

# INFORME DE TESIS - AGUILAR ACUÑA

*por* JOSE ADAN AGUILAR ACUÑA

---

**Fecha de entrega:** 08-abr-2024 10:11p.m. (UTC-0500)

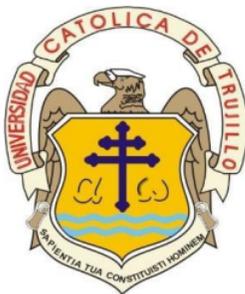
**Identificador de la entrega:** 2305325317

**Nombre del archivo:** INFORME\_DE\_TESIS\_-\_ADAN\_AGUILAR\_ACU\_A.docx (29.55M)

**Total de palabras:** 10787

**Total de caracteres:** 58400

**1**  
**UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO**  
**BENEDICTO XVI**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**INFLUENCIA DEL TIPO DE CEMENTO Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO EN AGUA DE MAR**

**1**  
**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

Br. Aguilar Acuña, José Adán

**ASESOR**

Mg. Castillo Chung, Aldo Roger

<https://orcid.org/0000-0002-2270-1671>

**LÍNEA DE INVESTIGACION**

Vivienda, saneamiento y transporte

**TRUJILLO-PERU**

**2024**

## DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor:

Mg. Breitner Guillermo Diaz Rodríguez

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO BENEDICTO XVI.

Presente.

Yo, Mg Aldo Roger Castillo Chung con DNI N° 18132971, como asesor del trabajo de investigación **“INFLUENCIA DEL TIPO DE CEMENTO Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO EN AGUA DE MAR”** desarrollado por el bachiller Aguilar Acuña, José Adán con DNI N°27998434, del Programa de estudios de Ingeniería Civil, considero que dicho trabajo de investigación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de investigación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Atentamente.



Mg. Aldo Roger Castillo Chung

DNI: 18132971

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**Monseñor Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.**

<sup>1</sup>  
Fundador y Gran Canciller de la UCT Benedicto XVI

**Dra. Mariana Geraldine Silva Balarezo**

Rectora (e) de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI

Vicerrectora Académica

**Dr. Ena Cecilia Obando Peralta**

Vicerrector de Investigación

**Mg. Breitner Guillermo Díaz Rodríguez**

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

**Dra. Teresa Reátegui Marín**

Secretario General

## DEDICATORIA

### **A Dios**

*Por ser mi guía en todo este camino no solo en mi vida cotidiana sino también en mi vida de estudiante por darme toda la sabiduría y entendimiento para comprender y conocer todo el campo de un estudiante por la fuerza y toda la fortaleza que necesito para permanecer firme y llegar con todo el conocimiento aprendido y seguir en adelante conociendo más puesto fe en ti señor padre celestial.*

### **A mis padres**

*Primeramente, por darme la vida y por inculcar todos los valores como el respeto la responsabilidad el amor a dios y a creer en mí por haberme enseñado todos los caminos de la vida a saber luchar por lo que uno desea siempre haciendo el bien para crecer firmemente conforme a Uds. Mis queridos padres don Julio Aguilar Ruiz y doña María Acuña Estela para Uds. es este logro les dedicó con alma corazón y vida.*

### **A mi familia y amigos**

*En especial para mi hermana mayor Alejandrina Aguilar Acuña y toda mi familia que conformamos por su apoyo incondicional, motivación para enfrentar mi vida estudiantil universitaria, gracias a que son el pilar y el pulmón de este esfuerzo y sacrificio y a todos mis amigos que estuvieron a mi alrededor por ser perseverante y llegar hasta el final de mi carrera profesional.*

### **Profesores y asesor**

*A todos mis docentes por sus enseñanzas y compartir toda esa sabiduría y hacer de un buen estudiante responsable y puntual de igual manera a mi profesor asesor por su enseñanza y apoyo en todo momento cuando se le solicita.*

**Aguilar Acuña, José Adán**

**Autor**

## AGRADECIMIENTO

*Al padre celestial por darme sabiduría y entendimiento para lograr comprender todas las clases lo que en mi carrera estudiantil permanezca firme, por la salud también la fuerza y la fortaleza para luchar contra las adversidades que se cruzan en la vida universitaria gracias a ti padre celestial por brindarme la oportunidad de llegar a finalizar mi sueño de llegar a la meta deseada, siempre mi fe está en ti por darme ese amor infinito todos los días de mi vida.*

*A mis padres a don Julio Aguilar Ruiz y mi querida madrecita doña María Acuña Estela, darles las gracias por la vida y darme todas las enseñanzas y que cultive todos los valores dados en la familia, por tener la dicha de tenerlo con vida y es la razón por la cual me incline a tomar la decisión de estudiar la carrera universitaria*

*A mi familia a todos mis hermanos y hermanas y sobrinos que viven en mi entorno, Por creer en mí y por el apoyo en los momentos más difíciles y dificultosos por luchar junto a mí porque cuando uno más se siente que ya no da ellos estuvieron conmigo y me ayudaron a cumplir mi sueño, gracias infinitas a todos mis amigos que me apoyaron y todos los que pusieron ese granito de arena para llegar hasta la cima que es mi carrera terminada de ingeniería civil.*

*Un profundo agradecimiento a la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y a la escuela profesional de Ingeniería Civil por su excelente capacitación de sus docentes que están a diario orientándose a ser unos profesionales de éxito.*

*Un agradecimiento cordial a todos los maestros que tuvieron esa paciencia y ese profesionalismo para guiarnos por el mejor camino y compartir sus enseñanzas y en el cual nos forjaron que si podemos llegar hasta donde uno se proponga.*

*Agradecer infinitamente a mi asesor Aldo Roger Castillo Chung por su apoyo permanente y darme la orientación y las pautas y por ser mi guía para la culminación de mi Tesis.*

**Aguilar Acuña, José Adán**  
**Autor**

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Aguilar Acuña, José Adán con DNI 27998434, egresado del Programa de Estudios de **Ingeniería civil** de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, damos fe que se ha seguido rigurosamente los procesos académicos y administrativos dados por la Facultad de **Ingeniería y Arquitectura**, para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: **INFLUENCIA DEL TIPO DE CEMENTO Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO EN AGUA DE MAR**, el cual consta de un total de 63 páginas, en las que se incluye 14 tablas y 13 figuras, más un total de 10 páginas en anexos.

Dejamos constancia de la originalidad y autenticidad de nuestra investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento corresponde a nuestra autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizamos que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de nuestra entera responsabilidad.

*El autor*



AGUILAR ACUÑA, JOSÉ ADÁN  
DNI: 27998434

# 1 INDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD .....	ii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	vi
ABSTRACT .....	9
I. INTRODUCCIÓN .....	10
II. ETODOLOGÍA .....	23
II.1. Enfoque, tipo .....	23
II.2. Diseño de investigación .....	23
8 II.3. Población, muestra y muestreo .....	24
II.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos/ equipos de laboratorio/ informe de laboratorio especializado .....	25
5 II.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información .....	27
II.6. Aspectos éticos en investigación .....	27
III. RESULTADOS .....	28
2 III.1. Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto al tipo de cemento utilizado .....	28
2 III.2. Análisis comparativo de la resistencia a la compresión respecto del mortero en agua de mar respecto tiempo de exposición .....	29
27 III.3. Análisis comparativo de la resistencia a la compresión respecto al tipo de cemento y tiempo de exposición .....	30
1 III.4. Análisis comparativo de la influencia del tipo de cemento y el tiempo de exposición sobre la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar .....	31
IV. DISCUSIÓN .....	32
V. CONCLUSIONES .....	34
VI. RECOMENDACIONES .....	35

## RESUMEN

La investigación realizada fue de orden aplicada y experimental, en esta se buscó determinar la influencia del tipo de cemento y el tiempo de exposición sobre la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar, para esto se sometieron a curado en agua de mar a 45 probetas cúbicas de mortero con cemento tipo I y 45 probetas de igual forma de mortero con cemento tipo V, las mencionadas probetas fueron elaboradas bajo la norma ASTM C109 en tiempos de 7, 14, 28 días para su posterior rotura a fuerza de compresión con el apoyo de una prensa hidráulica, finalmente luego de evaluar la influencia de ambas variables, tipo de cemento y tiempo de exposición en agua de mar, se tuvo que tanto el tipo de cemento como el tiempo de exposición en agua de mar influyen en la resistencia a la compresión de morteros, teniendo que el cemento tipo V genera mayores resistencias que el tipo I y que el tiempo de exposición es directamente proporcional a la resistencia, es decir conforme aumenta el tiempo de exposición en agua de mar, aumenta la resistencia a la compresión de morteros, cabe mencionar que la diferencia de resistencia generada por el tipo de cemento se debe a la diferencia de composiciones químicas de estos, y que el tipo V es un cemento especialmente usado para la resistencia a sulfatos y ambientes con alto contenido de sales.

**Palabras clave:** Resistencia a compresión, tiempo de exposición, tipo de cemento, mortero, agua de mar

## ABSTRACT

The research carried out was of an applied and experimental nature, in which we sought to determine the influence of the type of cement and the exposure time on the compressive strength of the mortar in seawater, for this they were subjected to curing in seawater at 45 cubic specimens of mortar with type I cement and 45 specimens of the same shape of mortar with type V cement, the aforementioned specimens were prepared under the ASTM C109 standard in times of 7, 14, 28 days for their subsequent rupture under compression force with the support of a hydraulic press, finally after evaluating the influence of both variables, type of cement and exposure time in seawater, it was found that both the type of cement and the exposure time in seawater influence the resistance to the compression of mortars, taking into account that type V cement generates greater resistance than type I and that the exposure time is directly proportional to the resistance, that is, as the exposure time in seawater increases, the resistance to the compression of mortars, it is worth mentioning that the difference in resistance generated by the type of cement is due to the difference in their chemical compositions, and that type V is a cement especially used for resistance to sulfates and environments with high salt content.

**Keywords:** Compressive strength, exposure time, cement type, mortar, seawater

## I. INTRODUCCIÓN

En un mundo donde las estructuras costeras y marítimas son vitales para el comercio, el transporte y el turismo, se plantea una problemática apremiante: la degradación del mortero y concreto en ambientes marinos y la consiguiente amenaza de corrosión del acero debido a la implacable influencia corrosiva del agua de mar. Este desafío compromete la durabilidad y seguridad a largo plazo de estas infraestructuras cruciales. La exposición continua a la salinidad y la humedad marina debilita gradualmente los elementos en base a cemento, reduciendo su capacidad de carga y elevando los costos de mantenimiento y reparación. A esto se suma la corrosión del acero de refuerzo, un factor que agrega un nivel adicional de complejidad al problema al socavar la integridad estructural y aumentar el riesgo de colapso.

En el contexto latinoamericano, donde muchas naciones dependen en gran medida de sus zonas costeras para el comercio, la pesca y el turismo, la degradación del mortero, concreto y demás elementos en base a cemento en ambientes marinos se convierte en un desafío compartido. Desde las playas de Brasil hasta las costas de Chile, las estructuras enfrentan una batalla constante contra los efectos corrosivos del agua de mar. La exposición prolongada a la salinidad y la humedad puede llevar al deterioro prematuro de estos elementos, comprometiendo su resistencia y aumentando la carga económica de su mantenimiento y reemplazo. Además, la posible corrosión del acero en el concreto agrega una dimensión adicional a este problema, con la amenaza constante de la pérdida de integridad estructural y la necesidad potencial de reconstrucción.

En el ámbito nacional, en el caso específico del Perú, una nación cuya costa se extiende hacia el Océano Pacífico, la necesidad de abordar esta problemática se torna aún más imperativa. Las infraestructuras marítimas y costeras son esenciales para el desarrollo económico del país. Sin embargo, la exposición continua al ambiente marino erosiona la resistencia del mortero y concreto, así mismo aumenta la probabilidad de corrosión del acero de refuerzo, poniendo en peligro la vida útil y la seguridad de estas estructuras clave. Esto se traduce en una carga financiera y logística significativa para el mantenimiento y rehabilitación constante de estas infraestructuras.

En la ciudad costera de Trujillo, este problema se vuelve aún más urgente. Las edificaciones y estructuras que bordean el litoral están directamente expuestas a los efectos corrosivos de la salinidad y la humedad. Desde viviendas hasta infraestructuras

esenciales, todas se enfrentan a la amenaza de la degradación del mortero y la posible corrosión del acero en el concreto. La pérdida gradual de resistencia y la vulnerabilidad de las estructuras representan un riesgo tangible para la seguridad de los habitantes y la estabilidad de la ciudad en su conjunto, es por esto que la exposición constante al agua marina y los procesos corrosivos y degradativos que puedan presentarse se convierten en una problemática apremiante

Es en este contexto que la tesis proyectada cobra una importancia crítica al abordar de manera profunda y sistemática cómo diferentes tipos de cemento (tipo I, tipo V) responden a la exposición marina en diferentes intervalos de tiempo (7, 14 y 28 días), esta investigación busca proporcionar soluciones concretas y sostenibles a la problemática degradación del mortero y la urgente necesidad de infraestructuras más resistentes y duraderas. Los resultados de esta investigación no solo informarán a la academia y la industria de la construcción, sino que también sentarán las bases para políticas y códigos de construcción orientados a abordar los desafíos planteados por la corrosión y degradación en ambientes marinos.

<sup>1</sup> El análisis de la realidad problemática de la investigación permitió plantear el problema general ¿Cuál es la influencia del tipo de cemento y el tiempo de exposición sobre la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar? y los siguientes problemas específicos: ¿Existe variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto al tipo cemento a usar?, ¿Existe variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto tiempo de exposición?, ¿Cuál es el tipo de cemento y tiempo de exposición con el que se tiene los mejores resultados de resistencia a la compresión del mortero en agua de mar?

Otra cosa que se debe tener en cuenta es que, desde el punto de vista tecnológico, esta investigación es relevante para la ciudad de Trujillo, Perú, donde se lleva a cabo el estudio. Trujillo es una zona costera con una importante actividad de construcción y desarrollo de infraestructuras cercanas al mar (Revista CONSTRUIR, 2018). Comprender cómo diferentes tipos de cemento, como el tipo I y tipo V, y diferentes tiempos de exposición en el ambiente marino afectan la resistencia a la compresión del mortero permitirá mejorar las técnicas de construcción y garantizar la durabilidad de las estructuras en estas áreas

En términos económicos, la industria de la construcción en Trujillo es un sector clave para el desarrollo económico de la región (Cámara de Comercio de La Libertad,

2020). La exposición del mortero al ambiente marino puede acelerar su deterioro y reducir su vida útil, lo que implica costos significativos en términos de reparaciones y mantenimiento. Al investigar la influencia del tipo de cemento y el tiempo de exposición en la resistencia a la compresión del mortero en ambiente marino, se podrán establecer recomendaciones específicas para la selección del tipo de cemento y el tiempo de curado adecuados, lo que contribuirá a reducir los costos asociados al mantenimiento y prolongar la vida útil de las estructuras

Desde una perspectiva social ambiental, es fundamental proteger el ambiente marino, un ecosistema frágil y valioso. El uso de cemento adecuado y la implementación de técnicas de construcción que aseguren la resistencia y durabilidad del mortero en ambiente marino pueden contribuir a reducir el impacto ambiental de las estructuras costeras. Al mejorar la resistencia a la compresión del mortero en este entorno, se reducirá la necesidad de reconstrucción y reparación frecuente, lo que a su vez disminuirá la generación de residuos y el consumo de recursos naturales. Esto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, específicamente con el objetivo 11 de Ciudades y Comunidades Sostenibles (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015)

Para una correcta conducción de la investigación realizada, fue necesario plantear objetivos y es así que tenemos como objetivo general determinar la influencia del tipo de cemento y el tiempo de exposición sobre la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar, del mismo modo como objetivos específicos: analizar la variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto al tipo cemento a usar, analizar la variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto tiempo de exposición, determinar el tipo de cemento y tiempo de exposición con el que se tiene los mejores resultados de resistencia a la compresión del mortero en agua de mar

La respuesta de los problemas planteados son las hipótesis, es así que se indica que al variar el tipo de cemento y aumentar el tiempo de exposición del mortero en agua de mar, la resistencia a la compresión aumenta, teniendo que los mejores resultados se obtienen con el cemento tipo V como hipótesis general, y como hipótesis específicas tenemos: Hipótesis específica 1 H0: No existe variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto al tipo cemento a usar y H1: Si existe variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto al tipo cemento a usar, hipótesis específica 2 H0: No existe variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto tiempo de exposición y H1: Si existe variación de la resistencia

a la compresión del mortero en agua de mar respecto tiempo de exposición, finalmente la hipótesis específica 3: El tipo de cemento de cemento con el que se tiene los mejores resultados de resistencia a la compresión del mortero en agua de mar es el tipo V a los 28 días de exposición

A continuación, se mencionan las investigaciones que sirvieron de base para el presente trabajo:

Zhang y Zhu (2023) realizaron un trabajo experimental donde indican que el uso de agregados de coral en áreas remotas de arrecifes para preparar concreto en agua de mar ha reducido costos y tiempos de construcción en proyectos marinos. Sin embargo, la alta salinidad y porosidad de estos agregados afectan la durabilidad y el rendimiento del concreto. Por ello, este estudio empleó materiales activados alcalinamente en lugar de cemento Portland para preparar concreto y evaluó su comportamiento bajo inmersión y ciclos húmedo-seco. Se llevaron a cabo pruebas de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad en muestras de concreto con agregados de coral y materiales activados alcalinamente, así como en concreto tradicional, luego de exposición de 0, 6, 9 y 12 meses en ambientes marinos. Los resultados mostraron que el concreto tradicional fue más afectado por el entorno corrosivo que el concreto con materiales activados alcalinamente. Tras 12 meses de exposición al agua de mar, las propiedades mecánicas del primero disminuyeron mientras que las del segundo se mantuvieron casi constantes. La degradación fue más notable en el ciclo húmedo-seco. Esto se atribuyó a la microestructura densa y a los productos de reacción estables de los materiales activados alcalinamente, que los hacen más resistentes a la corrosión marina.

