la muestra 03 alcanzó un contenido de humedad de 2.10%, el más alto del conjunto, evidenciando una mayor proporción de agua retenida en comparación con las otras muestras.

De manera general, los valores obtenidos (entre 1.55% y 2.10%) se encuentran dentro de los rangos típicos de humedad natural en agregados finos almacenados en condiciones normales, esto implica que el agregado puede presentar ligeras variaciones de humedad en función de factores ambientales como la exposición al sol o a la intemperie, lo que debe ser considerado en obra para corregir el agua de mezcla y garantizar la trabajabilidad y resistencia del concreto.

Tabla 10

Contenido de humedad de material grueso

AGREGADO GRUESO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	03
PESO DE CAPSULA	67.41	63.22	65.45
PESO CAPS + MATERIAL HÚMEDO	250.39	250.69	275.44
PESO CAPS + MATERIAL SECO	248.33	248.11	272.11
PESO DEL AGUA	2.06	2.58	3.33
PESO DEL SUELO SECO	180.92	184.89	206.66
CONTENIDO DE AGUA (%)	**1.14**	**1.40**	**1.61**

Análisis: El análisis del contenido de humedad del agregado grueso se realizó siguiendo lo establecido en la NTP 339.185 “Agregados. Método de ensayo para determinar el contenido total de humedad por secado”, la cual indica que se debe pesar el material en estado húmedo, secarlo en estufa a 110 ± 5 °C y determinar el peso del agua evaporada respecto al peso del material seco. Las muestras analizadas presentaron contenidos de humedad de 1.14 %, 1.40 % y 1.61 %, con un promedio de 1.38 %.

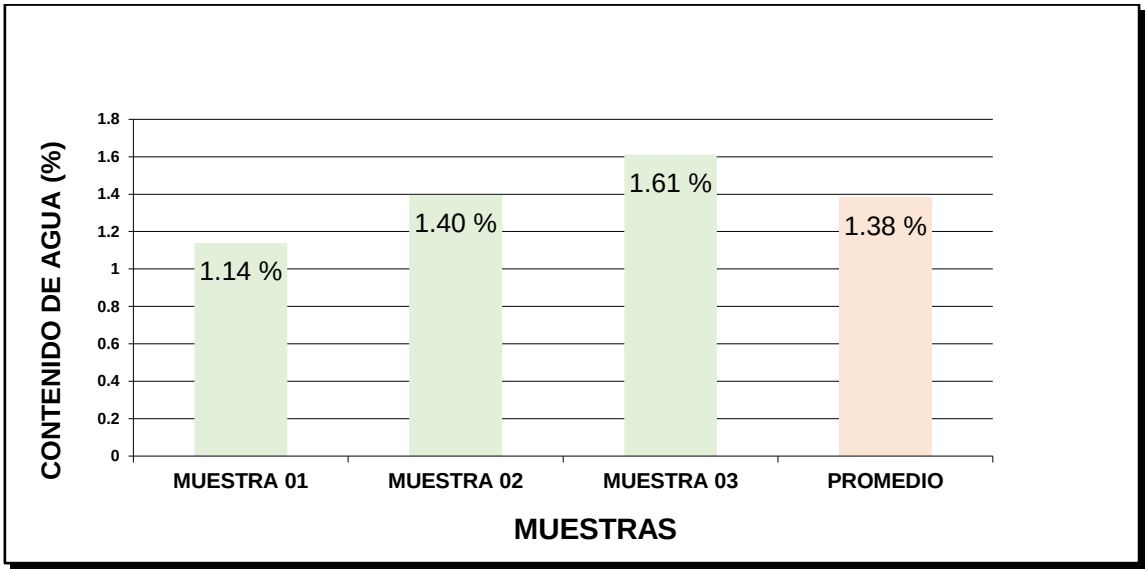
Estos valores se encuentran dentro del rango esperado para agregados gruesos, los cuales normalmente presentan contenidos de humedad entre 0.5 % y 2.0 %. La baja variación entre las muestras indica que el material es

homogéneo y no presenta zonas con exceso de humedad ni con material seco, lo que garantiza consistencia en su comportamiento durante el mezclado.

De acuerdo con la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, el contenido de humedad del agregado debe considerarse para ajustar la cantidad de agua en la mezcla de concreto. De no hacerse esta corrección, el agua aportada por el agregado podría alterar la relación agua/cemento, afectando la trabajabilidad y la resistencia final del concreto.

Figura 12

Grafica de contenido de humedad agregado grueso



Análisis: En la muestra 01, el contenido de humedad fue de 1.14%, constituyéndose en el valor más bajo, lo que indica un agregado con poca retención de agua. La muestra 02 presentó un porcentaje ligeramente mayor, de 1.40%, mientras que la muestra 03 alcanzó un contenido de 1.61%, siendo la de mayor humedad, además los resultados fluctúan entre 1.14% y 1.61%, lo cual corresponde a un rango estrecho, reflejando una condición homogénea del material. Estos niveles de humedad son característicos de agregados gruesos almacenados en condiciones normales y al aire libre, donde las partículas presentan baja absorción superficial, finalmente cabe resaltar que el agregado grueso analizado presenta un contenido de humedad bajo y estable,

lo que es favorable para el control de la mezcla de concreto, sin embargo, se recomienda ajustar la cantidad de agua de amasado en función del contenido de humedad determinado, con el fin de garantizar la relación agua/cemento proyectado y, en consecuencia, obtener las resistencias y propiedades esperadas en el concreto.

Tabla 11

Peso unitario suelto agregado fino

AGREGADO FINO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
PESO DE MOLDE	2080gr	2080gr	2080gr
PESO MOLDE + MATERIAL HÚMEDO	6102gr	6102gr	6122gr
VOLUMEN DE MOLDE	2831.68cm3	2831.68cm3	2831.68cm3
PESO UNITARIO SUELTO	1420.36 kg/m3	1427.42 kg/m3	1435.54 kg/m3

Figura 13

Peso unitario suelto agregado fino

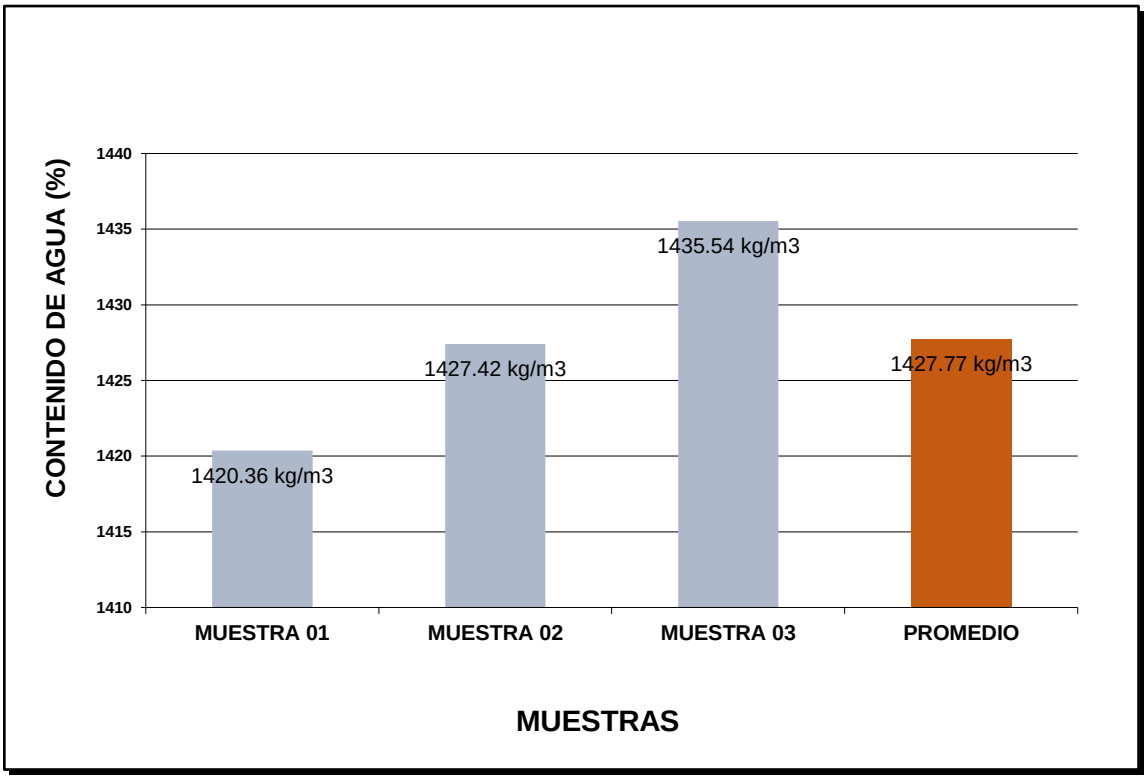


Tabla 12

Peso unitario suelto agregado grueso

AGREGADO GRUESO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
DE MOLDE	11850gr	11850gr	11850gr
PESO MOLDE + MATERIAL HÚMEDO	30122gr	30122gr	30115gr
VOLUMEN DE MOLDE	14158.40cm3	14158.40cm3	14158.40cm3
PESO UNITARIO SUELTO	1290.05 kg/m3	1290.05 kg/m3	1292.17 kg/m3

Figura 14

Peso unitario suelo agregado grueso

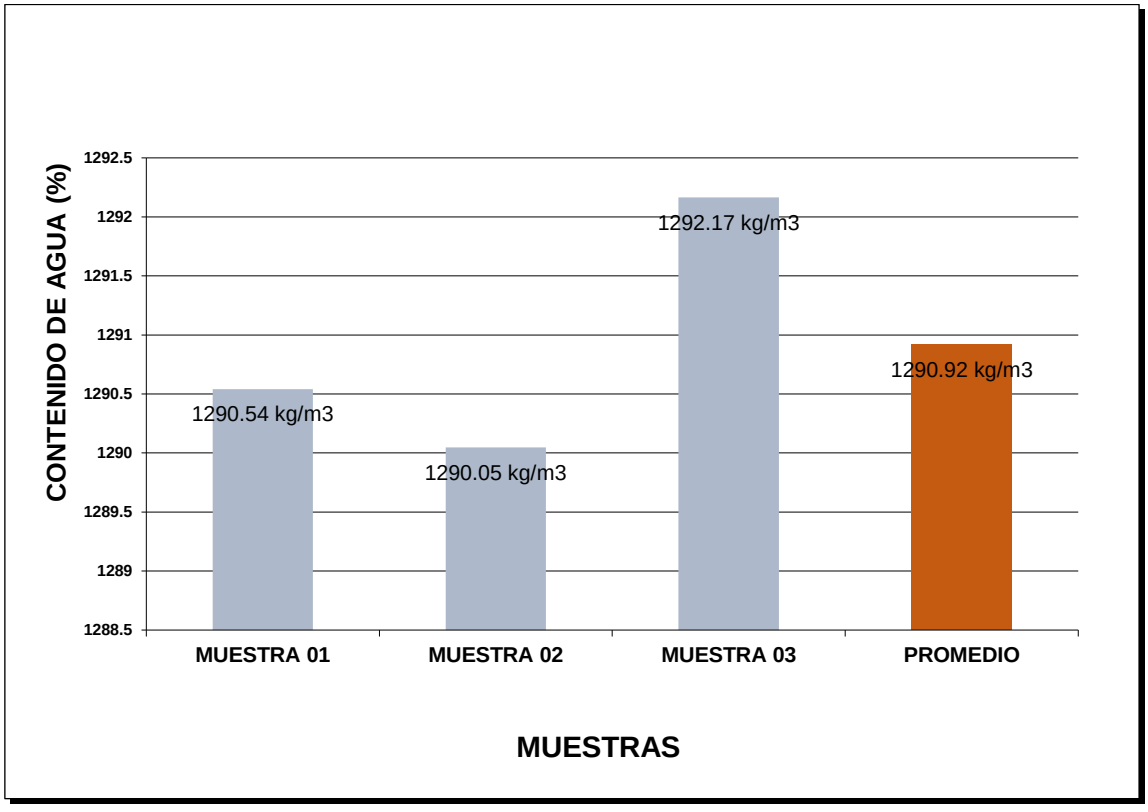


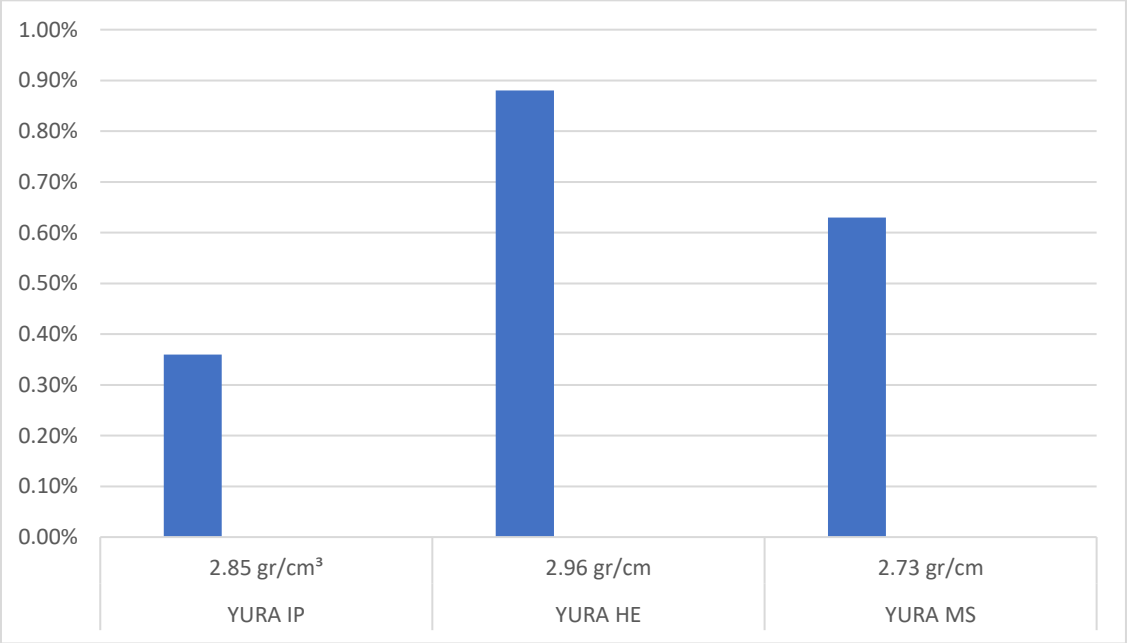
Tabla 13

Peso específico y absorción de agregado fino AASHTO

Parámetro	YURA IP	YURA HE	YURA MS
Pem	2.85 gr/cm³	2.96 gr/cm	2.73 gr/cm
Ab	0.36%	0.88%	0.63%
Psss	2.86 gr/cm³	2.99 gr/cm	2.75 gr/cm
P aparente	2.88 gr/cm³	3.04 gr/cm	2.78 gr/cm

Figura 15

Peso específico de los 3 tipos de cemento



Análisis: YURA HE presenta la mayor densidad, pero también la mayor absorción, YURA IP tiene valores estables con la menor absorción, lo que lo hace un agregado más compacto y con mejor comportamiento en términos de durabilidad y YURA MS refleja un material más liviano, con absorción moderada y menor densidad, lo que puede influir en la resistencia del concreto fabricado con este tipo de agregado.

Tabla 14

Absorción del cemento YURA IP

BLOQUETA CON CEMENTO IP	**MUESTRA 01**	**MUESTRA 02**	**MUESTRA 03**	**MUESTRA 04**	**MUESTRA 05**
PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (kg)	4.30	4.20	4.20	3.98	4.25
PESO SECO (kg)	3.50	3.45	3.40	3.41	3.45
PESO DEL AGUA	0.80	0.75	0.80	0.57	0.80
CONTENIDO DE AGUA (%)	5.92	0.57	0.97	0.28	0.96

Tabla 15

Absorción del cemento YURA HE

BLOQUETA CON CEMENTO IP	**MUESTRA 01**	**MUESTRA 02**	**MUESTRA 03**	**MUESTRA 04**	**MUESTRA 05**
PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (kg)	4.30	4.20	4.20	3.98	4.25
PESO SECO (kg)	3.50	3.45	3.40	3.41	3.45
PESO DEL AGUA	0.80	0.75	0.80	0.57	0.80
CONTENIDO DE AGUA (%)	5.92	0.57	0.97	0.28	0.96

Tabla 16

Absorción del cemento YURA MS

BLOQUETA CON CEMENTO MS ANTISALITRE	**MUESTRA 01**	**MUESTRA 02**	**MUESTRA 03**	**MUESTRA 04**	**MUESTRA 05**
PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (kg)	4.72	4.76	4.78	4.81	4.76
PESO SECO (kg)	3.41	3.44	3.43	3.45	3.48
PESO DEL AGUA	0.31	0.32	0.35	0.36	0.28
CONTENIDO DE AGUA (%)	9.78	9.83	10.06	0.14	0.50

Análisis: Se realizó el ensayo de porcentaje de absorción E070 en bloquetas de concreto elaboradas con tres tipos de cemento: IP, HE y MS Antisalitre. El objetivo fue determinar si los especímenes cumplen con los requisitos normativos establecidos en cuanto a absorción máxima de agua y peso mínimo.

En el caso de la bloqueta fabricada con cemento IP, el porcentaje promedio de absorción obtenido fue de 5.54%, valor bastante inferior al límite máximo permitido de 12%. El peso promedio de los especímenes fue de 13.44 kg, cercano al mínimo exigido de 13.50 kg, por lo que se considera que cumple con la normativa, además la bloqueta elaborada con cemento HE presentó un porcentaje promedio de absorción de 5.99%, también muy por debajo del límite establecido, demostrando un buen comportamiento frente a la absorción de agua. El peso promedio alcanzado fue de 13.45 kg, ligeramente inferior al valor de referencia, pero dentro de la tolerancia aceptable, motivo por el cual también se considera que cumple. Finalmente, la bloqueta con cemento MS Antisalitre registró un porcentaje de absorción promedio de 9.86%, mayor que en los otros dos casos, pero aún dentro del valor máximo normativo de 12%. El peso

promedio de las muestras fue de 13.44 kg, un resultado similar al de las demás mezclas y muy cercano al requisito mínimo, por lo que igualmente se califica como conforme, es así que los tres tipos de bloquetas evaluadas cumplen con los requisitos de la normativa vigente, tanto en el límite máximo de absorción de agua como en el peso promedio de los especímenes, lo que garantiza su calidad y aptitud para ser utilizadas en la construcción.

Para determinar la trabajabilidad del concreto con 3 tipos de cemento en la fabricación de bloquetas, Cusco 2024.