Mahmood et al (2023) realizaron una investigación en la que se analiza el impacto de la exposición a largo plazo en las características mecánicas y de durabilidad del concreto de cemento Portland ordinario (OPCC) con y sin agregado de concreto reciclado (ACR), empleando dos relaciones agua-cemento (a/c). Se examinaron cuatro mezclas de concreto (0.40-R0, 0.40-R30, 0.43-R0 y 0.43-R30) en ambientes simulados y naturales durante 90, 180 y 365 días. Se llevaron a cabo pruebas de resistencia a compresión, resistencia a tracción por flexión, resistencia de extracción y prueba de potencial de semicelda según normativas ASTM C39, ASTM C496, ASTM C900 y ASTM C876, respectivamente. Comparando los resultados, se observó que el concreto expuesto al ambiente marino natural sumergido en agua de mar mostró reducción en la resistencia a compresión y extracción, aumento en la resistencia a tracción por flexión y menor

resistividad a la corrosión en comparación con el concreto en el muelle de agua y ambiente simulado. El concreto con un 30% de ACR se vio afectado significativamente, con diferencias de hasta un 30% en resistencias mecánicas y un 40% en resistividad a la corrosión respecto al ambiente natural. La alta relación a/c también influyó en las propiedades del concreto. Los resultados microestructurales confirmaron la degradación del concreto en ambientes adversos, afectando sus propiedades mecánicas.

Cao et al. (2022) escribieron un REVIEW en el que indican que la utilización de restos de coral <sup>18</sup> como agregado en la preparación de concreto para ambientes marinos puede resolver problemas de escasez de materiales y reducir el consumo de energía por transporte. Sin embargo, la alta porosidad y contenido de sal en el agregado de coral afectan la durabilidad y resistencia de estructuras de concreto a largo plazo. La durabilidad del concreto modificado en entornos marinos, junto con problemas de corrosión, amenazan la integridad de estas estructuras. Con el fin de aplicar el concreto en la ingeniería práctica, se proponen protocolos de pretratamiento para fortalecer las propiedades físicas del agregado coralino en el concreto. Se espera que el uso de materiales cementicios, fibras y barras de acero inoxidable o polímeros reforzados con fibras, mejore su durabilidad, aunque las investigaciones son limitadas. En esta línea, se presenta la investigación actual sobre la durabilidad del concreto en ambientes marinos y se resumen los modelos de predicción de su vida útil. Este artículo brinda una comprensión más profunda del deterioro del concreto en estas condiciones y es un punto de partida para futuras investigaciones, promoviendo su uso en la ingeniería marina.

El-Khoury et al (2022) realizaron una experimentación donde redactaron que, aunque la exposición al agua de mar es relativamente común, hay pocos estudios que vinculen la caracterización microscópica con el comportamiento mecánico/macrocópico de materiales a base de cemento, utilizando una reformulación de agua de mar con todas sus sales múltiples en el laboratorio. El estudio experimental incluye el efecto de la salinidad, el tipo de cemento y la geometría de las muestras en el fenómeno de degradación. La solución de agua de mar se recompuso en el laboratorio disolviendo sales en agua desionizada. Se formó una capa estable de brucita y carbonato de calcio en la superficie de la muestra expuesta. También se observó la lixiviación continua <sup>15</sup> de hidróxido de calcio y la formación de sal de Friedel. Las propiedades mecánicas de las muestras atacadas permanecen iguales o ligeramente más bajas que las muestras de control, incluso si se pueden observar cambios significativos en la microestructura. Debido a la exposición

al agua de mar, los cilindros huecos registraron la mayor ganancia de masa y volumen, y por lo tanto, la mayor cantidad de productos formados. Estas evoluciones se aceleraron con el aumento de la salinidad, a diferencia de la expansión que no se vio afectada por el aumento de la salinidad y se mantuvo mínima. El cemento Portland ordinario registró un mayor aumento de volumen y peso que el cemento resistente al agua de mar.

Ik et al (2022) en su artículo investigó los impactos de la exposición al agua de mar en las propiedades mecánicas, de durabilidad y microestructurales de morteros de cemento que contenían sílice activada, metacaolín o polvo de vidrio con diferentes tasas de reemplazo. Se analizaron las condiciones de exposición, los períodos de exposición, los tipos de materiales cementicios suplementarios y las tasas de reemplazo. Las resistencias a la compresión, flexión y desprendimiento se midieron a intervalos regulares. También se realizaron pruebas para evaluar la durabilidad, como el cambio de masa, la absorción de agua y la permeabilidad al cloruro. Se utilizó la microtomografía computarizada para obtener información sobre los poros en los morteros. Los resultados indicaron que la exposición al agua de mar tuvo efectos positivos en la resistencia a la flexión y la durabilidad a corto plazo, pero estos efectos no perduraron. El metacaolín resultó ser el material suplementario más efectivo para minimizar la reducción en la resistencia a la compresión, mientras que la sílice activada contribuyó a la mejora en la durabilidad. Por otro lado, los morteros con polvo de vidrio no experimentaron cambios significativos en resistencia y durabilidad. Se observaron correlaciones sólidas entre la resistencia a la flexión y la durabilidad, explicadas por una hidratación adicional en los morteros debido al curado en agua de mar, que llenó poros de tamaño específico.

Pan et al (2021) escribieron un estudio donde relatan que, ante el aumento constante en la construcción de infraestructuras a nivel global, la disponibilidad de arena de río y agua dulce para la fabricación de concreto ha enfrentado una grave escasez, particularmente en zonas costeras. Para afrontar este desafío, investigadores han comenzado a explorar la viabilidad de emplear agua de mar y arena marina como alternativas. Este informe presenta los resultados de un estudio integral sobre las propiedades mecánicas y microestructurales del concreto elaborado con agua de mar y arena marina. Se produjeron tres tipos de concreto: con agua de mar y arena marina (SSC), con arena marina (SC) y concreto convencional (OC), utilizando dos relaciones diferentes entre agua y cemento. Se examinaron la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, el módulo dinámico de elasticidad y la relación esfuerzo-deformación, junto con

un análisis microestructural de todas las variantes de concreto. Se observó que el uso de agua de mar y arena marina provocó un incremento en la resistencia a la compresión en las primeras etapas, pero una ligera disminución en la resistencia a los 28 días. La resistencia a la flexión del concreto con agua de mar y arena marina, así como del concreto con arena marina, mejoró a los 28 días en comparación con el concreto convencional. El módulo dinámico de elasticidad del concreto fabricado con agua de mar y arena marina, o con arena marina, experimentó una mejora significativa, sobre todo en las primeras etapas. Los análisis de difracción de rayos X (XRD) y microscopía electrónica de barrido (SEM) confirmaron además que la arena marina y el agua de mar ejercen un impacto destacado en la morfología superficial, y en la fase de etringita con cristales con forma de fibras, lo que conduce a una estructura compacta y menos porosa, y a una mejora en el comportamiento mecánico.

Qu et al (2021) revisaron literatura y escribieron un REVIEW, en este nos explican que la degradación de la durabilidad del concreto cementicio y del concreto reforzado (RC) es crucial para la durabilidad, seguridad y sostenibilidad de las infraestructuras, especialmente en estructuras de concreto en el mar. En este artículo, se revisan sistemáticamente los efectos del ambiente marino en el mecanismo de deterioro, el rendimiento y la durabilidad de los materiales y estructuras de concreto. En cuanto al mecanismo de deterioro, se analiza y compara el efecto de diferentes sustancias químicas en el agua de mar y en diferentes zonas de exposición marina en el concreto cementicio y reforzado. A nivel de material, se discuten las características del concreto cementicio, como la resistencia a la compresión, la difusión de cloruros, la carbonatación y la estructura de poros. Por otro lado, también se compara el rendimiento del concreto cementicio con la adición de materiales cementicios suplementarios cuando se expone al ambiente marino. A nivel estructural, se evalúa la durabilidad de las estructuras RC, incluidas vigas, losas y otros elementos con protección contra la corrosión en el ambiente marino. Además, se presentan casos de estudio de estructuras RC después de muchos años de exposición al ambiente marino. Además, se proponen perspectivas para aplicaciones prácticas en concreto en ambientes marinos. Las conclusiones son de gran beneficio para investigadores e ingenieros de la industria relacionada con el concreto que buscan desarrollar infraestructuras duraderas y sostenibles en ambientes marinos.

Yi et al (2020) escribieron el REVIEW en el que presentan una revisión exhaustiva sobre la degradación del concreto cuando se expone al ataque del agua de mar, con un

enfoque particular en la exposición en ambientes reales. La investigación previamente reportada en la literatura ha indicado que la salinidad del agua de mar varía considerablemente en diferentes ubicaciones, aunque la composición de los iones es similar. Dada esta variabilidad, los estudios en laboratorio deben emplear agua de mar artificial específica para simular las condiciones en el campo. Se examinan los cambios de fase que ocurren debido a la presencia de iones de cloruro, magnesio y sulfato en el agua de mar. Se revisa la interacción entre los hidratos y los iones de cloruro, que puede resultar en la formación de sales de Friedel y Kuzel. El ion de magnesio puede reemplazar al calcio en la portlandita, lo que disminuye la alcalinidad de la solución porosa y, en última instancia, debilita el gel C-S-H. Además, la presencia de iones de cloruro inhibe la formación de etringita expansiva. En la zona de marea, los cambios de fase afectan principalmente la superficie del concreto, debilitando su estructura y causando desprendimiento y delaminación debido al impacto físico de las olas. Basándose en los mecanismos de deterioro ya identificados, también se examinan los procedimientos para mejorar el rendimiento de durabilidad del concreto marino, tales como el uso de materiales cementicios suplementarios (SCMs) para reducir la penetración de cloruros y, con mayor promisorio, la exploración de sistemas de aglutinantes alternativos. El artículo también presenta la idea de diseñar un sistema de revestimiento más duradero al mejorar la estabilidad química de los hidratos del cemento, promover la autocuración rápida y controlar de manera inteligente la alcalinidad.

Khatibmasjedi et al (2020) se encargaron de redactar un artículo donde revisaron que el uso de agua de mar en la preparación de concreto reforzado (RC) ha estado prohibido en la mayoría de los códigos de construcción debido a la posible corrosión de la armadura de acero. Sin embargo, esta preocupación podría superarse mediante el uso de refuerzo no corrosivo, como el polímero reforzado con fibra de vidrio (GFRP). Aunque la resistencia a largo plazo del concreto mezclado con agua de mar en diferentes ambientes no es clara, esta investigación se centra en examinar su comportamiento. El estudio compara el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto mezclado con agua de mar en diferentes ambientes de curado, como la exposición al aire libre, la zona de marea, el curado húmedo y la inmersión en agua de mar a alta temperatura. Los resultados muestran que el concreto mezclado con agua de mar tuvo un rendimiento similar o incluso mejor que el concreto de referencia en ciertos entornos. Específicamente, cuando se expuso al agua de mar a 60°C, el concreto con agua de mar mostró un desarrollo de

resistencia a compresión un 14% más alto que el concreto de referencia a los 24 meses. Esto se atribuye a la estructura microscópica densa y a los productos de reacción estables del **concreto con agua de mar**. Además, se descubrió que el concreto con agua de mar tenía una resistividad eléctrica un 33% mayor que el concreto de referencia, lo que indica una menor lixiviación. Estos resultados sugieren que el concreto mezclado con agua de mar podría ofrecer un mejor rendimiento en comparación con el concreto de referencia en aplicaciones marinas y sumergidas.

Wang et al (2020) escribieron un PAPER en el que verificaron que el usar **agua de mar en la mezcla de concreto** podría reducir la **demanda de agua dulce** en la producción de concreto para infraestructuras marinas. Para entender cómo afectan las propiedades de los materiales cementicios mezclados con agua de mar, se llevó a cabo una investigación. Se evaluaron los efectos de la **relación agua/cemento**, la sustitución parcial de cemento ordinario por materiales cementicios adicionales y **la concentración de sal en el agua de mar en** las características reológicas, **la** resistencia a la compresión, los productos de hidratación y la microestructura del cemento. Los resultados indican que todas las mezclas con agua de mar tuvieron un aumento en la viscosidad, tensión de cedencia, área tixotrópica y **resistencia a la compresión en comparación con** las mezclas de agua desionizada. Además, se observó un aumento más **significativo en la resistencia en mezclas** con una relación agua/cemento más baja. **A medida que aumentaba la concentración de sal en el agua de mar**, no se observó un aumento lineal en la resistencia; en cambio, hubo un aumento inicial seguido de una disminución. Esto se debió a la combinación de iones cloruro y Na<sup>+</sup> que afectaron el desarrollo de la resistencia. Curiosamente, se encontró que había una correlación entre la viscosidad y la resistencia en las mezclas con agua de mar, donde una viscosidad más alta indicaba una mayor resistencia.

Guo et al (2018) con el artículo que escribieron exploraron los impactos del uso y curado con agua de mar en la ganancia de resistencia de distintas categorías de concreto. Se sometió a prueba la resistencia a la compresión de un total de 192 cubos de concreto. El estudio reveló que el agua de mar influye en la velocidad de aumento de la resistencia del concreto, ya sea utilizada en la mezcla o en el proceso de curado. Se notó una disminución de alrededor del 15% **en la resistencia del concreto elaborado con agua de mar en comparación con** los especímenes similares de concreto preparados y curados con agua dulce a los 90 días. Resultó que el concreto de mayor resistencia mostró una mayor

susceptibilidad a la disminución de la resistencia en contraste con el concreto de menor resistencia, el cual fue curado con agua de mar. Asimismo, se observó <sup>2</sup> que el uso de agua de mar en la elaboración del concreto redujo la estabilidad de sus propiedades.

Uthaman et al. (2018) redactaron un PAPER donde nos explican que el uso de ceniza volante en la industria del concreto busca disminuir la cantidad de cemento y mejorar la durabilidad. En la industria nuclear, el concreto con ceniza volante se emplea <sup>38</sup> para reducir la huella de carbono y aumentar la durabilidad de estructuras expuestas al ambiente marino. Sin embargo, a pesar de sus beneficios, el concreto con ceniza volante presenta desafíos como fraguado y hidratación lentos, baja resistencia inicial y mayor carbonatación. Este estudio propone una solución mediante la modificación nanofásica del concreto con la incorporación de nano-titania y nano-carbonato de calcio al 2% en peso de cemento. Se crearon cuatro mezclas de concreto y se analizaron propiedades. Tras 28 días de curado en agua potable, las muestras se expusieron al agua de mar durante 56, 90, 180 y 365 días. La modificación nanofásica aceleró la hidratación, aumentó la resistencia inicial y a largo plazo, la resistividad eléctrica, y redujo la penetración de cloruro y carbonatación. La sinergia entre 1% de carbonato de calcio nano y 1% de nano-titania mostró excelentes propiedades mecánicas, durabilidad y actividad antibacteriana. Este enfoque mejora la viabilidad del concreto con ceniza volante en ambientes marinos.