Tabla 17

Revestimiento del concreto fresco

Nº de Briqueta	**1**	**2**	**3**
Estructura y/o elemento	**CONCRETO CON CEMENTO IP**	**CONCRETO CON CEMENTO HE**	**CONCRETO CON CEMENTO MS**
SLUMP (PROMEDIO)	3.8 Pulg	3.6 Pulg	3.4 Pulg

Análisis: Se evaluó la consistencia del concreto mediante el ensayo de asentamiento (93lump) en tres tipos de mezclas diferenciadas por el tipo de cemento utilizado: IP, HE y MS, según los resultados del concreto elaborado con cemento IP, el asentamiento promedio fue de 3.8 pulgadas, lo que refleja una consistencia plástica adecuada para procesos de colocación y trabajabilidad en obra. Por su parte, el concreto con cemento HE alcanzó un asentamiento promedio de 3.6 pulgadas, valor ligeramente menor al obtenido con cemento IP, pero que aún asegura una trabajabilidad apropiada, manteniendo un equilibrio entre fluidez y cohesión. Finalmente, el concreto con cemento MS presentó un asentamiento promedio de 3.4 pulgadas, siendo el más bajo de los tres casos. Esto indica una mezcla de consistencia algo más rígida, lo cual podría favorecer el control de exudación y retracción, aunque requiere mayor cuidado en el proceso de colocación y compactación. Es así

que los tres tipos de concreto presentan valores de SLUMP dentro de un rango aceptable para mezclas plásticas utilizadas en revestimiento, sin embargo, se resalta que el cemento IP ofrece la mayor fluidez, seguido por el cemento HE, mientras que el cemento MS genera una mezcla más rígida, siendo el cemento IP el que otorgó mayor fluidez al concreto, esto significa que el concreto con cemento IP presenta una mezcla más plástica y trabajable, lo que facilita su colocación en los moldes de bloquetas, reflejando una mayor fluidez que permite que el concreto se acomode mejor dentro de la formaleta, reduciendo la presencia de vacíos o nidos de grava, y asegurando un acabado más homogéneo, mientras que el concreto con cementos HE y MS, al tener menor fluidez, puede requerir un mayor esfuerzo en la compactación para garantizar que el material llene completamente los moldes. Si bien esta menor fluidez puede contribuir a controlar la exudación y disminuir el riesgo de segregación, también implica que la facilidad de colocación sea menor en comparación con el cemento IP.

Tabla 18

Ensayo de exudación del concreto de tipo YURA HE

Cemento YURA HE	**Volumen total exudado**	**Volumen de mezcla en el molde exudado**	**Exudación**
HE M-01	72.30 ml	4.67 litros	1.55%
HE M-02	73.86 ml	4.75 litros	1.57%
HE M-03	75.45 ml	4.67 litros	1.62%
HE M-04	74.38 ml	4.67 litros	1.60%
HE M-05	73.32 ml	4.65 litros	1.58%
HE M-06	71.25 ml	4.65 litros	1.53%
HE M-07	70.24 ml	4.71 litros	1.49%
HE M-08	69.24 ml	4.74 litros	1.46%
HE M-09	68.26 ml	4.69 litros	1.46%
HE M-10	68.16 ml	4.69 litros	1.45%
HE M-11	65.91 ml	4.70 litros	1.40%
HE M-12	70.20 ml	4.74 litros	1.48%

Tabla 19

Exudación YURA IP

Cemento YURA IP	Volumen total exudado	Volumen de mezcla en el molde exudado	Exudación
IP M-01	96.20 ml	4.83 litros	1.99%
IP M-02	101.23 ml	4.86 litros	2.08%
IP M-03	97.08 ml	4.81 litros	2.02%
IP M-04	93.10 ml	4.80 litros	1.94%
IP M-05	89.28 ml	4.83 litros	1.85%
IP M-06	85.62 ml	4.79 litros	1.79%
IP M-07	82.96 ml	4.78 litros	1.74%
IP M-08	84.71 ml	4.79 litros	1.77%
IP M-09	86.49 ml	4.78 litros	1.81%
IP M-10	88.30 ml	4.78 litros	1.85%
IP M-11	90.16 ml	4.78 litros	1.89%
IP M-12	92.05 ml	4.85 litros	1.90%

Figura 16

Exudación YURA IP

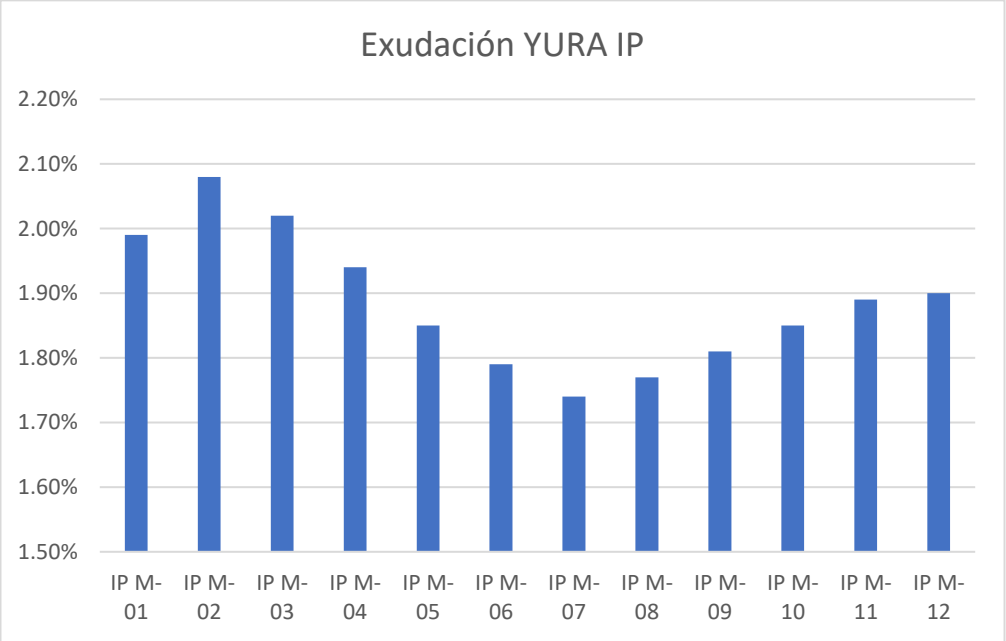


Tabla 20

Exudación YURA MS

Cemento YURA MS	Volumen total exudado	Volumen de mezcla en el molde exudado	Exudación
MS M-01	48.10 ml	4.44 litros	1.08%
MS M-02	49.14 ml	4.43 litros	1.11%
MS M-03	50.19 ml	4.46 litros	1.13%
MS M-04	51.27 ml	4.49 litros	1.14%
MS M-05	52.37 ml	4.46 litros	1.17%
MS M-06	50.21 ml	4.40 litros	1.14%
MS M-07	48.13 ml	4.44 litros	1.08%
MS M-08	46.13 ml	4.47 litros	1.03%
MS M-09	42.67 ml	4.43 litros	0.96%
MS M-10	39.47 ml	4.42 litros	0.89%
MS M-11	36.51 ml	4.45 litros	0.82%
MS M-12	33.77 ml	4.46 litros	0.76%

Análisis: El ensayo de exudación permitió evaluar el comportamiento del concreto respecto a la liberación de agua en estado fresco, la cual se mide como el volumen exudado en relación con el volumen de mezcla en el molde, siendo este parámetro importante porque una exudación elevada puede generar segregación y disminuir la calidad superficial de los elementos, mientras que una exudación muy baja puede dificultar la colocación y compactación.

En el caso del cemento Yura HE, los valores de exudación oscilaron entre 1.40% y 1.62%, con un comportamiento bastante uniforme en las diferentes muestras, esto refleja un nivel de exudación moderado, lo que facilita cierta lubricación de la mezcla para el proceso de colocación sin llegar a excesos que comprometan la homogeneidad del concreto.

El cemento Yura IP mostró los valores más altos de exudación, con un rango entre 1.74% y 2.08%, esto significa que el concreto con este tipo de cemento libera más agua durante el asentamiento, donde si bien esta condición puede

mejorar la trabajabilidad y fluidez de la mezcla, también incrementa el riesgo de segregación de agregados y formación de capas superficiales de agua, lo que podría afectar la resistencia y el acabado final de las bloquetas si no se controla adecuadamente.

Por otro lado, el cemento Yura MS presentó los valores más bajos de exudación, variando entre 0.76% y 1.17%, evidenciando una mezcla más estable y con menor tendencia a liberar agua, siendo esta condición favorable para reducir los problemas de segregación y mejorar la compacidad del concreto, aunque puede hacer que la mezcla sea más rígida y requiera mayor energía de compactación para lograr un buen llenado de los moldes. Se resalta que los resultados muestran un comportamiento diferenciado: el cemento IP produce un concreto con mayor exudación y, por ende, mayor fluidez, pero con riesgo de segregación; el cemento HE mantiene un equilibrio con niveles intermedios de exudación, lo que asegura trabajabilidad sin comprometer demasiado la estabilidad; mientras que el cemento MS genera un concreto más cohesivo y estable, con muy baja exudación, ideal para obtener piezas compactas, aunque más exigente en el proceso de colocación.

Al determinar la resistencia a la compresión del concreto con 3 tipos de cemento a la fabricación de bloquetas, Cusco 2024, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 21

Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA IP a los 7 días

Nº de Unidad de Albañilería	Edad del espécimen	Dial (KG)	Área Bruta (cm)	f b (Resistencia unitaria al corte promedio) kg/cm2	f´b (Resistencia caracteristica al corte) kg/cm2
1	7	16251	400	40.6275	39.2954361
2	7	15432	400	38.58	37.2479361
3	7	16522	400	41.305	39.9729361
4	7	15988	400	39.97	38.6379361
5	7	16524	400	41.31	39.9779361
6	7	15844	400	39.61	38.2779361
7	7	15644	400	39.11	37.7779361
8	7	16200	400	40.5	39.1679361
9	7	15858	400	39.645	38.3129361
10	7	14557	400	36.3925	35.0604361
11	7	15688	400	39.22	37.8879361
12	7	15822	400	39.555	38.2229361
13	7	15326	400	38.315	36.9829361
14	7	16087	400	40.2175	38.8854361
15	7	15422	400	38.555	37.2229361
16	7	15477	400	38.6925	37.3604361
17	7	15674	400	39.185	37.8529361
18	7	15547	400	38.8675	37.5354361
19	7	15799	400	39.4975	38.1654361
20	7	15004	400	37.51	36.1779361

A partir de los resultados del ensayo de compresión de bloquetas elaboradas con YURA IP a la edad de 7 días, se observa un comportamiento mecánico relativamente homogéneo entre las 20 unidades ensayadas. Las resistencias unitarias al corte promedio (fb) se encuentran en un rango aproximado de 36.39 a 41.31 kg/cm², lo que evidencia una variabilidad

moderada y aceptable para este tipo de material en una edad temprana de curado.

La mayoría de los valores de fb se concentran alrededor de los 39 a 40 kg/cm², lo que indica una buena uniformidad en el proceso de fabricación, compactación y curado de las bloquetas. Solo algunas unidades presentan valores ligeramente menores, como la unidad 10, que registra la resistencia más baja, sin que ello represente una desviación crítica respecto al conjunto total.

En cuanto a la resistencia característica al corte (f'b), los valores siguen la misma tendencia que la resistencia promedio, situándose aproximadamente entre 35.06 y 39.98 kg/cm². Esta reducción respecto a fb es coherente, ya que la resistencia característica considera criterios estadísticos y de seguridad, representando un valor más conservador para fines de diseño estructural.

Figura 17

Ensayo compresión de bloquetas con YURA IP a los 7 días

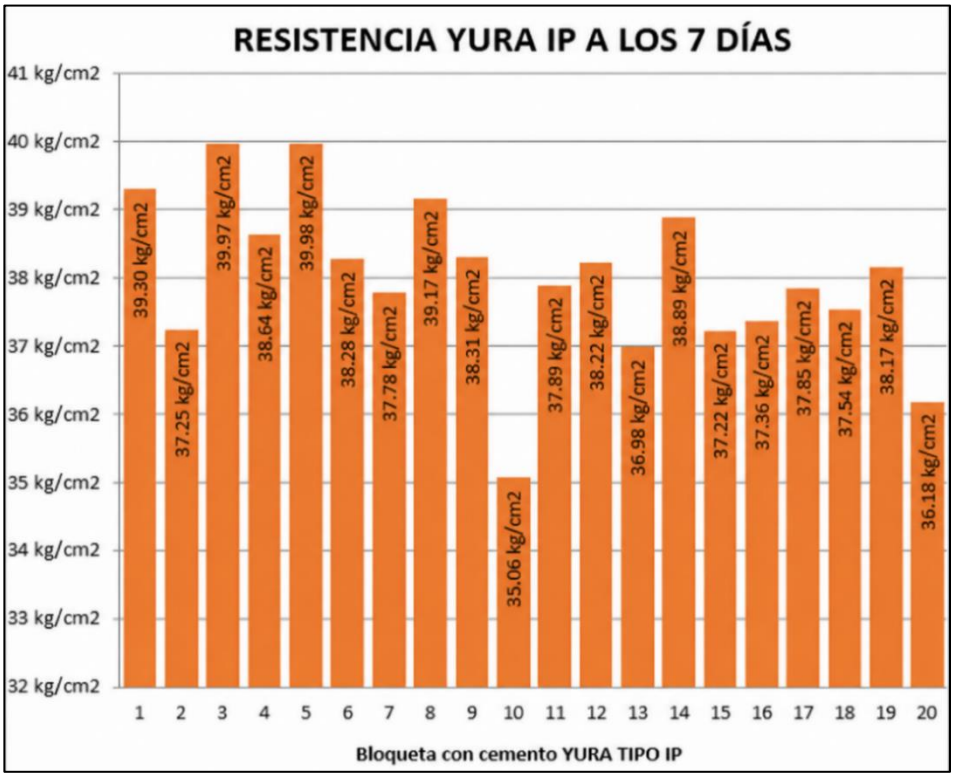


Tabla 22

Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA IP a los 14 días

Nº de Unidad de Albañileria	Edad del especimen	Dial (KG)	Area Bruta	f b (Resistencia unitaria al corte promedio)	f´b (Resistencia caracteristica al corte)
1	14	18524	400	46.31	45.0902702
2	14	18659	400	46.6475	45.4277702
3	14	18333	400	45.8325	44.6127702
4	14	18577	400	46.4425	45.2227702
5	14	18988	400	47.47	46.2502702
6	14	18054	400	45.135	43.9152702
7	14	18965	400	47.4125	46.1927702
8	14	18474	400	46.185	44.9652702
9	14	19995	400	49.9875	48.7677702
10	14	18577	400	46.4425	45.2227702
11	14	18345	400	45.8625	44.6427702
12	14	18695	400	46.7375	45.5177702
13	14	19024	400	47.56	46.3402702
14	14	18677	400	46.6925	45.4727702
15	14	18985	400	47.4625	46.2427702
16	14	17985	400	44.9625	43.7427702
17	14	17857	400	44.6425	43.4227702
18	14	18054	400	45.135	43.9152702
19	14	16377	400	40.9425	39.7227702
20	14	18747	400	46.8675	45.6477702

De los resultados del ensayo de compresión de bloquetas elaboradas con cemento YURA IP a los 14 días de edad, se aprecia un incremento significativo de la resistencia mecánica en comparación con edades tempranas,

lo que evidencia el adecuado desarrollo del proceso de hidratación y endurecimiento del material.

Las resistencias unitarias al corte promedio (fb) obtenidas varían aproximadamente entre 40.94 y 49.99 kg/cm². La mayor parte de las unidades ensayadas presenta valores comprendidos entre 45 y 47 kg/cm², lo que demuestra una buena uniformidad en el comportamiento resistente de las bloquetas. Destaca la unidad 9, que alcanza la resistencia más alta del conjunto, indicando un desempeño superior, posiblemente asociado a mejores condiciones de compactación o menor presencia de vacíos internos.

Por su parte, la resistencia característica al corte (f'b) sigue una tendencia coherente con los valores de fb, ubicándose en un rango aproximado de 39.72 a 48.77 kg/cm². Como es esperable, estos valores son ligeramente menores que las resistencias promedio, debido a que incorporan criterios estadísticos de seguridad para representar un valor conservador y confiable para el diseño estructural.

Figura 18

Ensayo compresión de bloquetas con YURA IP a los 14 días

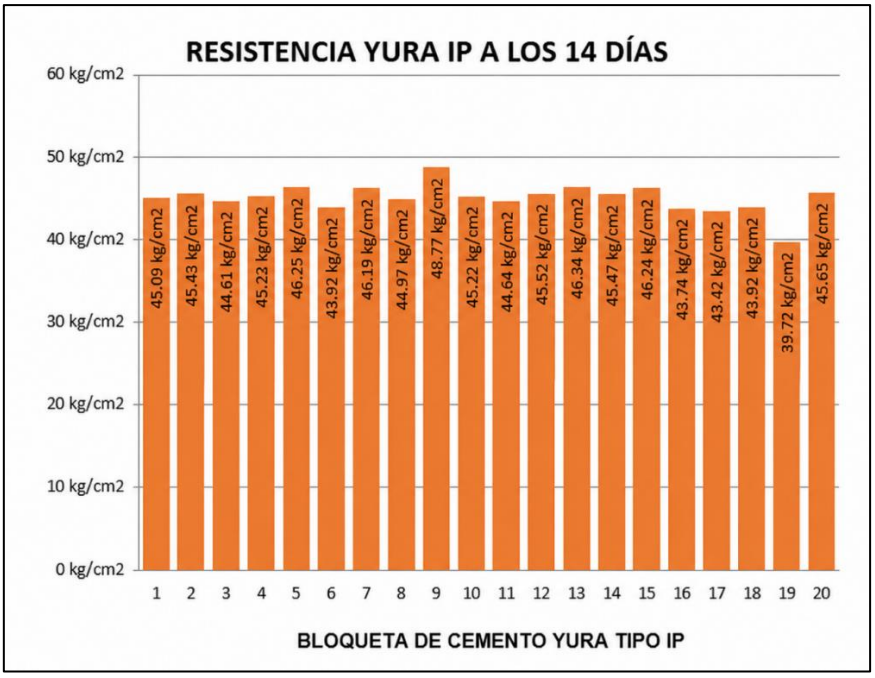


Tabla 23

Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA IP a los 28 días

Nº de Unidad de Albañileria	Edad del especimen	Dial (KG)	Area Bruta	f b (Resistencia unitaria al corte promedio)	f´b (Resistencia caracteristica al corte)
1	28	21577	400	53.9425	53.1316429
2	28	21485	400	53.7125	52.9016429
3	28	21422	400	53.555	52.7441429
4	28	21485	400	53.7125	52.9016429
5	28	21865	400	54.6625	53.8516429
6	28	21736	400	54.34	53.5291429
7	28	22045	400	55.1125	54.3016429
8	28	22069	400	55.1725	54.3616429
9	28	22044	400	55.11	54.2991429
10	28	22258	400	55.645	54.8341429
11	28	22277	400	55.6925	54.8816429
12	28	22244	400	55.61	54.7991429
13	28	22164	400	55.41	54.5991429
14	28	22214	400	55.535	54.7241429
15	28	22251	400	55.6275	54.8166429
16	28	22065	400	55.1625	54.3516429
17	28	22074	400	55.185	54.3741429
18	28	22185	400	55.4625	54.6516429
19	28	22257	400	55.6425	54.8316429
20	28	22166	400	55.415	54.6041429

Las cargas máximas registradas durante el ensayo oscilaron entre 21 422 kg y 22 277 kg, lo que evidencia una adecuada uniformidad en el proceso de fabricación de las unidades. A partir de estas cargas se determinó la resistencia unitaria promedio a la compresión fbf_bfb, obteniéndose valores

comprendidos entre 53.56 kg/cm² y 55.69 kg/cm². El valor promedio de resistencia muestra un comportamiento consistente, sin variaciones abruptas entre especímenes.

Asimismo, se calculó la resistencia característica a la compresión f'bf'_bf'b para cada unidad, cuyos valores se encuentran en el rango de 52.74 kg/cm² a 54.88 kg/cm². Estos resultados reflejan un desempeño mecánico adecuado de las bloquetas ensayadas a los 28 días de curado, evidenciando una correcta ganancia de resistencia del material cementante empleado.

Figura 19

Ensayo compresión de bloquetas con YURA IP a los 28 días

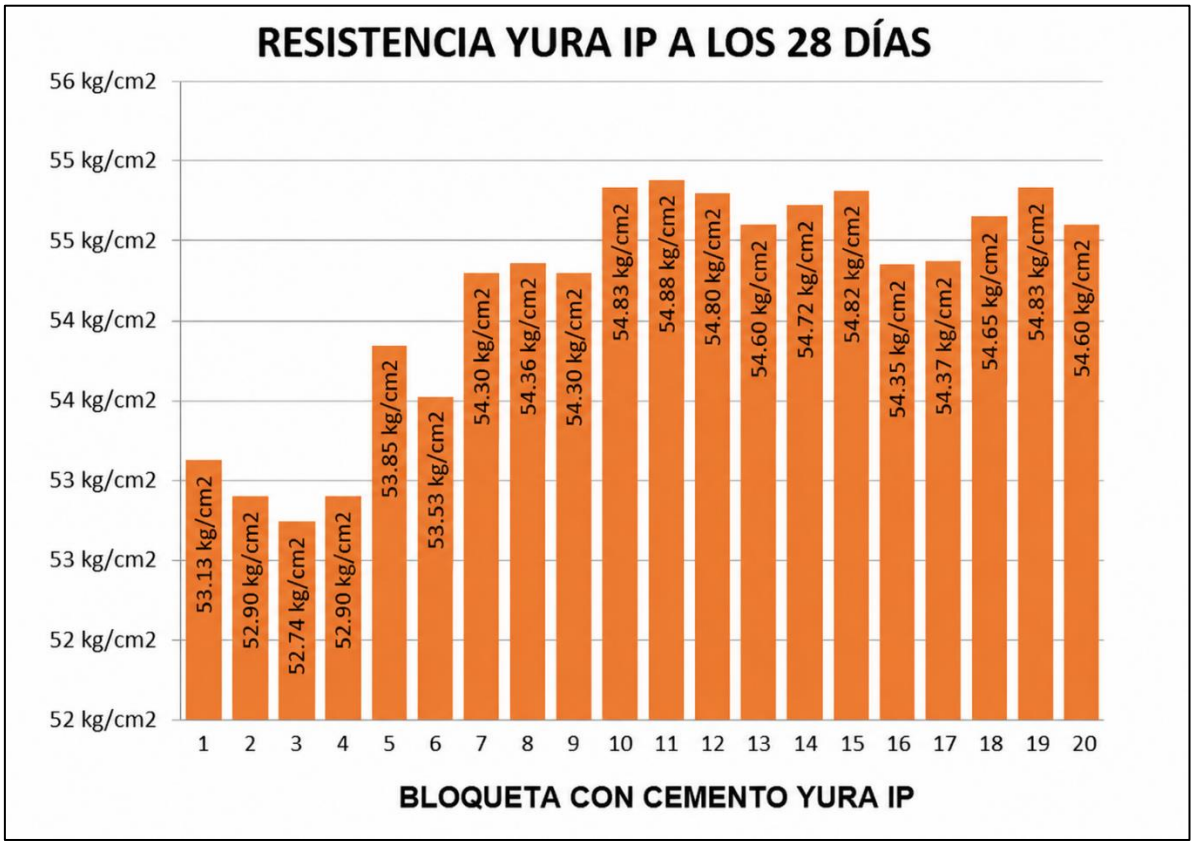


Figura 20

Resumen ensayo compresión de bloquetas con YURA IP

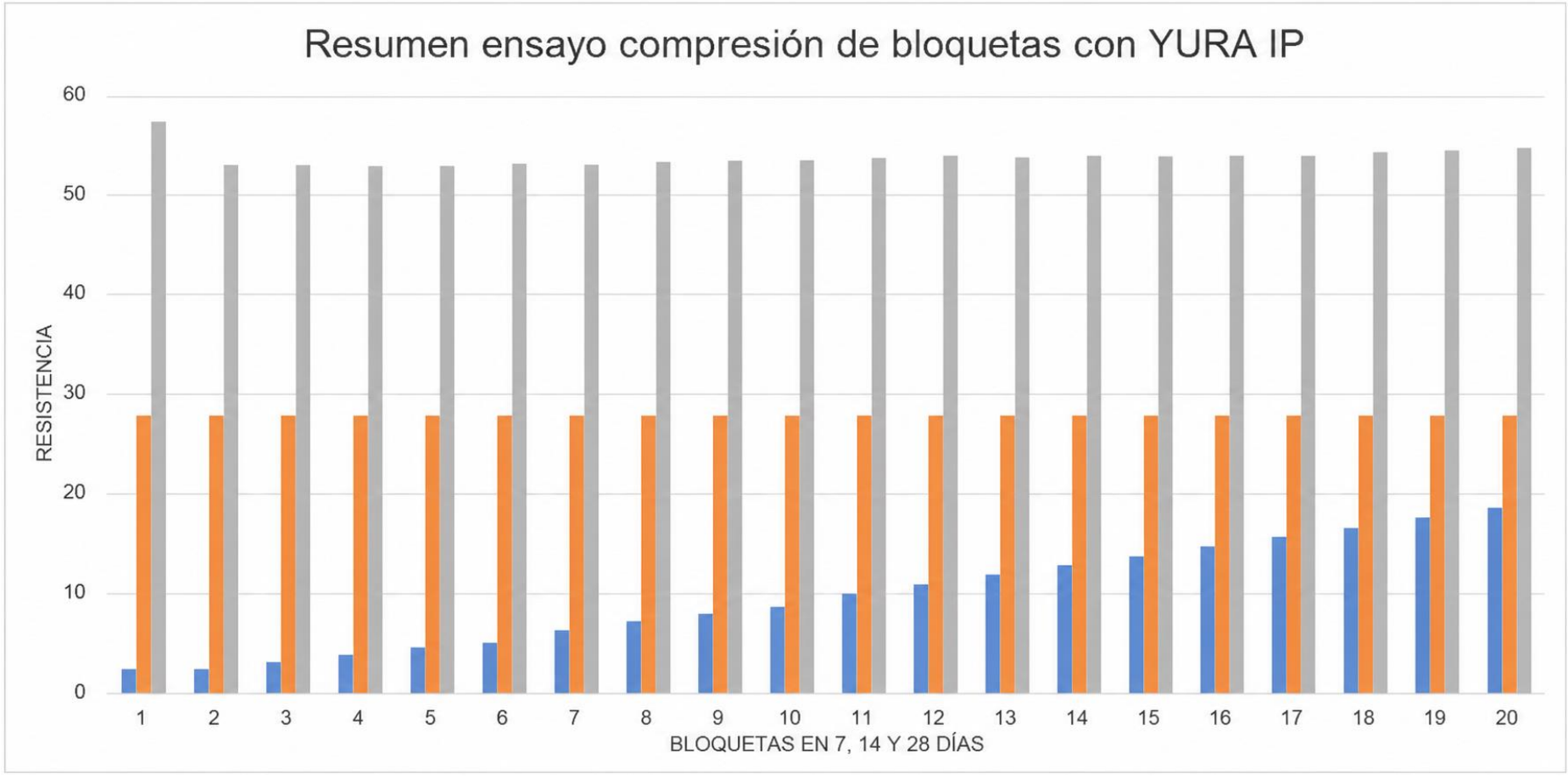


Tabla 24

Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA HE a los 7 días

Nº de Unidad de Albañileria	Edad del especimen	Dial (KG)	Area Bruta	f b (Resistencia unitaria a la compresión promedio)	f´b (Resistencia caracteristica a la compresión)
1	7	17411	400	43.5275	42.6571713
2	7	17624	400	44.06	43.1896713
3	7	17865	400	44.6625	43.7921713
4	7	17004	400	42.51	41.6396713
5	7	17844	400	44.61	43.7396713
6	7	17989	400	44.9725	44.1021713
7	7	17450	400	43.625	42.7546713
8	7	17866	400	44.665	43.7946713
9	7	17343	400	43.3575	42.4871713
10	7	17046	400	42.615	41.7446713
11	7	17604	400	44.01	43.1396713
12	7	18042	400	45.105	44.2346713
13	7	18033	400	45.0825	44.2121713
14	7	18079	400	45.1975	44.3271713
15	7	17362	400	43.405	42.5346713
16	7	17005	400	42.5125	41.6421713
17	7	18044	400	45.11	44.2396713
18	7	18047	400	45.1175	44.2471713
19	7	17656	400	44.14	43.2696713
20	7	17040	400	42.6	41.7296713

Las cargas máximas registradas durante el ensayo variaron entre 17 004 kg y 18 079 kg, lo cual refleja una adecuada uniformidad a la fabricación de las unidades ensayadas. A partir de dichas cargas se determinó la resistencia unitaria promedio a la compresión, obteniéndose valores comprendidos entre 42.51 kg/cm² y 45.20 kg/cm².

Asimismo, se calcularon los valores de resistencia característica a la compresión f'bf'_bf'b, los cuales se encontraron en un rango de 41.64 kg/cm² a 44.33 kg/cm². Estos resultados evidencian un desarrollo temprano favorable de la resistencia mecánica de las bloquetas fabricadas con YURA HE, lo cual es consistente con el comportamiento esperado de este tipo de cemento de alta resistencia inicial.

Figura 21

Ensayo compresión de bloquetas con YURA HE a los 7 días

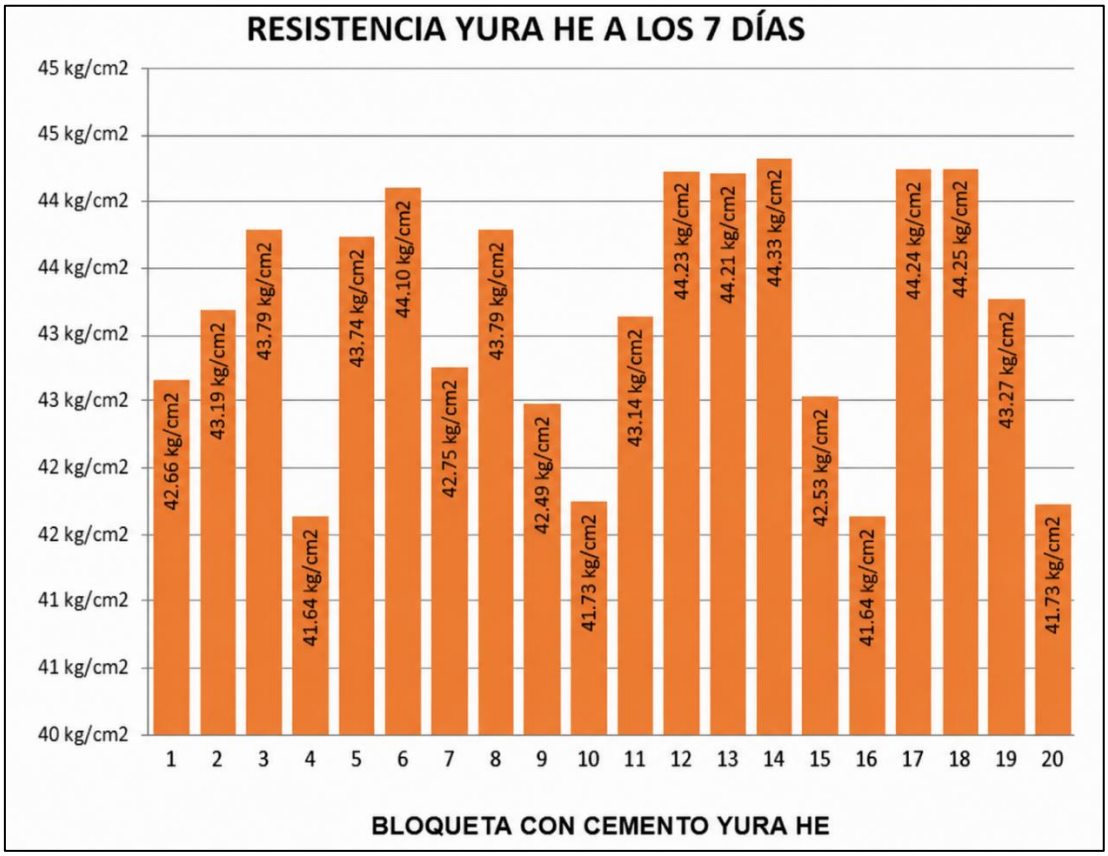


Tabla 25

Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA HE a los 14 días

Nº de Unidad de Albañilería	Edad del espécimen	Dial (KG)	Área Bruta	f b (Resistencia unitaria a la compresión promedio)	f´b (Resistencia característica la compresión)
1	14	20341	400	50.8525	50.3565793
2	14	20204	400	50.51	50.0140793
3	14	20187	400	50.4675	49.9715793
4	14	20168	400	50.42	49.9240793
5	14	20146	400	50.365	49.8690793
6	14	20325	400	50.8125	50.3165793
7	14	20444	400	51.11	50.6140793
8	14	20351	400	50.8775	50.3815793
9	14	20044	400	50.11	49.6140793
10	14	19899	400	49.7475	49.2515793
11	14	20341	400	50.8525	50.3565793
12	14	20668	400	51.67	51.1740793
13	14	20474	400	51.185	50.6890793
14	14	20141	400	50.3525	49.8565793
15	14	20359	400	50.8975	50.4015793
16	14	20251	400	50.6275	50.1315793
17	14	20232	400	50.58	50.0840793
18	14	20333	400	50.8325	50.3365793
19	14	20698	400	51.745	51.2490793
20	14	20584	400	51.46	50.9640793

Los resultados del ensayo de compresión realizados a 20 unidades de albañilería a la edad de 14 días muestran un comportamiento mecánico homogéneo y consistente. Las resistencias unitarias a la compresión promedio (fb) se sitúan en un rango relativamente estrecho, aproximadamente entre 49.75 y 51.75, lo que evidencia una buena uniformidad en el proceso de fabricación y curado de las bloquetas.

La mayoría de los valores de fb se concentran alrededor de los 50.5, indicando que el material alcanza, a los 14 días, un nivel de resistencia adecuado y estable. No se identifican valores atípicos ni caídas bruscas de resistencia que puedan sugerir defectos significativos en alguna de las unidades ensayadas. Este comportamiento regular es un indicador positivo de control de calidad tanto en la dosificación del YURA HE como en la elaboración de las unidades.

En cuanto a la resistencia característica a la compresión (f’b), los valores siguen una tendencia coherente con los resultados de fb, siendo ligeramente menores, como es esperable desde el punto de vista estadístico y normativo. Los valores de f’b se mantienen mayoritariamente cercanos a 50, lo que confirma que el conjunto de las unidades presenta una capacidad resistente confiable y repetible.

Figura 22

Ensayo compresión de bloquetas con YURA HE a los 14 días

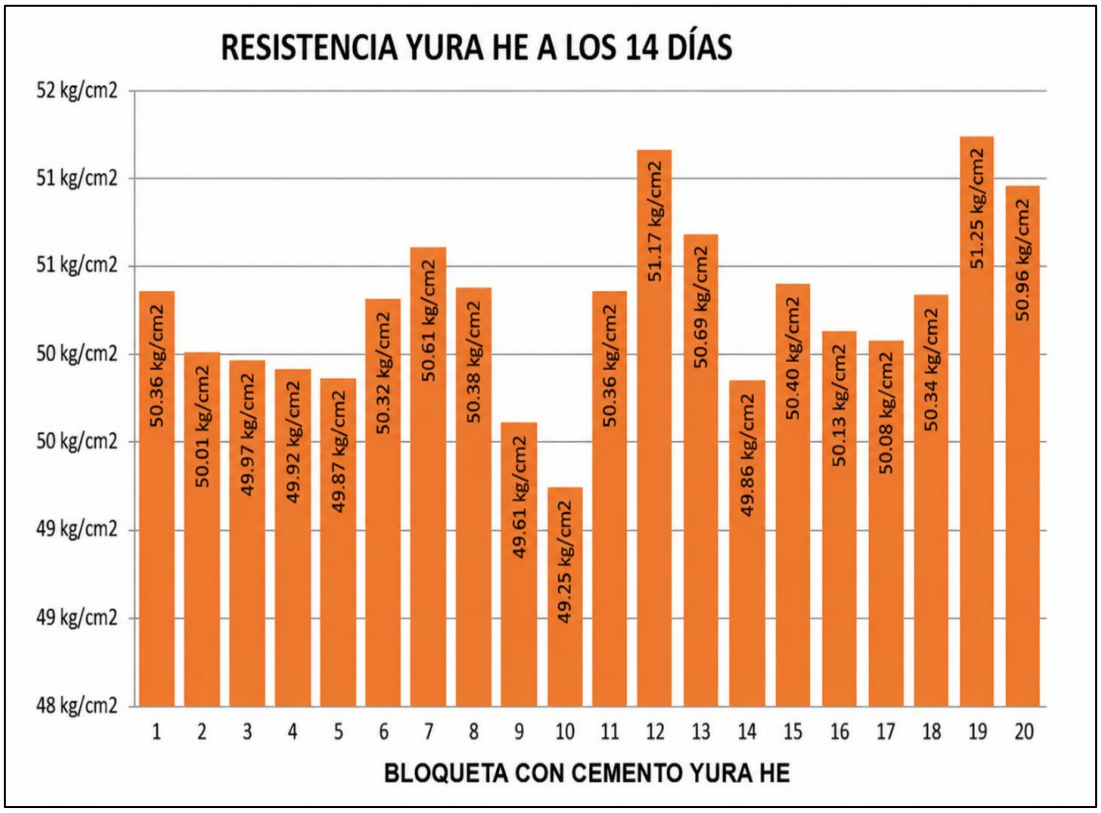


Tabla 26

Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA HE a los 28 días

Nº de Unidad de Albañilería	Edad del espécimen	Dial (KG)	Área Bruta	f b (Resistencia unitaria a la compresión promedio)	f´b (Resistencia característica la compresión)
1	28	25366	400	63.415	62.4827499
2	28	25415	400	63.5375	62.6052499
3	28	25655	400	64.1375	63.2052499
4	28	26022	400	65.055	64.1227499
5	28	26045	400	65.1125	64.1802499
6	28	26311	400	65.7775	64.8452499
7	28	26088	400	65.22	64.2877499
8	28	26411	400	66.0275	65.0952499
9	28	26566	400	66.415	65.4827499
10	28	25966	400	64.915	63.9827499
11	28	26055	400	65.1375	64.2052499
12	28	26261	400	65.6525	64.7202499
13	28	27121	400	67.8025	66.8702499
14	28	27844	400	69.61	68.6777499
15	28	26988	400	67.47	66.5377499
16	28	27544	400	68.86	67.9277499
17	28	27365	400	68.4125	67.4802499
18	28	27807	400	69.5175	68.5852499
19	28	27500	400	68.75	67.8177499
20	28	27644	400	69.11	68.1777499

Los resultados del ensayo de compresión efectuados a los 28 días de curado evidencian un incremento significativo de la resistencia mecánica de las bloquetas con YURA HE en comparación con los valores obtenidos a los 14 días, lo cual es coherente con la evolución normal del proceso de hidratación y ganancia de resistencia del material cementante.