También se tiene que tener presente conceptos básicos referentes al trabajo como son el del cemento, en este caso el cemento Portland es el material aglutinante hidráulico que consiste en clínker de cemento Portland, un 0~5% <sup>6</sup> de piedra caliza o escoria granulada de alto horno, y una cantidad limitada de yeso; este Es un producto complejo obtenido a partir de materias primas naturales comunes sin procesar: piedra caliza y arcilla. En consecuencia, las características del clínker de cemento Portland pueden variar de una planta de cemento a otra. Para limitar las variaciones de las propiedades tecnológicas del cemento Portland, se han desarrollado estándares de aceptación, pero en la actualidad estos estándares no son satisfactorios para todo el mercado del concreto (Gartner y Sui, 2018)

El cemento a su vez es la base para elaborar el mortero y el concreto, que es un material de construcción hecho por el ser humano que se asemeja a la piedra. El cemento <sup>14</sup> desempeña un papel crucial en la industria <sup>3</sup> de la construcción y la ingeniería civil, ya que su característica principal es la capacidad de formar estructuras pétreas robustas y perdurables cuando se combina con áridos y agua. El cemento Portland, constituido

<sup>36</sup> principalmente por silicatos de calcio y aluminatos de calcio en forma de polvo fino, experimenta un proceso de fraguado y endurecimiento a temperatura ambiente al entrar en contacto con el agua. La utilización de cemento tiene una larga historia, remontándose a los romanos que empleaban un cemento natural para unir piedras mediante la mezcla de cal y materiales de las proximidades de Pozzuoli, término que dio origen a la denominación actual de "puzolanas" para materiales con comportamiento similar. En la actualidad, el cemento se emplea en diversas construcciones, desde cimientos hasta techos, siendo uno de los materiales más ampliamente utilizados en el ámbito global debido a su resistencia, durabilidad, costo accesible y versatilidad de aplicaciones (Sanjuan y Chinchón, 2014).

### Figura 1

Cemento tipo I y V (ASOCEM, 2023)



<sup>12</sup> Dentro de los tipos de cemento se tiene al tipo I y tipo V, el primero se fabrica para usos generales, mientras el tipo V al tener un bajo contenido de C3A evita el ataque de sulfatos, químicamente se tiene que poseen un porcentaje muy parecido de CaO ( 64.7 y 64.3 respectivamente) mientras que en los demás componentes principales si hay variaciones, por ejemplo la sílice, el tipo I posee 19.9, mientras que el tipo V posee 22% de esta, en el caso de la alúmina, el tipo I posee un valor más alto (6.5%) y el tipo V, 4.2%,

finalmente el óxido férrico, 2.1% para el tipo I y 5.1% para el tipo V, esta variación de los componentes químicos genera propiedades diferentes para estos cementos haciendo que el tipo V sea más resistente al ataque de sulfatos como se mencionó con anterioridad (Ahmad et al, 2020).

Como ya se indicó, uno de los productos que se puede obtener en base a cemento, es el mortero, este es un material de construcción utilizado para revestir paredes o unir unidades de albañilería o bloques, generalmente está compuesto por cemento, arena y agua, pudiendo incluir cal. En la actualidad, los morteros pueden ser elaborados en el lugar de la construcción o adquiridos preelaborados, y la elección de la proporción es crucial para su compatibilidad con otros elementos constructivos. Se busca comúnmente un mortero con alta permeabilidad al vapor de agua, baja absorción de agua capilar, baja porosidad, alta resistencia a la compresión y tracción, así como una fuerte adherencia al sustrato. [Travincas et al., 2023; Torres et al., 2019; Silveira et al., 2021]; otro material en base a cemento es el concreto, la palabra "concreto" proviene del latín "concretus", que significa "crecer juntos", este es un material compuesto cuya composición tiene un material granular grueso (el agregado o relleno) incrustado en una matriz sólida (cemento o aglutinante) que llena el espacio entre las partículas del agregado y las une. Alternativamente, podemos decir que el concreto es un material compuesto que consiste esencialmente en un medio aglutinante en el que se incrustan partículas o fragmentos de agregados (Li et al, 2023)

## Figura 2

*Uso de mortero para revestimiento de paredes y unión de ladrillo (Cuevadelcivil.com, 2012)*



De este se medirá la resistencia a la compresión, que es una propiedad que hace referencia a la aptitud de un material para mantenerse firme frente a cargas o fuerzas que buscan comprimirlo, lo que equivale a disminuir su volumen o longitud. Esta característica es esencial para evaluar la capacidad de un material de evitar deformaciones permanentes o incluso su colapso cuando se somete a cargas de compresión. Su evaluación se lleva a cabo mediante pruebas de compresión, en las cuales una carga axial se aplica gradualmente sobre el material hasta que se alcanza el punto en el cual se produce la fractura o deformación plástica. (Asteris y Mokos, 2019)

Y el ambiente donde serán curados es el agua de mar, teniendo en cuenta que la sal es el componente principal del agua de mar, es bueno centrarse en su abundante contenido salino al hablar de sus características, sin pasar por alto la existencia de otros componentes en cantidades menores. Las concentraciones de estos componentes pueden variar según el origen y las propiedades fisicoquímicas del agua. Por lo general, la salinidad de referencia del agua de mar es de 35,000 mg/L, y a esta concentración se pueden conocer propiedades como el calor específico o la presión osmótica (Benavides, 2020)

## II. ETODOLOGÍA

### 1 II.1. Enfoque, tipo

La presente investigación es de tipo aplicada, en este sentido tenemos que la metodología de investigación que se centra en abordar cuestiones prácticas y aplicar los hallazgos de la investigación en situaciones concretas es conocida como investigación aplicada. Este enfoque se emplea para desarrollar soluciones prácticas a problemas específicos que ocurren en la vida real. Aunque se sustenta en teorías y estudios previos, su enfoque principal radica en la aplicación práctica de los resultados obtenidos (En el caso de este proyecto, se hizo uso de la investigación aplicada para analizar cómo el mortero responde en condiciones reales de exposición al entorno marino. (Hernández et al, 2014).

A su vez es de tipo experimental, teniendo que la metodología de investigación experimental se emplea para poner a prueba hipótesis y establecer vínculos de causa y efecto entre variables. En este enfoque, las variables independientes son manipuladas para analizar su impacto en las variables dependientes (Ñaupas et al, 2013). En el contexto de la tesis "Impacto del tipo de cemento y el tiempo de exposición en la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar", se recurrió a la investigación experimental para analizar cómo el mortero reacciona en diversas condiciones de exposición al entorno marino en donde se explorará el uso de cemento de tipos I y V, y se cuantificó la resistencia a la compresión en intervalos de 7, 14 y 28 días.

8 Tiene un enfoque cuantitativo, el cual se fundamenta en la recopilación y el análisis de datos numéricos. Su propósito es medir y cuantificar variables, descubrir patrones y promedios, efectuar predicciones y validar relaciones. La investigación de índole cuantitativa es imparcial, basándose en mediciones numéricas y análisis estadísticos inferenciales para poner a prueba hipótesis preexistentes. Esta técnica es ampliamente empleada en campos como las ciencias naturales y sociales, tales como biología, química, psicología, economía, sociología y marketing (Blanco, 2011).

### II.2. Diseño de investigación

En cuanto al diseño, se utilizará un Diseño Bifactorial, el cual es una estrategia empleada en la investigación experimental para examinar el impacto conjunto de dos

variables independientes sobre una variable dependiente. Esta metodología posibilita el análisis tanto de los efectos individuales de cada variable como de las interacciones entre ambas. Se aplica cuando se busca evaluar cómo dos factores diversos inciden en una respuesta o resultado específico. El diseño experimental bifactorial facilita un análisis sistemático y riguroso de cómo distintas variables influyen en la variable de interés. Al manipular y mantener bajo control las variables independientes, es posible arribar a conclusiones más precisas sobre las relaciones causales y los efectos de cada factor. Adicionalmente, esta aproximación permite detectar potenciales interacciones entre las variables, otorgando una comprensión más profunda de los efectos observados (Fernández, 2020).

### II.3. <sup>5</sup> Población, muestra y muestreo

#### <sup>5</sup> Población

La población estuvo conformada por probetas cúbicas de 2" de mortero bajo la norma ASTM C109 elaboradas con cemento tipo I y tipo V sometidas a agua de mar a distintos tiempos

#### <sup>1</sup> Muestra

La muestra estuvo conformada por 90 probetas elaboradas, de las cuales se tiene 30 probetas por tipo de cemento (tipo I y tipo V) las cuales a la vez se dividirán en 15 probetas por tiempo de exposición (7, 14 y 28 días), el detalle se observa en la siguiente tabla

**Tabla 1**  
*Detalle de la muestra usada*

TIEMPO (días)	TIPO DE CEMENTO	
	TIPO I	TIPO V
7	15	15
14	15	15
28	15	15
<b>TOTAL</b>	90	

## Muestreo

Se trabajó en base a muestreo no probabilístico

### II.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos/ equipos de laboratorio/ informe de laboratorio especializado

#### II.4.1. Técnicas e instrumentos de recojo de datos

La metodología empleada para la adquisición de información se basa en la observación directa, una técnica de vital importancia en el ámbito de la investigación, que goza de una amplia popularidad entre científicos sociales y observadores de la naturaleza por igual. Este enfoque implica la recopilación de datos a través de la cuidadosa y sistemática observación y registro de eventos tal como ocurren en su entorno natural, evitando cualquier tipo de alteración en dicho entorno. Esta estratégica aproximación proporciona una comprensión profunda y exhaustiva de los fenómenos bajo estudio, capturando incluso los detalles más sutiles que podrían pasarse por alto si se aplicaran otras metodologías. (Brandao et al., 2018)

En lo que respecta al instrumento utilizado para la recopilación de información, se emplearán formatos meticulosamente diseñados siguiendo las pautas de los ensayos estandarizados. Es esencial destacar que estos ensayos se llevarán a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Materiales de la Universidad Católica de Trujillo "Benedicto XVI", y contarán con la atenta supervisión del asesor o docente encargado del mencionado laboratorio.

Para iniciar el proceso, se caracterizó el cemento a utilizar, en este caso tipo I y tipo V, esta caracterización fue de tipo química, mediante Fluorescencia de Rayos X (FRX) y en el caso de la caracterización física se realizó mediante lo indicado en las normas NTP 334.001 (finura y superficie específica), NTP 334.005 (densidad)

En segundo lugar, se prepararon los materiales para su uso, esto incluye el pesaje de estos, tamizado en el caso de la arena (se utilizó arena Ottawa), así como el engrasar los moldes y tenerlos listos para su uso.

Luego de esto, se llevó a cabo la preparación de las probetas según el tipo de cemento que se utilizará, que incluye los tipos I y V. Estas probetas fueron ubicadas en bateas y baldes, sometidas a un proceso de curado en agua de mar durante los períodos de tiempo

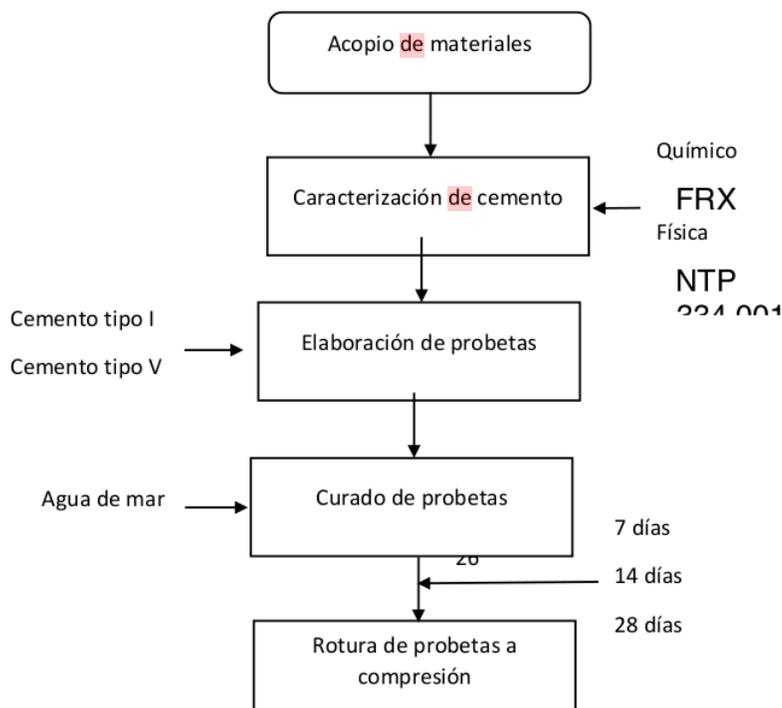
designados, que abarcan 7, 14 y 28 días. La confección de estas probetas se elabora siguiendo las especificaciones establecidas en la norma ASTM C109, titulada "Método de Ensayo Estándar para la Resistencia Compresiva de Morteros de Cemento Hidráulico".

A continuación, se procedió a realizar los ensayos de compresión en los intervalos de tiempo especificados, empleando una prensa hidráulica y siguiendo las pautas descritas en la norma mencionada anteriormente. Dicha normativa detalla los procedimientos y requisitos necesarios para la ejecución de ensayos de compresión en especímenes de mortero con forma cúbica, con aristas de 2 pulgadas. Asimismo, proporciona instrucciones minuciosas respecto a la preparación de las muestras, la cantidad de material a utilizar, los equipos de ensayo, el proceso de carga y la recopilación de datos, así como la determinación de la resistencia a la compresión del mortero.

Después de completar los ensayos, se hizo una evaluación de los resultados utilizando el método estadístico con el fin de generar el informe correspondiente de la tesis, este análisis incluyó estadística descriptiva e inferencial. Es relevante destacar que este diseño experimental se caracteriza por ser bifactorial, ya que implica el análisis de dos variables independientes y cómo la interacción entre ambas influye en una variable dependiente.

Para una mejor comprensión detallada del desarrollo del trabajo en laboratorio, se tiene el diagrama de flujo siguiente:

**Figura 3**  
*Diagrama de flujo*



#### II.4.2. Equipos de laboratorio

**Prensa para rotura de probetas:** para realizar el ensayo de compresión a las probetas

**Balanza:** para obtener el peso de cada probeta

**Vernier:** para medir las dimensiones de las probetas

#### II.5. <sup>1</sup> Técnicas de procesamiento y análisis de la información

La exploración y explicación de los datos y resultados se llevó a cabo a través de la aplicación de técnicas estadísticas descriptivas, tablas e ilustraciones. La estadística descriptiva constituye un componente esencial de la investigación, utilizada para presentar las características fundamentales de los datos contemplados en el estudio. Estas proporcionan resúmenes concisos acerca de la muestra y las medidas obtenidas (Mishra et al., 2019) (Chen et al., 2018).

<sup>21</sup> De igual manera, para respaldar la ejecución de los análisis, se recurrió al software Ms Excel. Este programa es uno de los más ampliamente utilizados para el almacenamiento y análisis de datos, dado que no requiere conocimientos previos de programación ni destrezas matemáticas complejas, a diferencia de otros programas (Okagbue et al., 2021).

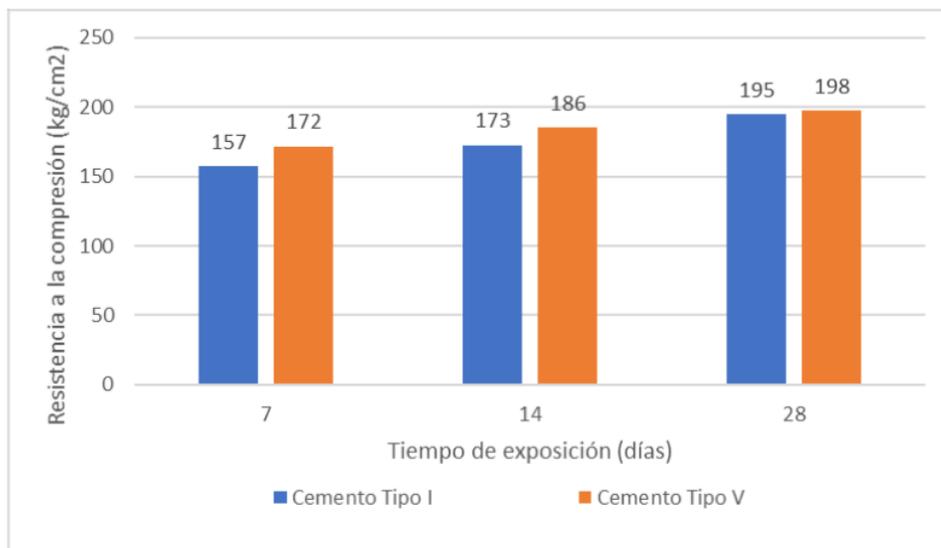
#### II.6. Aspectos éticos en investigación

En la ejecución de este estudio, se llevó a cabo una exhaustiva recopilación de información, asegurando su meticulosidad y veracidad. Este proceso se condujo de manera rigurosa, en estricta concordancia con los códigos éticos de investigación establecidos tanto por la Universidad Católica de Trujillo "Benedicto XVI" como por los organismos internacionales pertinentes. En cada fase del desarrollo, se garantiza la integridad y transparencia del procedimiento, respetando las regulaciones actuales para salvaguardar la autenticidad y exactitud de la exploración en cuestión.

### III. RESULTADOS

#### III.1. Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto al tipo de cemento utilizado.

**Figura 4** Gráfico del análisis comparativo de la resistencia a la compresión respecto al tipo de cemento utilizado.



La figura anterior muestra análisis comparativo de la resistencia a la compresión de morteros en agua de mar cuando se cambia el tipo de cemento, en este caso se puede observar que todas las resistencias a lo largo del tiempo han ido variando cuando se cambiaba el tipo de cemento, teniendo que los morteros con cemento tipo V obtienen mayor resistencia a la compresión en cada tiempo de exposición evaluado.

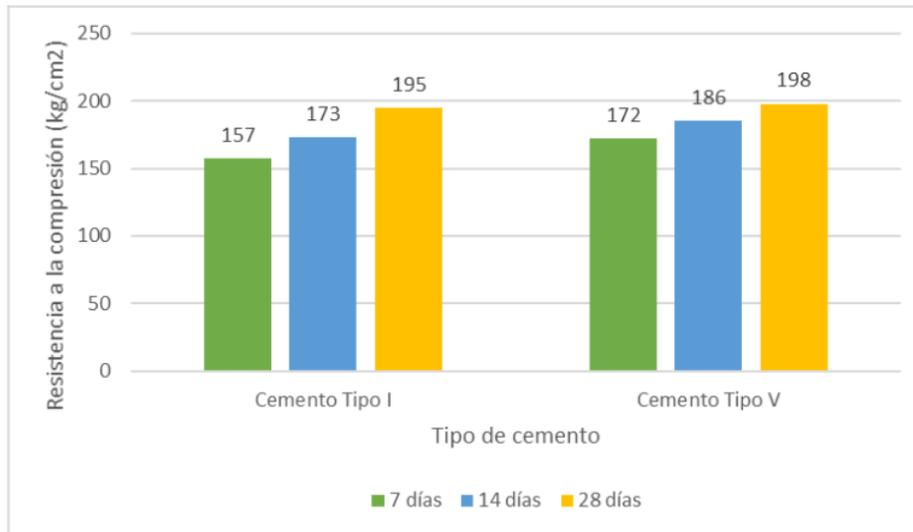
Se tiene que a los 7 días, el cemento tipo V tiene una resistencia 9% mayor que la del tipo I; a los 14 días, la resistencia del mortero con cemento tipo V es 7% mayor y finalmente a los 28 días, es 1% mayor que la de morteros con cemento tipo I, de esta manera se observa que existe una variación de la resistencia a la compresión de morteros en agua de mar respecto al tipo de cemento usado, rechazando así la hipótesis nula y aceptando la hipótesis

alternativa planteada (H1) Si existe variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto al tipo cemento a usar

### III.2. Análisis comparativo de la resistencia a la compresión respecto del mortero en agua de mar respecto tiempo de exposición

**Figura 5**

Gráfico del análisis comparativo de la resistencia a la compresión respecto al tiempo de exposición



El análisis de la figura anterior muestra que la resistencia a compresión de los morteros varía respecto al tiempo de exposición en agua de mar, teniendo que para ambos casos (tipos de cemento) la variación es lineal positiva (ascendente), la tabla siguiente muestra esta variación porcentualmente tomando los 7 días de exposición como punto inicial:

**Tabla 2**

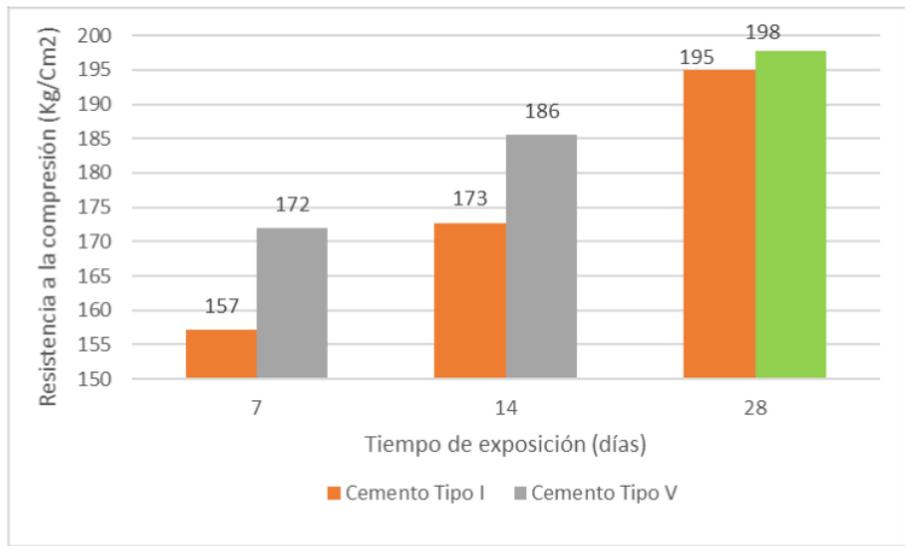
Variación porcentual de la resistencia respecto a los días de exposición (7 días punto inicial)

TIEMPO (días)	TIPO DE CEMENTO	
	TIPO I	TIPO V
7	0	0
14	10%	8%
28	24%	15%

Con la variación porcentual observada para cada tipo de cemento en cada tiempo de exposición, se puede rechazar la hipótesis H0 y aceptar la hipótesis H1: Si existe variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto tiempo de exposición

### III.3. Análisis comparativo de la resistencia a la compresión respecto al tipo de cemento y tiempo de exposición

**Figura 6**  
Gráfico del análisis comparativo de la resistencia a la compresión respecto al tipo de cemento y tiempo de exposición

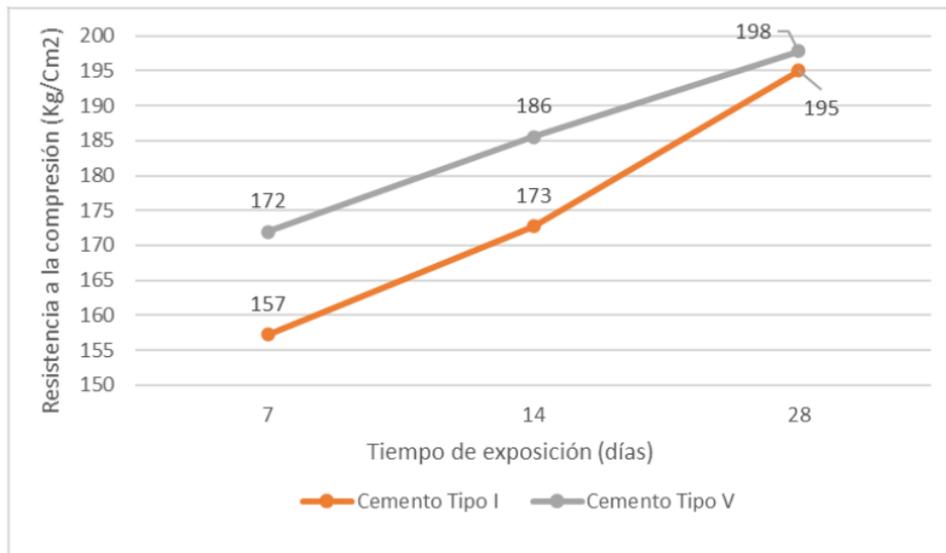


La figura anterior muestra la combinación entre tipo de cemento y tiempo de exposición en agua de mar, es así que se muestra que la mayor resistencia a la compresión la posee el cemento tipo V a los 28 días de exposición en agua de mar con 198 kg/cm<sup>2</sup>, este valor es 1% mayor al que presenta el cemento tipo I en el mismo tiempo de exposición en esta agua, con lo que se acepta la hipótesis planteada: El tipo de cemento con el que se tiene los mejores resultados de resistencia a la compresión del mortero en agua de mar es el tipo V a los 28 días de exposición

### III.4. Análisis comparativo de la influencia del tipo de cemento y el tiempo de exposición sobre la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar

Figura 7

Gráfico del análisis del tipo de cemento y el tiempo de exposición sobre la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar



La figura que antecede demuestra que conforme aumenta el tiempo de exposición en agua de mar y también cambia el tipo de cemento usado, existe una influencia positiva en la resistencia a la compresión de morteros, siendo que con el cemento tipo V las resistencias a la compresión son mayores que con el cemento tipo I y a la vez conforme aumenta el tiempo de exposición en agua de mar, aumenta la resistencia a la compresión de los morteros. Con lo antes dicho se acepta la hipótesis general que se planteó al inicio de la investigación: Al variar el tipo de cemento y aumentar el tiempo de exposición del mortero en agua de mar, la resistencia a la compresión aumenta, teniendo que los mejores resultados se obtienen con el cemento tipo V.

#### IV. DISCUSIÓN

- Al analizar la variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto al tipo de cemento a usar, se tuvo que efectivamente al variar el tipo de cemento se obtenían resultados diferentes, esto es revalidado por Ik et al (2022) quienes desarrollaron una investigación 4 tipos de cementos y obtuvieron resultados variados para cada tipo de cemento, hay que resaltar que las resistencias obtenidas en dicho trabajo son diferentes a los resultados obtenidos en el presente investigación, debido a que los tipos de cemento usados son totalmente diferentes; El-Khoury et al (2022) también obtuvo que el tipo de cemento a utilizar influye en la resistencia a la compresión, salvo que en este caso se desarrolló en concreto expuesto en agua de mar.
- El-Khoury et al (2022) indica que conforme aumenta el tiempo de exposición en agua de mar, aumenta la resistencia a la compresión de las muestras que evaluaron, este mismo comportamiento es revelado en la investigación de Guo et al (2018) y de Ik et al (2022) teniendo que todas las investigaciones coinciden en este comportamiento positivo al igual que lo demostrado en la presente investigación, este comportamiento se debe al comportamiento alcalino que presenta el agua de mar analizada, que si bien este fuese más alto puede generar complicaciones como reacciones álcali sílice en el concreto; a su vez, se tiene que tener en cuenta que debido a la cantidad de cloruros y sulfatos presentes en el agua de mar, esta agua sólo puede ser usada para concreto simple ya que si se usara para concreto armado provocaría que las varillas se corroan con mayor facilidad.
- En el caso del tipo de cemento y tiempo de exposición con el que se tienen los mejores resultados de resistencia a la compresión del mortero en agua de mar, los resultados más altos se obtuvieron a los 28 días de curado, sin embargo el cemento tipo V obtuvo mayores resultados debido al mayor porcentaje de  $\text{SiO}_2$  que presenta (22.1%) en relación al cemento tipo I, esto también se observa en la investigación de Ik et al (2022) donde los tipos de cemento usado generan diferentes resistencias, siendo el cemento de humo de sílice el que genera mayores resistencias debido a su 92.8% de  $\text{SiO}_2$  presente en ese cemento.

- Finalmente, Ik et al (2022), El-Khoury et al (2022), Guo et al (2018), tienen como resultado que tanto el tipo de cemento, como el tiempo de exposición en agua de mar influyen en la resistencia a la compresión de morteros o de concreto (ambos materiales compuestos con matriz de cemento) y esta influencia es similar a la obtenido en la presente investigación donde se indicó que la influencia del tipo de cemento existe ya que dependiendo del tipo de cemento usado se generan diferentes resistencias, y que la influencia del tiempo de exposición es positiva ya que conforme éste aumenta, aumenta la resistencia a la compresión de los morteros

## V. CONCLUSIONES

<sup>1</sup> Se tiene que tanto el tipo de cemento como el tiempo de exposición en agua de mar influyen en la <sup>1</sup> resistencia a la compresión de morteros, teniendo que el cemento tipo V genera mayores resistencias <sup>2</sup> que el tipo I y que el tiempo de exposición es directamente proporcional a la resistencia, es decir conforme aumenta el tiempo de exposición <sup>2</sup> en agua de mar, aumenta la resistencia a la compresión de morteros.

<sup>1</sup> Existe variación de la resistencia a la compresión de morteros con respecto al tipo de cemento, teniendo que el cemento tipo V tuvo mejores resultados que el tipo I, siendo que, a los 7 días, el cemento tipo V tiene una resistencia 9% mayor que la del tipo I; a los 14 días, la resistencia del mortero con cemento tipo V es 7% mayor y finalmente a los 28 días, es 1% mayor que la de morteros con cemento tipo I

En el caso del tiempo de exposición, también genera <sup>1</sup> variación de la resistencia a la <sup>2</sup> compresión de morteros teniendo que esta variación es positiva, es decir, conforme <sup>1</sup> aumenta el tiempo de exposición en agua de mar, aumenta <sup>1</sup> la resistencia a la compresión de morteros

Finalmente <sup>13</sup> se tiene que el cemento y tiempo de exposición con los que se obtienen los mejores resultados <sup>13</sup> de resistencia a la compresión de morteros en agua de mar, son el <sup>13</sup> cemento tipo V a los 28 días de curado con 198 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es 1% mayor al que presenta el cemento tipo I

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda extender el tiempo de exposición en agua de mar al menos 6 meses más para verificar cambios en la resistencia a largo plazo

Así mismo se debe hacer análisis químicos después de la exposición para prever posibles patologías provocadas por el ambiente marino

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, Sh., Lawan, A. y Al-Osta, M. (2020) Effect of sugar dosage on setting time, microstructure and strength of Type I and Type V Portland cements. *Case Studies in Construction Materials*. 13(2020), e00364.  
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00364>
- Asteris, P. y Mokos, V. (2019) Concrete compressive strength using artificial neural networks. *Neural Computing and Applications*. 32(2020), 11807–11826.  
<https://doi.org/10.1007/s00521-019-04663-2>
- Benavides, C. (2020) *Diseño y construcción de un destilador solar con sistema de lente Fresnel destinado a la desalinización de agua de mar* [Tesis de titulación, Universidad de Guayaquil] Repositorio UG  
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50506>
- Blanco, C. (2011) *Encuesta y estadística. Métodos de investigación cuantitativa en ciencias sociales y comunicación*. Editorial Brujas
- Brandao, C., Carvalho, J. y Alzás, T. (2021) La práctica en investigación cualitativa. Experiencias de grupos de investigación. *New Trends in Qualitative Research*. 5(2021). <https://doi.org/10.36367/ntqr.5.2021>
- Cámara de Comercio de La Libertad. (2020, noviembre 01) *Sector construcción en la libertad cayó en un 17,8 % a setiembre de este año*  
<https://www.camaratru.org.pe/web2/index.php/jstuff/noticias-destacadas/item/5441-sector-construccion-en-la-libertad-cayo-en-un-17-8-a-setiembre-de-este-ano>
- Cao, Y., Bao, J., Zhang, P., Sun, Y. y Cui, Y. (2022) A state-of-the-art review on the durability of seawater coral aggregate concrete exposed to marine environment. *Journal of Building Engineering*. 60(2022), 105199.  
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105199>
- Chen, T., Xu, M., Tu, J., Wang, H. y Niu, X. (2019) Relationship between Omnibus and Post-hoc Tests: An Investigation of performance of the F test in ANOVA. *Ann Card Anaesth*. 30(1), 60-64. <https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.218014>
- Cinvestav. (2020, octubre 5) *La corrosión es el principal problema de las estructuras de concreto reforzado*. <https://conexion.cinvestav.mx/Publicaciones/la-corrosi243n-es-el-principal-problema-de-las-estructuras-de-concreto-reforzado>
- El-Khoury, M., Roziere, E., Grondin, F., Cortas, R. y Hage, F. (2022) Experimental evaluation of the effect of cement type and seawater salinity on concrete offshore

- structures. *Construction and Building Materials*. 322(2022), 126471.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126471>
- Fernández, F. (2020) *Diseño de experimentos: Diseño factorial* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Catalunya] Repositorio UP  
[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/339723/TFM\\_Fernandez\\_Bao\\_Sheila.pdf?sequence=1](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/339723/TFM_Fernandez_Bao_Sheila.pdf?sequence=1)
- Gartner, E., y Sui, T. (2018) Alternative cement clinkers. *Cement and Concrete Research*. 114(2018), 27-39. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.02.002>
- Guo, Q., Chen, L., Zhao, H., Admilson, J. y Zhang, W. (2018) The effect of mixing and curing sea water on concrete strength at different ages. *International Conference on Materials Applications and Engineering 2017*. 142(2018), 02004.  
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201814202004>
- Hernandez, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación (6ta ed.)*. McGrawHill Education.
- Ik, S., Kil, J., Hee, T., Pae, J., Moon, J. y Ook, M. (2022) Early-age mechanical properties and microstructures of Portland cement mortars containing different admixtures exposed to seawater. *Case Studies in Construction Materials*. 16(2022), e01041.  
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01041>
- Juárez, L. (2010) *Durabilidad de concreto expuesto a un ambiente marino* [Tesis de doctorado, Instituto Politécnico Nacional - México] Repositorio Institucional.  
[http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/LITER\\_CIIDIROAX/119/Juarez%20Ruiz%2C%20L.%20A%202010.pdf?isAllowed=y&sequence=1](http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/LITER_CIIDIROAX/119/Juarez%20Ruiz%2C%20L.%20A%202010.pdf?isAllowed=y&sequence=1)
- Khatibmasjedi, M., Ramanathan, S., Suraneni, P. y Nanni, A. (2020) Compressive strength development of seawater-mixed concrete subject to different curing regimes. *ACI Materials Journal*. 117(5). <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10249182>
- Li, Z., Zhou, X., Ma, H. y Hou, D. (2022). *Advanced Concrete Technology*. John Wiley & Son Inc.
- Mahmood, W., Ayub, T. y Khan, A. (2023) Mechanical properties and corrosion resistance of recycled aggregate concrete exposed to accelerated and natural marine environment. *Journal of Building Engineering*. 66(2023), 105867.  
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105867>
- Mishra, P., Pandey, C., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C. y Keshri, A. (2019) Descriptive Statistics and Normality Tests for Statistical Data. *Ann Card Anaesth*. 22(1), 67-72.  
[https://doi.org/10.4103/aca.ACA\\_157\\_18](https://doi.org/10.4103/aca.ACA_157_18)