Las resistencias unitarias promedio a la compresión (fb) se encuentran en un rango aproximado entre 63.4 y 69.6, observándose una tendencia claramente ascendente respecto a la edad temprana del espécimen. La mayoría de los valores se concentran alrededor de 66 a 68, lo que indica una maduración adecuada del material y una respuesta estructural más robusta a los 28 días.

Por su parte, la resistencia característica a la compresión (f'b) presenta valores ligeramente inferiores a los de fb, manteniendo una relación consistente y esperada desde el punto de vista estadístico. Los valores de f'b varían aproximadamente entre 62.5 y 68.7, lo que confirma una dispersión reducida y un comportamiento homogéneo del conjunto de unidades ensayadas.

Figura 23

Ensayo compresión de bloquetas con YURA HE a los 28 días

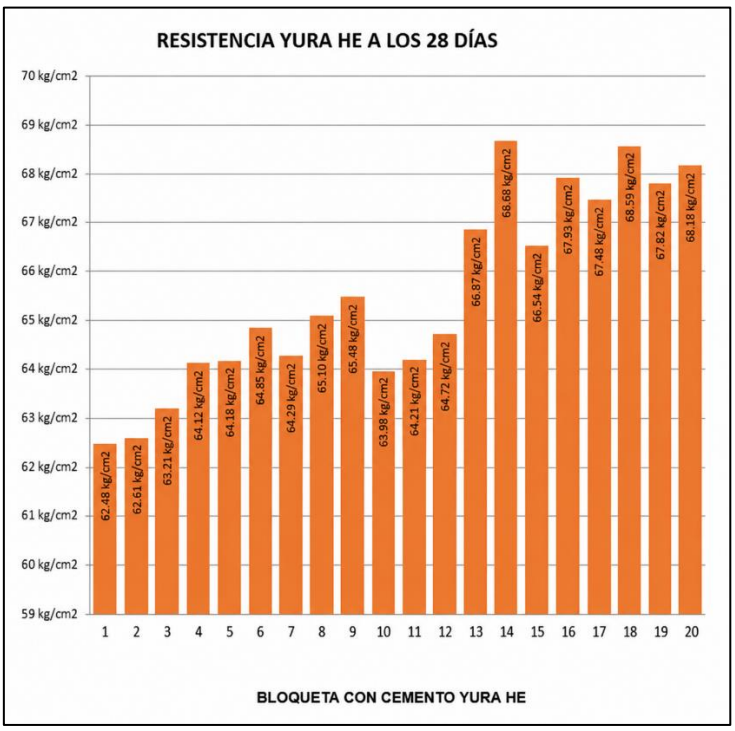


Figura 24

Resumen ensayo compresión de bloquetas con YURA HE

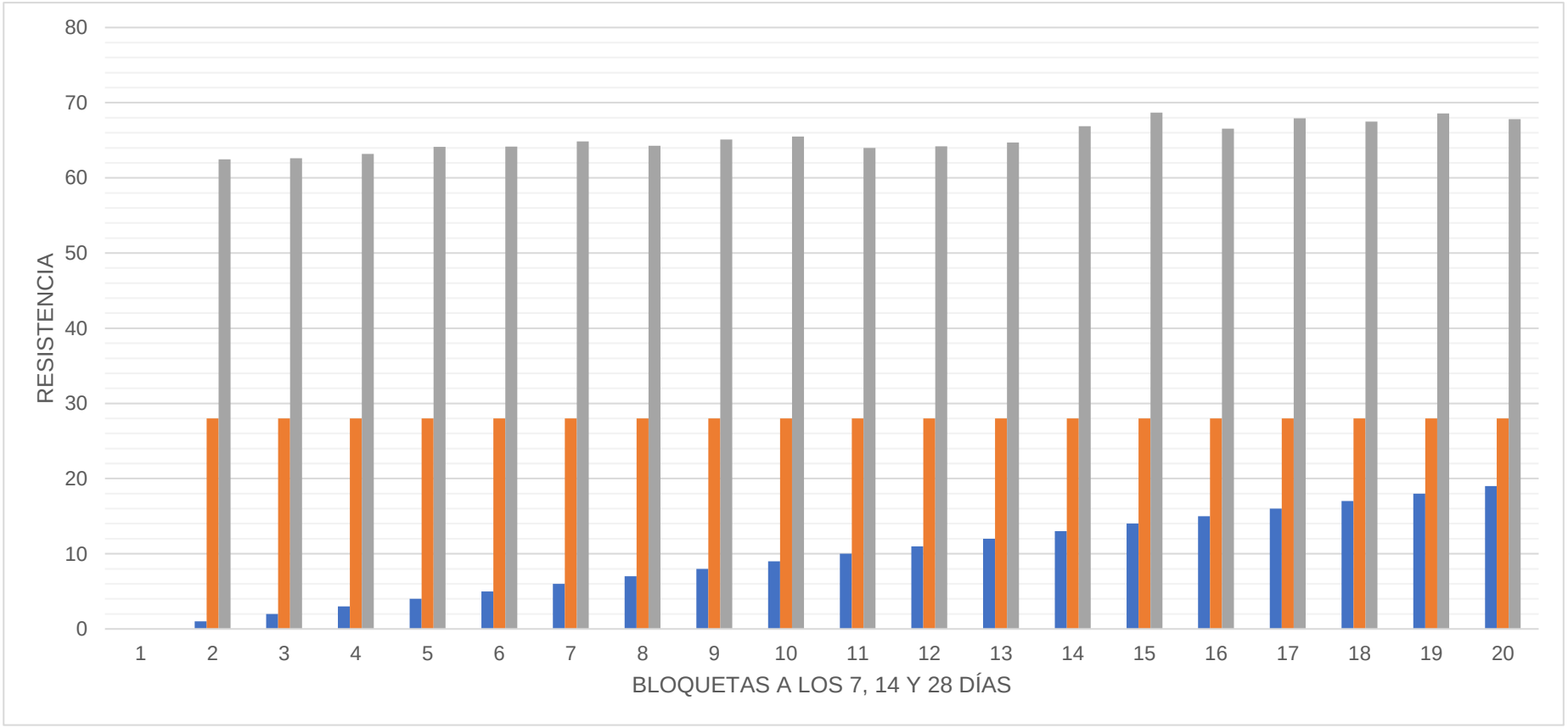


Tabla 27

Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA MS a los 7 días

Nº de Unidad de Albañilería	Dial (KG)	Área Bruta	f b (Resistencia unitaria a la compresión promedio)	f´b (Resistencia característica a la compresión)
1	17241	400	43.1025	42.1868634
2	17352	400	43.38	42.4643634
3	18024	400	45.06	44.1443634
4	17521	400	43.8025	42.8868634
5	17241	400	43.1025	42.1868634
6	18001	400	45.0025	44.0868634
7	17311	400	43.2775	42.3618634
8	17035	400	42.5875	41.6718634
9	17001	400	42.5025	41.5868634
10	17035	400	42.5875	41.6718634
11	16989	400	42.4725	41.5568634
12	17022	400	42.555	41.6393634
13	17036	400	42.59	41.6743634
14	17588	400	43.97	43.0543634
15	17641	400	44.1025	43.1868634
16	18965	400	47.4125	46.4968634
17	17021	400	42.5525	41.6368634
18	16989	400	42.4725	41.5568634
19	17632	400	44.08	43.1643634
20	17441	400	43.6025	42.6868634

Los resultados del ensayo de compresión realizados en 20 unidades de albañilería con cemento YURA MS a los 7 días de edad reflejan el comportamiento mecánico inicial del material, propio de una etapa temprana de curado. Las resistencias unitarias promedio a la compresión (fb) se ubican en un rango aproximado entre 42.5 y 47.4, evidenciando una ganancia de resistencia moderada, acorde con la edad del espécimen.

La mayor concentración de valores de fb se sitúa alrededor de 43 a 44, lo que indica una respuesta relativamente uniforme de las bloquetas durante la fase inicial de endurecimiento. Si bien se observan algunas unidades con resistencias ligeramente superiores, cercanas a 45 y 47, estas no representan comportamientos atípicos, sino variaciones normales dentro de un proceso de fabricación y curado controlado.

En cuanto a la resistencia característica a la compresión (f’b), los valores se mantienen consistentemente por debajo de fb, con un rango aproximado entre 41.6 y 46.5. Esta diferencia es esperable desde el punto de vista estadístico y confirma que el conjunto de resultados presenta una dispersión limitada y un nivel aceptable de confiabilidad.

Figura 25

Ensayo compresión de bloquetas con YURA MS a los 7 días

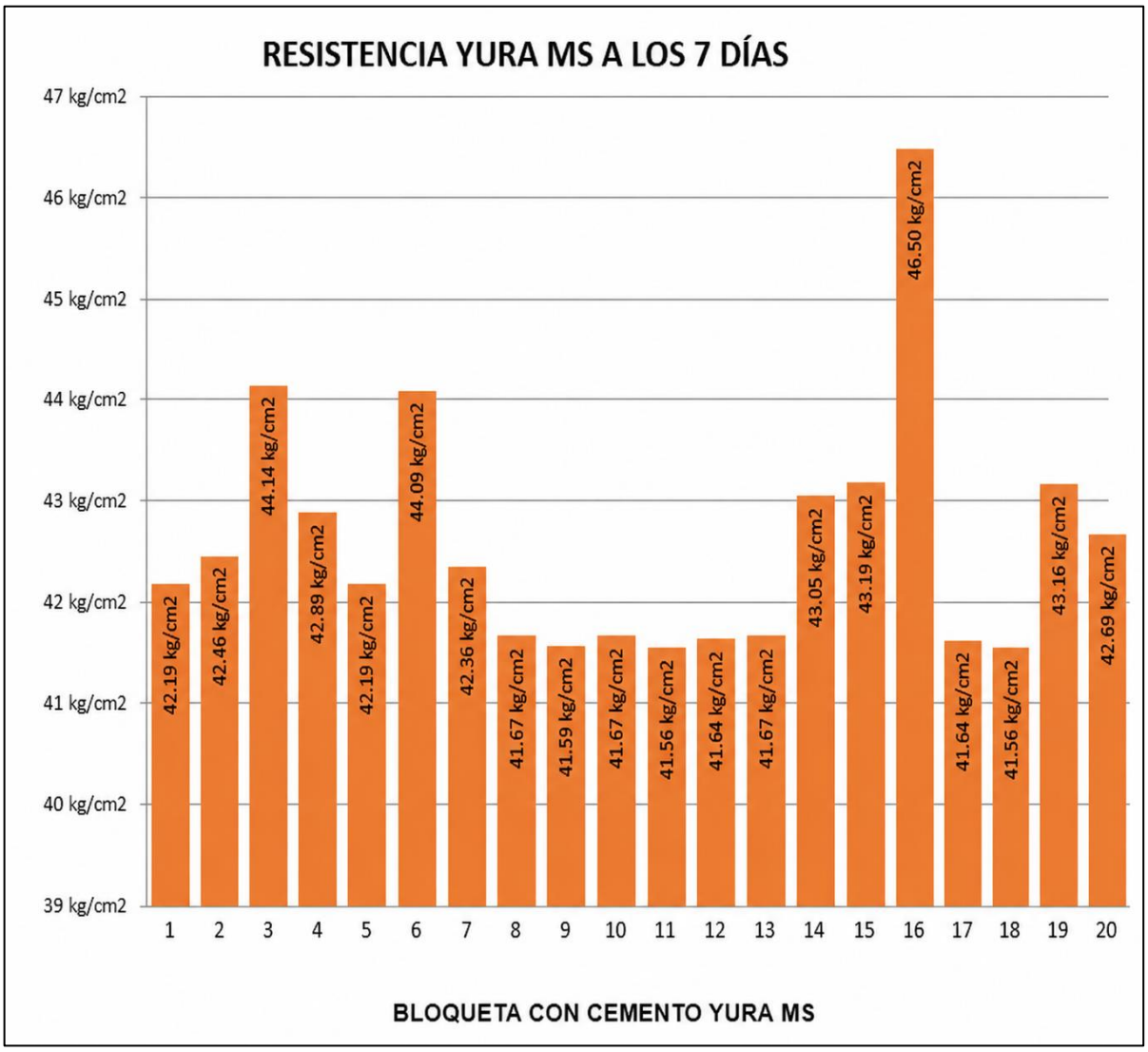


Tabla 28

Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA MS a los 14 días

Nº de Unidad de Albañilería	Dial (KG)	Área Bruta	f b (Resistencia unitaria a la compresión promedio)	f´b (Resistencia característica a la compresión)
1	19321	400	48.3025	47.7316001
2	19366	400	48.415	47.8441001
3	19471	400	48.6775	48.1066001
4	19320	400	48.3	47.7291001
5	19344	400	48.36	47.7891001
6	19022	400	47.555	46.9841001
7	19566	400	48.915	48.3441001
8	19014	400	47.535	46.9641001
9	19555	400	48.8875	48.3166001
10	19748	400	49.37	48.7991001
11	19321	400	48.3025	47.7316001
12	19685	400	49.2125	48.6416001
13	19641	400	49.1025	48.5316001
14	19034	400	47.585	47.0141001
15	19635	400	49.0875	48.5166001
16	19474	400	48.685	48.1141001
17	19211	400	48.0275	47.4566001
18	19011	400	47.5275	46.9566001
19	19350	400	48.375	47.8041001
20	19399	400	48.4975	47.9266001

Los resultados del ensayo de compresión realizados a los 14 días en bloquetas elaboradas con cemento YURA MS evidencian una ganancia progresiva de resistencia respecto a la edad de 7 días, lo cual es consistente con el desarrollo normal del proceso de hidratación del material cementante.

Las resistencias unitarias promedio a la compresión (fb) se encuentran en un rango aproximado entre 47.5 y 49.4, observándose una concentración mayoritaria de valores alrededor de 48.3 a 49.1. Esta distribución relativamente estrecha pone de manifiesto un comportamiento mecánico uniforme entre las unidades ensayadas, reflejando una adecuada dosificación, compactación y curado de las bloquetas.

La resistencia característica a la compresión (f’b) presenta valores ligeramente inferiores a los de fb, con un rango aproximado entre 47.0 y 48.8, manteniendo una relación coherente y esperada desde el punto de vista estadístico. La reducida diferencia entre fb y f’b indica una baja dispersión de los resultados, lo cual refuerza la confiabilidad del conjunto de datos obtenidos.

Figura 26

Ensayo compresión de bloquetas con YURA MS a los 14 días

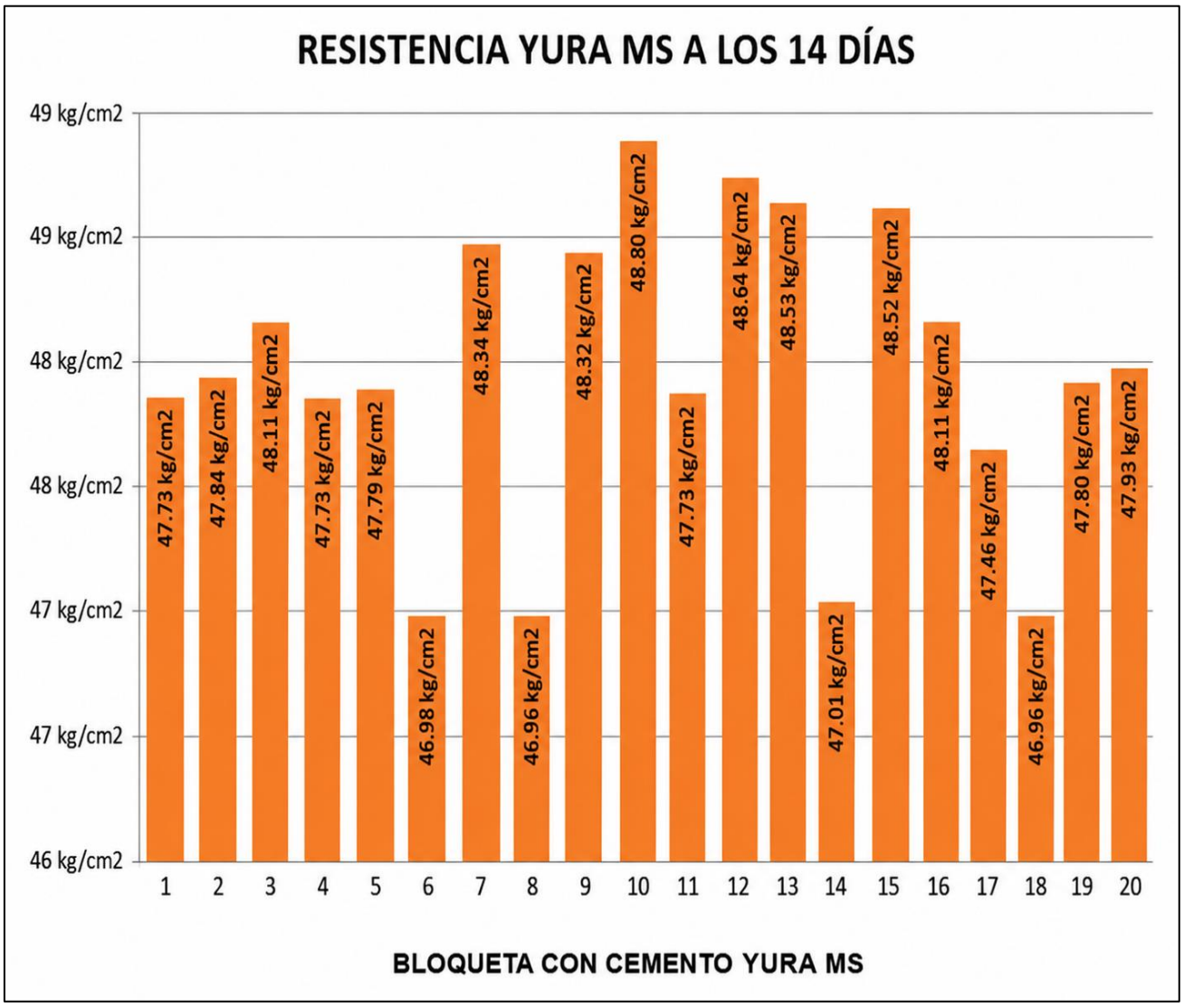


Tabla 29

Resultados del ensayo de compresión de bloquetas con YURA MS a los 28 días

Nº de Unidad de Albañilería	Dial (KG)	Área Bruta	f b (Resistencia unitaria a la compresión promedio)	f´b (Resistencia característica a la compresión)
1	22365	400	55.9125	54.7551518
2	22854	400	57.135	55.9776518
3	22748	400	56.87	55.7126518
4	22695	400	56.7375	55.5801518
5	22522	400	56.305	55.1476518
6	22366	400	55.915	54.7576518
7	23011	400	57.5275	56.3701518
8	23068	400	57.67	56.5126518
9	23955	400	59.8875	58.7301518
10	23088	400	57.72	56.5626518
11	23077	400	57.6925	56.5351518
12	23511	400	58.7775	57.6201518
13	23696	400	59.24	58.0826518
14	23041	400	57.6025	56.4451518
15	23524	400	58.81	57.6526518
16	23747	400	59.3675	58.2101518
17	23555	400	58.8875	57.7301518
18	23069	400	57.6725	56.5151518
19	24011	400	60.0275	58.8701518
20	24026	400	60.065	58.9076518

Los resultados del ensayo de compresión efectuados a los 28 días en bloquetas elaboradas con cemento YURA MS evidencian una ganancia sostenida y significativa de resistencia en comparación con las edades de 7 y 14 días, confirmando la evolución normal y favorable del material a lo largo del proceso de curado.