- Moreno, J. (2016) *Efecto del ambiente marino en edificios de segunda residencia en la costa valenciana. influencia del crecimiento urbanístico y sistemas constructivos* [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Valencia] Repositorio Institucional. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/64088/-MORENO%20-%20EFECTO%20DEL%20AMBIENTE%20MARINO%20EN%20EDIFICIOS%20DE%20SEGUNDA%20RESIDENCIA%20EN%20LA%20COSTA%20VALENCIANA.%20IN...pdf?sequence=1>
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E. y Villagómez, A. (2013) *Metodología de la investigación. Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Ediciones de la U-Transversal 42 No. 4 B-83. Recuperado de: <https://fdiazca.files.wordpress.com/2020/06/046.-mastertesis-metodologicc81a-de-la-investigacioc81n-cuantitativa-cualitativa-y-redaccioc81n-de-la-tesis-4ed-humberto-ncc83aupas-paitacc81n-2014.pdf>
- Okagbue, H., Oguntunde, P., Obasi, E. y Akhmetshin, E. (2021) Trends and usage pattern of SPSS and Minitab Software in Scientific research. *Journal of Physics: Conference Series*. 1734(2021), 012017. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1734/1/012017>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2015) Objetivos de Desarrollo Sostenible <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Pan, D., Abduljabbar, S., Chen, K., Niu, D., Ying, C. y Li, Z. (2021) Study of the influence of seawater and sea sand on the mechanical and microstructural properties of concrete. *Journal of Building Engineering*. 42(2021), 103006. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103006>
- Qu, F., Li, W., Dong, W., Tam, V. y Yu, T. (2021) Durability deterioration of concrete under marine environment from material to structure: A critical review. *Journal of Building Engineering*. 35(2021), 102074. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.102074>
- Construir. (2018, febrero 6) *¿Cuál es el potencial inmobiliario de Trujillo?*. Revista Construir. Recuperado de: <https://construir.com.pe/cual-es-el-potencial-inmobiliario-de-trujillo/>
- Sanjuán, M. y Chinchón, S. (2014) *Introducción a la fabricación y normalización del cemento Portland*. Publicaciones Universidad de Alicante.
- Silveria, D., Goncalves, A., Flores-Colen, I., Rosário, M., Torres, I. y Travincas, R. (2021) Evaluation of in-service performance factors of renders based on in-situ testing techniques. *Journal of Building Engineering*. 32 (2021), 101806 . <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101806>
- Torres, I., Silveira, D. Flores-Colen, I., Pinto, R. y Matias, G. (2019) Influence of the substrate on the mechanical characteristics of the applied mortars [conferencia]. *5th*

*Historic Mortars Conference.*

<https://www.rilem.net/images/publis/984f2b665782c41d10698dc0f3632665.pdf>

- Travincas, R., Torres, I., Flores-Colen, I., Francisco, M. y Bellei, P. (2023) The influence of the substrate type on the performance of an industrial cement mortar for general use. *Journal of Building Engineering*. 73(2023), 106784.  
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106784>
- Wang., J., Xie, J., Wang, Y., Liu, Y. y Ding, Y. (2020) Rheological properties, compressive strength, hydration products and microstructure of seawater-mixed cement pastes. *Cement and Concrete Composites*. 114(2020), 103770.  
<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103770>
- Yi, Y., Zhu, D., Guo, S., Zhang, Z. y Shi, C. (2020) A review on the deterioration and approaches to enhance the durability of concrete in the marine environment. *Cement and Concrete Composites*. 113(2020), 103695.  
<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103695>
- Zhang, B. y Zhu, H. (2023) Compressive stress–strain behavior of slag-based alkali-activated seawater coral aggregate concrete after exposure to seawater environments. *Construction and Building Materials*. 367(2023), 130294.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130294>

## ANEXOS

### ANEXO 1: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

#### Resultados Cemento tipo I

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189



#### INFORME DE ANÁLISIS F.Q.A. PERÚ S.A.C.

SOLICITANTE	: AGUILAR ACUÑA, JOSÉ ADÁN
TESIS	: INFLUENCIA DEL TIPO DE CEMENTO Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO EN AGUA DE MAR
MUESTRA	: ENSAYO DE COMPRESIÓN MORTEROS (Cubos de 5")
FECHA DE INGRESO	: 15/09/2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

#### CEMENTO TIPO I

Nº probeta	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Fc) (kg/cm <sup>2</sup> )		
	Tiempo de curado (días)		
	7	14	28
1	155	174	192
2	158	172	196
3	159	178	194
4	162	170	198
5	159	171	196
6	155	169	195
7	156	173	193
8	157	172	192
9	156	172	197
10	158	168	196
11	160	174	196
12	155	175	194
13	154	174	198
14	158	176	196
15	156	173	192
Promedio	157	173	195

TRUJILLO 21 DE SETIEMBRE DEL 2023



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Escaneado con CamScanner

Resultados Cemento tipo V

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189



INFORME DE ANÁLISIS  
F.Q.A. PERÚ S.A.C.

SOLICITANTE	: AGUILAR ACUÑA, JOSÉ ADÁN
TESIS	: INFLUENCIA DEL TIPO DE CEMENTO Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO EN AGUA DE MAR
MUESTRA	: ENSAYO DE COMPRESIÓN MORTEROS (Cubos de 5")
FECHA DE INGRESO	: 15/09/2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CEMENTO TIPO V

N° probeta	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )		
	Tiempo de curado (días)		
	7	14	28
1	172	185	198
2	173	186	198
3	172	189	196
4	168	188	198
5	175	183	197
6	171	181	198
7	175	186	196
8	173	182	201
9	171	186	198
10	172	184	197
11	172	186	198
12	173	187	199
13	169	185	200
14	172	188	197
15	171	187	196
Promedio	172	186	198

TRUJILLO 21 DE SETIEMBRE DEL 2023



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Escaneado con CamScanner

Resultados de caracterización de parámetros fisicoquímicos de agua de mar

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189



INFORME DE ANÁLISIS  
F.Q.A. PERÚ S.A.C.

SOLICITANTE	: AGUILAR ACUÑA, JOSÉ ADÁN
TESIS	: INFLUENCIA DEL TIPO DE CEMENTO Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO EN AGUA DE MAR
MUESTRA	: AGUA DE MAR
PROCEDENCIA	: LA DELICIAS
FECHA DE INGRESO	: 21 DE DICIEMBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	MÉTODO
pH	-	8.68	NTP 399.072 MTC E 716
Sulfatos como Ion SO <sub>4</sub>	g/L	16.4	NTP 399.229 MTC E 716
Cloruros como Ion Cl	g/L	36.3	NTP 399.076 MTC E 716
Sólidos en suspensión	g/L	21	NTP 399.071 MTC E 716
Materia Orgánica	g/L	0.14	NTP 399.072 MTC 716
Determinación de Alcalinidad y acidez en agua	g/L	17.2	AASHTO T-26 MTC E 716
Sales solubles totales	g/L	38.48	NTP 339.152

Conclusión: La muestra de mar puesta en el laboratorio cumple la categoría 4: conservación ambiental acuático. Sub categoría E3: ecosistema costeros y marinos  
TRUJILLO 27 DE DICIEMBRE DEL 2023



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Escaneado con CamScanner

**Resultados de caracterización microbiológica de agua de mar**

**LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.**

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189



**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

MICROBIOLÓGICOS	UNIDADES	RESULTADO
Coliformes termotolerantes	NMP / 100ml	7.42*10 <sup>3</sup>
Escherichia Coli	NMP / 100ml	2.84 *10 <sup>2</sup>
Bacterias Heterótrofas	UFC/100ml	4.95 *10
Coliformes totales	NMP / 100ml	9.67*10 <sup>3</sup>

**MÉTODOS DE ENSAYO**

RECUENTO DE BACTERIAS HETERÓTROFAS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9215 B, 23rd Ed. 2017	UFC/100ml
ESCHERICHIA COLI	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A B C G - 2 -23rd Ed. 2017	NMP / 100ml
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1-, 23rd Ed. 2017	NMP / 100ml
COLIFORMES TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B 23rd Ed. 2017	NMP / 100ml

**Conclusión:** La muestra de mar puesta en el laboratorio cumple la categoría 4: conservación ambiental acuático. Sub categoría E3: ecosistema costeros y marinos  
**TRUJILLO 27 DE DICIEMBRE DEL 2023**



**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL**

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Resultados de caracterización Cemento tipo I

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189



INFORME DE ANÁLISIS  
F.Q.A. PERÚ S.A.C.

SOLICITANTES	: AGUILAR ACUÑA JOSE ADAN
TESIS	: INFLUENCIA DEL TIPO DE CEMENTO Y EL TIEMPO DE EXPOSICION SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO EN AGUA DE MAR
MUESTRA	: CEMENTO TIPO I
PROCEDENCIA	:
FECHA DE INGRESO	: 24 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICO:

CODIFICACIÓN DE MUESTRA	
DETERMINACIONES	Resultados
FINURA BLAINE m <sup>2</sup> /Kg	280
DENSIDAD g/cm <sup>3</sup>	3.18
EXPANSION DE AUTO CLAVE %	0.16
CONTENIDO DE AIRE %	6

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O <sub>2</sub> )	21.2	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	62.5	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	6.51	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2.50	
OXIDO DE POTASIO (K <sub>2</sub> O)	< 0.01	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	1.8	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	< 0.01	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	< 0.01	
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO <sub>3</sub> )	2.6	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	< 0.01	
RESIDUOS INSOLUBLES	1.0	
PÉRDIDA POR QUEMADO	1.36	

NTP 334.009 ASTM C-150

CONCLUSIÓN

Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente alto contenido de oxido de calcio y silicio.

TRUJILLO 30 DE OCTUBRE DEL 2023



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Resultados de caracterización Cemento tipo V

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189



**INFORME DE ANÁLISIS  
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTES	: AGUILAR ACUÑA JOSE ADAN
TESIS	: INFLUENCIA DEL TIPO DE CEMENTO Y EL TIEMPO DE EXPOSICION SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO EN AGUA DE MAR
MUESTRA	: CEMENTO TIPO V
PROCEDENCIA	:
FECHA DE INGRESO	: 24 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

**ANÁLISIS FÍSICO:**

CODIFICACIÓN DE MUESTRA	
DETERMINACIONES	Resultados
FINURA BLAINE cm <sup>2</sup> /g	3200
DENSIDAD g/cm <sup>3</sup>	3.14
EXPANSION DE AUTO CLAVE %	0.06
CONTENIDO DE AIRE %	5.36

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O <sub>2</sub> )	22.1	Espectrometría de fluorescencia de rayos X
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	63.32	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4.19	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.25	
OXIDO DE POTASIO (K <sub>2</sub> O)	0.18	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	2.66	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	< 0.01	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	< 0.01	
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO <sub>3</sub> )	2.04	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	< 0.01	
RESIDUOS INSOLUBLES	0.24	
PÉRDIDA POR QUEMADO	0.5	

NTP 334.009 ASTM C-150

**CONCLUSION**

Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente alto contenido de oxido de calcio y silicio.

TRUJILLO 30 DE OCTUBRE DEL 2023

  
CARLOS ALVARADO  
INGENIERO QUÍMICO  
CIP 122538



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Escaneado con CamScanner

## ANEXO 2: FICHA DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
Calle La Colonia No. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 006 Pacasmayo - La Libertad  
Telefono 317 - 6000



G-CC-F-04  
Versión 03

### Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150  
Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.92	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Especifica	cm <sup>2</sup> /g	3750	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.10	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	26.1 (266)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	33.9 (346)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	42.3 (431)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	267	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-05-2017 al 31-05-2017.  
La resistencia a la compresión a 20 días corresponde al mes de Julio 2017.  
(\*) Requisito opcional.

**Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas**  
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 696 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04  
Versión 03

## Cemento Portland Tipo V

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150  
Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.1	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	1.9	Máximo 2.3
C <sub>3</sub> A	%	3.08	Máximo 5
C <sub>4</sub> AF + 2(C <sub>3</sub> A)	%	20.0	Máximo 25
Pérdida por Ignición	%	1.6	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.56	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.05	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3620	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.13	NO ESPECÍFICA
<b>Resistencia Compresión :</b>			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	19.4 (198)	Mínimo 8.0 (Mínimo 82)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	27.2 (278)	Mínimo 15.0 (Mínimo 153)
Resistencia Compresión a 28días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	36.0 (366)	Mínimo 21.0 (Mínimo 214)
<b>Tiempo de Fraguado Vicat :</b>			
Fraguado Inicial	min	170	Mínimo 45
Fraguado Final	min	299	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2017 al 31-06-2017.  
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.  
(\*) Requisito opcional.

Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas  
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Esta totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

### ANEXO 3: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
<b>Tipo de cemento</b>	Variaciones de material aglutinante en base a cal, arena y arcillas (Autor, 2023)	Diversas tipologías de cemento Portland con el que se elaborarán probetas para los ensayos respectivos	Tipo	Tipo I Tipo V	Formato	Nominal
<b>Tiempo de exposición</b>	Periodo de tiempo en el cual el material está expuesto o sujeto a cierto estímulo (Autor, 2023)	Tiempo por el cual el mortero será introducido en agua de mar	Tiempo	7 días 14 días 28 días	Formato	Ordinal
<b>Resistencia a la compresión del mortero en agua de mar</b>	Aptitud de un material para mantenerse firme frente a cargas o fuerzas que buscan comprimirlo (Asteris Mokos, 2019)	Se medirá la resistencia a la compresión luego de que las probetas estuvieron sumergidas en agua de mar por diferentes periodos de tiempo	Propiedad mecánica	Resistencia a la compresión	Formato	Razón

## ANEXO 4: Normas empleadas

### Norma ASTM C109



Designation: C 109/C 109M – 08

## Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C 109/C 109M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

### 1. Scope\*

1.1 This test method covers determination of the compressive strength of hydraulic cement mortars, using 2-in. or [50-mm] cube specimens.

NOTE 1—Test Method C 349 provides an alternative procedure for this determination (not to be used for acceptance tests).

1.2 This test method covers the application of the test using either inch-pound or SI units. The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.3 Values in SI units shall be obtained by measurement in SI units or by appropriate conversion, using the Rules for Conversion and Rounding given in Standard [IEEE/ASTM SI 10](#), of measurements made in other units.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to skin and tissue upon prolonged exposure.)<sup>2</sup>*

### 2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*<sup>3</sup>

[C 91](#) Specification for Masonry Cement

[C 114](#) Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement

[C 150](#) Specification for Portland Cement

[C 230/C 230M](#) Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement

[C 305](#) Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency

[C 349](#) Test Method for Compressive Strength of Hydraulic-Cement Mortars (Using Portions of Prisms Broken in Flexure)

[C 511](#) Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes

[C 595](#) Specification for Blended Hydraulic Cements

[C 618](#) Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete

[C 670](#) Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

[C 778](#) Specification for Standard Sand

[C 989](#) Specification for Ground Granulated Blast-Furnace Slag for Use in Concrete and Mortars

[C 1005](#) Specification for Reference Masses and Devices for Determining Mass and Volume for Use in the Physical Testing of Hydraulic Cements

[C 1157](#) Performance Specification for Hydraulic Cement

[C 1328](#) Specification for Plastic (Stucco) Cement

[C 1329](#) Specification for Mortar Cement

[C 1437](#) Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar  
[IEEE/ASTM SI 10](#) Standard for Use of the International System of Units (SI): The Modern Metric System

### 3. Summary of Test Method

3.1 The mortar used consists of 1 part cement and 2.75 parts of sand proportioned by mass. Portland or air-entraining portland cements are mixed at specified water/cement ratios. Water content for other cements is that sufficient to obtain a flow of  $110 \pm 5$  in 25 drops of the flow table. Two-inch or [50-mm] test cubes are compacted by tamping in two layers.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C01 on Cement and is the direct responsibility of Subcommittee C01.27 on Strength.