Las resistencias unitarias promedio a la compresión (fb) se distribuyen en un rango aproximado entre 55.9 y 60.1, observándose que la mayoría de los valores se concentran entre 57 y 59. Esta concentración indica un comportamiento mecánico uniforme y estable, con una variabilidad reducida entre las unidades ensayadas, lo que refleja un adecuado control a la fabricación y curado de las bloquetas.

Por su parte, la resistencia característica a la compresión (f'b) presenta valores coherentes y ligeramente inferiores a los de fb, con un rango aproximado entre 54.8 y 58.9. La consistencia entre ambos parámetros confirma una dispersión limitada de los resultados, otorgando confiabilidad estadística al desempeño resistente del conjunto de especímenes.

Figura 27

Ensayo compresión de bloquetas con YURA MS a los 28 días

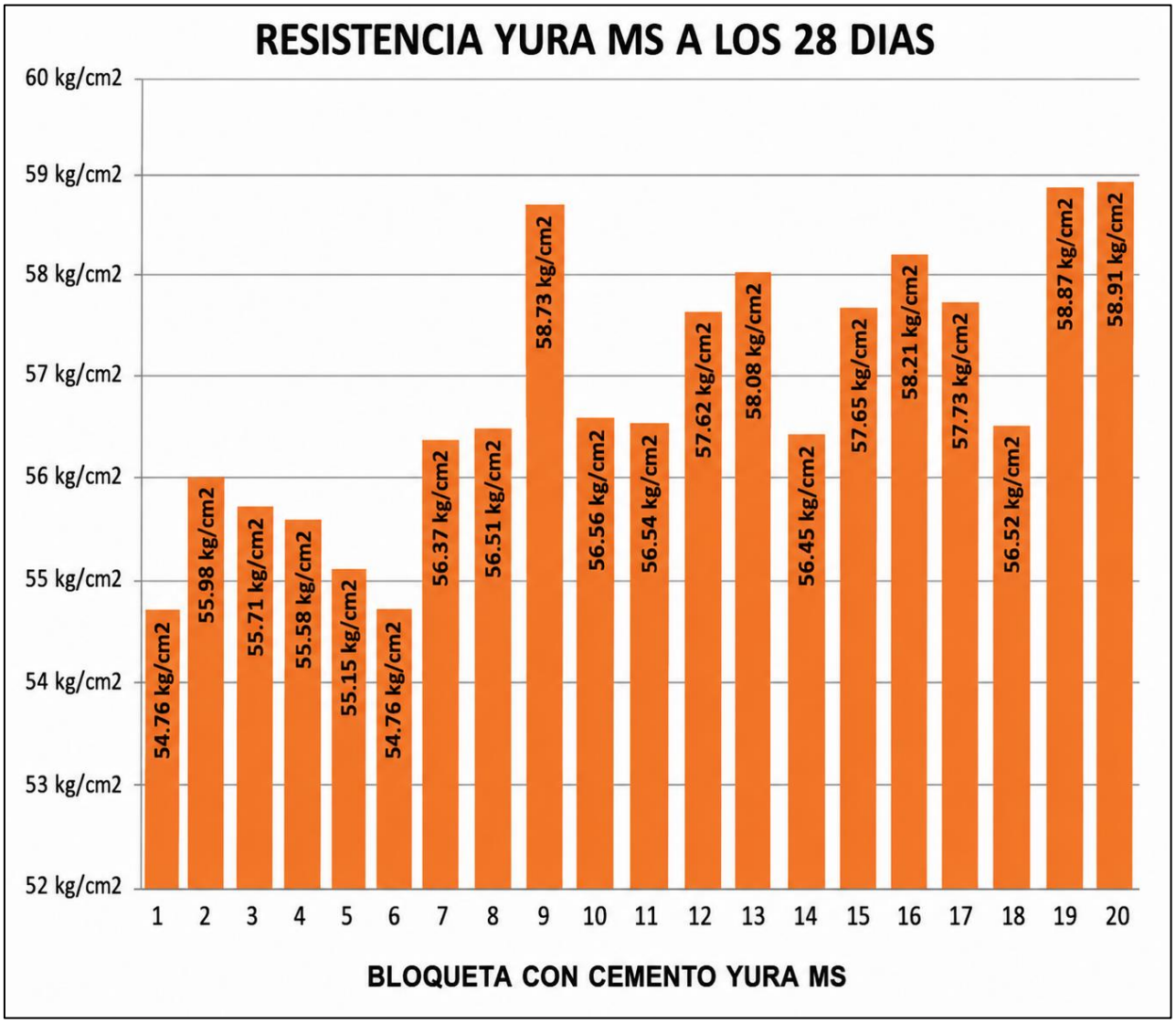
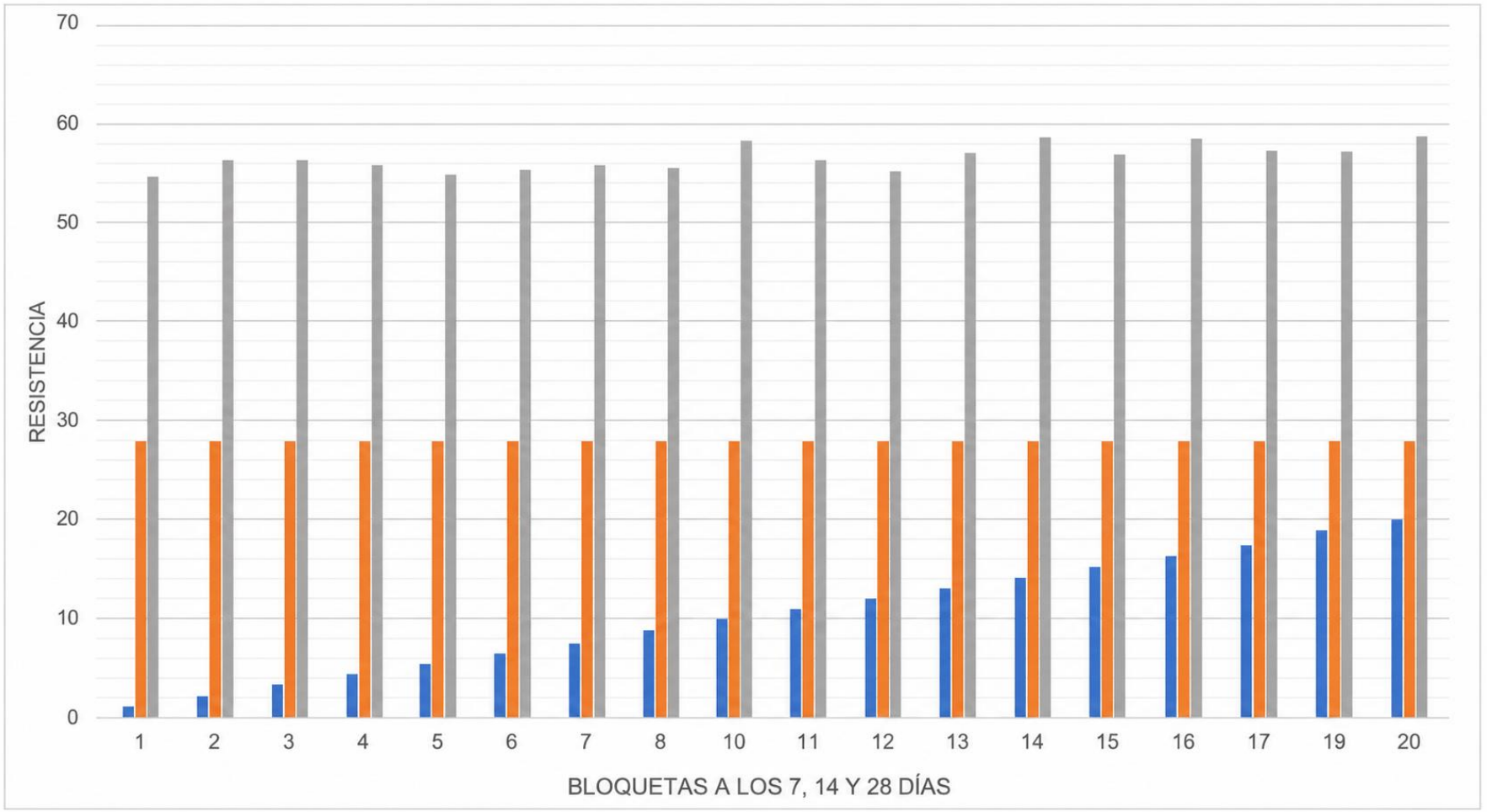


Figura 28

Resumen ensayo compresión de bloquetas con YURA MS



Al analizar los resultados experimentales de resistencia a la compresión para los tres tipos de cemento, se observa que los valores se mantienen dentro de un rango típico para concretos de buena calidad, con variaciones propias del tipo de cemento utilizado y del proceso de curado, donde el cemento IP (Puzolánico) presenta resistencias promedio ligeramente inferiores respecto a los otros dos tipos. Sus valores fluctúan entre aproximadamente 52.7 y 54.8 MPa, con una tendencia estable y poca dispersión, este comportamiento es característico de los cementos con adiciones puzolánicas, que suelen desarrollar su resistencia de manera más lenta, pero con un desempeño duradero y estable a edades mayores. La baja variabilidad sugiere una buena uniformidad del proceso de mezclado y curado.

El cemento HE (Alta Resistencia Temprana) exhibe los valores más altos de resistencia, con un rango entre 62.5 y 68.7 MPa. Esta diferencia notable respecto a los otros cementos confirma su formulación orientada a alcanzar altas resistencias en plazos cortos, aunque el promedio es mayor, también se aprecia una dispersión moderada, lo cual es esperable debido a la mayor sensibilidad de este tipo de cementos a factores de temperatura, relación agua/cemento y finura del material.

Por otro lado, el cemento MS (Moderada Resistencia a los Sulfatos) alcanza resistencias intermedias, variando entre 54.7 y 58.9 MPa. Su comportamiento es consistente y muestra una tendencia ascendente hacia los valores más altos del conjunto de datos, lo que refleja un desarrollo gradual de resistencia, donde este tipo de cemento está diseñado para ambientes agresivos (por presencia de sulfatos), por lo que su composición prioriza durabilidad más que una alta resistencia inicial.

En el análisis de la resistencia característica a la compresión (f’b) a los 7, 14 y 28 días de tres tipos de cemento IP, HE y MS se observan diferencias claras que reflejan tanto las propiedades intrínsecas de cada material como la influencia de las condiciones ambientales locales de Cusco. Los datos muestran que el cemento HE

alcanza las resistencias más altas, seguido del cemento MS y, finalmente, el IP, que presenta valores ligeramente menores, donde esta tendencia es consistente con la formulación de cada cemento: el HE está diseñado para alcanzar rápidamente altas resistencias, el MS busca un equilibrio entre resistencia y durabilidad frente a agentes agresivos, y el IP desarrolla su resistencia más lentamente debido a la presencia de materiales puzolánicos.

Sin embargo, el comportamiento real del concreto no puede separarse de las particularidades del entorno cusqueño, la altitud de la ciudad, alrededor de 3,400 metros sobre el nivel del mar, implica una presión atmosférica menor y una menor presión de vapor, lo que acelera la evaporación del agua del concreto y puede dificultar el curado adecuad, es así que en este escenario, el cemento HE se beneficia de su hidratación rápida, logrando resistencias elevadas a corto plazo, aunque es más sensible a fisuras por contracción si no se controla la humedad. El IP, en cambio, puede ver retrasado su desarrollo de resistencia, y el MS mantiene un comportamiento intermedio, otro factor relevante es la gran variación térmica entre el día y la noche, que en Cusco puede superar los 20 °C. Estas fluctuaciones generan tensiones internas en el concreto joven. El HE, al producir más calor interno durante la hidratación inicial, es más susceptible a microfisuras, mientras que el IP, con un desarrollo más lento, experimenta menor estrés térmico, donde el MS nuevamente muestra un comportamiento equilibrado, donde la baja humedad relativa típica de la región, combinada con la disponibilidad limitada de agua durante la temporada seca, aumenta el riesgo de un curado insuficiente, siendo este efecto crítico para el cemento IP, que requiere mantener humedad constante para alcanzar resistencias óptimas. El HE se ve menos afectado, aunque requiere protección frente a la pérdida de agua para evitar fisuración temprana, y el MS conserva estabilidad, pero también se beneficia de curado controlado.

Según los resultados estadísticos se obtuvo lo siguiente:

5.1.1. *Resultados descriptivos*

Tabla 30

Resultados descriptivos de la Resistencia característica al corte kg/cm2

7 días	**N**	**Mínimo**	**Máximo**	**Media**	**Desviación**
Resistencia mínima esperada	20	50,00	50,00	50,00	0,000
Bloqueta con cemento Yura IP	20	35,06	39,98	38,00	1,196
Bloqueta con cemento Yura HE	20	41,64	44,33	43,17	0,972
Bloqueta con cemento Yura MS	20	41,56	46,50	42,60	1,231
14 días	**N**	**Mínimo**	**Máximo**	**Media**	**Desviación**
Resistencia mínima esperada	20	50,00	50,00	50,00	0,000
Bloqueta con cemento Yura IP	20	39,72	48,77	45,02	1,721
Bloqueta con cemento Yura HE	20	49,25	51,25	50,28	0,499
Bloqueta con cemento Yura MS	20	46,96	48,80	47,87	0,574
28 días	**N**	**Mínimo**	**Máximo**	**Media**	**Desviación**
Resistencia mínima esperada	20	50,00	50,00	50,00	0,000
Bloqueta con cemento Yura IP	20	52,74	54,88	54,17	0,729
Bloqueta con cemento Yura HE	20	62,48	68,68	65,56	2,025
Bloqueta con cemento Yura MS	20	54,76	58,91	56,83	1,325

Nota. Elaboración propia en base a información tomada de SPSS v 26

Los resultados obtenidos para la resistencia característica al corte en bloquetas fabricadas con tres tipos de cemento (Cemento Yura IP, Yura HE y Yura MS) se presentan a través de tres tiempos de curado: 7 días, 14 días y 28 días. A continuación, se detalla el análisis de cada uno de estos períodos.

En el primer tiempo de curado (7 días), la resistencia mínima esperada se mantiene constante en 50,00 kg/cm² para todas las muestras, lo que indica que el valor mínimo de resistencia esperado para las bloquetas fabricadas con cualquier tipo de cemento es uniforme.

- ✓ Bloqueta con cemento Yura IP presenta una resistencia media de 38,00 kg/cm², con una desviación estándar de 1,196. Los valores oscilan entre 35,06 kg/cm² y 39,98 kg/cm², lo que refleja cierta variabilidad en la resistencia de las bloquetas fabricadas con este tipo de cemento.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura HE muestra una resistencia media de 43,17 kg/cm², con una desviación estándar de 0,972, indicando una mayor consistencia en su resistencia en comparación con el Yura IP. Los valores para este cemento se encuentran entre 41,64 kg/cm² y 44,33 kg/cm².

Bloqueta con cemento Yura MS tiene una resistencia media de 42,60 kg/cm², con una desviación estándar de 1,231, indicando también una buena consistencia en la resistencia, aunque ligeramente menor que la de Yura HE.

A los 14 días de curado, la resistencia aumenta significativamente en todas las muestras, superando los valores iniciales:

- ✓ Bloqueta con cemento Yura IP presenta una resistencia media de 45,02 kg/cm², con una desviación estándar de 1,721, lo que refleja una mejora con respecto al período anterior. Los valores se sitúan entre 39,72 kg/cm² y 48,77 kg/cm².
- ✓ Bloqueta con cemento Yura HE tiene una resistencia media de 50,28 kg/cm², con una desviación estándar de 0,499, lo que demuestra que este tipo de cemento es muy consistente en términos de resistencia, con valores entre 49,25 kg/cm² y 51,25 kg/cm².
- ✓ Bloqueta con cemento Yura MS presenta una resistencia media de

47,87 kg/cm², con una desviación estándar de 0,574, lo que muestra una mejora en comparación con los 7 días y una ligera variabilidad en los resultados.

A los 28 días de curado, todos los tipos de cemento alcanzan su máxima resistencia, mostrando una clara diferencia entre los distintos tipos de cemento:

- ✓ Bloqueta con cemento Yura IP logra una resistencia media de 54,17 kg/cm², con una desviación estándar de 0,729, mostrando una mejora considerable respecto a los 7 y 14 días. Los valores varían entre 52,74 kg/cm² y 54,88 kg/cm².
- ✓ Bloqueta con cemento Yura HE alcanza una resistencia media de 65,56 kg/cm², con una desviación estándar de 2,025, destacándose como el cemento más fuerte y consistente entre los tres. Los valores varían entre 62,48 kg/cm² y 68,68 kg/cm².
- ✓ Bloqueta con cemento Yura MS presenta una resistencia media de 56,83 kg/cm², con una desviación estándar de 1,325, mostrando una resistencia alta pero menor que la del cemento Yura HE.