Current edition approved Dec. 1, 2008. Published January 2009. Originally approved in 1934. Last previous edition approved in 2007 as C 109/C 109M – 07<sup>1</sup>.

<sup>2</sup> See the section on Safety, Manual of Cement Testing, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

<sup>3</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Thu Apr 16 06:08:49 EDT 2009  
Downloaded/printed by  
Laurentian University pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

The cubes are cured one day in the molds and stripped and immersed in lime water until tested.

**4. Significance and Use**

4.1 This test method provides a means of determining the compressive strength of hydraulic cement and other mortars and results may be used to determine compliance with specifications. Further, this test method is referenced by numerous other specifications and test methods. Caution must be exercised in using the results of this test method to predict the strength of concretes.

**5. Apparatus**

5.1 *Weights and Weighing Devices*, shall conform to the requirements of Specification C 1005. The weighing device shall be evaluated for precision and accuracy at a total load of 2000 g.

5.2 *Glass Graduates*, of suitable capacities (preferably large enough to measure the mixing water in a single operation) to deliver the indicated volume at 20 °C. The permissible variation shall be ± 2 mL. These graduates shall be subdivided to at least 5 mL, except that the graduation lines may be omitted for the lowest 10 mL for a 250-mL graduate and for the lowest 25 mL of a 500-mL graduate. The main graduation lines shall be circles and shall be numbered. The least graduations shall extend at least one seventh of the way around, and intermediate graduations shall extend at least one fifth of the way around.

5.3 *Specimen Molds*, for the 2-in. or [50-mm] cube specimens shall be tight fitting. The molds shall have not more than three cube compartments and shall be separable into not more than two parts. The parts of the molds when assembled shall be positively held together. The molds shall be made of hard metal not attacked by the cement mortar. For new molds the Rockwell hardness number of the metal shall be not less than 55 HRB. The sides of the molds shall be sufficiently rigid to prevent spreading or warping. The interior faces of the molds shall be plane surfaces and shall conform to the tolerances of Table 1.

5.4 *Mixer, Bowl and Paddle*, an electrically driven mechanical mixer of the type equipped with paddle and mixing bowl, as specified in Practice C 305.

5.5 *Flow Table and Flow Mold*, conforming to the requirements of Specification C 230/C 230M.

5.6 *Tamper*, a nonabsorptive, nonabrasive, nonbrittle material such as a rubber compound having a Shore A durometer hardness of 80 ± 10 or seasoned oak wood rendered nonabsorptive by immersion for 15 min in paraffin at approximately 392 °F or [200 °C], shall have a cross section of about ½ by

1 in. or [13 by 25 mm] and a convenient length of about 5 to 6 in. or [120 to 150 mm]. The tamping face shall be flat and at right angles to the length of the tamper.

5.7 *Trowel*, having a steel blade 4 to 6 in. [100 to 150 mm] in length, with straight edges.

5.8 *Moist Cabinet or Room*, conforming to the requirements of Specification C 511.

5.9 *Testing Machine*, either the hydraulic or the screw type, with sufficient opening between the upper bearing surface and the lower bearing surface of the machine to permit the use of verifying apparatus. The load applied to the test specimen shall be indicated with an accuracy of ± 1.0 %. If the load applied by the compression machine is registered on a dial, the dial shall be provided with a graduated scale that can be read to at least the nearest 0.1 % of the full scale load (Note 2). The dial shall be readable within 1 % of the indicated load at any given load level within the loading range. In no case shall the loading range of a dial be considered to include loads below the value that is 100 times the smallest change of load that can be read on the scale. The scale shall be provided with a graduation line equal to zero and so numbered. The dial pointer shall be of sufficient length to reach the graduation marks; the width of the end of the pointer shall not exceed the clear distance between the smallest graduations. Each dial shall be equipped with a zero adjustment that is easily accessible from the outside of the dial case, and with a suitable device that at all times until reset, will indicate to within 1 % accuracy the maximum load applied to the specimen.

5.9.1 If the testing machine load is indicated in digital form, the numerical display must be large enough to be easily read. The numerical increment must be equal to or less than 0.10 % of the full scale load of a given loading range. In no case shall the verified loading range include loads less than the minimum numerical increment multiplied by 100. The accuracy of the indicated load must be within 1.0 % for any value displayed within the verified loading range. Provision must be made for adjusting to indicate true zero at zero load. There shall be provided a maximum load indicator that at all times until reset will indicate within 1 % system accuracy the maximum load applied to the specimen.

NOTE 2—As close as can be read is considered ⅓ in. or [0.5 mm] along the arc described by the end of the pointer. Also, one half of the scale interval is about as close as can reasonably be read when the spacing on the load indicating mechanism is between ½ in. or [1 mm] and ⅓ in. or [1.6 mm]. When the spacing is between ⅓ in. or [1.6 mm] and ¼ in. or [3.2 mm], one third of the scale interval can be read with reasonable certainty. When the spacing is ¼ in. or [3.2 mm] or more, one fourth of the scale interval can be read with reasonable certainty.

**TABLE 1 Permissible Variations of Specimen Molds**

Parameter	2-in. Cube Molds		[50-mm] Cube Molds	
	New	In Use	New	In Use
Planeness of sides	<0.001 in.	<0.002 in.	<0.025 mm]	<0.05 mm]
Distance between opposite sides	2 in. ± 0.005	2 in. ± 0.02	[50 mm ± 0.13 mm]	[50 mm ± 0.50 mm]
Height of each compartment	2 in. + 0.01 in. to - 0.005 in.	2 in. + 0.01 in. to - 0.015 in.	[50 mm + 0.25 mm to - 0.13 mm]	[50 mm + 0.25 mm to - 0.38 mm]
Angle between adjacent faces <sup>A</sup>	90 ± 0.5°	90 ± 0.5°	90 ± 0.5°	90 ± 0.5°

<sup>A</sup> Measured at points slightly removed from the intersection. Measured separately for each compartment between all the interior faces and the adjacent face and between interior faces and top and bottom planes of the mold.

5.9.2 The upper bearing shall be a spherically seated, hardened metal block firmly attached at the center of the upper head of the machine. The center of the sphere shall lie at the center of the surface of the block in contact with the specimen. The block shall be closely held in its spherical seat, but shall be free to tilt in any direction. A hardened metal bearing block shall be used beneath the specimen to minimize wear of the lower platen of the machine. To facilitate accurate centering of the test specimen in the compression machine, one of the two surfaces of the bearing blocks shall have a diameter or diagonal of between 2.83 in. [70.7 mm] (See **Note 3**) and 2.9 in. [73.7 mm]. When the upper block bearing surface meets this requirement, the lower block bearing surface shall be greater than 2.83 in. [70.7 mm]. When the lower block bearing surface meets this requirement, the diameter or diagonal of upper block bearing surface shall be between 2.83 and 3 $\frac{1}{8}$  in. [70.7 and 79.4 mm]. When the lower block is the only block with a diameter or diagonal between 2.83 and 2.9 in. [70.7 and 73.7 mm], the lower block shall be used to center the test specimen. In that case, the lower block shall be centered with respect to the upper bearing block and held in position by suitable means. The bearing block surfaces intended for contact with the specimen shall have a Rockwell hardness number not less than 60 HRC. These surfaces shall not depart from plane surfaces by more than 0.0005 in. [0.013 mm] when the blocks are new and shall be maintained within a permissible variation of 0.001 in. or [0.025 mm].

**NOTE 3**—The diagonal of a 2 in. [50 mm] cube is 2.83 in. [70.7 mm].

## 6. Materials

### 6.1 Graded Standard Sand:

6.1.1 The sand (**Note 4**) used for making test specimens shall be natural silica sand conforming to the requirements for graded standard sand in Specification **C 778**.

**NOTE 4**—*Segregation of Graded Sand*—The graded standard sand should be handled in such a manner as to prevent segregation, since variations in the grading of the sand cause variations in the consistency of the mortar. In emptying bins or sacks, care should be exercised to prevent the formation of mounds of sand or craters in the sand, down the slopes of which the coarser particles will roll. Bins should be of sufficient size to permit these precautions. Devices for drawing the sand from bins by gravity should not be used.

## 7. Temperature and Humidity

7.1 *Temperature*—The temperature of the air in the vicinity of the mixing slab, the dry materials, molds, base plates, and mixing bowl, shall be maintained between 73.5  $\pm$  5.5 °F or [23.0  $\pm$  3.0 °C]. The temperature of the mixing water, moist closet or moist room, and water in the storage tank shall be set at 73.5  $\pm$  3.5 °F or [23  $\pm$  2 °C].

7.2 *Humidity*—The relative humidity of the laboratory shall be not less than 50 %. The moist closet or moist room shall conform to the requirements of Specification **C 511**.

## 8. Test Specimens

8.1 Make two or three specimens from a batch of mortar for each period of test or test age.

## 9. Preparation of Specimen Molds

9.1 Apply a thin coating of release agent to the interior faces of the mold and non-absorptive base plates. Apply oils and greases using an impregnated cloth or other suitable means. Wipe the mold faces and the base plate with a cloth as necessary to remove any excess release agent and to achieve a thin, even coating on the interior surfaces. When using an aerosol lubricant, spray the release agent directly onto the mold faces and base plate from a distance of 6 to 8 in. or [150 to 200 mm] to achieve complete coverage. After spraying, wipe the surface with a cloth as necessary to remove any excess aerosol lubricant. The residue coating should be just sufficient to allow a distinct finger print to remain following light finger pressure (**Note 5**).

9.2 Seal the surfaces where the halves of the mold join by applying a coating of light cup grease such as petrolatum. The amount should be sufficient to extrude slightly when the two halves are tightened together. Remove any excess grease with a cloth.

9.3 Seal molds to their base plates with a watertight sealant. Use microcrystalline wax or a mixture of three parts paraffin to five parts rosin by mass. Paraffin wax is permitted as a sealant with molds that clamp to the base plate. Liquefy the wax by heating it to a temperature of between 230 and 248 °F or [110 and 120 °C]. Effect a watertight seal by applying the liquefied sealant at the outside contact lines between the mold and its base plate (**Note 6**).

9.4 Optionally, a watertight sealant of petroleum jelly is permitted for clamped molds. Apply a small amount of petroleum jelly to the entire surface of the face of the mold that will be contacting the base plate. Clamp the mold to the base plate and wipe any excess sealant from the interior of the mold and base plate.

**NOTE 5**—Because aerosol lubricants evaporate, molds should be checked for a sufficient coating of lubricant immediately prior to use. If an extended period of time has elapsed since treatment, retreatment may be necessary.

**NOTE 6**—*Watertight Molds*—The mixture of paraffin and rosin specified for sealing the joints between molds and base plates may be found difficult to remove when molds are being cleaned. Use of straight paraffin is permissible if a watertight joint is secured, but due to the low strength of paraffin it should be used only when the mold is not held to the base plate by the paraffin alone. When securing clamped molds with paraffin, an improved seal can be obtained by slightly warming the mold and base plate prior to applying the wax. Molds so treated should be allowed to return to room temperature before use.

## 10. Procedure

### 10.1 Composition of Mortars:

10.1.1 The proportions of materials for the standard mortar shall be one part of cement to 2.75 parts of graded standard sand by weight. Use a water-cement ratio of 0.485 for all portland cements and 0.460 for all air-entraining portland cements. The amount of mixing water for other than portland and air-entraining portland cements shall be such as to produce a flow of 110  $\pm$  5 as determined in accordance with **10.3** and shall be expressed as weight percent of cement.

10.1.2 The quantities of materials to be mixed at one time in the batch of mortar for making six and nine test specimens shall be as follows:

	Number of Specimens	
	6	9
Cement, g	500	740
Sand, g	1375	2035
Water, mL		
Portland (0.485)	242	359
Air-entraining portland (0.460)	230	340
Other (to flow of 110 ± 5)	...	...

10.2 Preparation of Mortar:

10.2.1 Mechanically mix in accordance with the procedure given in Practice C 305.

10.3 Determination of Flow:

10.3.1 Determine flow in accordance with procedure given in Test Method C 1437.

10.3.2 For portland and air-entraining portland cements, merely record the flow.

10.3.3 In the case of cements other than portland or air-entraining portland cements, make trial mortars with varying percentages of water until the specified flow is obtained. Make each trial with fresh mortar.

10.3.4 Immediately following completion of the flow test, return the mortar from the flow table to the mixing bowl. Quickly scrape the bowl sides and transfer into the batch the mortar that may have collected on the side of the bowl and then remix the entire batch 15 s at medium speed. Upon completion of mixing, the mixing paddle shall be shaken to remove excess mortar into the mixing bowl.

10.3.5 When a duplicate batch is to be made immediately for additional specimens, the flow test may be omitted and the mortar allowed to stand in the mixing bowl 90 s without covering. During the last 15 s of this interval, quickly scrape the bowl sides and transfer into the batch the mortar that may have collected on the side of the bowl. Then remix for 15 s at medium speed.

10.4 Molding Test Specimens:

10.4.1 Complete the consolidation of the mortar in the molds either by hand tamping or by a qualified alternative method. Alternative methods include but are not limited to the use of a vibrating table or mechanical devices.

10.4.2 Hand Tamping—Start molding the specimens within a total elapsed time of not more than 2 min and 30 s after completion of the original mixing of the mortar batch. Place a layer of mortar about 1 in. or [25 mm] (approximately one half of the depth of the mold) in all of the cube compartments. Tamp the mortar in each cube compartment 32 times in about 10 s in 4 rounds, each round to be at right angles to the other and consisting of eight adjoining strokes over the surface of the specimen, as illustrated in Fig. 1. The tamping pressure shall be just sufficient to ensure uniform filling of the molds. The 4 rounds of tamping (32 strokes) of the mortar shall be completed in one cube before going to the next. When the tamping of the first layer in all of the cube compartments is completed, fill the compartments with the remaining mortar and then tamp as specified for the first layer. During tamping of the second layer, bring in the mortar forced out onto the tops of the molds after each round of tamping by means of the gloved fingers and

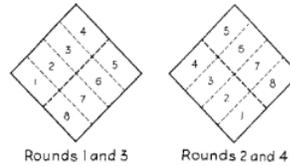


FIG. 1 Order of Tamping in Molding of Test Specimens

the tamper upon completion of each round and before starting the next round of tamping. On completion of the tamping, the tops of all cubes should extend slightly above the tops of the molds. Bring in the mortar that has been forced out onto the tops of the molds with a trowel and smooth off the cubes by drawing the flat side of the trowel (with the leading edge slightly raised) once across the top of each cube at right angles to the length of the mold. Then, for the purpose of leveling the mortar and making the mortar that protrudes above the top of the mold of more uniform thickness, draw the flat side of the trowel (with the leading edge slightly raised) lightly once along the length of the mold. Cut off the mortar to a plane surface flush with the top of the mold by drawing the straight edge of the trowel (held nearly perpendicular to the mold) with a sawing motion over the length of the mold.

10.4.3 Alternative Methods—Any consolidation method may be used that meets the qualification requirements of this section. The consolidation method consists of a specific procedure, equipment and consolidation device, as selected and used in a consistent manner by a specific laboratory. The mortar batch size of the method may be modified to accommodate the apparatus, provided the proportions maintain the same ratios as given in 10.1.2.

10.4.3.1 Separate qualifications are required for the following classifications:

Class A, *Non-air entrained cements*—for use in concrete, such as sold under Specifications C 150, C 595, and C 1157.

Class B, *Air-entrained cements*—for use in concrete, such as sold under Specifications C 150, C 595, and C 1157.

Class C, *Masonry, Mortar and Stucco Cements*—such as sold under Specifications C 91, C 1328, and C 1329.

10.4.3.2 An alternative method may only be used to test the cement types as given in 10.4.3.1 above, for which it has been qualified.

10.4.3.3 It can also be used for Strength Activity Index determinations for fly ash and slag, such as sold under Specifications C 618 and C 989, provided the alternative method has qualified for both Class A and Class C cements.

10.4.4 Qualification Procedure—Contact CCRL to purchase cement samples that have been used in the Proficiency Sample Program (PSP). Four samples (5 Kg each) of the class to be qualified will be required to complete a single qualification (See Note 7).

10.4.4.1 In one day, prepare replicate 6-cube or 9-cube batches using one of the cements and cast a minimum of 36 cubes. Complete one round of tests on each cement on different days. Store and test all specimens as prescribed in the sections below. Test all cubes at the age of 7-days.