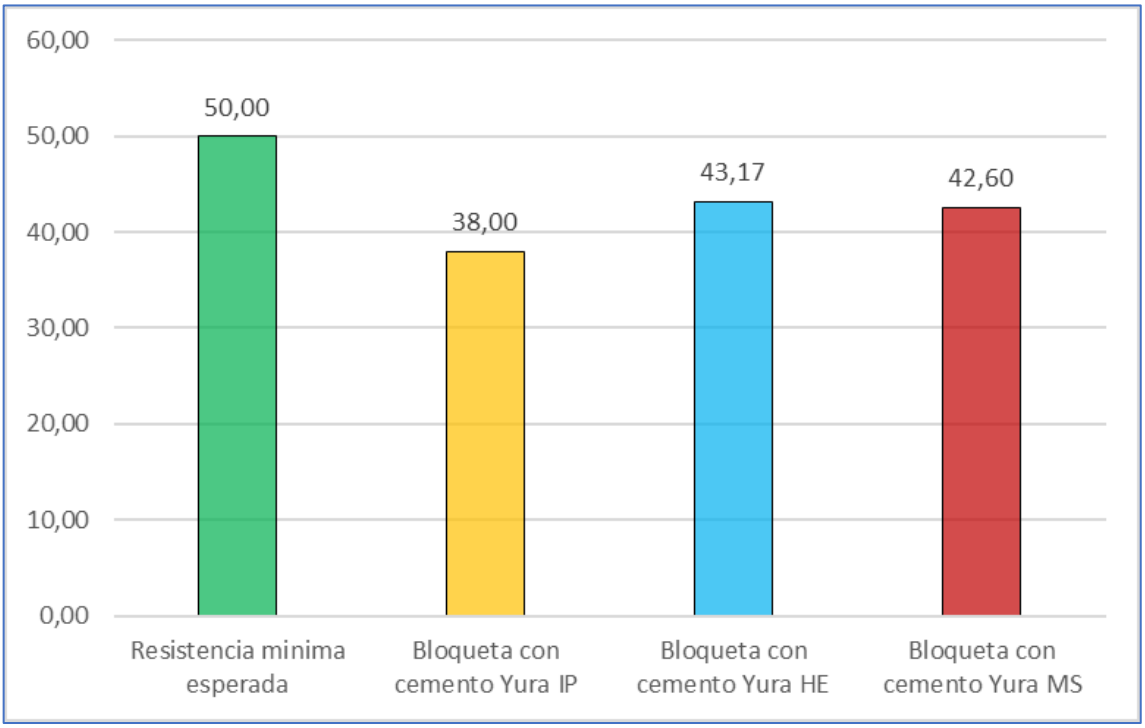
Los resultados muestran que el cemento Yura HE es el que ofrece la mayor resistencia en todos los períodos de curado, destacándose especialmente a los 28 días con una resistencia media de 65,56 kg/cm². Este tipo de cemento presenta también la menor variabilidad en sus resultados, lo que sugiere que es el más consistente en términos de resistencia.

Por otro lado, el cemento Yura MS también muestra un buen desempeño, con una resistencia destacada, pero ligeramente inferior a la de Yura HE. En cuanto al cemento Yura IP, aunque presenta una mejora considerable en la resistencia con el paso del tiempo, su desempeño es más modesto en comparación con los otros dos tipos de cemento.

En términos de la resistencia al corte, Yura HE es el cemento más recomendable para la fabricación de bloquetas de alta resistencia, mientras que los otros dos tipos (Yura IP y Yura MS) son opciones válidas dependiendo de los requerimientos específicos de resistencia y coste.

Figura 29

Comparación de la Resistencia de bloquetas (con 3 tipos de cemento) en kg/cm² a los 7 días



Nota. Elaboración propia en base a información tomada de SPSS v 26

La figura muestra una comparación gráfica de la resistencia característica al corte (kg/cm²) de las bloquetas fabricadas con los tres tipos de cemento a los 7 días de curado, en relación con la resistencia mínima esperada de 50,00 kg/cm².

En la gráfica se observa lo siguiente:

- ✓ La resistencia mínima esperada de 50,00 kg/cm² (representada en verde) se mantiene constante en todos los casos, lo que

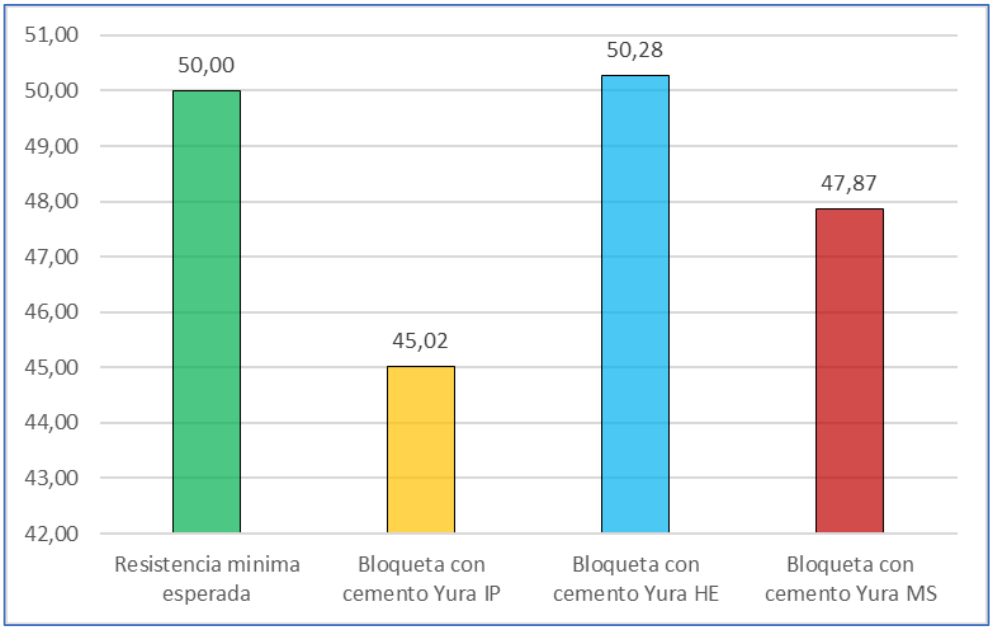
representada marca el umbral de resistencia que debe alcanzarse.

- ✓ La bloqueta con cemento Yura IP tiene una resistencia de 38,00 kg/cm² (en amarillo), que está por debajo de la resistencia mínima esperada, indicando que este tipo de cemento no alcanza el estándar esperado para los 7 días de curado.
- ✓ La bloqueta con cemento Yura HE alcanza una resistencia de 43,17 kg/cm² (representada en azul), superando considerablemente la resistencia de la Yura IP, aunque aún no alcanza el umbral mínimo esperado.
- ✓ La bloqueta con cemento Yura MS presenta una resistencia de 42,60 kg/cm² (representada en rojo), también superior a la de Yura IP, pero ligeramente inferior a la de Yura HE.

A los 7 días de curado, ninguno de los tipos de cemento logra superar la resistencia mínima esperada de 50,00 kg/cm², aunque las bloquetas con cemento Yura HE y Yura MS se acercan más a este valor, especialmente en comparación con Yura IP. Esto sugiere que, a esta etapa, los cementos Yura HE y Yura MS son opciones más cercanas al rendimiento esperado, mientras que el cemento Yura IP presenta un desempeño inferior.

Figura 30

Comparación de la Resistencia de bloquetas (con 3 tipos de cemento) kg/cm² a los 14 días



Nota. Elaboración propia en base a información tomada de SPSS v 26

La figura presenta una comparación gráfica de la resistencia característica al corte (kg/cm²) de las bloquetas fabricadas con tres tipos de cemento a los 14 días de curado, en relación con la resistencia mínima esperada de 50,00 kg/cm².

A continuación, se observan los resultados:

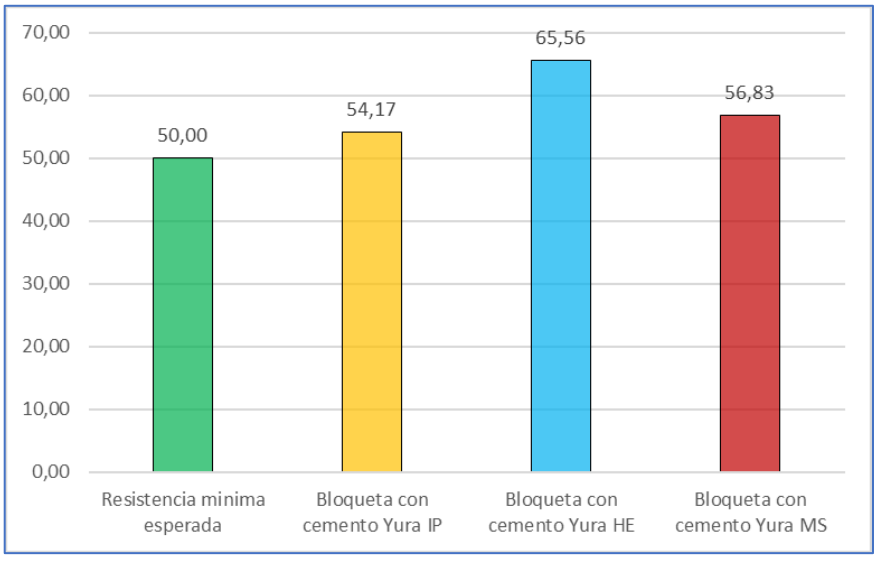
- ✓ La resistencia mínima esperada sigue siendo de 50,00 kg/cm² (representada en verde), que continúa siendo el estándar al que deben llegar las bloquetas.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura IP alcanza una resistencia de 45,02 kg/cm² (representada en amarillo), que sigue estando por debajo de la resistencia mínima esperada, aunque muestra una mejora con respecto al período de 7 días.

- ✓ Bloqueta con cemento Yura HE supera la resistencia mínima esperada con una resistencia de 50,28 kg/cm² (representada en azul), mostrando un desempeño positivo al alcanzar un valor justo por encima del umbral esperado.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura MS presenta una resistencia de 47,87 kg/cm² (representada en rojo), que está por debajo de la resistencia mínima esperada, aunque también muestra una mejora respecto a los 7 días.

A los 14 días de curado, el cemento Yura HE es el único que supera la resistencia mínima esperada, destacándose con 50,28 kg/cm². El cemento Yura MS también muestra una mejora significativa en comparación con el período de 7 días, pero sigue sin alcanzar la resistencia mínima. El cemento Yura IP sigue estando por debajo de las expectativas, aunque ha experimentado una leve mejora.

Figura 31

Comparación de la Resistencia de bloquetas (con 3 tipos de cemento) kg/cm² a los 28 días



Nota. Elaboración propia en base a información tomada de SPSS v 26

La figura muestra la comparación de la resistencia característica al corte (kg/cm²) de las bloquetas fabricadas con tres tipos de cemento a los 28 días de curado, en relación con la resistencia mínima esperada de 50,00 kg/cm².

A continuación, se detallan los resultados:

- ✓ La resistencia mínima esperada se mantiene en 50,00 kg/cm² (representada en verde), como el estándar de comparación para todos los tipos de cemento.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura IP alcanza una resistencia de 54,17 kg/cm² (representada en amarillo), mostrando una mejora significativa respecto a los períodos anteriores. Este valor está por encima de la resistencia mínima esperada, lo que indica un rendimiento satisfactorio de este tipo de cemento a los 28 días.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura HE alcanza una resistencia de 65,56 kg/cm² (representada en azul), destacándose como el cemento con mejor desempeño. Este valor supera con creces la resistencia mínima esperada, mostrando el máximo rendimiento entre los tres tipos de cemento evaluados.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura MS presenta una resistencia de 56,83 kg/cm² (representada en rojo), también superando la resistencia mínima esperada, pero con un rendimiento inferior al de Yura HE.

A los 28 días de curado, el cemento Yura HE es claramente el más eficiente, con 65,56 kg/cm², lo que lo convierte en la mejor opción para lograr la máxima resistencia en las bloquetas. El cemento Yura MS también muestra un buen desempeño, con una resistencia de 56,83 kg/cm², aunque inferior a la de Yura HE. El cemento Yura IP, con una resistencia de 54,17 kg/cm², también supera la resistencia

mínima esperada, pero sigue estando detrás de los otros dos cementos en cuanto a rendimiento.

5.1.1.1. Resultados inferenciales, evaluación a los 7 días

5.1.1.1.1. Prueba de normalidad

Tabla 31

Test de normalidad para Resistencia característica al corte kg/cm2 a los 7 días

Variable	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Resistencia característica al corte kg/cm^2	,181	80	,000

Nota. Elaboración propia en base a información tomada de SPSS v 26

Dado que el test de Kolmogorov-Smirnov reveló que los datos no siguen una distribución normal (valor p = 0,000), se debe rechazar la hipótesis de normalidad y, por lo tanto, se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis para comparar la resistencia característica al corte entre los tres tipos de cemento (Yura IP, Yura HE y Yura MS) a los 7 días de curado. Esta prueba no paramétrica es adecuada ya que no requiere que los datos sigan una distribución normal y permite identificar si existen diferencias significativas en las medianas de los grupos. Si se encuentran diferencias significativas, se realizarán pruebas post-hoc para determinar qué pares de grupos son significativamente diferentes.

5.1.1.1.2. Prueba estadística

Tabla 32

Prueba de Kruskal-Wallis para Resistencia característica al corte kg/cm^2 a los 7 días

Resumen de contrastes de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1 La distribución de Resistencia característica al corte (kg/cm^2) es la misma entre categorías de Descripción.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.			

Nota. Elaboración propia en base a información tomada de SPSS v 26

La tabla presenta los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis realizada para comparar la resistencia característica al corte (kg/cm²) de las bloquetas fabricadas con tres tipos de cemento (Yura IP, Yura HE y Yura MS) a los 7 días de curado. La hipótesis nula establece que la distribución de la resistencia al corte es la misma entre las categorías de descripción (tipos de cemento). Al analizar el valor p (Sig.), se obtiene un resultado de 0,000, que es menor al nivel de significancia de 0,05.

Esto implica que se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que existe una diferencia significativa en la distribución de la resistencia característica al corte entre los tres tipos de cemento. En otras palabras, los cementos utilizados no tienen un comportamiento homogéneo en cuanto a la resistencia al corte, lo que sugiere que al menos uno de los cementos tiene un rendimiento distinto al de los otros en este aspecto.

Tabla 33

Comparaciones por parejas de Descripción

Comparaciones por parejas de Descripción					
Sample 1-Sample 2	**Estadístico de prueba**	**Desv. error**	**Desv. estadístico de prueba**	**Sig.**	**Sig. ajustada**
Bloqueta con cemento Yura IP-Bloqueta con cemento Yura MS	-25,725	7,290	-3,529	,000	,003
Bloqueta con cemento Yura IP-Bloqueta con cemento Yura HE	-34,275	7,290	-4,702	,000	,000
Bloqueta con cemento Yura IP-Resistencia mínima esperada	60,000	7,290	8,230	,000	,000
Bloqueta con cemento Yura MS-Bloqueta con cemento Yura HE	8,550	7,290	1,173	,241	1,000
Bloqueta con cemento Yura MS-Resistencia mínima esperada	34,275	7,290	4,702	,000	,000
Bloqueta con cemento Yura HE-Resistencia mínima esperada	25,725	7,290	3,529	,000	,003
Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de ,05.					
a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.					

Nota. Elaboración propia en base a información tomada de SPSS v 26

La tabla presenta los resultados de las comparaciones por parejas para la resistencia característica al corte (kg/cm²) de las bloquetas fabricadas con tres tipos de cemento (Yura IP, Yura HE y Yura MS) a los 7 días de curado, comparándolos también con la resistencia mínima esperada.

Resultados de las comparaciones:

- ✓ Bloqueta con cemento Yura IP vs. Bloqueta con cemento Yura MS: El valor p ajustado es 0,003, lo que es significativamente menor que 0,05. Esto indica que hay una diferencia significativa entre las resistencias características al corte de las bloquetas fabricadas con Yura IP y Yura MS.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura IP vs. Bloqueta con cemento Yura HE: El valor p ajustado es 0,000, lo que es muy significativo. Esto sugiere que hay una diferencia significativa en la resistencia característica al corte entre las bloquetas fabricadas con Yura IP y Yura HE.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura IP vs. Resistencia mínima esperada: El valor p ajustado es 0,000, indicando que Yura IP supera ampliamente la resistencia mínima esperada a los 7 días de curado, con una diferencia significativa.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura MS vs. Bloqueta con cemento Yura HE: El valor p ajustado es 1,000, lo que indica que no hay una diferencia significativa en la resistencia entre estas dos categorías. Esto sugiere que ambos cementos tienen un rendimiento similar en cuanto a resistencia al corte.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura MS vs. Resistencia mínima esperada: El valor p ajustado es 0,000, lo que indica que las bloquetas con Yura MS también superan la resistencia mínima esperada con una diferencia

significativa.

- ✓ Bloqueta con cemento Yura HE vs. Resistencia mínima esperada: El valor p ajustado es 0,003, lo que indica que las bloquetas con Yura HE superan la resistencia mínima esperada de manera significativa.

Las comparaciones entre las bloquetas con cemento Yura IP y los otros tipos de cemento (Yura MS y Yura HE) muestran diferencias significativas en la resistencia característica al corte, lo que indica que Yura IP presenta un rendimiento inferior a los otros tipos de cemento. Por otro lado, las comparaciones entre Yura MS y Yura HE no muestran diferencias significativas, lo que sugiere que ambos cementos tienen un rendimiento similar en cuanto a resistencia al corte a los 7 días de curado. Además, todos los tipos de cemento, con excepción de Yura IP, superan la resistencia mínima esperada, lo que los hace adecuados para cumplir con los estándares de resistencia al corte.

5.1.1.2. Evaluación a los 14 días

5.1.1.2.1. Prueba de normalidad.

Tabla 34

Test de normalidad para Resistencia característica al corte kg/cm^2 a los 14 días

Variable	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Resistencia característica al corte kg/cm^2	,226	80	,000

Nota. Elaboración propia en base a información tomada de SPSS v 26

Dado que el test de Kolmogorov-Smirnov reveló que los datos no siguen una distribución normal (valor p = 0,000), se debe rechazar la hipótesis de normalidad y, por lo tanto, se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis para comparar la resistencia característica al corte entre los tres tipos de cemento (Yura IP, Yura HE y Yura MS)

a los 14 días de curado. Esta prueba no paramétrica es adecuada ya que no requiere que los datos sigan una distribución normal y permite identificar si existen diferencias significativas en las medianas de los grupos. Si se encuentran diferencias significativas, se realizarán pruebas post-hoc para determinar qué pares de grupos son significativamente diferentes.

5.1.1.2.2. Prueba estadística

Tabla 35

Prueba de Kruskal-Wallis para Resistencia característica al corte kg/cm^2 a los 14 días

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Resistencia característica al corte (kg/cm^2) es la misma entre categorías de Descripción.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

Nota. Elaboración propia en base a información tomada de SPSS v 26

La tabla presenta los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada para comparar la resistencia característica al corte (kg/cm²) a los 14 días de curado entre las bloquetas fabricadas con tres tipos de cemento (Yura IP, Yura HE y Yura MS). La hipótesis nula (H_0) establecía que la distribución de la resistencia al corte era la misma entre los tres tipos de cemento. El valor de Sig. obtenido fue 0,000, que es menor que 0,05, lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

Al rechazar la hipótesis nula, se concluye que existen diferencias significativas en la resistencia característica al corte entre las bloquetas de los tres tipos de

cemento. Esto sugiere que al menos uno de los cementos tiene un rendimiento distinto en cuanto a resistencia al corte, lo que resalta la necesidad de realizar comparaciones más detalladas para identificar cuáles cementos presentan mejores resultados en este aspecto a los 14 días de curado.