10.4.4.2 Tabulate the compressive strength data and complete the mathematical analyses as instructed in **Annex A1**.

10.4.5 *Requalification of the Alternate Compaction Method:*

10.4.5.1 Requalification of the method shall be required if any of the following occur:

(1) Evidence that the method may not be providing data in accordance with the requirements of **Table 2**.

(2) Results that differ from the reported final average of a CCRL-PSP sample with a rating of 3 or less.

(3) Results that differ from the accepted value of a known reference sample with established strength values by more than twice the multi-laboratory 1s % values of **Table 2**.

Before starting the requalification procedure, evaluate all aspects of cube fabrication and testing process to determine if the offending result is due to some systematic error or just an occasional random event.

10.4.5.2 If the compaction equipment is replaced, significantly modified, repaired, or has been recalibrated, requalify the equipment in accordance with **10.4.4**.

**NOTE 7**—It is recommended that a large homogenous sample of cement be prepared at the time of qualification for use as a secondary standard and for method evaluation. Frequent testing of this sample will give early warning of any changes in the performance of the apparatus.

10.5 *Storage of Test Specimens*—Immediately upon completion of molding, place the test specimens in the moist closet or moist room. Keep all test specimens, immediately after molding, in the molds on the base plates in the moist closet or moist room from 20 to 72 h with their upper surfaces exposed to the moist air but protected from dripping water. If

the specimens are removed from the molds before 24 h, keep them on the shelves of the moist closet or moist room until they are 24-h old, and then immerse the specimens, except those for the 24-h test, in saturated lime water in storage tanks constructed of noncorroding materials. Keep the storage water clean by changing as required.

10.6 *Determination of Compressive Strength:*

10.6.1 Test the specimens immediately after their removal from the moist closet in the case of 24-h specimens, and from storage water in the case of all other specimens. All test specimens for a given test age shall be broken within the permissible tolerance prescribed as follows:

Test Age	Permissible Tolerance
24 h	±½ h
3 days	±1 h
7 days	±3 h
28 days	±12 h

If more than one specimen at a time is removed from the moist closet for the 24-h tests, keep these specimens covered with a damp cloth until time of testing. If more than one specimen at a time is removed from the storage water for testing, keep these specimens in water at a temperature of 73.5 ± 3.5 °F or [23 ± 2 °C] and of sufficient depth to completely immerse each specimen until time of testing.

10.6.2 Wipe each specimen to a surface-dry condition, and remove any loose sand grains or incrustations from the faces that will be in contact with the bearing blocks of the testing machine. Check these faces by applying a straightedge (**Note 8**). If there is appreciable curvature, grind the face or faces to plane surfaces or discard the specimen. A periodic check of the cross-sectional area of the specimens should be made.

**NOTE 8—Specimen Faces**—Results much lower than the true strength will be obtained by loading faces of the cube specimen that are not truly plane surfaces. Therefore, it is essential that specimen molds be kept scrupulously clean, as otherwise, large irregularities in the surfaces will occur. Instruments for cleaning molds should always be softer than the metal in the molds to prevent wear. In case grinding specimen faces is necessary, it can be accomplished best by rubbing the specimen on a sheet of fine emery paper or cloth glued to a plane surface, using only a moderate pressure. Such grinding is tedious for more than a few thousandths of an inch (hundredths of a millimetre); where more than this is found necessary, it is recommended that the specimen be discarded.

10.6.3 Apply the load to specimen faces that were in contact with the true plane surfaces of the mold. Carefully place the specimen in the testing machine below the center of the upper bearing block. Prior to the testing of each cube, it shall be ascertained that the spherically seated block is free to tilt. Use no cushioning or bedding materials. Bring the spherically seated block into uniform contact with the surface of the specimen. Apply the load rate at a relative rate of movement between the upper and lower platens corresponding to a loading on the specimen with the range of 200 to 400 lbs/s [900 to 1800 N/s]. Obtain this designated rate of movement of the platen during the first half of the anticipated maximum load and make no adjustment in the rate of movement of the platen in the latter half of the loading especially while the cube is yielding before failure.

**NOTE 9**—It is advisable to apply only a very light coating of a good quality, light mineral oil to the spherical seat of the upper platen.

**TABLE 2 Precision**

	Test Age, Days	Coefficient of Variation 1s % <sup>a</sup>	Acceptable Range of Test Results d2s % <sup>a</sup>
<b>Portland Cements</b>			
Constant water-cement ratio:			
Single-lab	3	4.0	11.3
	7	3.6	10.2
Av	3	3.8	10.7
	7	3.8	10.7
Multi-lab			
Single-lab	3	6.8	19.2
	7	6.4	18.1
Av	3	6.6	18.7
	7	6.6	18.7
<b>Blended Cements</b>			
Constant flow mortar:			
Single-lab	3	4.0	11.3
	7	3.8	10.7
Av	3	3.4	9.6
	7	3.8	10.7
Multi-lab			
Single-lab	3	7.8	22.1
	7	7.6	21.5
Av	3	7.4	20.9
	7	7.6	21.5
<b>Masonry Cements</b>			
Constant flow mortar:			
Single-lab	7	7.9	22.3
	28	7.5	21.2
Av	7	7.7	21.8
	28	7.7	21.8
Multi-lab			
Single-lab	7	11.8	33.4
	28	12.0	33.9
Av	7	11.9	33.7
	28	11.9	33.7

<sup>a</sup> These numbers represent, respectively, the (1s %) and (d2s %) limits as described in **Practice C 670**.

## 11. Calculation

11.1 Record the total maximum load indicated by the testing machine, and calculate the compressive strength as follows:

$$f_m = P/A \quad (1)$$

where:

$f_m$  = compressive strength in psi or [MPa],  
 $P$  = total maximum load in lbf or [N], and  
 $A$  = area of loaded surface in<sup>2</sup> or [mm<sup>2</sup>].

Either 2-in. or [50-mm] cube specimens may be used for the determination of compressive strength, whether inch-pound or SI units are used. However, consistent units for load and area must be used to calculate strength in the units selected. If the cross-sectional area of a specimen varies more than 1.5 % from the nominal, use the actual area for the calculation of the compressive strength. The compressive strength of all acceptable test specimens (see Section 12) made from the same sample and tested at the same period shall be averaged and reported to the nearest 10 psi [0.1 MPa].

## 12. Report

12.1 Report the flow to the nearest 1 % and the water used to the nearest 0.1 %. Average compressive strength of all specimens from the same sample shall be reported to the nearest 10 psi [0.1 MPa].

## 13. Faulty Specimens and Retests

13.1 In determining the compressive strength, do not consider specimens that are manifestly faulty.

13.2 The maximum permissible range between specimens from the same mortar batch, at the same test age is 8.7 % of the average when three cubes represent a test age and 7.6 % when two cubes represent a test age (Note 10).

NOTE 10—The probability of exceeding these ranges is 1 in 100 when the within-batch coefficient of variation is 2.1 %. The 2.1 % is an average for laboratories participating in the portland cement and masonry cement

reference sample programs of the Cement and Concrete Reference Laboratory.

13.3 If the range of three specimens exceeds the maximum in 13.2, discard the result which differs most from the average and check the range of the remaining two specimens. Make a retest of the sample if less than two specimens remain after disregarding faulty specimens or disregarding tests that fail to comply with the maximum permissible range of two specimens.

NOTE 11—Reliable strength results depend upon careful observance of all of the specified requirements and procedures. Erratic results at a given test period indicate that some of the requirements and procedures have not been carefully observed; for example, those covering the testing of the specimens as prescribed in 10.6.2 and 10.6.3. Improper centering of specimens resulting in oblique fractures or lateral movement of one of the heads of the testing machine during loading will cause lower strength results.

## 14. Precision and Bias

14.1 *Precision*—The precision statements for this test method are listed in Table 2 and are based on results from the Cement and Concrete Reference Laboratory Reference Sample Program. They are developed from data where a test result is the average of compressive strength tests of three cubes molded from a single batch of mortar and tested at the same age. A significant change in precision will not be noted when a test result is the average of two cubes rather than three.

14.2 These precision statements are applicable to mortars made with cements mixed, and tested at the ages as noted. The appropriate limits are likely, somewhat larger for tests at younger ages and slightly smaller for tests at older ages.

14.3 *Bias*—The procedure in this test method has no bias because the value of compressive strength is defined in terms of the test method.

## 15. Keywords

15.1 compressive strength; hydraulic cement mortar; hydraulic cement strength; mortar strength; strength

## ANNEX

### (Mandatory Information)

#### A1. ANALYSES OF TEST RESULTS FOR QUALIFICATION OF ALTERNATE COMPACTION METHODS

A1.1 *Calculation of Average Within-Batch Standard Deviation and Elimination of Outliers*—Tabulate the results for each cement sample (or round) in separate spreadsheets. In the spreadsheet, list results of each batch in columns and complete the calculations as shown in Table A1.1.

A1.1.1 Eliminate any outliers from the test data and repeat the calculations until none of the values lie outside the normal range.

A1.1.2 Tabulate the cube strengths with all the outliers eliminated and complete the calculations as shown in Table A1.2.

A1.2 *Summary of Results*—Compile the results of the four

rounds and complete the calculations as shown in Table A1.3. The number of outliers shall not exceed 5 % of the total number of tests when rounded to the nearest whole number (for example, 4 rounds × 4 batches × 9 cubes = 144 tests × (5%/100) = 7.2 or 7).

A1.3 *Precision Qualification*—Calculate the relative within batch error (RWBE %) as shown in Table A1.3. This value must be less than 2.1 % to comply with the limit established in Note 10 of this specification.

A1.4 *Bias Qualification*—The test results compiled in Table A1.3 are evaluated against three limits to demonstrate an acceptable qualification. The limits have been established

TABLE A1.1 Example Using 9 Cube Batch

Round – 2 CCRL Sample # 140 Industry Average Strength, $X_i = 32.923$ Cast Date – 00/00/00					
7-Day Strengths, MPa					
A	B	C	D	E	
Batch No.	1	2	3	4	
Cube 1	33.0	34.3	34.4	33.2	
Cube 2	33.9	32.5	34.0	34.0	
Cube 3	33.4	34.0	34.1	33.8	
Cube 4	33.1	33.8	34.0	33.8	
Cube 5	33.0	33.4	34.2	34.0	
Cube 6	32.8	33.7	31.8	33.1	
Cube 7	33.6	32.6	33.9	32.8	
Cube 8	31.5	32.1	33.0	33.3	
Cube 9	33.6	34.3	33.4	34.4	
Average, $X_b$	33.10	33.42	33.65	33.60	
$SD_b$	0.70	0.82	0.81	0.52	
$N_b$	9	9	9	9	
$(N_b - 1)SD_b^2$	3.936	5.432	5.265	2.145	
			$N_r$	36	
			$X_r$	33.44	
			$SD_r$	0.692	
			MND	1.703	
Normal Range					
Max	34.81	35.12	35.35	35.30	
Min	31.40	31.71	32.95	31.89	
Outliers	None	None	Cube 6	None	

where:  
 $X_i$  = industry average strength (CCRL),  
 $X_b$  = average of tests values in a single batch,  
 $SD_b$  = standard deviation of a single batch =  $\sqrt{\frac{\sum_{obs} (X - X_b)^2}{N_b - 1}}$   
 $N_b$  = number of tests per batch,  
 $(N_b - 1)SD_b^2$  = an intermediate calculation,  
 $N_r$  = total number of tests per round,  
 $X_r$  = grand average of tests values obtained per round, MPa,  
 $SD_r$  = mean standard deviation of round =  $\sqrt{\frac{\sum_{batch} [(N_b - 1)SD_b^2]}{N_r - 1}}$   
**MND** = maximum normal deviation: use Excel® function “=norminv(1-0.25/N,0,SD)” or equivalent, or use statistical tables to find the inverse integrated normal distribution for an integral value of (1-0.25/n) in a normal distribution with  $\sigma = SD_r$ .

Normal Range:  
 Maximum = ( $X_b + MND$ ).  
 Minimum = ( $X_b - MND$ ).  
 Outlier = any test value falling outside the calculated normal range.

statistically from analyses of historical CCRL data and are given in Table A1.4.

A1.5 Rationale for the Limits Given in A1.4:

A1.5.1 The multi-laboratory precision (1s%) for the average of n batches is given by:

$$s\%_{ML,n} = \sqrt{s\%_{ML}^2 - \left(1 - \frac{1}{n}\right)s\%_{SO}^2}$$

A1.5.2 The limit for deviation of the individual rounds (no failures being allowed when 4 rounds are performed) is 1.2 s%<sub>ML,n</sub>, as used in Test Methods C 114.

A1.5.3 The multi-laboratory precision (1s%) for the mean of 4 rounds is 0.5 s%<sub>ML,n</sub>.

TABLE A1.2 Test Data After the Elimination of Outliers (Example Using 9 Cube Batch)

Round – 2 CCRL Sample # 140 Industry Average Strength, $X_i = 32.923$ Cast Date – 00/00/00					
Raw Cube Data:					
7-Day Strengths, MPa					
A	B	C	D	E	
Batch No.	1	2	3	4	
Cube 1	33.0	34.3	34.4	33.2	
Cube 2	33.9	32.5	34.0	34.0	
Cube 3	33.4	34.0	34.1	33.8	
Cube 4	33.1	33.8	34.0	33.8	
Cube 5	33.0	33.4	34.2	34.0	
Cube 6	32.8	33.7	31.8	33.1	
Cube 7	33.6	32.6	33.9	32.8	
Cube 8	31.5	32.1	33.0	33.3	
Cube 9	33.6	34.3	33.4	34.4	
Average, $X_{bv}$	33.29	33.42	33.89	33.60	
$SD_{bv}$	0.39	0.82	0.46	0.52	
$N_{bv}$	8	9	8	9	
$(N_{bv} - 1)SD_{bv}^2$	1.092	5.348	1.462	2.159	
			$N_{rv}$	34	
			$X_{rv}$	33.55	
			$X_i$	32.92	
			$SD_{rv}$	0.55	
			$E_r$ , MPa	0.63	
			$RE_r$ , %	1.91	

where:  
 $X_{bv}$  = average of valid test values obtained per batch, MPa,  
 $X_i$  = industry average strength (CCRL), MPa,  
 $SD_{bv}$  =  $\sqrt{\frac{\sum_{valid} (X - X_{bv})^2}{N_{bv} - 1}}$   
 $N_{bv}$  = number of valid tests per batch,  
 $(N_{bv} - 1)SD_{bv}^2$  = an intermediate calculation,  
 $N_{rv}$  = total number of valid tests of the round,  
 $X_{rv}$  = grand average of valid tests for the round, MPa,  
 $SD_{rv}$  = mean standard deviation of the round =  $\sqrt{\frac{\sum_{batch} [(N_{bv} - 1)SD_{bv}^2]}{N_{rv} - 1}}$   
 $E_r$  = error = ( $X_i - X_{rv}$ ), MPa, and  
 $RE_r$  = relative error for the round, % = 100( $E_r/X_{rv}$ ).

A1.5.4 The limit for deviation of the mean of 4 rounds (95 % confidence) is 1.96 times this, or 0.98 s%<sub>ML,n</sub>.

A1.5.5 The values for s%<sub>ML</sub> and s%<sub>SO</sub> for Cement Classes A and C (non-air-entrained cements for concrete and cements for mortar respectively) are the 7-day values in the current precision statement of Test Method C 109/C 109M. There appears to be no data for Cement Class B (air-entrained cements for concrete). Working on the assumption that the value of this quantity is related to the air content, the values adopted for Class B are the mean of the A- and C-values.

A1.5.6 For the applicable conditions, the equations above give the following:

Derivation of Limits for Table A1.4	A	B	C	A	B	C
Cement Class						
Batches per Round (n)	6	6	6	4	4	4
Single Operator s% (single batch)	3.6	5.75	7.9	3.6	5.75	7.9
Multi-Laboratory s% (single batch)	6.4	9.1	11.8	6.4	9.1	11.8
Multi-Laboratory s% (n batches)	5.5	7.4	9.3	5.6	7.6	9.6
Limit for deviation of a single round %	6.6	8.9	11.2	6.7	9.1	11.5
Limit for deviation of mean of four rounds %	5.4	7.3	9.2	5.5	7.5	9.4

 **C 109/C 109M – 08**

**TABLE A1.3 Summary of Results**

A	B	C	D	E	F	G	H	I
	CCRL	Day	$X_i$	$X_{iv}$	$RE_{iv}$	$N_{iv}$	$SD_{iv}$	$(N_i - 1)SD_i^2$
	#		MPa	MPa	%			
Round 1	139	1	28.47	30.42	6.85	36	0.97	32.93
Round 2	140	2	32.92	33.55	1.91	34	0.55	9.98
Round 3	141	3	32.64	33.14	1.53	34	0.47	7.29
Round 4	142	4	32.24	33.01	2.39	36	0.51	9.10
							Max, $RE_{iv}$ , %	6.85
							Mean, $RE_{iv}$ , %	3.17
							GMWBE, MPa	0.65
							RWBE, %	2.01
							Max RWBE, % <sup>A</sup>	2.1
							Precision Test	Pass

where:

- $X_i$  = industry average strength, MPa,
- $X_{iv}$  = grand mean value of the valid tests of a round,
- $RE_{iv}$  % = relative error =  $100(X_i - X_{iv})$ ,
- $N_{iv}$  = total number of valid tests of the round,
- $SD_{iv}$  = mean standard deviation of a round =

$$\sqrt{\frac{\sum_{\text{batch}} [(N_{iv} - 1)SD_{iv}^2]}{N_{iv} - 1}}$$

$(N_i - 1)SD_i^2$  = intermediate calculation,

$X_g$  = grand mean value of all valid tests (4 rounds),

$N_g$  = total number of valid tests in 4 rounds,

GMWBE = grand mean within-batch error, MPa =

$$\sqrt{\frac{\sum_{\text{Round}} [(N_{iv} - 1)SD_{iv}^2]}{N_g - 1}}$$

RWBE = relative within batch error, % =  $100(\text{GMWBE} / X_g)$ , and

Max RWBE = maximum allowed RWBE = 2.10 % (See Note 10).

<sup>A</sup> See Note 9.

**TABLE A1.4 Bias Qualification Requirements**

Cement Classification (see 10.4.3.1)	6 Cube Batches (Min 6 Batches per Round)			9 Cube Batches (Min 4 Batches per Round)		
	A	B	C	A	B	C
Max allowable relative error any 4 or 6 batches, MARE <sub>r</sub> %	6.6	8.9	11.2	6.7	9.1	11.5
Max allowable relative error mean of 4 rounds of 4 or 6 batches of 4 or 6 batches, GRE <sub>r</sub> %	5.4	7.3	9.2	5.5	7.5	9.4
Minimum allowable confidence limit, % MACL %	95	95	95	95	95	95

 **C 109/C 109M – 08**

**TABLE A1.5 Bias Tests**  
(Example Using 9-Cube Batches, Class A Cement)

MREr %, the maximum relative error value of the four rounds	6.85
MAREr %, max allowable MREr from Table A1.4	6.7
GRE %, the average REr % of the four rounds	Fails
Maximum limit of MGREG % from Table A1.4	3.13
	5.5
Bias confidence limit, CL %	Pass
Minimum allowable confidence limit, MACL % (from Table A1.4)	96.99
	95
	Pass

The above results indicate the data fails to show compliance.

where:

- MREr, % = the maximum relative error, % obtained for any round (from values in column F, Table A1.3).
- MAREr, % = the maximum allowable relative error, % of any Round (Table A1.4).
- GRE, % = the grand average of the REr, % values of the four rounds,
- MAREg, % = maximum allowed GRE, % value (average of column F, Table A1.3), and
- CL, % = bias confidence limit, %, the confidence with which it can be stated that the error of the mean of 4 rounds is non-zero. Calculate this by use of Excel® function “=ttest(<range of industry means>,<range of values obtained>,1,1)” or equivalent, or use statistical tables to find the confidence in a one-tailed, paired-value t-test on the set of round errors.

NOTE—The qualification method fails for bias if (1) the MREr exceeds the MAREr, % limit; or if (2) the GRE, % exceeds the MGREG limit and the CL, % exceeds 95 %.

**SUMMARY OF CHANGES**

Committee C01 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C 109/C 109M – 07<sup>e1</sup>, that may impact the use of this test method. (Approved December 1, 2008).

(1) Revised 5.1.

(2) Revised 9.3, added new 9.4, and revised Note 6.

Committee C01 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C 109/C 109M – 05, that may impact the use of this test method. (Approved August 15, 2007).

(1) Revised 5.9.2.

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*



Designation: C 188 – 95 (Reapproved 2003)

American Association State Highway and Transportation Officials Standard AASHTO No.: T133

## Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C 188; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

### 1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the density of hydraulic cement. Its particular usefulness is in connection with the design and control of concrete mixtures.

1.2 The density of hydraulic cement is defined as the mass of a unit volume of the solids.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

### 2. Referenced Documents

- 2.1 *ASTM Standards:*  
 C 114 Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement<sup>2</sup>  
 C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials<sup>3</sup>

### 3. Apparatus

3.1 *Le Chatelier flask*—The standard flask, which is circular in cross section, with shape and dimensions conforming essentially to Fig. 1 (Note 1). The requirements in regard to tolerance, inscription and length, spacing, and uniformity of graduation will be rigidly observed. There shall be a space of at least 10 mm between the highest graduation mark and the lowest point of grinding for the glass stopper.

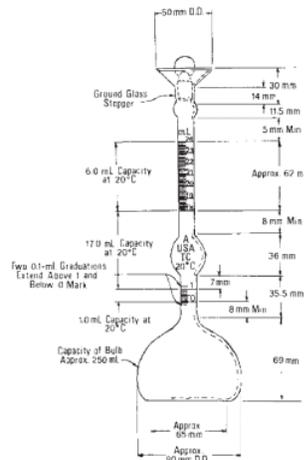
3.1.1 The material of construction shall be excellent quality glass, transparent and free of striae. The glass shall be chemically resistant and shall have small thermal hysteresis. The flasks shall be thoroughly annealed before being graduated. They shall be of sufficient thickness to ensure reasonable resistance to breakage.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C01 on Cement, and is the direct responsibility of Subcommittee C01.25 on Fineness.

Current edition approved June 10, 2003. Published August 2003. Originally approved in 1944. Last previous edition approved in 1995 as C 188 – 95.

<sup>2</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

<sup>3</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.



NOTE—Variations of a few millimetres in such dimensions as total height of flask, diameter of base, and so forth, are to be expected and will not be considered sufficient cause for rejection. The dimensions of the flask shown in Fig. 1 apply only to new flasks and not to flasks in use which meet the other requirements of this test method.

FIG. 1 Le Chatelier Flask for Density Test

3.1.2 The neck shall be graduated from 0 to 1 mL and from 18 to 24 mL in 0.1-mL graduations. The error of any indicated capacity shall not be greater than 0.05 mL.

3.1.3 Each flask shall bear a permanent identification number and the stopper, if not interchangeably ground, shall bear the same number. Interchangeable ground-glass parts shall be marked on both members with the standard-taper symbol, followed by the size designation. The standard temperature shall be indicated, and the unit of capacity shall be shown by the letters "mL" placed above the highest graduation mark.



3.2 Kerosine, free of water, or naphtha, having a density greater than 0.73 g/mL at  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  shall be used in the density determination.

3.3 The use of alternative equipment or methods for determining density is permitted provided that a single operator can obtain results within  $\pm 0.03 \text{ Mg/m}^3$  of the results obtained using the flask method.

NOTE 1—The design is intended to ensure complete drainage of the flask when emptied, and stability of standing on a level surface, as well as accuracy and precision of reading.

#### 4. Procedure

4.1 Determine the density of cement on the material as received, unless otherwise specified. If the density determination on a loss-free sample is required, first ignite the sample as described in the test for loss on ignition in section 16.1 on Portland Cement of Test Methods C 114.

4.2 Fill the flask (Note 2) with either of the liquids specified in 3.2 to a point on the stem between the 0 and the 1-mL mark. Dry the inside of the flask above the level of the liquid, if necessary, after pouring. Record the first reading after the flask has been immersed in the water bath (Note 3) in accordance with 4.4.

NOTE 2—It is advisable to use a rubber pad on the table top when filling or rolling the flask.

NOTE 3—Before the cement has been added to the flask, a loose-fitting, lead-ring weight around the stem of the flask will be helpful in holding the flask in an upright position in the water bath, or the flask may be held in the water bath by a buret clamp.

4.3 Introduce a quantity of cement, weighed to the nearest 0.05 g, (about 64 g for portland cement) in small increments at the same temperature as the liquid (Note 2). Take care to avoid splashing and see that the cement does not adhere to the inside of the flask above the liquid. A vibrating apparatus may be used to accelerate the introduction of the cement into the flask and to prevent the cement from sticking to the neck. After all the cement has been introduced, place the stopper in the flask and roll the flask in an inclined position (Note 2), or gently whirl it in a horizontal circle, so as to free the cement from air until no further air bubbles rise to the surface of the liquid. If a proper amount of cement has been added, the level of the liquid will be in its final position at some point of the upper series of

graduations. Take the final reading after the flask has been immersed in the water bath in accordance with 4.4.

4.4 Immerse the flask in a constant-temperature water bath for sufficient periods of time in order to avoid flask temperature variations greater than  $0.2^\circ\text{C}$  between the initial and the final readings.

#### 5. Calculation

5.1 The difference between the first and the final readings represents the volume of liquid displaced by the mass of cement used in the test.

5.2 Calculate the cement density,  $\rho$ , as follows:

$$\rho(\text{Mg/m}^3) = \rho(\text{g/cm}^3) = \text{mass of cement, g/displaced volume, cm}^3$$

NOTE 4—The displaced volume in millilitres is numerically equal to the displaced volume in cubic centimetres.

NOTE 5—Density in megagrams per cubic metre ( $\text{Mg/m}^3$ ) is numerically equal to grams per cubic centimetre ( $\text{g/cm}^3$ ). Calculate the cement density,  $\rho$ , to three decimal places and round to the nearest  $0.01 \text{ Mg/m}^3$ .

NOTE 6—In connection with proportioning and control of concrete mixtures, density may be more usefully expressed as specific gravity, the latter being a dimensionless number. Calculate the specific gravity as follows:  $\text{Sp gr} = \text{cement density/water density at } 4^\circ\text{C}$  (at  $4^\circ\text{C}$  the density of water is  $1 \text{ Mg/m}^3(1\text{g/cm}^3)$ ).

#### 6. Precision and Bias

6.1 The single-operator standard deviation for portland cements has been found to be 0.012.<sup>4</sup> Therefore, the results of two properly conducted tests by the same operator on the same material should not differ by more than 0.03.

6.2 The multilaboratory standard deviation for portland cements has been found to be 0.037.<sup>4</sup> Therefore, the results of two properly conducted tests from two different laboratories on samples of the same cement should not differ by more than 0.10.<sup>4</sup>

6.3 Since there is no accepted reference material suitable for determining any bias that might be associated with this test method, no statement on bias is being made.

#### 7. Keywords

7.1 density; hydraulic cement; specific gravity

<sup>4</sup> These numbers represent the 1s and 2s limits described in Practice C 670.

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*



## ANEXO 5: REGISTRO FOTOGRAFICO

Elaborando los morteros



Elaboración de morteros



Curado de morteros en agua de mar



Preparando morteros para ensayo de compresión



Realizando el ensayo de compresión



Rotura de morteros



ANEXO 5: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
INFLUENCIA DEL TIPO DE CEMENTO Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN SOBRE LA COMPRESIÓN DEL MORTERO EN AGUA DE MAR?	<p><b>Problema General:</b> ¿Cuál es la influencia del tipo de cemento y el tiempo de exposición sobre la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Existe variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto al tipo cemento a usar?</li> <li>• ¿Existe variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto tiempo de exposición?</li> <li>• ¿Cuál es el tipo de cemento y tiempo de exposición con el que se tiene los mejores resultados de resistencia a la compresión del mortero en agua de mar?</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General:</b> Al variar el tipo de cemento y aumentar el tiempo de exposición del mortero en agua de mar, la resistencia a la compresión aumenta, teniendo que los mejores resultados se obtienen con el cemento tipo V</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b> <b>Hipótesis específica 1</b> H0: No existe variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto al tipo cemento a usar H1: Si existe variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto al tipo cemento a usar <b>Hipótesis específica 2</b> H0: No existe variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto tiempo de exposición H1: Si existe variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto tiempo de exposición <b>Hipótesis específica 3</b> El tipo de cemento de cemento con el que se tiene los mejores resultados de resistencia a la compresión del mortero en agua de mar es el tipo V a los 28 días de exposición</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar la influencia del tipo de cemento y el tiempo de exposición sobre la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar la variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto al tipo cemento a usar</li> <li>• Analizar la variación de la resistencia a la compresión del mortero en agua de mar respecto tiempo de exposición</li> <li>• Determinar el tipo de cemento y tiempo de exposición con el que se tiene los mejores resultados de resistencia a la compresión del mortero en agua de mar</li> </ul>	<p>Tipo de cemento</p> <p>Tiempo de exposición</p> <p>Resistencia a la compresión del mortero en agua de mar</p>	<p>Tipo</p> <p>Tiempo</p> <p>Propiedad mecánica</p>	<p><b>Tipo:</b> Cuantitativa, experimental, aplicada</p> <p><b>Diseño:</b> Bifactorial</p> <p><b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</b> Técnica de observación. Formatos bajo norma</p> <p><b>Métodos de análisis de investigación:</b> Tablas, gráficos</p>
TIPO DE CEMENTO Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO EN AGUA DE MAR?	<p><b>Problema General:</b> ¿Cuál es el tipo de cemento y tiempo de exposición con el que se tiene los mejores resultados de resistencia a la compresión del mortero en agua de mar?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es el tipo de cemento y tiempo de exposición con el que se tiene los mejores resultados de resistencia a la compresión del mortero en agua de mar?</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General:</b> El tipo de cemento de cemento con el que se tiene los mejores resultados de resistencia a la compresión del mortero en agua de mar es el tipo V a los 28 días de exposición</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar el tipo de cemento y tiempo de exposición con el que se tiene los mejores resultados de resistencia a la compresión del mortero en agua de mar</p>	<p>Resistencia a la compresión del mortero en agua de mar</p>	<p>Propiedad mecánica</p>	<p><b>Métodos de análisis de investigación:</b> Tablas, gráficos</p>



# INFORME DE TESIS - AGUILAR ACUÑA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.uct.edu.pe">repositorio.uct.edu.pe</a> Fuente de Internet	8%
2	<a href="#">Submitted to uni</a> Trabajo del estudiante	3%
3	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="#">Submitted to Universidad Ricardo Palma</a> Trabajo del estudiante	1%
5	<a href="#">Submitted to Universidad Catolica de Trujillo</a> Trabajo del estudiante	1%
6	<a href="https://ni.nordish-republic.com">ni.nordish-republic.com</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="#">Submitted to Universidad Cesar Vallejo</a> Trabajo del estudiante	<1%
9	<a href="#">Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola</a>	<1%

10

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

<1 %

---

11

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

---

12

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

---

13

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

---

14

Ramón Tejada Oliveros. "Optimización de las propiedades de tenacidad e impacto de formulaciones de ácido poliláctico (PLA), mediante mezclas con polímeros flexibles y optimización de los sistemas de compatibilización", Universitat Politecnica de Valencia, 2023

Publicación

<1 %

---

15

fr.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

---

16

nepis.epa.gov

Fuente de Internet

<1 %

---

17

Submitted to Centro Europeo de Postgrado - CEUPE

Trabajo del estudiante

<1 %

---

18

qdoc.tips

Fuente de Internet

<1 %

---

19	<a href="https://repositorio.yachaytech.edu.ec">repositorio.yachaytech.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
20	Nishant A. Nair, T. S. Viswanathan. " $\beta$ -CaSiO <sub>3</sub> and colloidal n-SiO <sub>2</sub> based blended cement composites- their properties, regression analysis and micro-characterization studies", <i>Materiales de Construcción</i> , 2023 Publicación	<1 %
21	<a href="https://steemit.com">steemit.com</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="https://patents.google.com">patents.google.com</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="https://minerva.usc.es">minerva.usc.es</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080">repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="https://repositorio.unprg.edu.pe">repositorio.unprg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="https://www.x-mol.com">www.x-mol.com</a> Fuente de Internet	<1 %
27	Juan Cosa Martínez. "Utilización de mezclas de residuos para la obtención de cementos de activación alcalina: aplicación en morteros y suelos estabilizados", <i>Universitat Politecnica de Valencia</i> , 2022 Publicación	<1 %

28 Submitted to Universidad Andina Nestor  
Caceres Velasquez <1 %  
Trabajo del estudiante

---

29 issuu.com <1 %  
Fuente de Internet

---

30 Submitted to unsaac <1 %  
Trabajo del estudiante

---

31 archive.org <1 %  
Fuente de Internet

---

32 eprints.ucm.es <1 %  
Fuente de Internet

---

33 foristom.org <1 %  
Fuente de Internet

---

34 materconstrucc.revistas.csic.es <1 %  
Fuente de Internet

---

35 repositorio.uns.edu.pe <1 %  
Fuente de Internet

---

36 scholar.uprm.edu <1 %  
Fuente de Internet

---

37 www.slideshare.net <1 %  
Fuente de Internet

---

38 www.theinsightpartners.com <1 %  
Fuente de Internet

---

---

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía Activo