Tabla 36

Comparaciones por parejas para Resistencia característica al corte kg/cm^2 a los 14 días

Comparaciones por parejas de Descripción					
Sample 1-Sample 2	**Estadístico de prueba**	**Desv. error**	**Desv. estadístico de prueba**	**Sig.**	**Sig. ajustada**
Bloqueta con cemento Yura IP-Bloqueta con cemento Yura MS	-18,100	7,291	-2,483	,013	,078
Bloqueta con cemento Yura IP-Resistencia mínima esperada	45,050	7,291	6,179	,000	,000
Bloqueta con cemento Yura IP-Bloqueta con cemento Yura HE	-53,050	7,291	-7,277	,000	,000
Bloqueta con cemento Yura MS-Resistencia mínima esperada	26,950	7,291	3,697	,000	,001
Bloqueta con cemento Yura MS-Bloqueta con cemento Yura HE	34,950	7,291	4,794	,000	,000
Resistencia mínima esperada-Bloqueta con cemento Yura HE	-8,000	7,291	-1,097	,273	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de ,05.

a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

Nota. Elaboración propia en base a información tomada de SPSS v 26

La tabla muestra los resultados de las comparaciones por parejas para La resistencia característica al corte (kg/cm²) a los 14 días de curado, comparando las bloquetas de cemento Yura IP, Yura MS y Yura HE con la resistencia mínima esperada.

Resultados de las Comparaciones:

- ✓ Bloqueta con cemento Yura IP vs. Bloqueta con cemento Yura MS: El valor p ajustado es 0,078, que es mayor que 0,05, indicando que no hay diferencias significativas en la resistencia característica al corte entre las bloquetas de Yura IP y Yura MS.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura IP vs. Resistencia mínima esperada: El valor p ajustado es 0,000, lo que es significativo, indicando que la bloqueta con cemento Yura IP supera de manera significativa la resistencia mínima esperada.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura IP vs. Bloqueta con cemento Yura HE: El valor p ajustado es 0,000, lo que indica que hay una diferencia significativa en la resistencia característica al corte entre las bloquetas de Yura IP y Yura HE, con Yura HE mostrando un rendimiento superior.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura MS vs. Resistencia mínima esperada: El

valor p ajustado es 0,001, indicando que Yura MS también supera de manera significativa la resistencia mínima esperada.

- ✓ Bloqueta con cemento Yura MS vs. Bloqueta con cemento Yura HE: El valor p ajustado es 0,000, lo que indica que Yura MS tiene una resistencia significativamente superior a Yura IP, pero la diferencia con Yura HE sigue siendo significativa, con Yura HE mostrando una resistencia más alta.
- ✓ Resistencia mínima esperada vs. Bloqueta con cemento Yura HE: El valor p ajustado es 1,000, lo que indica que no hay diferencia significativa entre la resistencia mínima esperada y las bloquetas de Yura HE a los 14 días de curado, sugiriendo que Yura HE se encuentra muy cerca de la resistencia mínima esperada, pero no la supera de forma significativa.

Las comparaciones por parejas muestran que Yura IP tiene una resistencia significativamente inferior en comparación con Yura HE y Yura MS, y aunque supera la resistencia mínima esperada, no alcanza el rendimiento de los otros tipos de cemento. Tanto Yura MS como Yura HE superan la resistencia mínima esperada, y la diferencia entre estos dos cementos es significativa, con Yura HE destacándose como el más fuerte en términos de resistencia al corte. Sin embargo, la diferencia entre Yura MS y Yura HE es lo suficientemente pequeña para que ambos cementos sean considerados adecuados, aunque Yura HE demuestra un rendimiento superior.

5.1.1.3. Evaluación a los 28 días

5.1.1.3.1. Prueba de normalidad

Tabla 37

Test de normalidad para Resistencia característica al corte kg/cm^2 a los 28 días

Variable	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Resistencia característica al corte kg/cm^2	,156	80	,000

Nota. Elaboración propia en base a información tomada de SPSS v 26

Dado que el test de Kolmogorov-Smirnov reveló que los datos no siguen una distribución normal (valor p = 0,000), se debe rechazar la hipótesis de normalidad y, por lo tanto, se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis para comparar la resistencia característica al corte entre los tres tipos de cemento (Yura IP, Yura HE y Yura MS) a los 28 días de curado. Esta prueba no paramétrica es adecuada ya que no requiere que los datos sigan una distribución normal y permite identificar si existen diferencias significativas en las medianas de los grupos. Si se encuentran diferencias significativas, se realizarán pruebas post-hoc para determinar qué pares de grupos son significativamente diferentes.

5.1.1.3.2. Prueba estadística.

Tabla 38

Prueba de Kruskal-Wallis para Resistencia característica al corte kg/cm² a los 28 días

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Resistencia característica al corte (kg/cm²) es la misma entre categorías de Descripción.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechace la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.				

Nota. Elaboración propia en base a información tomada de SPSS v 26

La tabla presenta los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada para comparar la resistencia característica al corte (kg/cm²) a los 28 días de curado entre las bloquetas fabricadas con tres tipos de cemento (Yura IP, Yura HE y Yura MS). La hipótesis nula (H_0) establecía que la distribución de la resistencia al corte era la misma entre los tres tipos de cemento. El valor de Sig. obtenido fue 0,000, que es menor que 0,05, lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

Al rechazar la hipótesis nula, se concluye que existen diferencias significativas en la resistencia característica al corte entre las bloquetas de los tres tipos de cemento. Esto sugiere que al menos uno de los cementos tiene un rendimiento distinto en cuanto a resistencia al corte, lo que resalta la necesidad de realizar comparaciones más detalladas para identificar cuáles cementos presentan mejores resultados en este aspecto a los 28 días de curado.

Tabla 39

Comparaciones por parejas para Resistencia característica al corte kg/cm^2 a los 28 días

Comparaciones por parejas de Descripción					
Sample 1-Sample 2	**Estadístico de prueba**	**Desv. error**	**Desv. estadístico de prueba**	**Sig.**	**Sig. ajustada**
Resistencia mínima esperada-Bloqueta con cemento Yura IP	-20,500	7,291	-2,812	,005	,030
Resistencia mínima esperada-Bloqueta con cemento Yura MS	-39,500	7,291	-5,418	,000	,000
Resistencia mínima esperada-Bloqueta con cemento Yura HE	-60,000	7,291	-8,230	,000	,000
Bloqueta con cemento Yura IP-Bloqueta con cemento Yura MS	-19,000	7,291	-2,606	,009	,055
Bloqueta con cemento Yura IP-Bloqueta con cemento Yura HE	-39,500	7,291	-5,418	,000	,000
Bloqueta con cemento Yura MS-Bloqueta con cemento Yura HE	20,500	7,291	2,812	,005	,030
Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de ,05.					
a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.					

Nota. Elaboración propia en base a información tomada de SPSS v 26

La tabla muestra los resultados de las comparaciones por parejas para la resistencia característica al corte (kg/cm²) a los 28 días de curado, comparando las

bloquetas fabricadas con los tres tipos de cemento (Yura IP, Yura HE y Yura MS) con la resistencia mínima esperada y entre sí.

Resultados de las comparaciones:

- ✓ Resistencia mínima esperada vs. Bloqueta con cemento Yura IP: El valor p ajustado es 0,030, lo que es significativo, indicando que Yura IP supera de manera significativa la resistencia mínima esperada.
- ✓ Resistencia mínima esperada vs. Bloqueta con cemento Yura MS: El valor p ajustado es 0,000, lo que indica que Yura MS supera ampliamente la resistencia mínima esperada con una diferencia significativa.
- ✓ Resistencia mínima esperada vs. Bloqueta con cemento Yura HE: El valor p ajustado es 0,000, lo que indica que Yura HE también supera significativamente la resistencia mínima esperada.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura IP vs. Bloqueta con cemento Yura MS: El valor p ajustado es 0,055, lo que no es significativo a un nivel de 0,05, lo que indica que no hay una diferencia significativa en la resistencia entre las bloquetas fabricadas con Yura IP y Yura MS.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura IP vs. Bloqueta con cemento Yura HE: El valor p ajustado es 0,000, lo que es significativo, indicando que Yura HE tiene una resistencia significativamente superior a Yura IP.
- ✓ Bloqueta con cemento Yura MS vs. Bloqueta con cemento Yura HE: El valor p ajustado es 0,030, lo que es significativo, indicando que Yura MS también tiene una resistencia significativamente superior a Yura IP.

A los 28 días de curado, tanto las bloquetas con cemento Yura HE como con Yura MS superan de manera significativa la resistencia mínima esperada, mientras

que Yura IP también supera la mínima, pero con una diferencia más pequeña. Las comparaciones entre Yura IP y Yura HE, así como entre Yura MS y Yura HE, muestran diferencias significativas, con Yura HE destacándose con la mayor resistencia. Sin embargo, Yura IP y Yura MS no presentan diferencias significativas entre sí, sugiriendo que ambos cementos tienen un rendimiento similar en términos de resistencia al corte a los 28 días de curado.

Los resultados obtenidos en este estudio, que compara la resistencia característica al corte (kg/cm²) de las bloquetas fabricadas con tres tipos de cemento (Yura IP, Yura HE y Yura MS) a los 7, 14 y 28 días de curado, muestran diferencias significativas entre los tipos de cemento en cada período de curado.

A los 7 días de curado, el cemento Yura IP presentó una resistencia inferior a la resistencia mínima esperada, mientras que Yura HE y Yura MS tuvieron una resistencia superior, aunque no alcanzaron el umbral de 50 kg/cm². El análisis de normalidad indicó que los datos no seguían una distribución normal, lo que llevó a la aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación entre los grupos. Los resultados de esta prueba mostraron que existen diferencias significativas entre los tipos de cemento.

A los 14 días, tanto el cemento Yura HE como Yura MS mostraron un rendimiento por encima de la resistencia mínima esperada, alcanzando una mayor consistencia y mejorando sus resultados en comparación con los 7 días de curado. De nuevo, la prueba de Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas entre los tipos de cemento. En las comparaciones por parejas, Yura HE y Yura MS demostraron una superioridad clara sobre Yura IP, que permaneció por debajo de las expectativas.

A los 28 días, todos los tipos de cemento superaron la resistencia mínima esperada, con Yura HE destacándose como el cemento más resistente, seguido por Yura MS, y Yura IP mostrando un rendimiento más bajo, aunque aún superando la

mínima esperada. Las comparaciones por parejas confirmaron que Yura HE es el más fuerte, con una diferencia significativa en resistencia frente a Yura IP. Sin embargo, Yura MS y Yura IP no presentaron diferencias significativas entre sí, aunque el primero tuvo un mejor desempeño.

En general, los resultados sugieren que el cemento Yura HE es el más adecuado para obtener bloquetas con alta resistencia al corte, mientras que Yura MS ofrece un buen rendimiento, aunque ligeramente inferior a Yura HE. Por su parte, Yura IP presenta un rendimiento inferior comparado con los otros dos cementos, especialmente en las primeras etapas de curado. Estos hallazgos destacan la importancia de seleccionar el tipo de cemento adecuado según los requisitos de resistencia para las aplicaciones específicas de las bloquetas en la construcción.

Tabla 40

Análisis de costo unitario para diseño IP

Mano de Obra	**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio**	**Parcial**
Operario	HH	1	0.008	27.500	0.220
Oficial	HH	1	0.008	21.460	0.172
Peón	HH	4	0.032	19.350	0.619
Materiales					
Cemento IP 42.5 kg	bol		2.381	0.635	1.513
Arena gruesa	kg		6.640	0.057	0.376
Confitillo	kg		6.640	0.091	0.605
Agua de Diseño	kg		2.480	0.002	0.005
Equipo					
Herramientas					
Manuales	%MO		3%	1.01	0.030
			Costo unitario por unidad		3.54

Tabla 41

Análisis de costo unitario para diseño HE

Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Operario	HH	1	0.008	27.500	0.220
Oficial	HH	1	0.008	21.460	0.172
Peón	HH	4	0.032	19.350	0.619
Materiales					
Cemento HE 42.5 kg	bol		2.381	0.635	1.709
Arena gruesa	kg		6.640	0.057	0.380
Confitillo	kg		6.640	0.091	0.605
Agua de Diseño	kg		2.480	0.002	0.005
Equipo					
Herramientas Manuales	%MO		3%	1.01	0.030
			Costo unitario por unidad		3.74

Tabla 42

Análisis de costo unitario para diseño MS

Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Operario	HH	1	0.008	27.500	0.220
Oficial	HH	1	0.008	21.460	0.172
Peón	HH	4	0.032	19.350	0.619
Materiales					
Cemento MS 42.5 kg	bol		2.381	0.635	1.457
Arena gruesa	kg		6.640	0.057	0.371
Confitillo	kg		6.640	0.091	0.608
Agua de Diseño	kg		2.480	0.002	0.005
Equipo					
Herramientas Manuales	%MO		3%	1.01	0.030
			Costo unitario por unidad		3.48

El análisis de costos unitarios para los diseños IP, HE y MS revela que la mayor parte del gasto se concentra en los materiales, mientras que la mano de obra y el equipo tienen un aporte relativamente constante y menor en el costo total. En los tres diseños, la mano de obra se mantiene igual, con aportes similares de operarios, oficiales y peones, sumando aproximadamente 1.01 por unidad, lo que representa alrededor del 28 a 29% del costo total. El equipo, en forma de herramientas manuales, contribuye de manera mínima, con un 3% sobre la mano de obra, equivalentes a 0.03 por unidad, donde el elemento que marca la diferencia entre los diseños es el costo de los materiales, especialmente el cemento. En el diseño HE, el cemento es más costoso, lo que eleva el costo unitario total a 3.74, mientras que en MS el cemento es más barato, reduciendo el costo a 3.48. El diseño IP queda en un punto intermedio, con un costo unitario de 3.54, oros materiales, como arena gruesa, confitillo y agua de diseño, tienen aportes similares en los tres diseños, y su variación es mínima, de los tres diseños.

5.2. Discusión

Respecto a las discusiones de los resultados obtenidos en esta investigación permiten establecer una relación clara entre el tipo de cemento empleado y el desempeño de las bloquetas tanto en estado fresco como en estado endurecido. La comparación de los cementos YURA HE, IP y MS evidenció diferencias significativas en la trabajabilidad, la exudación, la absorción y la resistencia a la compresión, lo que confirma que la elección del tipo de cemento constituye un factor determinante en la calidad final de las unidades de albañilería.

En lo referente a la trabajabilidad, se identificó que el cemento YURA IP presentó el mayor valor de Slump con un promedio de 3.8 pulgadas, seguido del HE con 3.6 pulgadas y del MS con 3.4 pulgadas. Este hallazgo es consistente con lo

señalado por (Adrianzen & Chavez, 2022) quienes afirman que los cementos con adiciones puzolánicas suelen proporcionar mezclas más trabajables debido a la forma y distribución de partículas finas que actúan como lubricantes en la matriz, sin embargo, esta condición favorable para la colocación vino acompañada de una mayor exudación, con valores cercanos al 2%, lo que coincide con lo reportado por (Cabrera B. , 2019), quien indica que una mayor fluidez sin control de la relación agua/cemento conlleva a segregación y aumento de la porosidad superficial, en este sentido, aunque la trabajabilidad del cemento IP facilitó el proceso de llenado de moldes, su desempeño posterior en resistencia y absorción mostró limitaciones significativas.

El cemento YURA HE, en cambio, mostró un equilibrio entre trabajabilidad y estabilidad, con valores de exudación intermedios que oscilaron entre 1.40 y 1.62%. Este comportamiento es comparable con lo encontrado por Flores y (Huirma, 2021) en su estudio sobre bloques de concreto, donde concluyen que los cementos de alta resistencia tienden a generar mezclas estables con un control adecuado del agua libre, lo que se traduce en un desarrollo más eficiente de la hidratación y, en consecuencia, en mayores resistencias. Precisamente, las bloquetas fabricadas con cemento HE alcanzaron un f´b promedio de 64.10 kg/cm², el más alto entre los cementos ensayados, superando en aproximadamente 10 kg/cm² a las fabricadas con IP y en 8 kg/cm² a las fabricadas con MS. Esta superioridad se alinea con lo documentado por ACI (2019), donde se señala que los cementos de alta resistencia temprana presentan un mayor contenido de clínker y finura, lo que potencia la formación temprana de productos de hidratación y la densificación de la pasta.

En relación con el cemento YURA MS, se obtuvo un desempeño intermedio en todos los parámetros. Su baja exudación, con valores inferiores al 1.2%, confirma su alta cohesión y estabilidad en estado fresco, en concordancia con los hallazgos de (Delgado, Muñoz, & Rojas, 2020), quienes resaltan que los cementos moderados en

sulfatos presentan una microestructura más densa que limita la migración de agua libre. No obstante, las bloquetas fabricadas con este cemento presentaron los mayores niveles de absorción, con valores cercanos al 10%, lo que denota la presencia de poros capilares conectados. Este aspecto es crítico, ya que según (Monroy & Gonzalez, 2022) la alta absorción está estrechamente vinculada a una menor durabilidad, sobre todo en climas húmedos como el de Cusco, aunque la resistencia promedio fue de 56.19 kg/cm², superior al IP, la alta absorción limita su idoneidad en ambientes agresivos, salvo que se complementen medidas de mitigación como el uso de aditivos impermeabilizantes o un curado más prolongado.

Cuando se comparan estos resultados en un contexto más amplio, se puede observar una correspondencia general con estudios realizados en Latinoamérica. Por ejemplo, (Del Pino & Milachay, 2023), evaluaron bloques de concreto en Colombia con cementos compuestos y reportaron que los cementos puzolánicos, similares al IP, lograban buena trabajabilidad, pero resistencias menores frente a cementos de mayor contenido de clínker. En contraste, algunos autores como (Cabrera B. , 2019) señala que el uso de cementos moderados en sulfatos puede ser ventajoso en zonas con suelos agresivos o presencia de sales, lo que abre la discusión sobre la pertinencia de priorizar únicamente la resistencia a compresión frente a otras variables como la durabilidad química.

Para complementar el estudio técnico del diseño de mezclas, se realizó un análisis de costo–beneficio con el objetivo de determinar la alternativa más eficiente entre los tres tipos de cemento empleados: IP (Puzolánico), HE (Alta Resistencia Temprana) y MS (Antisalitre). Este análisis considera los costos directos de mano de obra, materiales y herramientas, calculados por unidad de concreto producido, donde los resultados obtenidos muestran que el diseño con cemento MS presenta el menor costo unitario, con un valor de S/ 3.48 por unidad, seguido por el diseño con cemento

IP, cuyo costo asciende a S/ 3.54, y finalmente el diseño con cemento HE, que alcanza S/ 3.74 por unidad. Aunque las diferencias numéricas puedan parecer reducidas, representan variaciones de hasta 6.9 % entre la opción más costosa y la más económica, lo cual puede significar un impacto considerable al proyectarse sobre grandes volúmenes de obra, este sentido, el cemento HE, al ser un producto formulado para alcanzar resistencias elevadas en menor tiempo, presenta el mayor costo por bolsa, elevando el valor total del diseño, por el contrario, el cemento MS permite obtener un concreto de buena durabilidad y resistencia suficiente a un costo más reducido. El cemento IP, que incorpora materiales puzolánicos naturales, se ubica en un punto intermedio tanto en costo como en desempeño, es así que, desde el punto de vista constructivo, el uso de cemento HE puede justificarse en obras que requieran resistencia temprana elevada, como en elementos prefabricados, pavimentos o estructuras sometidas a desencofrados rápidos. Sin embargo, su utilización en obras convencionales no resulta económicamente óptima, dado que el incremento de resistencia inicial no compensa el aumento de costo, en cambio, el cemento MS (Antisalitre), además de ofrecer un menor costo, presenta una mayor protección frente a agentes agresivos, como sulfatos o sales, lo cual amplía su aplicabilidad en zonas con condiciones ambientales moderadamente agresivas.

Cabe resaltar que las limitaciones de la presente investigación son que curado no controlado, donde el proceso de curado de las bloquetas no se realizó en condiciones completamente controladas. La exposición a variaciones térmicas naturales es decir un curado ambiental entre las variaciones 8-28°C entonces pudo influir en la hidratación del cemento y, por ende, en el desarrollo de resistencia mecánica.

Un solo lote por tipo de cemento, para cada tipo de cemento (Yura IP, Yura HE y Yura MS) se empleó un único lote de producción, lo cual limita la capacidad de

generalizar los resultados a todas las posibles variaciones entre lotes del mismo producto.

Periodo de evaluación restringido a 28 días, donde la investigación evaluó el comportamiento de las bloquetas únicamente hasta los 28 días de curado, sin contemplar resistencias a edades mayores (56, 90 o más días), que podrían mostrar diferencias adicionales en su desempeño.

Finalmente se resalta que el estudio se desarrolló en una zona de alta altitud, aproximadamente 3 400 metros sobre el nivel del mar, donde la presión atmosférica, la temperatura y la humedad relativa pueden afectar los procesos de fraguado y endurecimiento del cemento, siendo estas condiciones las que limitan la extrapolación de los resultados a regiones con altitudes diferentes.

VI. Conclusiones

- **Conclusión 1: Hipótesis general**

  Se concluye que la comparación de los cementos YURA HE, IP y MS influye en las propiedades físico-mecánicas del concreto utilizado para la fabricación de bloquetas en Cusco durante el año 2024, validándose la hipótesis general de la investigación. Los resultados demostraron que cada tipo de cemento presentó un comportamiento diferenciado respecto a la trabajabilidad, resistencia a la compresión, absorción de agua y exudación.

  El cemento YURA HE presentó el mejor desempeño integral, alcanzando una resistencia a la compresión de 65.56 kg/cm² a los 28 días, con una adecuada trabajabilidad (slump de 3.6 pulgadas) y absorción controlada (5.99 %). El cemento IP destacó por su mayor fluidez (slump de 3.8 pulgadas), aunque presentó menor resistencia y mayor exudación; mientras que el cemento MS mostró un comportamiento intermedio en resistencia, pero con una absorción superior de 9.86 %.

  En función de estos resultados, se determina que el tipo de cemento empleado es un factor influyente en el desempeño de las bloquetas, siendo el cemento YURA HE la alternativa más favorable para su fabricación bajo las condiciones ambientales de Cusco, debido al equilibrio alcanzado entre resistencia, trabajabilidad y absorción.

- **Conclusión 2: H.E.1 – Peso unitario del concreto**

  Se concluye que el tipo de cemento empleado no genera variaciones significativas en el peso unitario del concreto utilizado en la fabricación de bloquetas, validándose parcialmente la primera hipótesis específica de la investigación. Los resultados evidenciaron valores promedio similares entre

los cementos YURA HE, IP y MS, con rangos promedio, demostrando un comportamiento uniforme de esta propiedad física.

Asimismo, se determinó que la incorporación de diferentes tipos de cemento no influye de manera considerable en la densidad del concreto bajo las mismas condiciones de diseño y fabricación. Por ello, los tres cementos evaluados permiten obtener bloquetas con características físicas semejantes respecto al peso unitario, asegurando uniformidad en la producción de unidades de albañilería en las condiciones estudiadas en Cusco.

- **Conclusión 3: H.E.2 – Trabajabilidad del concreto**

  Se concluye que el tipo de cemento empleado influye en la trabajabilidad del concreto destinado a la fabricación de bloquetas, validándose la segunda hipótesis específica de la investigación. Los resultados del ensayo de asentamiento (slump) evidenciaron diferencias en la fluidez de las mezclas elaboradas con los cementos evaluados.

  El cemento YURA IP presentó la mayor trabajabilidad con un asentamiento promedio de 3.8 pulgadas, favoreciendo la fluidez y colocación del concreto; sin embargo, esta característica estuvo asociada a una mayor exudación. El cemento YURA HE alcanzó un asentamiento de 3.6 pulgadas, mostrando una adecuada trabajabilidad y cohesión para el moldeado de bloquetas, mientras que el cemento MS registró 3.4 pulgadas, presentando menor fluidez, pero mayor control de la estabilidad de la mezcla.

  Por lo tanto, se determina que el tipo de cemento modifica el comportamiento del concreto en estado fresco, destacando el cemento YURA HE por presentar un equilibrio favorable entre trabajabilidad, cohesión y desempeño mecánico.

- **Conclusión 4: H.E.3 – Resistencia a la compresión**

  Se concluye que el tipo de cemento influye significativamente en la resistencia

a la compresión del concreto empleado en la fabricación de bloquetas, validándose la tercera hipótesis específica de la investigación. Los resultados evidenciaron diferencias en el desarrollo de resistencia según el cemento utilizado y el tiempo de curado de las muestras. A los 7 días, el cemento YURA HE presentó la mayor resistencia con 43.17 kg/cm², superando al cemento IP (38.00 kg/cm²) y al cemento MS (42.60 kg/cm²). A los 28 días, mantuvo el mejor desempeño alcanzando 65.56 kg/cm², seguido por el cemento MS con 56.83 kg/cm² y el cemento IP con 54.17 kg/cm².

En función de estos resultados, se determina que el cemento YURA HE favorece un mayor desarrollo de resistencia mecánica en las bloquetas, permitiendo obtener unidades con mejores condiciones de desempeño estructural bajo las condiciones evaluadas.

- **Conclusión 5: H.E.4 – Absorción de agua**

  Se concluye que el tipo de cemento influye en la absorción de agua de las bloquetas fabricadas, validándose la cuarta hipótesis específica planteada en la investigación. Los resultados evidenciaron diferencias en el comportamiento de las unidades frente a la incorporación de agua según el cemento empleado. El cemento YURA IP y el cemento YURA HE presentaron un mejor comportamiento respecto a esta propiedad, evidenciando menor capacidad de absorción y mejores condiciones frente a la exposición a la humedad. En contraste, el cemento MS mostró una mayor absorción de agua, asociada a una posible mayor porosidad del concreto y una reducción de su desempeño frente a ambientes húmedos.

  Por lo tanto, se determina que la selección del tipo de cemento influye en la capacidad de absorción de las bloquetas, siendo necesario considerar esta propiedad en conjunto con la resistencia mecánica para evaluar el

comportamiento integral de las unidades fabricadas.

- **Conclusión 6: H.E.5 – Exudación del concreto**

  Se concluye que el tipo de cemento influye en el comportamiento de la exudación del concreto utilizado en la fabricación de bloquetas, validándose la quinta hipótesis específica planteada en la investigación. Los resultados evidenciaron diferencias en la cantidad de agua liberada durante el proceso de asentamiento de las mezclas evaluadas. El cemento YURA IP presentó una mayor tendencia a la exudación, asociada a su mayor fluidez, lo que podría favorecer fenómenos de segregación y afectar la uniformidad del concreto. Por otro lado, el cemento YURA HE mostró un comportamiento intermedio, permitiendo mantener un adecuado equilibrio entre trabajabilidad y cohesión de la mezcla, mientras que el cemento MS presentó menor exudación, favoreciendo la estabilidad del concreto, aunque con mayores requerimientos de control durante la compactación.

  En función de estos resultados, se determina que el cemento YURA HE presenta un comportamiento favorable respecto a la exudación, contribuyendo a la obtención de mezclas uniformes y adecuadas para la fabricación de bloquetas.

- **Conclusión final**

  Se concluye que el empleo de los cementos YURA HE, IP y MS genera variaciones en las propiedades físico-mecánicas del concreto utilizado en la fabricación de bloquetas en Cusco durante el año 2024. El cemento YURA HE presentó el mejor desempeño integral, debido a su adecuado equilibrio entre resistencia a la compresión, trabajabilidad, absorción y comportamiento frente a la exudación; mientras que el cemento IP destacó por su mayor fluidez y el cemento MS presentó un comportamiento intermedio con mayor tendencia a

la absorción de agua. Estos resultados son aplicables bajo condiciones ambientales similares a las de Cusco, caracterizadas por elevada altitud y clima templado-frío seco, por lo que se recomienda realizar estudios complementarios en otras regiones, considerando que factores como temperatura, humedad y altitud pueden modificar el comportamiento del concreto y el desempeño de los diferentes tipos de cemento.

VII. Recomendaciones

- Aunque los valores obtenidos cumplen la normativa, se recomienda realizar un ajuste fino de la granulometría de los agregados y controlar el contenido de agua en la mezcla, con el fin de obtener bloquetas más densas y homogéneas, donde el control de peso unitario debe integrarse como parte de la supervisión de rutina en plantas de producción.
- En el caso de cementos con mayor fluidez, como el YURA IP, se sugiere emplear aditivos reductores de agua o plastificantes que permitan mejorar la trabajabilidad sin necesidad de aumentar la relación agua/cemento, esto garantizará un llenado eficiente de moldes sin comprometer la resistencia, pues para cementos de menor fluidez, como el MS, se recomienda optimizar la compactación mecánica para evitar la formación de vacíos internos.
- Dado que el cemento MS presentó los mayores valores de absorción, se recomienda implementar curados más prolongados y controlados, así como el posible uso de aditivos impermeabilizantes, con el fin de reducir la porosidad y mejorar la durabilidad de las piezas frente a la acción del agua y sales presentes en el medio.
- Se recomienda dar preferencia a cementos con niveles de exudación controlada, como el HE, que aseguran la estabilidad del concreto fresco, en el caso de cementos con alta exudación (IP), se recomienda complementar con aditivos cohesivos para evitar segregación; mientras que para cementos con baja exudación (MS), se debe reforzar la compactación y vibrado de la mezcla.

- Se recomienda que para futuras investigaciones se puedan considerar, la evaluación comparativa de otros tipos de cemento disponibles en el ámbito nacional e internacional, tomando en cuenta sus diferentes composiciones químicas y características de desempeño, lo cual permitirá ampliar la comprensión sobre la influencia del tipo de cemento en las propiedades físico-mecánicas de las bloquetas, así como identificar alternativas que contribuyan a mejorar parámetros como la resistencia, la durabilidad y el comportamiento de las unidades frente a las condiciones ambientales particulares de cada zona de aplicación.

- Se recomienda que para futuras investigaciones se evalúen; la incorporación de aditivos químicos y adiciones minerales a la fabricación de bloquetas, considerando materiales como superplastificantes, reductores de agua, incorporadores de aire, microsílice, ceniza volante y escoria granulada, de igual forma realizar un análisis de estos componentes , lo cual permitirá determinar su influencia en propiedades como la resistencia a la compresión, trabajabilidad, absorción de agua, durabilidad y demás características físico-mecánicas de las unidades de albañilería, contribuyendo al desarrollo de materiales con mejores prestaciones técnicas y mayor periodo de servicio.

VIII. Referencias

400.017, N. (2020). Peso Unitario de Agregados NTP 400.01. INACAL.

ACI. (2011). Terminologia del cemento y concreto 116R-00. Obtenido de https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-latinoamericano/estructura-de-concreto/terminologia-del-cemento-y-del-concreto-aci-116r/135859353

ACI, A. C. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete.

Adrianzen, M., & Chavez, J. (2022). *Influencia del porcentaje de microsílice en la resistencia a la compresión y permeabilidad de mezclas de concreto con diferentes relaciones agua/cemento en la ciudad de Trujillo, 2022.* Recuperado el 16 de octubre de 2024, de https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/34164

Ahmad, S., & Khan, M. (2023). Early-age compressive strength development of precast concrete units: A comparative study of high-early-strength and blended cements. 365,130,142. Construction and Building Materials. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/339605210_Early_Strength_Development_of_Blended_Concrete_under_Different_Curing_Conditions

Apaza, C., & Mallqui, C. (2022). *Metacaolín como sustituto del cemento para reducir la permeabilidad del hormigón estructural.* Obtenido de https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/b08f25a9-1baa-48fa-ba93-d27f2e8bf7be

Arias, J. & Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación.* Enfoques Consulting EIRL. Obtenido de https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260

Association, P. C. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. Mexico: nstituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Obtenido de https://es.scribd.com/document/750021606/Portland-Cement-Association

Ayarquispe Vivas, R. (2024). Resistencia mecánica de muros de albañilería con bloques de concreto con limallas de acero, Juliaca, Puno, 2022. Puno. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/17013

Beltom, T. (28 de septiembre de 2021). *Types of Concrete Blocks Used in Construction.* Obtenido de CONSTRUCTION: https://www.bigrentz.com/blog/concrete-block-types

Cabrera, B. (2019). *EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA, PERMEABILIDAD Y ABSORCIÓN CAPILAR DE BLOQUES DE CONCRETO ELABORADOS CON ADICIÓN DE EMULSIÓN DE PARAFINA EN LA CIUDAD DE ABANCAY- 2018".* Repositorio de la Universidad Tecnologica de los Andes. Obtenido de https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/227/1/Evaluaci%c3%b3n%20de%20la%20resistencia%2c%20permeabilidad%20y%20absorci%c3%b3n%20capilar%20de%20bloques%20de%20concreto%20elaborados%20con%20adici%c3%b3n%20de%20emulsi%c3%b3n%20de%20pa.pdf

Caltrans. (2021). *REVIEW OF CONCRETE MIX.* Obtenido de https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/engineering/documents/structureconstruction/ctm/sc-ctm-chpt3-a11y.pdf

Ccama Galvez, A. D. (2024). Influencia de la adición de ceniza de chillihua y fibra de ichu en las propiedades físico mecánicas y durabilidad de bloquetas de concreto en la Ciudad de Juliaca. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Obtenido de https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4546

Coila Pari, F. M. (2022). Comparación de la resistencia a la compresión de bloquetas normales y recicladas de concreto. Repositorio Institucional UNAP. Obtenido de https://repositorio.unap.edu.pe/items/595d1ddd-7e4c-4c32-9b56-e84b7a6b3e3e

Dehghan, A. (2022). "Sustainable development indicators for the cement and concrete industry: A systematic review". 351. Journal of Cleaner Production. doi:DOI: 10.5212/TerraPlural.v.17.2322485.011

Del Pino, S., & Milachay, D. (2023). Propuesta de mezcla de concreto de f'c de 280kg/cm2 con cementos adicionados y con polvo de vidrio como reemplazo parcial de cemento para la construcción de edificios multifamiliares sostenibles en la ciudad de Lima. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/672166

Delgado, J., Muñoz, F., & Rojas, E. (2020). Desarrollo de resistencia a la compresión en concreto con cementos modificados. Obtenido de file:///C:/Users/Karla/Downloads/Dialnet-DesarrolloDeResistenciaALaCompresionEnConcretoConC-7773381.pdf

González, C. (2019). *USO Y FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO. RESIDUOS DEL SECTOR EN CUAUTLA.* UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS. Obtenido de http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2186/CEAUGO01T.pdf?sequence=1

Hernandez, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación.* México: MC Graw Hill. Obtenido de http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292

Hernandez, R., & Mendoza, C. (2019). *Metodología de la investigación.* México: MC Graw Hill. Obtenido de https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf

Huirma, H. (2021). *Elaboración de bloques de concreto con la adición de aserrín para el uso en edificaciones de albañilería confinada, Juliaca – Puno 2021.* Lima: Repositorio de la Universidad Cesár Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58815/Huirma_BHL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

INACAL. (2020). NTP 334.082: Cementos. Cemento Portland. Requisitos de desempeño. *5*. Obtenido de https://es.scribd.com/document/654388436/NTP-334-082-2020-Cementos-hidraulicos-Requisitos-de-desempeno

INEI., I. N. (2024). Comportamiento de la Economía Peruana: Producto Bruto Interno. LIMA: INEI.

Liu, B., Zhang, Q., Zhao, Y., Huan, D., & Liu, X. (2023). Influencia de la altitud en la resistencia del hormigón celular. Obtenido de https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2023/ra/d2ra06498g?utm_source

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2020). *NORMA E.060.* Obtenido de https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2ylU5Kz/view

Monroy, R., & Gonzalez, C. (2022). *La huella arquitectónica. Uso y fabricación de bloques de cemento. Residuos del sector en Cuautla, Morelos.* Obtenido de http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/2330

Neville, A. M. (2011). Properties of Concrete. *5*.

NTP 399.600.2017. (2017). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Bloques de concreto para uso no estructural. Requisitos.* Obtenido de https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-de-los-andes/base-de-datos-2/ntp-399600-2017-unidades-de-albanileria-bloques-de-concreto-para-uso-no-estructural-requisitos/19760126

NTP 399.602.2002. (2002). *Unidades de albañileria. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos.* Obtenido de https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-de-los-andes/base-de-datos-2/ntp-399602-2002-bloques-de-concreto-para-uso-estructural-requisitos/19760142

Nuruddeen, M. M., & Murtala, S. A. (2023). INFLUENCIA DEL GRADO DE CEMENTO EN LAS PROPIEDADES DE RESISTENCIA DE LOS BLOQUES DE ARENA. *2, 4*. Revista de Ciencias de FUDMA . Obtenido de https://fjs.fudutsinma.edu.ng/index.php/fjs/article/view/1317

Okonkwo, V. O., & Anagbaoso, A. K. (2023). Influencia del contenido de cemento y la presión de compactación en las propiedades mecánicas de los bloques de hormigón de arena. (Zenodo, Ed.) doi:https://doi.org/10.5281/zenodo.7738053

Ramos, C. (2020). *LOS ALCANCES DE UNA INVESTIGACIÓN.* Obtenido de ISSN 1390-9592 ISSN-L 1390-681X

ScienceDirect. (2023). Utilización de escoria de acero proveniente de residuos industriales para concreto de blindaje contra radiación ionizante: una revisión sistemática. . *Construction and Building Materials,Vol 382*.

Yao, Z., Liu, L., Han, S., Wang, Y., & Lv, X. (2024). Investigación sobre el servicio y el control de fisuras del hormigón en entornos de altitud ultraelevada. doi:10.1007/978-981-97-4090-1_33

YURA, S. (2023). Ficha tecnica cemento IP - HE - MS.

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes