



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
TESIS**

**Influencia del material refractario sustituyendo el  
agregado fino en la resistencia a la compresión del  
concreto sometidas a altas temperaturas**

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

**Autor**

Bach. Bereche Bello Jhan Brinner  
<https://orcid.org/0000-0002-9663-2306>

**Asesor**

Dr. Muñoz Pérez Sócrates Pedro  
<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>

**Línea de Investigación**

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la  
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e  
Infraestructura**

**Pimentel – Perú**

**2023**



## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy egresado del Programa de Estudios de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

### **INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Bereche Bello, Jhan Brinner	DNI: 74304315	
-----------------------------	---------------	---------------------------------------------------------------------------------------

Pimentel, 17 de octubre de 2023.

## REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Influencia del material refractario sustituyendo el agregado fino en la resistencia a la compresión**

AUTOR

**Jhan Brinner Bereche Bello**

RECuento DE PALABRAS

**20787 Words**

RECuento DE CARACTERES

**110073 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**87 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**7.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 30, 2023 4:55 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 30, 2023 4:57 PM GMT-5**

### ● 21% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 20% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 14% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

Resumen

**INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL  
AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL  
CONCRETO SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS**

**Aprobación del jurado**

---

MAG. SALINAS VÁSQUEZ NÉSTOR RAÚL

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

MAG. MEDRANO LIZARZABURU EITHEL YVAN

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

MAG. CHÁVEZ COTRINA CARLOS OVIDIO

**Vocal del Jurado de Tesis**

## **Dedicatoria**

A Dios

Primeramente, dedicar el presente trabajo a Dios agradecerle por haberme dado la sapiencia y la firmeza de culminar el presente trabajo, que hoy conlleva sus resultados, de un proceso que demandó un tiempo vital para adquirir conocimientos que me servirán para mi formación profesional.

A mis padres, hermana y familia

A mis padres por su apoyo incondicional con bajas y altas, pero lo que significa el amor de los padres por ver a su hijo hecho todo un profesional gracias a ellos he concluido con una de mis metas propuestas he logrado concluir este primer peldaño de mi vida profesional.

A mis hermanos(as) por su amor incondicional, y familia en general con la cual hemos pasado buenos y malos momentos y sus oraciones constantes.

**Jhan Brinner Bereche Bello**

## **Agradecimientos**

Dios siempre delante de toda meta propuesta, agradecerle que ante todo pronóstico se logró culminar una etapa de vida profesional, y un momento muy importante para mí como estudiante.

A mi padre y madre un ejemplo a seguir, por sus consejos constantes que conlleva esta vida profesional por ese voto de confianza que me han dado y ver el fruto de ello.

A mis docentes por todo ese intelecto brindado y afecto a lo largo de mi carrera profesional, mis amigos de Ingeniería Civil. Resultaría imposible agradecer a todos quienes me han enseñado o ayudado en todo este tiempo, pero me siento en deuda con mis profesores de la facultad.

**Jhan Brinner Bereche Bello**

## Índice

Dedicatoria .....	V
Agradecimientos.....	VI
Índice de tablas .....	VIII
Índice de figuras .....	IX
Resumen.....	XII
Abstract .....	XIII
I. INTRODUCCIÓN.....	XIV
1.1.    Realidad problemática .....	XIV
1.2.    Formulación del problema .....	XXIV
1.3.    Hipótesis.....	XXIV
1.4.    Objetivos .....	XXIV
1.5.    Teorías relacionadas al tema.....	XXV
II. MATERIALES Y MÉTODO .....	LV
2.1.    Tipo y Diseño de Investigación .....	LV
2.2.    Variables, Operacionalización.....	LV
2.3.    Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección .....	LVIII
2.4.    Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad LXI	
2.5.    Procedimiento de análisis de datos .....	LXI
2.6.    Criterios éticos.....	LXXXIV
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	LXXXVI
3.1.    Resultados.....	LXXXVI
3.2.    Discusión .....	XCVI
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	CI
4.1.    Conclusiones .....	CI
4.2.    Recomendaciones.....	CII
REFERENCIAS.....	CIV
ANEXOS .....	CX
	VII

## Índice de tablas

<b>Tabla I.</b> Propiedades químicas del material refractario. ....	XXVIII
<b>Tabla II.</b> Coloración superficial del concreto expuesto a temperaturas variables, descripción visual. ....	XXX
<b>Tabla III.</b> Clasificación de fisuras en el concreto. ....	XXXIII
<b>Tabla IV.</b> Puntos de la curva modelo tiempo - temperatura que establecen su condición. ....	XXXV
<b>Tabla V.</b> Tamices normalizados para la comparación granulométrica de los agregados. ....	XXXIX
<b>Tabla VI.</b> Agrupación de los agregados por su viscosidad. ....	XL
<b>Tabla VII.</b> Clasificación mineralógica. ....	XL
<b>Tabla VIII.</b> Clasificación por su forma. ....	XLI
<b>Tabla IX.</b> Clasificación por textura. ....	XLI
<b>Tabla X.</b> Clasificación de mezclas enfocados según su asentamiento. ....	XLVI
<b>Tabla XI.</b> Operacionalización de la variable independiente. ....	LVI
<b>Tabla XII.</b> Operacionalización de la variable dependiente. ....	LVII
<b>Tabla XIII.</b> Descripción de muestras de estudios. ....	LVIII
<b>Tabla XIV.</b> Cuantía de probetas desarrolladas a diferentes rangos de temperatura a 15 minutos, ensayadas a compresión axial $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> a 28 días de edad. ....	LIX
<b>Tabla XV.</b> Cuantía de probetas desarrolladas a diferentes rangos de temperatura a 30 minutos, ensayadas a compresión axial $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> a 28 días de edad. ....	LIX
<b>Tabla XVI.</b> Cuantía de probetas desarrolladas a diferentes rangos de temperatura a 60 minutos, ensayadas a compresión axial $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> a 28 días de edad. ....	LX
<b>Tabla XVII.</b> Propiedades físicas de los agregados pétreos. ....	LXXXVI
<b>Tabla XVIII.</b> Cantidad de materiales del diseño de mezclas por 1 m <sup>3</sup> . ....	LXXXVII

## Índice de figuras

<b>Fig. 1</b> Ladrillo refractario muestra de la zona de extracción .....	XXVII
<b>Fig. 2.</b> Probeta expuesta al fuego concreto patrón y concreto con sustitución de material refractario. [21].....	XXIX
<b>Fig. 3.</b> Estribos de concreto armado expuesto al efecto de elevadas temperaturas. [23]. .....	XXXI
<b>Fig. 4.</b> Curva tiempo – temperatura según la Norma ASTM E119-00. [25]. .....	XXXIV
<b>Fig. 5.</b> Mezcla de concreto sustituyendo material pétreo por material refractario. ....	XXXVI
<b>Fig. 6.</b> Esquema de tipos de rotura de las muestras ejercida por carga axial. [34].....	XLVIII
<b>Fig. 7.</b> Diagrama Causa - Efecto de una empresa. [36]. .....	L
<b>Fig. 8.</b> Proceso de obtención de agregado refractario fino.....	LVIII
<b>Fig. 9.</b> Esquema del diagrama de proceso de flujo de la investigación. ....	LXII
<b>Fig. 10.</b> Extracción de muestra de la cantera “La Victoria” para agregado fino. ....	LXIII
<b>Fig. 11.</b> Extracción de muestra de la cantera “Pacherres” para agregado grueso.....	LXIII
<b>Fig. 12.</b> Producto empaquetado cemento CEMEX Tipo I.....	LXIV
<b>Fig. 13.</b> Adquisición de ladrillos refractarios para fines de investigación y molienda del material.....	LXV
<b>Fig. 14.</b> Proceso de tamizado de a) materiales pétreos agregado fino y grueso, b) material refractario. ....	LXVI
<b>Fig. 15.</b> Proceso de realización de a) peso unitario suelto de agregados, b) material refractario. ....	LXVIII
<b>Fig. 16.</b> Proceso de realización de peso unitario compactado de agregados a) fino, b) grueso. ....	LXX
<b>Fig. 17.</b> Proceso de peso de muestras para el contenido de humedad a) árido grueso, b) árido fino.....	LXXI
<b>Fig. 18.</b> Proceso de peso de muestras, a) absorción, b) peso específico .....	LXXIII
<b>Fig. 19.</b> Proceso de peso de muestra en canastilla sumergida a) peso de cesta, b) sumersión de árido grueso.....	LXXV
<b>Fig. 20.</b> Elaboración de cálculos desarrollados en plantillas para el diseño $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> . .....	LXXVI
<b>Fig. 21.</b> Proceso de medición del slump. ....	LXXVII
<b>Fig. 22.</b> Proceso de peso y varillado en el molde de la Olla de Washington. ....	LXXIX
<b>Fig. 23.</b> Colocación de a) nomenclatura, b) curado de probetas.....	LXXX
<b>Fig. 24.</b> Proceso de rotura de probetas en la máquina de resistencia a la compresión. .....	LXXXI

<b>Fig. 25.</b> a) Colocación de probetas en el horno para su exposición a rangos de temperaturas, b) textura luego de someterlas al fuego. ....	LXXXII
<b>Fig. 26.</b> a) Coloración de probetas debido al rango de temperatura, b) exposición al fuego directo utilizando una antorcha industrial. ....	LXXXIV
<b>Fig. 27.</b> Slump de las muestras experimentales .....	LXXXVIII
<b>Fig. 28.</b> Peso unitario fresco de las muestras experimentales .....	LXXXIX
<b>Fig. 29.</b> Resistencia a la compresión de probeta experimentales a los 28 días sometidas a calor a un tiempo de 15 minutos .....	XC
<b>Fig. 30.</b> Resistencia a la compresión de probeta experimentales a los 28 días sometidas a calor a un tiempo de 30 minutos .....	XC I
<b>Fig. 31.</b> Resistencia a la compresión de probeta experimentales a los 28 días sometidas a calor a un tiempo de 60 minutos .....	XC I
<b>Fig. 32.</b> Módulo elástico de muestras experimentales sometido a diferentes temperaturas en un tiempo de 15 minutos.....	XCII
<b>Fig. 33.</b> Módulo elástico de muestras experimentales sometido a diferentes temperaturas en un tiempo de 30 minutos.....	XCIII
<b>Fig. 34.</b> Módulo elástico de muestras experimentales sometido a diferentes temperaturas en un tiempo de 60 minutos.....	XCIII
<b>Fig. 35.</b> Pérdida de masa de muestras experimentales sometido a diferentes temperaturas en un tiempo de 15 minutos.....	XCIV
<b>Fig. 36.</b> Pérdida de masa de muestras experimentales sometido a diferentes temperaturas en un tiempo de 30 minutos.....	XC V
<b>Fig. 37.</b> Pérdida de masa de muestras experimentales sometido a diferentes temperaturas en un tiempo de 60 minutos.....	XC V

## **Índice de ecuación**

<b>Ecuación 1.</b> Densidad de masa .....	LXVII
<b>Ecuación 2.</b> Densidad de masa saturada.....	LXVII
<b>Ecuación 3.</b> Densidad de masa compactada .....	LXIX
<b>Ecuación 4.</b> Densidad de masa compactada .....	LXIX
<b>Ecuación 5.</b> Contenido de humedad .....	LXXI
<b>Ecuación 6.</b> Peso específico del árido fino.....	LXXII
<b>Ecuación 7.</b> Peso específico de árido grueso .....	LXXIV
<b>Ecuación 8.</b> Peso unitario fresco.....	LXXVIII
<b>Ecuación 9.</b> Resistencia a la compresión axial .....	LXXXI

# **INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS**

## **Resumen**

Este estudio tuvo como propósito evaluar la influencia del material refractario como sustituto del agregado fino, en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  sometido a altas temperaturas. El tipo de investigación por propósito es denominado aplicada, y un diseño cuasiexperimental con un enfoque cuantitativo; la población estuvo compuesta por probetas de concreto de  $f'c: 210\text{ kg/cm}^2$ , la muestra estuvo conformada por 270 probetas cilíndricas para los ensayos de resistencia a la compresión, módulo elástico y pérdida de masa; las muestras con tratamiento fueron sustituidas el agregado fino por el material refractario en dosis de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% en peso. La metodología fue tratar al concreto experimental a una temperatura ambiente  $29^\circ\text{C}$ , y otras temperaturas a  $200\text{-}400^\circ\text{C}$ ,  $400\text{-}600^\circ\text{C}$ ,  $600\text{-}800^\circ\text{C}$ ,  $800\text{-}1000^\circ\text{C}$ , durante 15, 30 y 60 minutos. Los resultados según los objetivos fueron que el asentamiento mostró una reducción de 0% hasta un -42.85% respecto al 10% hasta 50% de material refractario, el peso unitario presentó el mismo comportamiento, disminuyó desde un -1.14% hasta un -2.45%, respectivamente. Las propiedades mecánicas mostraron un incremento de 14.44% (resistencia compresión), 7.01% (módulo elástico) con las muestras CP21MR40 y menor pérdida de masa -1.048% con CP21MR50 (para pérdida de masa), resultados para la temperatura más crítica entre  $800\text{-}1000^\circ\text{C}$ , respectivamente. Se concluye que la muestra con CP21MR40 tuvo el mejor comportamiento frente acciones de fuego constante en tiempos hasta 1 hora, por lo cual mantiene un mejor comportamiento mecánico frente a evento extremos de calor.

**Palabras Clave:** Material refractario, concreto, agregado fino, temperatura.

## Abstract

The purpose of this study was to evaluate the influence of refractory material as a substitute for fine aggregate on the compressive strength of concrete  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  subjected to high temperatures. The type of research by purpose is called applied, and a quasi-experimental design with a quantitative approach; the population was composed of concrete specimens of  $f'_c: 210\text{ kg/cm}^2$ , the sample consisted of 270 cylindrical specimens for the compressive strength, elastic modulus and mass loss tests; the samples with treatment were substituted the fine aggregate by the refractory material in doses of 10%, 20%, 30%, 40% and 50% by weight. The methodology was to treat the experimental concrete at room temperature  $29^\circ\text{C}$ , and other temperatures at  $200\text{-}400^\circ\text{C}$ ,  $400\text{-}600^\circ\text{C}$ ,  $600\text{-}800^\circ\text{C}$ ,  $800\text{-}1000^\circ\text{C}$ , for 15, 30 and 60 minutes. The results according to the objectives were that the slump showed a reduction from 0% to -42.85% with respect to 10% to 50% refractory material, the unit weight presented the same behavior, decreasing from -1.14% to -2.45%, respectively. The mechanical properties showed an increase of 14.44% (compressive strength), 7.01% (elastic modulus) with samples CP21MR40 and lower mass loss -1.048% with CP21MR50 (for mass loss), results for the most critical temperature between  $800\text{-}1000^\circ\text{C}$ , respectively. It is concluded that the sample with CP21MR40 had the best behavior against constant fire actions in times up to 1 hour, thus maintaining a better mechanical behavior against extreme heat events.

**Keywords:** Refractory material, concrete, fine aggregate, temperature

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática.

Las investigaciones a nivel internacional sobre los materiales empleados en construcciones expuestas a altas temperaturas, se aproximan a tratar incidentes que han sucedido a causa de incendios en edificaciones existentes, por lo tanto, elementos de concreto sin daños visibles puede tener consigo una resistencia reducida debido a temperaturas elevadas y hace necesario explorar todas las posibilidades y oportunidades de reutilización y reciclaje de algunos productos industriales de la construcción [1, 2]. Es así como el fuego supone una grave amenaza para la vida de las estructuras y las personas que lo ocupan, porque se induce a efectos perjudiciales a nivel estructural tanto a corto como a largo plazo [3].

En casos como el de la Torre Plasco en Teherán, capital de Irán, constituida por un total de 16 pisos, y la cual fue víctima de un catastrófico incendio, se realizó un estudio posterior al siniestro en su estructura física. Percibiéndose además la existencia de un desplazamiento lateral y momentos flectores en las columnas, lo que ocasionó el colapso de algunos niveles; durante el incendio que duró 3 horas y media, posteriormente la estructura colapsó debido a que era una construcción muy antigua [4, 5].

En la China se ha realizado diversos estudios en referencia a estructuras expuestas a temperaturas altas después de la ocurrencia de un terremoto a gran escala, seguidamente de un movimiento telúrico de gran magnitud existen daños severos y más aún si existiera un incendio, porque en esas condiciones las estructuras colapsan en su totalidad, el desconchado del concreto tiene mayor influencia sobre su campo de temperatura interna; debido a esta problemática que existe se debería tener en cuenta en que se podría mejorar los componentes de una estructura [6]. Estudios elaborados a nivel internacional han conllevado a tener una tecnología adecuada donde se tenga a la mano facilidades y soluciones en condiciones extremas [7]. Para la recopilación de información sobre temas de hormigones refractarios con inclusión de otro tipo de materiales, existen

muchas investigaciones respecto al tema siendo así nos permite realizar comparaciones de acuerdo a los comportamientos experimentales y numéricos, concluyendo que el hormigón refractario reforzado con fibras de acero inoxidable sometidos a diferentes temperaturas, tienen un adecuado comportamiento a temperaturas hasta de 1000 °C [8]. La temperatura alta se sabe que causa graves daños tanto a lo macroscópico y microscópico en el concreto lo que lleva al deterioro mecánico a nivel estructural, debido al desconchado del concreto [9]. Aún con los sistemas vigentes de control de calidad interpuestos en muchos países de Latinoamérica, todavía persiste como evento subestándar frecuente de un concreto en estado sólido y sometido a altas temperaturas [10].

Es así que, a nivel regional el concreto presenta reducciones considerables de resistencia y elasticidad tras eventos de sismo, incendio o por interacción química con agentes agresivos en el aire o en el suelo donde las construcciones de concreto armado se asientan, donde se hacen evidentes problemas en el mortero de igual manera [11]. La reutilización de ladrillo desechado por exceso de cocción como agregado grueso para la fabricación de concreto podría conducir a la industria de la construcción a un escenario de mayor sostenibilidad, reduciendo el uso de recursos no renovables y el impacto negativo que causa al medio ambiente el manejo inadecuado de los residuos sólidos [12].

En la ciudad de Chiclayo, en el ámbito local la praxis alternativa ante la problemática de modificación de las características mecánicas del concreto por el efecto de las altas temperaturas, se acogen a la reutilización de materiales reciclados como una opción al desarrollo sustentable de la región, cuyos agregados es importante que sean a base de algún componente refractario que soporte esta sumisión, bajo índices ideales que permitan generar eficacia y calidad ante un sometimiento a fuego del concreto, donde pueda privar la pérdida de resistencia a compresión del mismo [13]. Es importante al momento de planificar la elaboración del concreto, es conciso contribuir a la creación de nuevos materiales que fomenten el desarrollo de la ciudad y del país, contribuyendo así mismo al

equilibrio del medio ambiente en la ciudad de Chiclayo [14].

Las diversas literaturas se conglomeraron como antecedentes relevantes como Moreno et al. [15] en la investigación titulada *“Resistencia de concreto con agregado de bloque de arcilla triturado como reemplazo de agregado grueso”*, tuvieron por objetivo analizar los efectos de uso de bloque triturado como sustitución total del agregado grueso el 100% en el concreto. Tuvo como resultados que su módulo de elasticidad empleando ladrillo de arcillas influye significativamente en las reducciones de su valor son típicamente atribuidas a la alta porosidad del bloque de arcilla comparado con los árido pétreos naturales. Concluyeron que los concretos elaborados en base a materiales reciclados tienen menor resistencia a la compresión que el concreto convencional, se reafirma una reducción promedio del 30% estimada en su resistencia a la compresión.

Liu et al. [16] en su investigación titulada *“Effect of microstructure evolution on mechanical behaviour of concrete after high temperatures”*, tuvieron por objetivo examinar el comportamiento mecánico del concreto tras la exposición a temperaturas elevadas hasta 800°C. Tuvo como resultados que el concreto con un a/c de 0.55 tuvo una pérdida de masa entre 20 a 100°C fue de 8.05%, entre 100 a 200°C fue 6.71%, entre 200 a 300°C fue de 1.9%, entre 300 a 400°C fue 1.39%, entre 400 a 500°C fue de 3.27%, entre 500 a 600°C fue 0.68%, entre 600 a 700° de 2,32% y de 700 a 800°C de 2.41%, respectivamente. Además, las resistencias a compresión descendieron a mayor temperatura se tuvo valores de 30.05, 26.33, 22.89, 23.79, 17.89, 10.83 y 6.23 MPa, respectivamente. Concluyeron que las pruebas de compresión que aplicaron en probetas en temperaturas altas condujeron a un notable deterioro, donde se distinguieron tres etapas: (a) etapa inicial de pérdida de fuerza en temperaturas de 20 a 200°C; (b) etapa de meseta en temperaturas de 200 a 300° aprox. y (c) una etapa de disminución monótona de la fuerza para temperatura por encima de 300°C.

Sobia et al. [17] en su investigación titulada *“Elevated temperature resistance of ultra-high-performance fibre-reinforced cementitious composites”*, tuvieron por objetivo

examinar el concreto reforzado con fibras de ultra alto rendimiento (UHPFRCC) antes y después del tratamiento térmico en un rango de temperaturas desde 400°C, 700°C y 1000°C. Los resultados mostraron que el empleo de fibras híbridas mejoró significativamente las resistencias mecánicamente a temperatura ambiente de UHPFRCC, que resultaron ser de 80 MPa y 14.3 MPa. Concluyeron los resultados mostraron que el uso de fibras mejoró significativamente las resistencias mecánicas a temperatura ambiente, sin embargo, con UHPFRCC logró la resistencia residual óptima a la compresión y a la flexión.

Varona et al. [18] en su investigación titulada *“Estudio de las propiedades mecánicas residuales de hormigones expuestos a altas temperaturas”*, tuvieron por objetivo aportar datos que cubran los escasos antecedentes en el caso de concreto a alta resistencia HAR por encima de 80MPa y fabricados con áridos calizos, el concreto convencional HC y el HAR a 60 días a temperaturas (20, 450, 650 y 825°C). La resistencias a las temperaturas más elevadas de 650 y 825°C demostró el comportamiento de los áridos calizos para este tipo de árido, la menor estabilidad de los áridos silíceos a altas temperaturas es achacable a la citada transformación cristalina del cuarzo a cuarzo entre los 500 y 650°C, la mayor pérdida de resistencia residual a compresión se produce para exposiciones superiores al rango de 400 a 500°C. Concluyeron que se obtuvieron menores resistencias residuales tras la exposición a mayores edades de ensayo, lo cual es atribuido a que mayor hidratación de los componentes del concreto hace que el deterioro producido por la deshidratación a alta temperatura sea más dañino.

Baradaran y Nematzade [19], en su investigación titulada *“The effect of elevated temperatures on the mechanical properties of concrete with fine recycled refractory brick aggregate and aluminite cement”*, tuvieron por objetivo evaluar las propiedades físico-mecánica del concreto reemplazando 0, 25, 50, 75 y 100% de agregado fino por ladrillo refractario expuesto a temperaturas de 110, 200, 400, 600, 800 y 1000°C, utilizando cemento portland ordinario y cemento de aluminato de calcio. Los resultados del slump

para las muestras 0, 25, 50, 75 y 100% fue de 85, 70, 65, 60 y 55 mm, respectivamente con cemento ordinario Portland además un slump de 110, 100, 90, 70 y 65 mm con cemento de aluminato. Concluyeron que mejoran la resistencia residual del concreto al doble de la temperatura de 800°C con 100% de reemplazo, además el uso de cemento de aluminato condujo a una disminución significativa del módulo de elasticidad del concreto experimentado a temperaturas elevadas, mostrando valores de reducción más altos por encima de los 200°C.

Zeghad et al. [20], en su investigación titulada *“Reuse of Refractory Brick Wastes (RBW) as a Supplementary Cementitious Material in a Concrete”*, tuvieron por objetivo evaluar la reutilización de residuos refractarios (RWB), ladrillos a base de alúmina CRWB1, magnesio CRWB2 y zirconio CRWB3 como adición en función al cemento. Respecto al slump tuvo una fluidez entre 19 y 21 cm respecto a la muestra patrón, sin embargo, decreció su valor en los concreto CRWB1 y CRWB3. Todos los hormigones estudiados tienen la misma densidad aparente independientemente de la naturaleza o el tipo de polvo de ladrillo refractario utilizado para la sustitución por humo de sílice. En la resistencia a la compresión el concreto para un w/c de 0.3 de diseño con alúmina a base de ladrillos de desecho refractario dio un valor más alto de resistencia 93 MPa, a comparación del concreto con refractario con magnesio y del concreto con residuos refractarios a base de Zirconio, pero no superando al patrón de 120 MPa. Concluyeron que los ladrillos refractarios finamente molidos tienen el potencial de ser utilizados como material cementoso o adiciones para la fabricación de concreto, en sus condiciones de estado fresco en comparación del concreto de control, se produjo una ligera disminución, asimismo, da una densidad ligeramente más alta en comparación con el concreto patrón.

Cruz et al. [21], en su investigación titulada *“Physical and Mechanical Characterization of Concrete Exposed to Elevated Temperatures by Using Ultrasonic Pulse Velocity”*, tuvieron por objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas expuestas a temperaturas elevadas usando ultrasonido luego de exponer especímenes cilíndricos a las

altas y variadas temperaturas dentro de una mufla. Concluyeron que la resistencia a diferentes temperaturas 200, 400, 600 y 800°C, van decayendo y se verificaron los grandes daños a nivel físico de los cuerpos estudiados, siendo el método de la velocidad de pulso ultrasónico muy conveniente al momento de analizar las propiedades del concreto como la resistencia a la compresión sometido a altas temperaturas.

Ahn et al. [22], en su investigación titulada "*Mechanical properties of lightweight concrete made with coal ashes after exposure to elevated temperatures*", tuvieron por objetivo investigar la resistencia térmica del concreto ligero con cenizas de carbón reciclado, a temperaturas de hasta 800°C. Concluyeron que la resistencia de concreto ligero disminuyó a medida que la temperatura de exposición crece, reteniendo el 19.5% y el 51.7% de la fuerza original después de la exposición a 800°C; asimismo la incorporación de carbón como agregado aumentó la resistencia térmica. Además, presentó la notable formación de grietas después de la exposición de 600°C.

Moreno de la Cruz [23], en su investigación titulada "*Análisis de la resistencia a compresión del concreto expuesto a fuego, elaborado a base de talco industrial como remplazo parcial del agregado fino*", tuvo por objetivo aportar sobre la influencia que tiene el talco industrial como reemplazo del agregado fino en mezclas de concreto. Concluyó con resultados a la compresión simple, posterior al choque térmico fue la que tuvo el 20% de talco industrial como reemplazo del agregado fino a los 28 días de edad a una temperatura expuesta de 500°C.

Nematzadeh y Nasiri [24], en su investigación titulada "*Residual Properties of Concrete Containing Recycled Refractory Brick Aggregate at Elevated Temperatures*", tuvieron por objetivo investigar el comportamiento esfuerzo-deformación por compresión del hormigón de agregado reciclado (RRBC) con diferentes niveles de reemplazo de agregado fino por partículas recicladas obtenidas de ladrillos refractarios (reemplazo del 25, 50, 75 y 100% por volumen) en dos grupos uno que contiene cemento Portland ordinario y el otro cemento de aluminato de calcio, después de la exposición a temperaturas

elevadas (110, 200, 400, 600, 800 y 1000°C). Los resultados del módulo elástico experimentaron una reducción significativa con el aumento de temperatura con probetas de RRBC, A 1.000°C, los valores medios del módulo elástico de las series de cemento ordinario que incluyen RRBC0P, RRBC25P, RRBC50P, RRBC75P y RRBC100P son 900 (2.5%), 548 (1.4%), 641(1.5%), 564 (1.2%) y 569 (1.5%) MPa, respectivamente, de los valores originales sin calentar. Además, los valores medios del módulo elástico de las probetas RRBC100P a 110, 200, 400, 600 y 800 °C tuvo una reducción de 92,8, 74,3, 18,5, 10,9 y 4,3% de los valores originales sin calentar. Concluyeron que se produce una degradación de la mayor parte de propiedades mecánicas del concreto con cemento ordinario a 400°C y el concreto con cemento de aluminato a 110°C. Además, los contenidos de agregados fino de ladrillo refractario mejoran el comportamiento a compresión a temperaturas elevadas.

Saidi et al. [25], en su investigación titulada *“Improved behaviour of mortars at a high temperature by using refractory brick wastes”*, tuvieron por objetivo investigar la reutilización de residuos de ladrillos refractarios (RWF) como agregado fino (mediante una sustitución parcial de arena) para producir cemento mortero (0, 10, 20, 30 y 50% en peso) y ser analizada a múltiples niveles (20, 600, 700, 900, 1010 y 1100°C) para 8 h con una pausa en cada temperatura elegida. Su slump a medida que aumenta sus dosis de RWF tuvo una tendencia a reducir su trabajabilidad, sin embargo, la resistencia a la compresión mostró un incremento de su valor patrón con el 20% de RWF a los 28 días de rotura, superior a 20% tuvo una tendencia a ser menor su resistencia por debajo de la muestra patrón. Concluyeron que los resultados muestran pérdida de masa en función de la temperatura. No obstante, el mortero con 20% de RBW muestra una nueva estabilidad térmica, ya que su pérdida de masa es menor en comparaciones con otras composiciones y con un 10% de RBW no puede resistir a altas temperaturas, debido a que presentó astillado y agrietamiento.

Tang et al. [26], en su investigación titulada *“Compressive properties of rubber-*

*modified recycled aggregate concrete subjected to elevated temperatures*”, tuvieron por objetivo investigar las propiedades compresivas del modificado con caucho (RRAC) en porcentajes de 0%, 4% y 9% después de la exposición a temperaturas elevadas a 20, 200, 400 y 600°C durante 60 minutos. Concluyeron que los resultados sugirieron que la adición del material RRAC reduce significativamente la pérdida de masa, mejora la resistencia a compresión y aumenta la deformación por falla del concreto reciclado siendo el porcentaje idóneo del 4% de caucho para su uso.

Molay et al. [27], en su investigación titulada *“Mechanical and physical performances of concretes made from crushed sands of different geological nature subjected to high temperatures”*, tuvieron por objetivo ver el comportamiento de los concreto elaborados con arenas trituradas de diferente naturaleza petrográfica sometido a altas temperaturas. Los concretos elaborados con arenas pluviales (CAS), concreto con basalto triturado (CSB) y concreto con arena de gneis (CSG) con una relación A/C constante de 0.47, sometido a 300° C, 600° C y 900°C. El primer soporte de dominio de la temperatura ambiente a partir de 300 C se caracteriza por un aumento global de la pérdida de masa. Esa pérdida de masa es casi el doble del valor inicial. La pérdida de masa obtenida es del 2,28% para el CAS, 4,78% para el CSG y 5,63% para el CSB. La segunda fase que pasa de 900 C a 300 C se caracteriza por una pérdida de resistencia a la compresión de los hormigones. Para la temperatura entre 300 y 600 C, se ha observado que la pérdida de resistencia a la compresión es inferior al 50%. resistencia a la compresión es inferior al 50%. La masa de pérdida observada en ese intervalo es del 20%, 9% y 32% respectivamente para el CAS, el CSG y el CSB. Después de un calentamiento de 900 C, la pérdida de resistencia es del 75% para para el CAS, 68% para el CSG y 79% para el CSB. Concluyeron que, llegaron a decidir que los concreto (CAS) y (CSG) muestran mejor rendimiento a altas temperaturas.

Tufail et al. [28], en su investigación titulada *“Effect of Elevated Temperature on Mechanical Properties of Limestone, Quartzite and Granite Concrete”*, tuvieron por objetivo

estudiar el efecto de las temperaturas elevadas en las propiedades mecánicas del concreto de piedra caliza, cuarcita y granito, sometiéndose a temperaturas de entre 25 y 650 °C durante 2 horas. Concluyeron que a los 28 días el concreto de granito tuvo un incremento de la resistencia a compresión, tracción y el módulo elástico en un 182, 195 y 182%, respetivamente siendo superior a la del concreto de caliza, y 191, 186 y 97% mayor que el del concreto de cuarcita a 650°C. Los concreto de caliza, cuarcita y granito, disminuyeron en 2.16, 2.94 y 2.65 MPa (compresión), 9.29, 0.34 y 0.36 MPa (tensión) y 2.41, 3.26 y 2.86 GPa (módulo) por cada 100° C de aumento de temperatura, siendo el concreto de granito el que tuvo la mayor resistencia en todas las temperaturas de ensayo en comparación con los concreto de cuarcita y caliza.

A nivel regional se muestra a Aguinaga [29], en la investigación titulada *“Mitigación de los efectos negativos en el concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, producidos por las altas temperaturas en la ciudad de Tarapoto”*, tuvo por objetivo exponer los problemas perceptibles en la elaboración del concreto en presencia de temperaturas ambientales muy elevadas, motivo por el cual evaluó las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando agregados de arcilla y ladrillos triturados en la fabricación. Concluyó que los concretos mezclados, vaciados y curados ante las altas temperaturas, conllevan a colocar a una temperatura interna del concreto fresco >32 °C.

Herrera y Ibáñez [30], en su investigación titulada *“Estudio del Comportamiento Mecánico de un Concreto  $f'c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup> expuesto al fuego – Lima, 2018”*, tuvieron por objetivo definir el comportamiento mecánico de un concreto después de ser sometido al fuego a 1000°C durante 2 horas. Concluyeron que el concreto patrón a 28 días fue de 224 kg/cm<sup>2</sup> al 100% y la mínima expuesta al fuego fue de 93 kg/cm<sup>2</sup> corresponde al 58.48% a 1000°C.

Tirado [31], en su investigación titulada *“Resistencia de un concreto con agregado grueso sustituido en un 45% y 48% por escoria de horno de arco eléctrico”*, tuvo por objetivo

incorporar, diseñar y evaluar el comportamiento de un diseño de mezcla con sustitución del agregado grueso en un 45 y 48% de escoria de hornos eléctricos. Concluyó en que el concreto estudiado a proporción de 45 % y 48% del agregado grueso superan la resistencia del concreto patrón, siendo en proporción de 45% de escoria el más óptimo.

Huincho [32], en su investigación titulada *“Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo”*, tuvo por objetivo estudiar el efecto de incidencia del fuego directo en un concreto convencional, en exposiciones al fuego de 1, 2 y 3 horas para las  $r/a$  0.60, 0.65 y 0.70. Concluyó que, en cuanto a la resistencia a la compresión, el concreto de relación  $a/c=0.60$  posee un mejor desempeño ante la exposición al fuego directo que en los otros dos tipos de relaciones  $a/c$  evaluadas, observando la pérdida de masa, la pérdida de resistencia en compresión, tracción y del módulo elástico.

Es así que en el ámbito local se tiene a Castro [13], en su investigación titulada *“Comportamiento del concreto a altas temperaturas con material reciclado: Polvo de caucho y vidrio sódico cálcico”*, tuvo por objetivo elaborar un diseño de mezcla de concreto empleando en su composición material reciclado como reemplazo del agregado fino, frente al fuego. Concluyó que con la sustitución con 10, 20 y 30%, expuesto a altas temperaturas en periodos de 15, 30 y 60 minutos a una edad de 28 días el mejor resultado fue con 30% de sustitución de vidrio sódico cálcico.

La presente investigación tiene como fin evaluar la influencia de sustituir agregado fino por el material refractario (ladrillo refractario), sometido a diferentes rangos de temperaturas elevadas, evaluando su resistencia a la compresión del concreto a diferentes tiempos. La presente investigación permitirá identificar de forma específica el tipo de daño que puede producir el fuego al concreto supliendo el agregado fino por un material refractario que es resistente a temperaturas altas en un 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, con el fin de ver la actuación de estos especímenes. La importancia del estudio es poder tener mantener la resistencia del concreto a la que fue diseñada cuando se produzca un incendio;

puesto que, el material refractario que se incluirá en la mezcla del concreto tiene alta resistencia a temperaturas elevadas; se evaluará de acuerdo al tiempo de curado, tiempo de exposición ya diferentes rangos de exposición de temperaturas, respectivamente.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo influye el material refractario al sustituirse como agregado fino, en la resistencia a la compresión del concreto sometido a altas temperaturas?

## **1.3. Hipótesis**

La sustitución del agregado fino por material refractario influye indiscutiblemente en la resistencia a la compresión del concreto al someterse a altas temperaturas.

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar la influencia del material refractario como sustituto del agregado fino, en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  sometido a altas temperaturas.

### **Objetivos específicos**

- a) Realizar las propiedades físicas del agregado pétreo y el de material refractario.
- b) Desarrollar el diseño de mezcla por el método del ACI 211.1 para una resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  utilizando cemento Tipo I (de uso general) con material refractario sustitutorio como agregado fino en un 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%.
- c) Determinar en estado fresco del concreto (asentamiento y peso unitario) con la sustitución del agregado fino por el material refractario en un 10%, 20%, 30%, 40% y 50% para  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ .
- d) Determinar el esfuerzo a la compresión, módulo elástico y pérdida de masa del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , mediante la rotura de probetas con la sustitución del material refractario en un 10%, 20%, 30%, 40 y 50% sometidas a temperaturas altas (Temperatura ambiente°C), (200-400°C), (400-600°C), (600-800°C) y (800-1000°C) cada 15, 30 y 60 minutos.

## **1.5. Teorías relacionadas al tema**

### **1.5.1. Variable independiente**

#### **1.5.1.1. Refractario**

Es una condición de un componente que lo hace resistente a condiciones del medio donde se encuentre inmerso, sin sufrir alteraciones importantes en sus propiedades físicas y químicas en un intervalo de tiempo rentable; no solo se basa su resistencia a altas temperaturas sino también a la resistencia a los ataques por fundición, al choque térmico y también a sollicitaciones a las que vayan a estar sometidas el material en servicio [15].

#### **1.5.1.2. Material refractario**

Son aquellos materiales que son muy resistentes a temperaturas elevadas sin tener ninguna alteración en sus propiedades, deben soportar temperaturas precisas sin sufrir ningún tipo de afectaciones en sus partes internas como puede presentarse en la corrosión. En la utilización del material refractario sirve para la utilización de todo tipo de hornos como son en refinerías, industria química, industria de vidrios, cerámicas y metalurgia como es la fundición de hierro [16].

Los materiales refractarios son de vital importancia para el desarrollo industrial que se ha visto en aumento, que se utilizan en todos los hornos industriales para refinerías de petróleo, industria química, industria siderúrgica y metalúrgica, industria cementera, ladrilleras e industria del vidrio, entre otras [16].

Los materiales refractarios son materiales orgánicos que soportan altas temperaturas sin tener ningún daño, son utilizados en diferentes aplicaciones, lo más común son para moldes refractarios, para dar forma a cualquier objeto sometidas a temperatura altas, pero se debería incluir en un concreto como componente [17].

#### **1.5.1.3. Tipos de material refractario:**

Los materiales refractarios se dividen de la siguiente manera: Especiales, neutros, básicos y ácidos [15].

*De acuerdo a su comportamiento químico:*

- a) Refractarios especiales: Son utilizados cuando no hay una excedencia de

óxido con facilidad, estos son el carbonato y el grafito.

- b) Refractarios neutros: Son materiales que envuelven la cromita y la magnesita, sirven para desprender los refractarios básicos de los ácidos, frenando el ataque de uno al otro.
- c) Refractarios básicos: Esta clasificación de refractarios se centran en el MgO (magnesia o periclasa), donde tienen un punto de fusión alto, buena refractariedad, buena resistencia a la hora de la elaboración del acero; pero también los refractarios básicos son los más caros en el mercado.
- d) Refractarios ácidos: Estos materiales están incluido las arcillas de sílice, de alúmina y refractarios de arcilla. Para contener metal derretido se utiliza básicamente la sílice puro. Estos materiales por lo general son relativamente débiles y menos costosos. En su composición contiene la alúmina por encima del 50%, los que se les llama refractarios de alta alúmina.

*De acuerdo a su origen y/o constitución mineralógica:*

Desde el punto de vista mineralógico, la clasificación de los materiales refractarios tiene en consideración la materia prima por la que están elaborados o también el material predominante después de su fabricación, [15]. Clasificándose en los siguientes grupos:

- a) Sílice: contentivo de mineral de cuarzo, cuarzitas.
- b) Arcilla cocida: Donde diversas clases de arcilla poseen características refractarias luego de exponerla a tratamiento térmico o fuego, tal como el caolin puro.
- c) Alúmina: se encuentran incluidos aquí los ladrillos refractarios de alta alúmina compuestas por  $\text{Al}_2\text{O}_3 > 85\%$  en peso.
- d) Básicos de magnesia y magnesia-cromo: dado a su gran capacidad de resistencia a las escorias fundidas son empleados en los hornos de separación de metales.

#### 1.5.1.4. Ladrillo refractario

Se fabrican mediante la cocción de una composición a base de arcilla en el horno hasta que esté parcialmente vitrificada, y para fines especiales también se puede glasear. La bauxita está compuesta en su mayor parte por alúmina y, en menores proporciones óxido de hierro y sílice [15]. Se origina por la alteración de rocas cristalinas ricas en silicatos o también a partir de los residuos de rocas calcáreas arcillosas modificadas.

Son usualmente usados para revestir calderas, hornos rotatorios de cementeras, por mencionar algunas. Este manejo de ladrillo no es común pues si es mezclado con otros materiales que no sean correctos reacciona de manera explosiva. Estos ladrillos son excelentes retenedores de calor, las concentraciones de alúmina van desde el 36% hasta el 99%, de igual manera se puede usar sílice según [15].



Fig. 1 Ladrillo refractario muestra de la zona de extracción

Estos trabajan con temperaturas superiores a 3000 °F (1650 °C), para crear estos ladrillos sus componentes deberán estar expuestos a mínimas presiones y que a su vez sean quemados en temperaturas muy elevadas [15].

#### 1.5.1.5. Material refractario como sustituyente del agregado en el concreto

Según estudio indexados en fuentes internacionales proponen dosificaciones de sustitución entre 10% hasta el 100% de material refractario y rangos de temperaturas que oscilan desde los 400°C hasta los 1500°C [18].

### 1.5.1.6. Propiedades del material refractario

En países como Estados Unidos de Norteamérica, Japón, Alemania y España, se acogen a políticas que instan al uso de residuos provenientes de distintos materiales como material refractario en la preparación de concreto, de manera que puedan soportar temperaturas extremas al reforzarse con estos elementos cuyas propiedades mejoran los niveles de resistencia y compresión de los cuerpos donde se hacen presentes [18].

**Tabla I.**

*Propiedades químicas del material refractario*

Características del material refractario	
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	52
Óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.5
Óxido de calcio (CaO)	0.5
Óxido de magnesio (Mg O)	0.3
Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	40

Nota: Características químicas del material refractario en valores porcentuales según [19].

### 1.5.1.7. Incendio

De le denomina así a una reacción química que se compone: por el combustible, el comburente, el calor o energía de activación y la reacción en cadena, todo ello posee un foco de inicio del flagelo, y pues netamente depende de algún material existente en el lugar [20].

El concreto es un elemento que tiene una buena resistencia si se les somete a temperaturas elevadas, por lo tanto, esta característica es muy limitada y más aun con el transcurrir del tiempo, ya que es el factor principal para que el concreto lleve a su límite de su resistencia según el grado de exposición a temperaturas elevadas. El concreto endurecido a la exposición de temperaturas elevadas sufre varios cambios en su composición, como que su resistencia a la que fue diseñada decae, cambios bruscos de calor internamente, agrietamientos [13].

De acuerdo a algunas investigaciones realizadas a concretos con resistencia específicas sometidas al fuego se pudo ver que la fuerza a la compresión axial y su capacidad portante decae severamente [13].

#### **1.5.1.8. Concreto expuesto a altas temperaturas**

La temperatura es la medida de representación de la energía térmica que posee un cuerpo, distinguiéndolo entre frío (si es baja) o caliente (si es alta). Por otro lado, el calor es inherente a la energía térmica que se traslada de un cuerpo a otro de menor temperatura hasta igualarse [20]. Siendo así, cuando un material es inerte a la acción de la combustión por fuego, se dice que es incombustible ya que al calentarlo por cualquier medio procedente no arde ni emite vapores en grandes volúmenes como para incendiarse al contacto con el fuego.



Fig. 2. Probeta expuesta al fuego concreto patrón y concreto con sustitución de material refractario. [21]

Asimismo, el grado de afectación que es desarrollado por la temperatura del incendio pueden observarse las siguientes características:

- Valores de temperaturas entre los rangos de: 600° C hasta 950°C, se visualizan múltiples variaciones físicas de las cuales resaltan la disgregación y la porosidad del elemento, también la resistencia del material descende en un 60% incluso valores hasta el 90% [20].

- Valores de temperaturas que varían entre los 950°C hasta los 1200°C, eh aquí donde el concreto muestra un total fallo ante la sumisión del fuego, por lo que es competente y necesario la sustitución del elemento expuesto [20].

### 1.5.1.9. Tipo de coloración del concreto posterior a su exposición al fuego.

El concreto al momento que se le pone con exposición al fuego presente ya cambios en su textura, su color, cambios mecánicos y físicos. Por lo tanto, luego de alcanzar temperaturas mayores a 300 °C, ocasionados por la Descarbonatación, la porosidad y la microfisuras internas del elemento estructural [20]. Asimismo, se presenta en la **tabla 2** donde se muestra la coloración a cada grado de temperaturas teniendo en cuenta el rango de temperatura, el tipo de color superficial y su daño que presenta.

**Tabla II.**

Coloración superficial del concreto expuesto a temperaturas variables, descripción visual.

Rango de temperatura °C	de	Coloración superficial	Daño que presenta
0 -300		Gris natural	Calcinación incipiente, microfisuración y mapeo superficial y calcinación superficial.
300 – 600		Rosado	Fisuración térmica por alabeo y Descarbonatación superficial.
600– 900		Gris claro	Calcinación avanzada, Descarbonatación profunda y pérdidas de masa por descascaramiento.
>900		Blanco o amarillo claro	Descarbonatación avanzada y pérdida de masa.

Nota: Descripción de cada temperatura en función al color, según [20].

Las afectaciones de los materiales componentes del hormigón expuestos al fuego, en determinados intervalos de temperaturas ya existe deterioro como es a los 400°C se produce la ductilidad del acero y a los 600 °C ya se produce una disminución importante en la resistencia del elemento.

El hormigón comienza a tener afectaciones superando temperaturas de 380 °C en

intervalos de tiempo prolongados; a los 400 °C se produce una disminución de su resistencia del 15% al 25%, según sea de áridos calizos y silíceos; ya teniendo un grado de temperatura superiores de 800 °C su resistencia ya no es la ideal y puede ocasionar el colapso [22].

#### **1.5.1.10. Efectos sobre el concreto armado sometido al fuego**

Los efectos de un hormigón armado comienzan con su propio comportamiento de sus componentes que son los materiales, de acuerdo a las informaciones resaltantes de hormigones expuestos al fuego se denota que el hormigón disminuye menos su capacidad que el acero [22].

En el caso del acero, el hormigón está más expuesto al fuego ya que el hormigón se encuentra como un encubridor del acero, estas evaluaciones son muy complejas por que los incendios son de diferentes magnitudes y también se tendrá en cuenta en que estados se encuentre las construcciones donde ocurra un siniestro [15].



Fig. 3. Estribos de concreto armado expuesto al efecto de elevadas temperaturas. [23].

En el hormigón armado los efectos que se podrían observar son los siguientes:

- a) Deterioro en la consistencia de la armadura de acero con el hormigón que cumple la función de recubrir el acero, a lo que se le llama salto térmico.
- b) Desgaste del espesor de recubrimiento del hormigón, producido por el efecto del desprendimiento ocasionado por la explosión del mismo.

- c) Disminución de la resistencia de la armadura de acero cuando se supera las temperaturas de 250 °C.
- d) Colapso de las estructuras por las juntas y sellados por el daño y deterioro.

Los incendios en construcciones de hormigón son una amenaza latente para la vida, ya que puede ocurrir asfixia, y más aún si se presenta en una edificación, el peligro es latente por la propia estructura del edificio, si ocurriera un evento de un incendio en lo exterior es muy difícil superar los 700 °C, pero si ocurriera en un recinto cerrado como puede ser en una edificación las temperaturas se pueden elevar el 30% más debido a la radicación de paredes y reflexión [21].

Según Restrepo [24], el punto crítico de ignición comienza a los 273 °C, hasta ese instante la estructura se vería afectado por el incremento de las temperaturas; a partir de este momento ocurre el llamado fuego equivalente o normalizado, ya por encima de los 40 minutos sometidas al fuego, se podría decir que es un incendio de importantes características con riesgos de pérdidas humanas.

#### **1.5.1.11. Patologías del concreto expuesto al fuego**

El concreto es un material que puede trabajar a las exposiciones del fuego, teniendo así un comportamiento adecuado al mismo, pero cuando ya se tiene un tiempo determinado a la exposición se va encontrando en un flagelo ocasionando que los elementos expuestos presentes alteraciones físicas y químicas en la estructura [15]. Las patologías que se presentan son las siguientes:

##### *A. Fisuración*

La textura y apariencia de un elemento estructural, la presencia de fisuración puede indicar fallas estructurales significativas o poca durabilidad. Asimismo, se manifiestan la totalidad del daño, como también mencionar los problemas a mayor escala.

Siendo la estructura es de mayor envergadura, así también será mayor su capacidad de ocasionar gradientes térmicos y fisurarse. Para disminuir la fisuración de origen térmico.

- Microfisuras y cuarteaduras en mapa: Se produce por la dilatación de la temperatura térmica que son ocasionadas por las temperaturas elevadas en una falla plana a lo largo del elemento estructural. Fisuramiento térmico por pandeo.
- Fisuración por choque térmico: Es el proceso brusco de bajar la temperatura poniéndolo en contacto con el agua o algún material de enfriamiento, produciendo un contacto térmico en la estructura de concreto.

**Tabla III.**

*Clasificación de fisuras en el concreto.*

Clasificación	Dimensión de espesor (mm)	Descripción
Microfisura	Espesor < 0.05 mm	Adolecen de importancia.
Fisura	0.1 < e < 0.2 mm	Baja peligrosidad, salvo en condiciones de ambientes agresivos, debido a que propicia la corrosión.
Macrofisura	e > 0.2 mm	Pueden tener repercusiones estructurales de importancia.

Nota: Descripción de las fisuras según su espesor tal como lo menciona [22]

*B. Calcinación*

- Calcinación incipiente: El concreto no presenta alteración en su coloración del concreto, pero se pueden visualizar muy pequeñas fisuraciones en forma de mapas.
- Calcinación superficial: Se observa una coloración amarilla que da inicio a una descarbonatación del concreto, también se presenta un fisuramiento más notorio por la presencia térmica.
- Calcinación avanzada: Se visualiza un color medio gris, con gran presencia de descarbonatación del material y descascaramiento en la parte superior de la estructura.
- Calcinación muy avanzada: Se observa un color blanco fuerte con el desprendimiento superficial del concreto.

*C. Descascaramiento*

- Descascaramiento: Se produce con el desprendimiento superficial del elemento con la presencia de rocío de agua o con la descarbonatación avanzada, donde se visualiza la pérdida del peso o masa del elemento.
- Desintegración por fatiga: Desmoronamiento total de la zona en contacto con el fuego durante un intervalo de tiempo determinado.

#### 1.5.1.12. Control de las pruebas de fuego

Se considera la normativa internacional ASTM E 119-00, que contempla Métodos de prueba estándar para pruebas de fuego en la construcción de edificios y materiales. Se considera para fines de la investigación el siguiente capítulo 5 de la norma ya mencionada, considerando:

##### A. Curva de tiempo y temperatura

Mediante la elaboración de pruebas al fuego de los materiales seleccionados de construcción, estos serán controlados por la curva tiempo-temperatura, presentada en la figura [25].

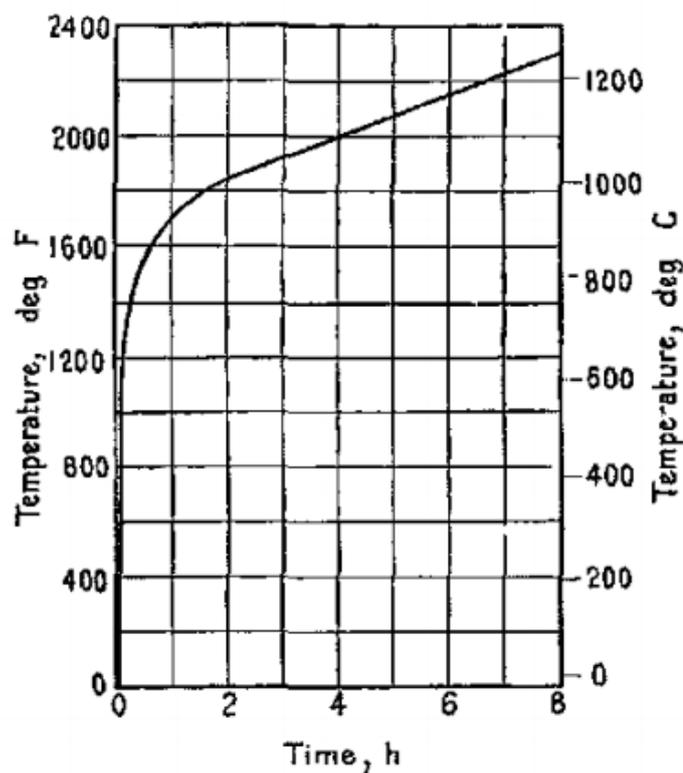


Fig. 4. Curva tiempo – temperatura según la Norma ASTM E119-00. [25].

Ese gráfico mostrado en la Figura 4, en su eje horizontal está el tiempo representado en minutos, en el cual el concreto puede determinarse y del cual esta investigación se fundamenta con criterios al determinar los tiempos para evaluación que ya están determinados en la norma descrita de la ASTM E119. Mientras tanto, en el eje vertical está representado la temperatura en que el concreto está sometido según su rango de tiempo. Para esta investigación se representará en tres tiempos de 10 min, 30 min y 60 min.

**Tabla IV.**

*Puntos de la curva modelo tiempo - temperatura que establecen su condición.*

Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1000° F (538°C)	A los 5 minutos
1300° F (704°C)	A los 10 minutos
1550° F (843°C)	A los 30 minutos
1700° F (927°C)	A 1 hora
1850° F (1010°C)	A 2 horas
2000° F (1093°C)	A 4 horas
2300° F (1260°C)	A 8 horas a más

Nota: Descripción de temperaturas alcanzada en función al tiempo de exposición al fuego directo según [25].

## **1.5.2. Variable dependiente.**

### **1.5.2.1. Tecnología del concreto**

El concreto es un material de construcción elaborado por varios componentes o agregados que unidos generan una pasta conformada por partículas húmedas en estado fresco o al principio de su preparación [26].

Es una combinación de diferentes materiales compuesto que se encuentran en un medio adherente mediante la unión de las partículas o agregados fragmentados [27].

Dicho producto, posee propiedades físicas y mecánicas en cuanto a trabajabilidad, conductividad térmica, cohesividad y resistencia, ideal para la fabricación de obras de infraestructuras [28].

Según el autor Sanchez de Guzmán [26] menciona que la combinación de cemento, material fino, material grueso, agua también es necesario un aditivo; en donde al principio del mezclado se tiene una masa con las características plástica y moldeable, para luego estar en un estado endurecido y poder obtener propiedades resistentes permanentes, haciéndolo un material ideal para la construcción.

Actualmente el concreto se ha convertido en un material de alta demanda y que es el más usado en las construcciones, después del agua.



Fig. 5. Mezcla de concreto sustituyendo material pétreo por material refractario.

### 1.5.2.2. Concreto

#### A. Por el peso específico

- *Ligero*, es cuando se encuentra entre los 1200 a 2000 kg/m<sup>3</sup>.
- *Normal*, es cuando se encuentra entre los 2000 a 2800 kg/m<sup>3</sup>.
- *Pesado*, es cuando se encuentra entre > 2800 kg/m<sup>3</sup>.

#### B. Según su aplicación

- Simple, es cuando se considera concreto sin armadura resistencias buena en compresión.
- Armado, es cuando se considera concreto con armadura. Resistencias buenas en flexión.
- Pretensado, es cuando se considera resistencia a tracción ejemplo viguetas.

- Postensado, es cuando se considera resistencia a tracción se introduce fundas.

#### C. *Por su composición*

- Ordinario
- Ciclopeo, con áridos de 50 cm de diámetro.
- Cascotes, concreto de desechos y ladrillos.
- Inyectado, considera pasta árido > 25 mm.
- Con aire incorporado, se inyecta aire > 6%.
- Ligero, entre 1.2 a 2 equivalente a 2N/mm<sup>2</sup>.
- Refractario, resistente a altas temperaturas.

#### D. *Por su resistencia*

- Convencional, 10% agua, 15% cemento, 35% arena y 40% de grava.
- De alta resistencia, 5% agua, 20% cemento, 28% arena, 41% grava, 2% adiciones.

Es la aleación de cemento, arena, agregado grueso, agua y aditivo con la cualidad de endurecer transcurriendo el tiempo, proporcionando características muy especiales a favor de las construcciones, en el estado fresco se tiene el tiempo suficiente para poder tener trabajabilidad y en el estado endurecido una excelente adherencia con sus componentes [28].

### **1.5.2.3. Constituyentes del concreto**

#### A. *Cemento*

Congregante pulverizado que por la acción del agua procede a realizarse una pasta adherente capas de robustecer en ambientes templados al aire como también bajo el agua [29].

#### ✓ *Cemento portland*

[28], material adquirido de la trituración del Clinker portland con la agregación del sulfato de calcio, se puede realizar otras colocaciones de materiales pero que no superen el 1% en el peso final, teniendo en cuenta las normas vigentes en las que la dicha inclusión no afecte su composición del cemento; todo producto o material que se incluya deberá ser

triturado en macropartículas unidos con el Clinker, los materiales básicos que componen el cemento son:

- Cal ( $C_aO$ ) de la piedra caliza,
- Sílice ( $SiO_2$ ) de la arcilla,
- Alúmina ( $Al_2O_3$ ) de arcilla.

#### B. Clasificación del tipo de cemento Portland

- ✓ *Cemento Portland estándar (sin adición):* Según la [NTP] 334.009, se clasifican según el tipo de propiedades de acuerdo al tipo de uso:
  - Clase I: De empleo habitual, no requiere propiedades específicas en su composición.
  - Clase II: De empleo habitual, se utiliza para el templado soporte a los sulfatos o al calor templado de hidratación.
  - Clase III: Utilizados para resistencias elevadas que se requieren inicialmente.
  - Clase IV: Empleado cuando se descender la temperatura de hidratación.
  - Categoría V: Utilizado para para resistencias muy elevadas al ataque de los sulfatos.
- ✓ *Cemento Portland Adicionados:* Según la [NTP] 334.090, los cementos adicionados se fabrican de acuerdo al uso a ser empleados.
  - Clase IS: Cemento con material de escoria de alto horno, (incluye el material de escoria en un 25% -70%).
  - Clase IP: Cemento portland puzolánico, (englobado de puzolana de 15% - 40%).
  - Clase IL: Cemento portland con inclusión de caliza.
  - Clase I (PM): Cemento Portland puzolánico modificado, (englobado de puzolana < 15%).
  - Clase IT: Cemento adicionado ternario.
  - Clase I Co: Cemento Portland compuesto

#### 1.5.2.4. Características físicas de los Agregados

##### A. Áridos

También llamados áridos, es un grupo de partículas que se pueden encontrar en un estado natural o artificial que pueden ser elaborados o tratados, donde sus diferentes tamaños están contenidos entre las restricciones fijados por la NTP 400.011 [30].

- ✓ Agregado fino: Conjunto de partículas que se pueden encontrar en un estado innato o artificioso provenientes de materia inerte solididad, que filtra por el colador normalizado 9.5 mm (3/8") y que cumplen con los requisitos especificados según la NTP 400.037.
- ✓ Agregado grueso: Conjunto de partículas proveniente de un estado innato o artificioso, grupo de material que se retiene por el colador normalizado 4.75 mm (N° 4), donde debe de cumplir con los estándares de calidad según la NTP 400.037.

##### B. Clasificación de los agregados:

Neville & Brooks (2010), dice que por su composición granulométrica: Deberá cumplir con las condiciones mínimas de la NTP; para la disposición que cuenta el agregado en su granulométrica se deberá emplear los diferentes tamices normalizados como se especifica a continuación:

**Tabla V.**

*Tamices normalizados para la comparación granulométrica de los agregados.*

Agregados	Fino	Grueso
Tamices Normalizados	150 µm (N°100)	9.50 mm (3/8")
	300 µm (N°50)	12.50 mm (1/2")
	600 µm (N°30)	19.00 mm (3/4")
	1.18 mm (N°16)	25.00 mm (1")
	2.36 mm (N°8)	37.50 mm (1 1/2")
	4.75 mm (N°4)	50.00 mm (2")
		63.00 mm (2 1/2")
		75.00 mm (3")
		90.00 mm (3 1/2")
		100.00 mm (4")

Nota: Descripción de variaciones dimensionales del árido según su tamiz [22]

- ✓ Por su densidad: Por su consistencia se clasifican en ligeros y pesados tener en cuenta la presente Tabla 7:

**Tabla VI.***Agrupación de los agregados por su viscosidad.*

Agregados	Agregado ligero	Agregado pesado (concreto para la defensa a la radiactiva)
Clasificación	Uso en concreto de aislante térmico.  Uso en concreto para elemento estructural. Uso en unidades de albañilería.	Agregados minerales naturales de alta densidad o alto contenido de agua. Agregados sintéticos.  Agregados finos de arena natural o manufacturada incluyendo minerales de alta densidad.

Nota: Descripción de la clasificación del árido por su viscosidad según [22]

- ✓ Por su clasificación mineralógica: Como está la presente Tabla 8:

**Tabla VII.***Clasificación mineralógica.*

Clasificación mineralógica	
Minerales de sílice	Cuarzo
	Opalo
	Calcedonia
Feldespatos	Ferramagnesianos
	Maicasios
	Arcillosos
	Zeolitas
Carbonatos	Calcita
	Dolomita
Sulfatos	Yeso
	Yeso y anhidrita
Minerales de sulfuro de hierro	Pirita
	Marcasita
	Pirrotita
Óxido de hierro	Magnetita
	Hematita

Rocas ígneas	Rocas plutónicas
	Granito
	Rocas volcánicas
Rocas sedimentarias	----
Rocas metafórmicas	----

Nota: Descripción del tipo de rocas según [31]

- ✓ Por su forma: Clasificación por la forma de las moléculas de los agregados en la Tabla 9.

**Tabla VIII.**

*Clasificación por su forma.*

Clasificación	Irregular	Laminar	Angular	Alargada
Redondeado				
Completamente desgastada por la acción del agua o fricción.	Agregado irregular o parcilamante moldeadas por la fricción u con bordes pulidos.	Agregado de espesores pequeños en relación a sus otras dimensiones.	Agregados con bordes bien definidos con caras planas.	Agregado angular en el que la longitudes considerablemente mayor que las otras dos dimensiones.
Grava de río o playa arena del desierto.	Otras gravas, pedernal de tierra o excavado.	Rocas laminadas.	Piedra molida de todos tipos, escoria molida.	-----

Nota: Descripción de clasificación del árido según [31]

- ✓ Por su textura: Clasificación por la textura de las moléculas de los agregados en la Tabla 10.

**Tabla IX.**

*Clasificación por textura.*

Textura de la superficie	Características	Ejemplo
Vidriosos	Fractura concoidal	Pedernal negro, escoria vítrea

Lisa	Desgasta por agua o debido a fractura de laminado o rocas de grano fino.	Gravas, pizarra, mármol, algunas riolitas.
Granulosa	Agregados que muestras materia uniforme con regular pulidez.	Arenista, clitas.
Cristalina	Contiene fragmentos cristalinos con fácil visibilidad.	Granito
Rugosa	Elemento rugoso de roca granular fina a media, con componentes cristalinos que no se pueden ver fácilmente.	Basalto, felsita, pórfido, caliza.
Panal de abeja	Con cavidades y agujeros observables	Ladrillo pómez, escoria ladrillo, vítreo, barro expandido.

Nota: Descripción de la textura de superficie del árido pétreo según [31]

#### 1.5.2.5. Características físicas de los agregados

##### a) *Granulometría del agregado fino, grueso y global - NTP 400.012*

[18] menciona que es una distribución en los tamaños de las partículas del agregado que se determina por análisis de tamices tanto para agregado fino y grueso según norma internacionales, pues suele pasarse por una serie de mallas de distintos anchos de entramada (haciendo la función de retenedores como colador), por tanto, este ensayo determina el módulo de finura del agregado y su tamaño máximo nominal.

- **Módulo de finura:** Se define como un valor adimensional, calculado por la sumatoria de porcentajes acumulados del material pétreo pasante por una serie de tamices estandarizadas y certificadas, a excepción del fondo [18].
- **Tamaño máximo:** Primer tamiz por el que pasa todo el material de agregado grueso [18].
- **Tamaño máximo nominal:** Abertura que produce el primer retenido, siendo considerado con el 5% del retenido acumulado [18].

##### b) *Peso unitario seco y compactado en los agregados – NTP 400.017*

Asimismo, mediante este ensayo se obtendrá el peso unitario suelto y compactado,

estos valores sirven para obtener el diseño de mezclas correspondiente, como también el cálculo de vacíos en ambos agregados y una mezcla de ambos [28].

**c) *Peso específico y absorción del agregado fino y grueso – NTP 400.022 -NTP 400.021***

El peso específico del agregado está o también llamado densidad, se conceptualiza como una relación entre la masa de una unidad volumétrica del material referente a la masa del agua. En tanto, la absorción es la capacidad del agregado tiene al poder satura con agua los vacíos que presentan en su interior, dicho evento se denomina capilaridad, que no termina de llenar totalmente los vacíos debido a que en estos siempre quedará aire atrapado [18].

**d) *Contenido de humedad total evaporable de agregados por secado – NTP 339.185***

Está referida a la cantidad de agua superficial que es retenida por el material en un momento dado. Esta característica es muy importante porque ayuda a aumentar la cantidad de agua en el concreto, por ello es que se debe tomar muy en cuenta [28].

**e) *Impurezas orgánicas en agregados finos – NTP 400.024***

En los agregados finos naturales a veces se presentan impurezas orgánicas, las cuales menoscaban la hidratación del cemento y el desarrollo consecuente de la resistencia del concreto, la detección del alto contenido con hidróxido de sodio, que detalla la norma, algunas impurezas en la arena pueden dar indicación de un elevado contenido orgánico, pero en realidad no se dañino [18].

**f) *Determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impactos en la máquina de los Ángeles – NTP 400.019***

En los agregados gruesos de las propiedades físicas de importancia es la resistencia a la Abrasión o desgaste de los Agregados, la forma irregular de las partículas concentra tensiones internas producto de condiciones ambientales y sollicitaciones a las que están sometidas, es importante porque permite conocer la durabilidad y la resistencia

que tendrá el concreto para la fabricación de losas, estructuras simples, etcétera [18].

La resistencia a la abrasión se utiliza como un indicador de la calidad del agregado, para tener la certeza que se puede utilizar.

#### **1.5.2.6. El agua de amasado**

El agua para la elaboración del concreto y el curado del mismo, deberá ser con agua potable, debe ser limpia, libre de agentes como aceites, álcalis, ácido, sales y materias orgánicas. Por lo peculiar su función primordial es hidratar el cemento, pero así mismo, se le usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla. Podrá emplearse agua no potable en la producción de concreto, cuando se muestre mediante ensayos químicos su idoneidad, en la realidad esta parte última [30].

#### **1.5.2.7. Aditivos**

Son componentes que incorporan al concreto propiedades únicas para facilitar algún proceso que sea requerido en diferentes circunstancias en obra.

Según la ASTM C494 (2013) menciona las clases de aditivos que existen:

- ✓ Tipo A: Son los reductores de agua,
- ✓ Tipo B: Son los retardantes de mezcla,
- ✓ Tipo C: Son los acelerantes de mezcla,
- ✓ Tipo D: Son los reductores de agua y retardantes,
- ✓ Tipo E: Son los reductores de agua y acelerantes,
- ✓ Tipo F: Son los aditivos reductores de agua de alto rango,
- ✓ Tipo G: Son los reductores de agua de alto rango y retardantes,
- ✓ Tipo S: Son los aditivos de desempeño específico.

Los aditivos plastificantes sirven para lograr concretos más trabajable y plásticos, esto logran disminuir la cantidad de líquido en la mezcla, si la relación entre la cantidad de agua y el cemento no varía, al disminuir el valor de agua reducirá la cantidad de cemento [30].

Los aditivos super plastificantes en cambio permiten reducir hasta 3 o 4 veces el

agua que logra ser reducida a través del uso de plastificantes, esta variación sería entre 20% y 25% del contenido total de agua [30].

#### A. *Funciones de los aditivos*

Los aditivos como tal básicamente cumplen funciones de apoyo en circunstancias de temperatura, rápido fraguado u otro acontecimiento [32].

- ✓ Reducir costos en las construcciones de obras civiles.
- ✓ Crecimiento en las propiedades del concreto.
- ✓ Disminución de la segregación por aumento de cohesión de concreto.
- ✓ Retardar o acelerar el fraguado del concreto.
- ✓ Acrecentar la trabajabilidad y la manejabilidad para el mismo contenido de agua.
- ✓ Decece la permeabilidad.
- ✓ También controla la expansión causada por la reacción Álcali-Agregado.

#### **1.5.2.8. Diseño de Mezclas - Método del ACI 211.1**

Es un método que es utilizado en la actualidad, prevaleciendo por su facilidad de cálculo para los diseños de mezclas convencionales, diseños con aditivos, diseños con adiciones o sustituciones por algún componente del concreto.

Este método consta de una cierta cantidad de pasos, ayudado de tablas e iteraciones para poder obtener sus proporciones finales en peso y volumen ya corregidos por humedad teniendo así las proporciones finales de diseño [32].

La relación de pasos según el método ACI 211.1 (Instituto Americano del Concreto) considerar los siguientes:

- ✓ Determinación de la resistencia promedio.
- ✓ Selección del asentamiento.
- ✓ Volumen unitario de agua.
- ✓ Contenido de aire.
- ✓ Relación agua/cemento.

- ✓ Factor cemento.
- ✓ Contenido de agregado grueso.
- ✓ Cálculos de volúmenes absolutos.
- ✓ Contenido de agregado fino.
- ✓ Valores de diseño.
- ✓ Corrección por humedad del agregado.
- ✓ Proporción en peso.
- ✓ Peso por tanda de un saco.

### 1.5.2.9. Propiedades físicas del concreto

#### a) **Consistencia método de ensayo del asentamiento en concreto fresco – NTP 339.035**

Es una propiedad del concreto en estado fresco y se denomina consistencia a la resistencia que opone una mezcla de concreto a sufrir deformaciones y se mide mediante el ensayo de asentamiento o Slump, es una prueba no muy difícil de realizarla pues consta de un cono truncado un recipiente troncocónico de medidas estándares que es llenado en tres capas y cada capa se varilla con 25 golpes con una varilla lisas de punta ovalada [28].

La consistencia es un indicador de trabajabilidad de los concretos, así también puede existir dos mezclas de igual consistencia, pero no netamente de igual trabajabilidad, porque pueden tener una distinta viscosidad e incluso resistencia a la segregación [18].

**Tabla X.**

*Clasificación de mezclas enfocados según su asentamiento.*

Consistencias	Asentamiento	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	<2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	2" – 4"	Trabajable	Vibración ligera
Fluido	>6"	Muy trabajable	Chuseado

Nota: Descripción mostrada sobre los tipos consistencias según [28].

#### b) **Peso unitario – NTP 339.046**

Es una prueba del concreto que se aplica en su estado fresco como endurecido viene hacer la relación entre el peso del concreto fresco compactado y el volumen del

recipiente que lo contiene, por unidad de volumen. El peso unitario real del concreto generalmente no es parecido al peso teórico obtenido en el cálculo del diseño de mezcla, por lo consecuente, este ensayo es una forma de controlar la uniformidad del concreto y de sus componentes [26].

### **c) Segregación**

Una de las causas de la segregación es el empleo de material granular grueso cuya gravedad específica difiere considerablemente de la que tiene el agregado fino. Asimismo, el empleo de material pétreo recio cuyo tamaño máximo sobrepase las dimensiones del elemento estructural lo que traería problemas de cangrejas [29].

Según [29] se debe tener bastante cuidado y pulcritud en la producción de concreta in situ, pues la colocación, el proceso de transporte y esto trae consigo la compactación del concreto que son los causantes externos del fenómeno de segregación.

## **1.5.2.10. Propiedades mecánicas del concreto**

### **a) Elaboración y curado de probetas de concreto en campo - NTP 339.033**

Consta de procedimientos para producir y curar (colocación de probetas en depósitos de agua durante ciertos días), estos especímenes son de forma cilíndrica o tipo viga con dimensiones estandarizadas hecha en su estado fresco y colocadas en moldes [33].

### **b) Resistencia a la compresión axial del concreto – NTP 339.034**

Esta propiedad mecánica comprende una definición sistemáticamente ingenieril, pues se traduce como la capacidad para poder soportar una carga por unidad de área expresada particularmente en unidades SI de kg/cm<sup>2</sup>. [32].

- Preparación de moldes.
- Toma de muestras y llenado de moldes.
- Tiempo de espera para desmoldar.
- Curado y transporte.

El curado inicial del concreto inmediatamente después de preparar la muestra se

debe evitar la evaporación y la pérdida de agua de estos, se puede utilizar plástico auto adherible [32].

Temperatura inicial (moldeaje) [32].

- $F'c > 422 \text{ kg/cm}^2$  comprende una temperatura entre 20 – 26 °C.
- $F'c < 422 \text{ kg/cm}^2$  comprende una temperatura entre 16 – 27 °C.

Comprende básicamente la capacidad del concreto a enfrentarse a los agentes agresivos, pueden ser: Mecánicos Físicos Químicos. Todos ellos a lo largo de la vida útil del elemento estructural y/o elementos mecánicos. Según [28] es la capacidad de soportar sin deteriorarse las solicitaciones generadas por agentes físicos y químicos, que pueden estar en su parte externa (superficie) o involucra también la parte interna, y esto debido a los canales o poros capilares producido por la exudación en estado fresco [32].

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, cuando se le someta a servicio, pues gran parte de los daños por intemperie sufrido por en el concreto puede atribuirse a ciclos de descongelación y congelación [32].

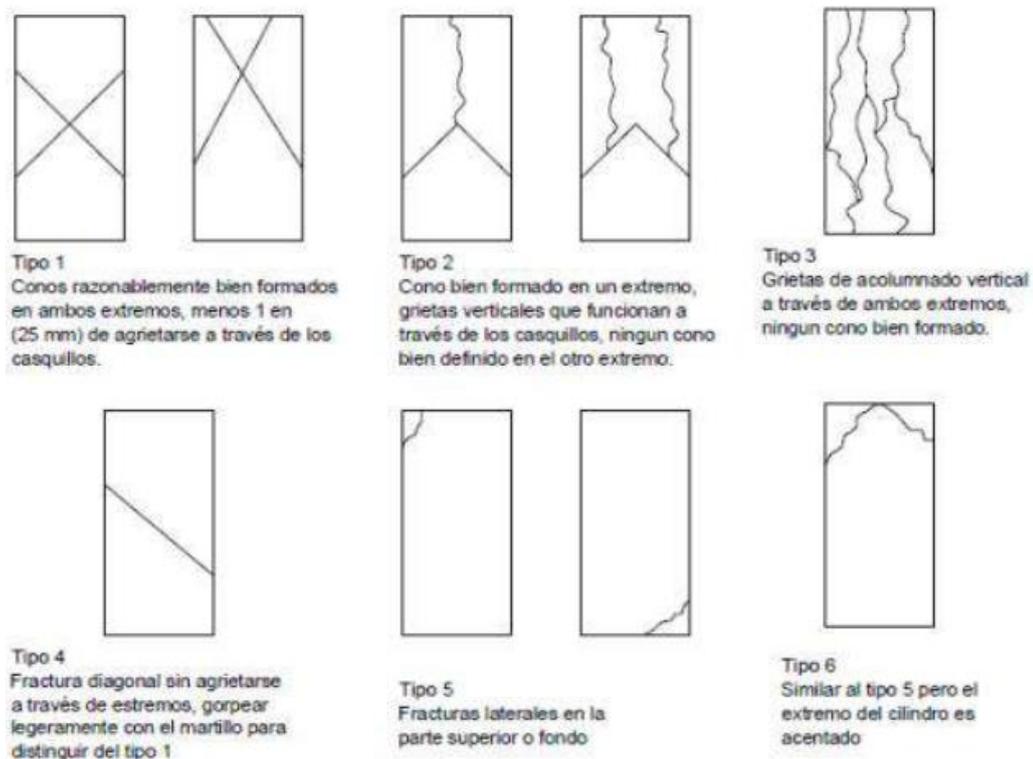


Fig. 6. Esquema de tipos de rotura de las muestras ejercida por carga axial. [34].

### **1.5.3. Impacto ambiental.**

El material refractario es aquel capaz de soportar altas temperaturas sin desintegrarse; mayormente se suele usar en la preparación de revestimientos de hornos de calderería, pues estos son capaces de soportar las temperaturas que estos pudieran alcanzar.

Teniendo en cuenta el estudio de [24], menciona que los objetivos sociales, medio ambientales y económicos, a través de una gestión de residuos de restos de materiales refractarios, esto trae consigo impulsar diversas fuentes de utilización para esto disminuyendo el posible impacto ambiental que pudiese generar, reduciendo el impacto ambiental evitando vertederos incontrolados, evitando también la explotación innecesaria de los recursos naturales, etc.

### **1.5.4. Seguridad y salud ocupacional.**

Las industrias de energía y vapor, como la mayoría, deben prestar mucha atención a la salud y cuestiones de seguridad pertinentes a sus componentes industriales. El ladrillo, el refractario y el aislamiento no son excepción, se tiene problemas de salud y seguridad muy específicos en casi todos los tipos de refractarios [35].

En este caso la ignorancia no es una excusa para conocer los temas de salud y seguridad. Sin mencionar los problemas de salud y seguridad que están asociados con los materiales de productos que no se fabrican pero que aún se encuentran en construcción.

Por su parte [35] menciona que la exposición a posibles demandas judiciales se puede evitar simplemente educándose y su trabajo artesanal, aprender a seguir de cerca los requisitos de salud y seguridad de todos los productos, ya sea nuevo o existente; solo siguiendo todos los requisitos de salud y seguridad puede proteger la salud y seguridad de las personas que trabajan en fabricación de ladrillos, refractarios y materiales aislantes.

El polvo de sílice es un problema grave y amenaza para la salud potencialmente mortal, los ladrillos compuestos de sílice al ser cortados deben ser usado con sierra húmedas siempre que sea posible al cortar ladrillos.

### 1.5.5. Gestión de riesgos y prevención de desastres.

El desconocimiento de los beneficios que conlleva la implantación del (SGSST) recalca que muchas de estas organizaciones de menor envergadura no cuentan con áreas que se encarguen de identificar el control de riesgos y peligros a lo que se encuentran los trabajadores diariamente. [36]

Según [36] implanta un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, es importante porque se encargará de reducir los índices de accidentalidad y enfermedades laborales de los trabajadores dentro de las organizaciones, así mismo, como también pérdidas económicas en equipos e instalaciones, finalmente a su vez cumpliendo a la normatividad vigente establecida en muchos países. Se muestra un diagrama de flujo de causa y efecto de una empresa en la Figura 7.



Fig. 7. Diagrama Causa - Efecto de una empresa. [36].

### 1.5.6. Gestión de mantenimiento.

El mantenimiento de un horno implica tener la facilidad de acceso a él, una demolición veloz y una instalación competente. La demolición es fácil y rápida con un procedimiento adecuado utilizando maquinaria o manualmente, pero retirar ladrillo

refractario puede retrasar el proceso debido a la forma circular del horno. Los costos refractarios sólo equivalen a aproximadamente 5% del costo de capital de la operación de una planta de cemento. Y además casi un 50% de cortes de luz de la planta, que da como resultado ganancias perdidas junto con costos de mantenimiento, debido a los problemas relacionados con refractarios (Bricking Solutions, 2014).

#### **1.5.7. Estimación de costos.**

Para ello es importante mencionar los costos que se han establecido en un inicio. La estimación de costos es el proceso que toma en cuenta esos factores y calcula un presupuesto que cumple con el compromiso financiero necesario para un proyecto establecido. La estimación, sin embargo, es más fácil decirlo que hacerlo. Los proyectos traen riesgos, y los riesgos traen costos inesperados. Muchos costos pueden aparecer durante el ciclo de vida de un proyecto, y un método de estimación preciso puede ser la diferencia entre un plan exitoso y uno fallido. Es por eso que una buena estimación de costos es esencial para mantener un proyecto por debajo del presupuesto [37]. En el caso de la utilización de un software el ProjectManager de administración de proyectos que tiene características para ayudar a crear una estimación de costos de proyecto más precisa.

#### **1.5.8. Normativa.**

Los fundamentos legales pertinentes para la elaboración de esta investigación son los siguientes mencionados:

- La norma **NTP 400.012 (2013)** establece los procedimientos de granulometrías de los áridos gruesos y finos que se utilizarán en el concreto.
- La normativa **NTP 400.021 (2018)** establece los procedimientos de pesos específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.
- La normativa **NTP 400.022 (2013)** establece los procedimientos de pesos específico y porcentaje de absorción del agregado fino.
- La normativa **NTP 400.017 (2011)** establece los procedimientos de peso unitario suelto y compactado del agregado pétreo.

- La normativa **NTP 339.185 (2018)** establece los procedimientos de contenido de humedad de los agregados pétreos.
- La normativa **NTP 400.019 (2014)** establece los procedimientos de contenido de humedad de los agregados pétreos.
- La normativa **NTP 339.035 (2009)** establece los procedimientos de revenimiento en estado fresco.
- La normativa **NTP 339.046 (2008)** establece los procedimientos de peso unitario en concreto en estado fresco.
- La normativa **NTP 339.184 (2002)** establece los procedimientos de la temperatura en concreto fresco.
- La normativa **NTP 339.034 (2009)** establece los procedimientos de determinación y cálculo de la resistencia a la compresión en muestras cilíndricas de concreto.
- La normativa **ASTM E119-00A**. establece métodos de prueba estándar para pruebas de fuego en la construcción de edificios y materiales.

### **1.5.9. Estado del arte.**

#### **Ladrillo refractario**

Este material por lo general es utilizado para revestimientos de hornos, fogones y chimeneas. Diseñado principalmente para soportar temperaturas altas, también suele tener una baja conductividad térmica para ahorrar energía. Teniendo usos en aplicaciones con tensiones mecánicas, químicas o térmicas extremas, como el interior de un horno de leña, que este sujeto a la abrasión de la madera, el flujo de cenizas o escorias y las altas temperaturas. La principal característica de los ladrillos refractarios es que mantienen el calor y por ende se realiza un mejor aprovechamiento del combustible [15].

- Generalmente contienen 30.40% de alúmina.
- Contienen sílice, teniendo uso para poder revestir hornos, parrillas y calderas.
- Adherencia fácilmente con tierra o con cemento refractario, cuya apariencia es

borrosa y se caracteriza por su gran resistencia.

#### 1.5.10. Definición de términos.

- **Agregados:** Material inerte que se encuentra en estado natural o yacimientos denominado cantera, para posteriormente ser industrializado y obtener diferentes gradaciones [23].
- **Asentamiento:** Propiedad del concreto en estado fresco que tiene la cualidad de asentarse [28].
- **ASTM:** Siglas inglesas que definen como American Society of Testing Materials, son normas internacionales que desarrollan y publican acuerdos de reglamento técnico para materiales, productos, sistemas y servicios [22].
- **Calcinación:** Es un proceso en el que una muestra sólida se somete a altas temperaturas en presencia o ausencia de oxígeno [9].
- **Centígrado:** Es una escala termométrica dividida en cien grados, en la cual el cero corresponde a la temperatura de fusión de hielo y el cien a la ebullición del agua [27].
- **Cemento:** Material que su presentación es en polvo sirve para ligar al material pétreo y así ser un solo componente [38].
- **Combustible:** Sustancia que tiene las cualidades de arder [13].
- **Concreto:** Material compuesto, heterogéneo, utilizado para construcción civil, conformado substancialmente por una pasta y un material de relleno (agregado grueso y fino) [28].
- **Curado:** Proceso en el cual se sumerge las probetas cilíndricas o prismáticas en algún depósito con agua potable y ser extraídos según los días que se tenga contemplado hacer la rotura del mismo [28].
- **Diseño de mezcla:** Metodología americana que contempla una cierta cantidad de pasos, entre ellos cálculo y tablas que sirven para obtener las proporciones en peso y en volumen del concreto de la resistencia requerida en obra [39].

- **Fuego:** Conjunto de moléculas incandescentes de materia combustible, que tienen la capacidad de emitir calor y luz visible [22].
- **Huso granulométrico:** Se considera como limitaciones para ser considerado dentro de una correcta gradación del agregado grueso [40].
- **Refractario:** Aquél capaz de poder resistir las temperaturas elevadas sin deterioro de sus propiedades [17].
- **Resistencia:** Capacidad de tolerar u oponerse cuando se aplica una determinada fuerza a un objeto [40].
- **Temperatura:** Se considera como una magnitud física que se expresa en el grado o nivel de calor o frío de un cuerpo o del medio ambiente que se encuentre [13].

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de investigación aplicada, se define:

Esta investigación de enfoque **cuantitativa** y de **tipo aplicada**. Puesto que se utiliza la recolección de información para probar una hipótesis; de acuerdo a la definición de enfoque de la investigación, es tecnológica porque reconstruye procesos en función de descubrimientos ya realizados y adoptando un método experimental en la solución de problemas según [41].

El diseño de la investigación se considerará de acuerdo a:

Esta investigación es **experimental** de sub tipo cuasiexperimental debido a la manipulación de las variables causa efecto pues está supeditada a un grupo de control donde la variable no se manipula (variable dependiente), y otro grupo en el que se manipulan las variables (variable independiente) denominado grupo experimental según [41].

### 2.2. Variables, Operacionalización

En la operacionalización de las variables, presentar el proceso de transformación de la variable (conceptual) a una Operativa, a través de indicadores que permitirán cuantificar la variable:

**Tabla XI.**

*Operacionalización de la variable independiente*

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Influencia del concreto a la resistencia a la compresión	Capacidad para soportar una carga por unidad de área expresada particularmente en unidades SI de kg/cm <sup>2</sup> . [28]	Capacidad de fortaleza probetas cilíndricas por medio de procesos normativos	Análisis en pétreos  Diseño de mezclas  Propiedades en estado fresco  Propiedades en estado endurecido	Granulometría Absorción Peso específico Peso unitario Contenido de humedad Proporción en peso Proporción en volumen Asentamiento Temperatura Peso unitario Resistencia a la compresión axial Módulo de elasticidad Pérdida de masa	NTP 400.012 NTP 400.021 NTP 400.021 NTP 400.017 NTP 339.085 ACI 211.1 ACI 211.1 NTP 339.035 NTP 339.184 NTP 339.046 ASTM C39 ASTM C469	Observación y análisis de documentos . Formatos y ensayos en el laboratorio LEMS W&C EIRL	%  Kg/cm <sup>2</sup>	Independiente	Razón

**Tabla XII.**

*Operacionalización de la variable dependiente*

<b>Variable de estudio</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítems</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Valores finales</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>
Material refractario	La bauxita está compuesta en su mayor parte por alúmina y en menores proporciones óxido de hierro y sílice [15].	Material residual refractario el cual es obtenido de forma industrial por medio de mecanismos industriales.	Proporción de material refractario	10 % 20 % 30 % 40 % 50 %	kg	Formatos y ensayos en el laboratorio LEMS W&C EIRL.	kilogramo	(Es determinada por el dato que representa. Esta puede ser categórica o numérica)	Razón

### 2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

*Población de estudio*, Se refiere al conjunto de todos los elementos que tienen similares características. Está conformada por probetas cilíndricas (testigos) de concreto de diseño  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

*Muestra*, Se refiere a la cantidad de probetas de concreto que se realizarán para cada ensayo en específico teniendo en cuenta la nomenclatura que se le dará a cada una para el diseño único de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Se dispone de la siguiente nomenclatura concreto patrón CP, concreto con sustitución de material refractario por agregado fino en (10, 20 30, 40 y 50%) denominado con las siglas CP\_MR%. Tal como se muestra en la tabla siguiente las descripciones de las muestras a analizar.

**Tabla XIII.**

*Descripción de muestras de estudios*

Descripción	Denominación
Concreto patrón $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$	CP21MR0
Concreto sustitución del 10 % del árido fino por el material refractario	CP21MR10
Concreto sustitución del 20 % del árido fino por el material refractario	CP21MR20
Concreto sustitución del 30 % del árido fino por el material refractario	CP21MR30
Concreto sustitución del 40 % del árido fino por el material refractario	CP21MR40
Concreto sustitución del 50 % del árido fino por el material refractario	CP21MR50

Nota: Descripción de cada tratamiento para el estudio presente, autoría propia.



Fig. 8. Proceso de obtención de agregado refractario fino

#### **Cantidad muestral y proceso de calentamiento de probetas**

Se tuvo un total de 270 probetas cilíndricas de dimensiones de 15 cm (diámetro) y 30 cm (altura). Ensayadas mecánicamente a 28 días luego de ser sometidas a un curado

bajo la ASTM C192. Luego se sometieron a a fuego directo en rangos de (Temperatura ambiente°C), (200 - 400°C), (400 - 600°C), (600 - 800°C) y (800 - 1000°C) cada 15, 30 y 60 minutos. En la tabla 14, se presenta las cantidades de probetas elaboradas para el ensayo de compresión sometidas a diferentes rangos de temperatura a 15 minutos de exposición; en la tabla 15 se presenta las cantidades de probetas elaboradas para el ensayo de compresión sometidas a diferentes rangos de temperatura a 30 minutos de exposición y en la tabla 16 se presenta las cantidades de probetas elaboradas para el ensayo de compresión sometidas a diferentes rangos de temperatura a 60 minutos de exposición.

**Tabla XIV.**

*Cuantía de probetas desarrolladas a diferentes rangos de temperatura a 15 minutos, ensayadas a compresión axial f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días de edad.*

Tipo de mezcla		Probetas sometidas a distintos grados de temperaturas °C				
		T. amb.	200-400	400-600	600-800	800-1000
Concreto patrón	Con 0%	3	3	3	3	3
Sustitución del agregado fino por material refractario	Con 10%	3	3	3	3	3
	Con 20%	3	3	3	3	3
	Con 30%	3	3	3	3	3
	Con 40%	3	3	3	3	3
	Con 50%	3	3	3	3	3
Total		90				

Nota: Cantidad de probeta según el tratamiento y la exposición al fuego, de acuerdo al tiempo de exposición, autoría propia.

**Tabla XV.**

*Cuantía de probetas desarrolladas a diferentes rangos de temperatura a 30 minutos, ensayadas a compresión axial f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días de edad.*

Tipo de mezcla		Probetas sometidas a distintos grados de temperaturas °C				
		T. amb.	200-400	400-600	600-800	800-1000
Concreto patrón	Con 0%	3	3	3	3	3
Sustitución del agregado	Con 10%	3	3	3	3	3

fino	por	Con	3	3	3	3	3
material		20%					
refractario		Con	3	3	3	3	3
		30%					
		Con	3	3	3	3	3
		40%					
		Con	3	3	3	3	3
		50%					
Total			90				

Nota: Cantidad de probeta según el tratamiento y la exposición al fuego, de acuerdo al tiempo de exposición, autoría propia.

**Tabla XVI.**

*Cuantía de probetas desarrolladas a diferentes rangos de temperatura a 60 minutos, ensayadas a compresión axial  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días de edad.*

Tipo de mezcla		Probetas sometidas a distintos grados de temperaturas °C					
		T. amb.	200-400	400-600	600-800	800-1000	
Concreto patrón	Con 0%	3	3	3	3	3	
Sustitución del agregado fino	Con 10%	3	3	3	3	3	
por material refractario	Con 20%	3	3	3	3	3	
	Con 30%	3	3	3	3	3	
	Con 40%	3	3	3	3	3	
	Con 50%	3	3	3	3	3	
Total			90				

Nota: Cantidad de probeta según el tratamiento y la exposición al fuego, de acuerdo al tiempo de exposición, autoría propia.

*Muestreo*, es la estrategia empleada para seleccionar a los sujetos u objetos que conformarán la muestra. El muestreo es no probabilístico por conveniencia.

*Criterios de selección*, son las características que permiten delimitar a la población de estudio. Estos pueden ser de inclusión y exclusión.

Para los estudios experimentales de laboratorios la población de estudio se registrará a la naturaleza propia del estudio.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **Observación directa**

Este proceso se utilizó para describir características, la textura de la probeta expuesta al fuego sin y con sustitución del agregado fino por el ladrillo refractario en dosificaciones de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% en rangos de temperatura de Temperatura ambiente (29°C), y temperaturas expuestas a fuego directo (200 - 400°C), (400 - 600°C), (600 - 800°C) y (800 - 1000°C) cada rango de temperatura sometida durante 15, 30 y 60 minutos, respectivamente.

### **Instrumentos**

Mediante la normatividad actual que será utilizada para cada ensayo o procesos se tendrán en cuenta la norma internacional American Concrete Institute ACI, American Society for Testing and Materials ASTM, y los reglamentos nacionales la Norma Técnica Peruana NTP, Reglamento Nacional de Edificaciones RNE, en los cuales se detallará cada proceso y cálculo a desarrollar para cada ensayo.

## **2.5. Procedimiento de análisis de datos**

### **2.5.1. Diagrama de flujo de procesos.**

Compete a diversas etapas de la investigación que permiten comprender el proceso desde la selección de materiales hasta comprobar si el resultado corrobora la hipótesis planteada. Se muestra la Figura 9 el diagrama de flujo de procesos.

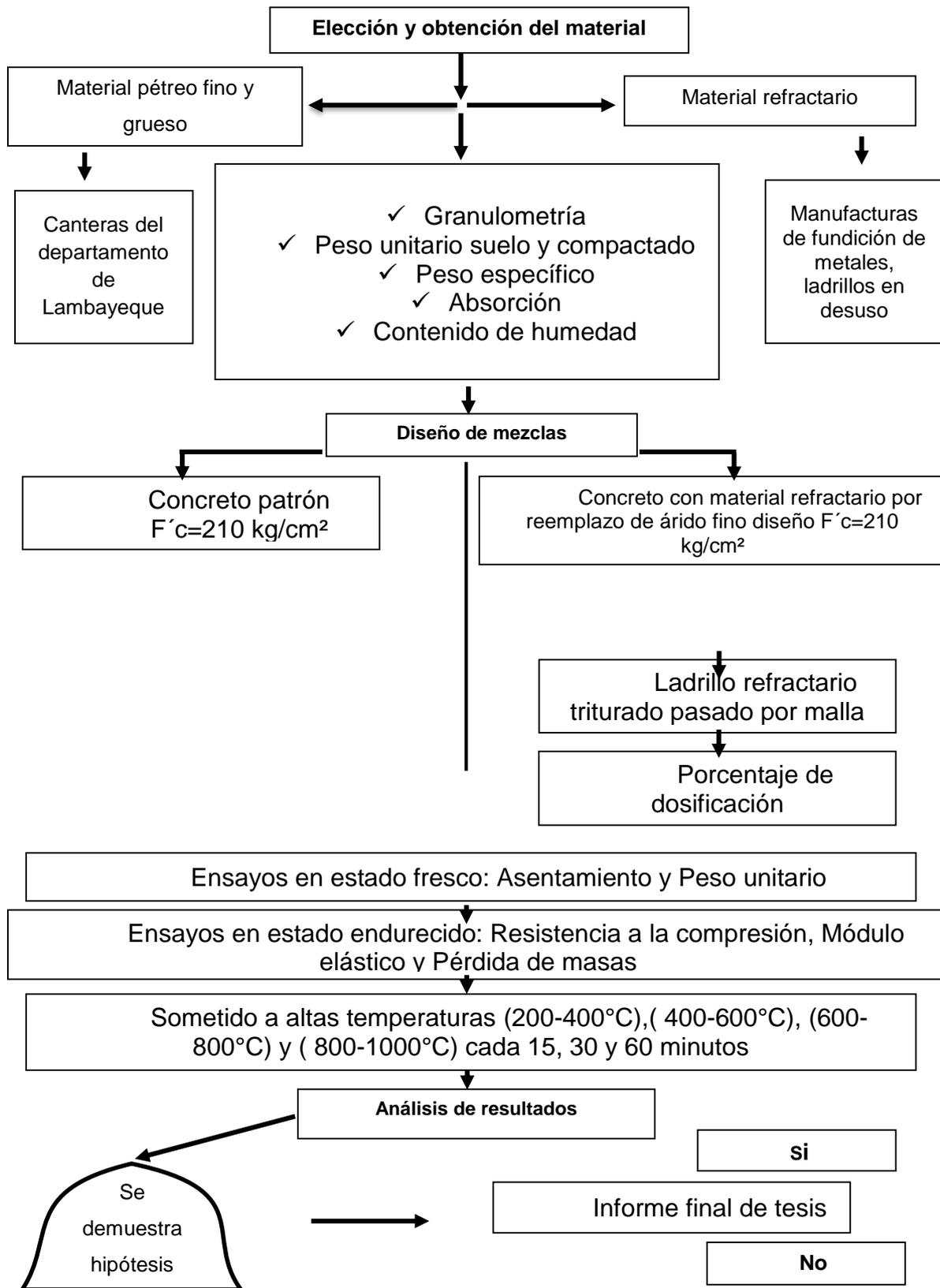


Fig. 9. Esquema del diagrama de proceso de flujo de la investigación.

## 2.5.2. Descripción de procesos.

### 2.5.2.1. Extracción de materiales – agregados

Se realizó la evaluación de canteras del departamento de Lambayeque, para evaluar su calidad y corroborarlo con condiciones mínimas que establecen los reglamentos internacionales y nacionales. Los agregados finos y gruesos con mejores características fueron: de la cantera “La Victoria” para agregado fino y de la cantera “Pacherres” para el agregado grueso, ubicadas en el departamento de Lambayeque.



Fig. 10. Extracción de muestra de la cantera “La Victoria” para agregado fino.



Fig. 11. Extracción de muestra de la cantera “Pacherres” para agregado grueso.

### 2.5.2.2. Material cementante

El material cementante para la investigación fue del ámbito comercial, marca reconocida y de mayor comercialización a nivel nacional, cemento *CEMEX* Tipo I, solicitado mediante pedido a una sucursal de la empresa de Dino - sede Chiclayo.



Fig. 12. Producto empaquetado cemento CEMEX Tipo I.

#### **2.5.2.3. Elemento acuoso – agua**

El elemento líquido H<sub>2</sub>O fue seleccionada y extraída del laboratorio LEMS W&C EIRL, producto que certifica su uso por ser potable, teniendo garantía de la empresa que provee el agua a todo el distrito de Pimentel, la empresa Epsel, siendo incluso para uso humano.

#### **2.5.2.4. Material refractario – ladrillo refractario de 2do uso**

El material refractario, en este caso los ladrillos refractarios de segundo uso fueron extraídos de la empresa “Maestro”, localizada en– Chiclayo – Perú. Es procedente de los hornos cubilotes donde se procesa la fundición de metales , el uso continuo de estos hace que sean reemplazados con nuevos ladrillos dando cavida al reutilizamiento de estos ladrillos para fines de investigación de la presente tesis.

#### *Procedimiento de adquisición y molienda*

Una vez de luego adquirir el material refractario, se limpiaran, con una brocha para quitar suciedad, y seran colocados en una chancadora de quijada, luego los residuos se molerá en molino de martillos y finalmentese tamizará para obtener el agregado fino.



Fig. 13. Adquisición de ladrillos refractarios para fines de investigación y molienda del material.

## **2.5.2.5. Ensayo a materiales pétreos**

### **2.5.2.5.1. Ensayo de análisis granulométrico de agregados**

#### *Normatividad*

Este ensayo está supeditado a la normatividad Norma Técnica Peruana 400.012 o ASTM C136, la cual será utilizada para prevalecer los criterios mínimos y máximos que pide cada ensayo.

#### *Utensilios y equipos*

- Balanza con sensibilidad al 0.1 gr.
- Tamices estandarizados.
- Equipo horno de 110°C con error al +- 5°C.

#### *Proceso o técnica*

Se realizará la elección de la muestra, seguido secado al horno a 110°C, para luego pasar por el juego de tamices seleccionados ya sea para agregado fino o agregado grueso. Finalmente se procesa cuidadosamente de cada peso retenido en cada bandeja, esto pesos serán usados para el proceso de recopilación y procesamiento de datos.



Fig. 14. Proceso de tamizado de a) materiales pétreos agregado fino y grueso, b) material refractario.

Nota: Elaboración de pruebas de granulometría de los áridos pétreos y material refractario, autoría propia

### 2.5.2.5.2. Ensayo de peso unitario suelto de agregados

#### Normatividad

Este ensayo está supeditado a la normatividad Norma Técnica Peruana 400.017 o ASTM C29, la cual será utilizada para prevalecer los criterios mínimos y máximos que pide cada ensayo.

#### Utensilios y equipos

- Balanza con sensibilidad al 0.1 gr.
- Cucharon.
- Molde metálico cilíndrico.

#### Proceso o técnica

Se realizará la elección de la muestra, luego se deja caer con el cucharón al molde a una altura no mayor a 10 cm, de la altura del molde se seccionará tres capas, después

se enrrazará y procederá a pesarse. Se deben realizar tres veces para obtener un promedio de ello y los valores no deben oscilar demasiado entre ellos.

*Fórmulas a utilizar*

- Densidad de masa

$$D = \frac{Ms - Me}{Ve} \quad \text{ó} \quad D = (Ms - Me) * Fr$$

**Ecuación 1. Densidad de masa**

Donde:

D= Densidad de masa (kg/m<sup>3</sup>)

Ms= Masa seca incluida del envase (kg)

Me= Masa del envase (kg)

Ve= Volumen del envase

Fr= Factor del envase, 1/m<sup>3</sup>

- Densidad de masa saturada superficialmente seco (Dsss)

$$D_{sss} = D \left[ 1 + \frac{Ch}{100} \right]$$

**Ecuación 2. Densidad de masa saturada**

Donde:

Dsss= Densidad de masa en condición DSSS (kg/m<sup>3</sup>)

Ch= Contenido de humedad (%)



Fig. 15. Proceso de realización de a) peso unitario suelto de agregados, b) material refractario.

### 2.5.2.5.3. Ensayo de peso unitario compactado de agregados

#### *Normatividad*

Este ensayo está supeditado a la normatividad Norma Técnica Peruana 400.017 o ASTM C29, la cual será utilizada para prevalecer los criterios mínimos y máximos que pide cada ensayo.

#### *Utensilios y equipos*

- Balanza con sensibilidad al 0.1 gr.
- Varilla metálica de  $\phi 5/8$ " de diámetro y 60 cm de longitud y cucharón.
- Molde metálico cilíndrico.

#### *Proceso o técnica*

Se realizará la elección de la muestra, luego se deja caer con el cucharón al molde a una altura no mayor a 10 cm, de la altura del molde se seccionará tres capas, después de hechar la primera capa de varillaré con 25 golpes en toda su área, luego seguirán las tres capas restantes, se enrrazaré y se pesara la masa, para finalmente procesar los datos en procesamiento de datos.

*Fórmulas a utilizar*

- Densidad de masa

$$D = \frac{Ms - Me}{Ve} \quad \text{ó} \quad D = (Ms - Me) * Fr$$

**Ecuación 3.** *Densidad de masa compactada*

Donde:

D= Densidad de masa (kg/m<sup>3</sup>)

Ms= Masa seca incluida del envase (kg)

Me= Masa del envase (kg)

Ve= Volumen del envase

Fr= Factor del envase, 1/m<sup>3</sup>

- Densidad de masa saturada superficialmente seco (Dsss)

$$D_{sss} = D \left[ 1 + \frac{Ch}{100} \right]$$

**Ecuación 4.** *Densidad de masa compactada*

Donde:

Dsss= Densidad de masa en condición DSSS (kg/m<sup>3</sup>)

Ch= Contenido de humedad (%)



Fig. 16. Proceso de realización de peso unitario compactado de agregados a) fino, b) grueso.

#### **2.5.2.5.4. Ensayo de Contenido de humedad de los agregados**

##### *Normatividad*

Este ensayo está supeditado a la normatividad Norma Técnica Peruana 339.185 o ASTM C566, la cual será utilizada para prevalecer los criterios mínimos y máximos que pide cada ensayo.

##### *Utensilios y equipos*

- Balanza con sensibilidad al 0.1 gr.
- Equipo horno de 110°C +- 5°C.
- Molde metálico cilíndrico.
- Cucharón.

##### *Proceso o técnica*

Se realizará la elección de la muestra, y se pesará según su tamaño máximo nominal, pues se debe tener un peso mínimo para este ensayo, luego se llevará a secarlo mediante el horno. Finalmente, luego de bajar el calor de la muestra se procederá a pesar, hacer los cálculos respectivos y colocarlos en el formato correspondiente.

##### *Fórmulas a utilizar*

- Contenido de humedad

$$Ch\% = 100 \times \frac{M_s - M_h}{M_s}$$

**Ecuación 5. Contenido de humedad**

Donde:

Ch = Contenido de humedad (%)

Ms = Masa seca al horno (gr.)

Mh = Masa de humedad ambiente (gr.)



Fig. 17. Proceso de peso de muestras para el contenido de humedad a) árido grueso, b) árido fino.

**2.5.2.5.5. Ensayo de peso específico y absorción de los agregados finos**

*Normatividad*

Este ensayo está supeditado a la normatividad Norma Técnica Peruana 400.022 o ASTM C128, la cual será utilizada para prevalecer los criterios mínimos y máximos que

pide cada ensayo.

#### *Utensilios y equipos*

- Balanza con sensibilidad al 0.1 gr.
- Equipo Horno de 110°C +- 5°C-
- Equipo Picnómetro de volúmen de 500 cm<sup>3</sup>
- Molde metálico cilíndrico cono truncado de 40 mm de diámetro interior superior, 90 mm de diámetro inferior, y 75 mm de altura.
- Cucharón.

#### *Proceso o técnica*

Se realizará la elección de la muestra, y se pesará la muestra mínima, luego dar remojo por 24 horas, depues retira el agua y en una bandeja dejar secando al aire libre, luego comprobar la muestra superficialemtne seca, con el cono de absorción , con 25 golpes sin comparactary al retirar ver si se desmorona y tener criterio. Seguidamente a ello coloca en el frasco una cantidad de 500 grs y llenarlo de aguaagitar y dejar reposar 15 min., luego agitar y elimnar impurezas o burbujas alojadas. Pesar la muestra y el agua, y con cuidado se saca el material del frasco y en un deposito se hecha y llevarlo al horno a 110°C. Finalmente realizar los cálculos correspondientes.

#### *Fórmulas a utilizar*

$$Peso\ esp = \frac{Pac}{(Vf - Vaf)}$$

$$Peso\ esp\ mas\ ss = \frac{500}{(Vf - Vaf)}$$

$$Peso\ esp\ apa = \frac{Pas}{(Vf - Vaf) - (500 - Pas)}$$

$$Abs\% = \frac{500 - Pas}{Pas}$$

**Ecuación 6.** *Peso específico del árido fino*

Donde:

Peso esp.= Peso específico de masa ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

Pac = Peso de la arena cocinada (gr.)

Vf = Volumen del frasco (gr.)

Vaf = Volumen del agua en el frasco (gr.)

Pas= Peso arena seca (gr.)

Abs%= Porcentaje de absorción del agregado fino.



Fig. 18. Proceso de peso de muestras, a) absorción, b) peso específico

#### **2.5.2.5.6. Ensayo de peso específico y absorción de los agregados gruesos**

##### *Normatividad*

Este ensayo está supeditado a la normatividad Norma Técnica Peruana 400.021 o ASTM C127, la cual será utilizada para prevalecer los criterios mínimos y máximos que pide cada ensayo.

##### *Utensilios y equipos*

- Balanza con sensibilidad al 0.1 gr.
- Equipo Horno de 110°C +- 5°C.
- Equipo de cesta metálica (abertura máx. de 3.35 mm).
- Balde plástico de 20 litros.
- Tamiz # 4.
- Cucharón.

*Proceso o técnica*

Se realizará la elección de la muestra, y se pasará por el tamiz #4 estandarizado, luego de ellos se lavará para depurar impurezas orgánicas e inorgánicas. Utilizar el peso mínimo, luego se seca el líquido del material colocándola en el horno. Al día siguiente se sumergue al agua por 24 horas, luego se extrae el líquido y se elimina el agua dejando solo una película visible de agua, se pesa en la balanza. Luego se coloca en la canstilla de alambre y sumergiendola en agua se procede a determinar su peso en esta condición. Finalmente se coloca la muestra en el horno y procede a pesar dicha muestra para la recolección de datos y cálculos respectivos.

*Fórmulas a utilizar*

- Peso específico de masa

$$Peso\ esp = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

$$Peso\ esp\ SSS = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

$$Peso\ esp\ apa = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

$$Abs\% = \frac{B - A}{A} \times 100$$

**Ecuación 7. Peso específico de árido grueso**

Donde:

Peso esp.= Peso específico de masa ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

Peso esp SSS= Peso específico de masa superficialmente seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

Peso esp. apa= Peso específico aparente ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

Abs%= Porcentaje de absorción (%)

A = Masa seca al horno en el aire (gr.)

B = Masa de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr.)

C= Masa del agua de la muestra saturada (gr.)



Fig. 19. Proceso de peso de muestra en canastilla sumergida a) peso de cesta, b) sumersión de árido grueso.

#### 2.5.2.5.7. Diseño de mezclas del concreto

Para la siguiente investigación se elaboró el diseño de concreto por el método del comité 211 del American Concrete Institute denominado con siglas ACI, este método tiene un procedimiento típico que está basado en tablas y criterios. Para tener las dosificaciones óptimas de los agregados, cemento, agua, adiciones o sustituciones por algún material antes mencionado y aditivos.



Fig. 20. Elaboración de cálculos desarrollados en plantillas para el diseño  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Los pasos son los siguientes:

- ✓ Calcular la resistencia requerida  $F'cr$
- ✓ Cálculo del contenido de agua
- ✓ Cálculo del contenido de aire atrapado
- ✓ Selección de la relación agua – cemento ( $a/c$ )
- ✓ Cálculo del contenido de cemento
- ✓ Cálculo del peso del agregado grueso
- ✓ Volumen absoluto de los elementos del concreto
- ✓ Corrección por humedad de los agregados
- ✓ Cálculo del aporte de agua de los agregados a la mezcla y agua efectiva
- ✓ Proporciones corregidas de la mezcla de concreto
- ✓ Diseño del concreto experimental

## **2.5.2.6. Ensayos del concreto en estado fresco**

### **2.5.2.6.1. Ensayo de asentamiento o slump**

*Normatividad*

Este ensayo está supeditado a la normatividad Norma Técnica Peruana NTP 339.035

o ASTM C143, la cual será utilizada para prevalecer los criterios mínimos y máximos que pide cada ensayo.

### *Utensilios y equipos*

- Cono truncado metálico
- Varilla metálica de  $\phi 5/8"$  de diámetro y 60 cm de longitud.
- Wincha.
- Cucharon.

### *Proceso o técnica*

Se realizará el humedecimiento del molde y colado en suelo plano, luego colocando la muestra de concreto dentro del cono en tres capas cada capa a 25 golpes con la varilla, luego se procede a enrazar, Se procede a levantar el cono y colocarlo a su costado y medir el slump con una wincha.



Fig. 21. Proceso de medición del slump.

## 2.5.2.6.2. Ensayo de peso unitario

### *Normatividad*

Este ensayo está supeditado a la normatividad Norma Técnica Peruana NTP 339.046 o ASTM C138, la cual será utilizada para prevalecer los criterios mínimos y máximos que pide cada ensayo.

### *Utensilios y equipos*

- Balanza con sensibilidad al 0.1 gr.
- Molde metálico
- Varilla metálica de  $\phi 5/8$ " de diámetro y 60 cm de longitud.
- Cucharón.

### *Proceso o técnica*

Se realizará el humedecimiento del molde y colado del concreto en tres capas y varillarse cada capa con 25 golpes, culminando con 3 capas, luego de ello se procede a pesar en la balanza haciendo tres pesos diferentes para tener un promedio. Finalmente colocar los datos en formatos establecidos.

### *Fórmulas a utilizar*

- Peso unitario

$$PU = \frac{Prc - Pr}{Vr} \times 100$$

### **Ecuación 8. Peso unitario fresco**

Donde:

Prc= Peso del recipiente lleno de concreto (gr).

Pr = Peso recipiente metálico (gr).

Vr = Volumen recipiente metálico (m<sup>3</sup>).

PU= Peso unitario del concreto (gr/ m<sup>3</sup>).



Fig. 22. Proceso de peso y varillado en el molde de la Olla de Washington.

### 2.5.2.6.3. Curado de probetas y Colocación de nomenclatura

#### *Normatividad*

Este ensayo está supeditado a la normatividad o ASTM C192, la cual será utilizada para prevalecer los criterios mínimos y máximos que pide cada ensayo.

#### *Utensilios y equipos*

- Tanque impermeable 1 m<sup>3</sup>
- Plumo acrílico o correcto.

#### *Proceso o técnica*

Se realizará insertando de cada probeta ya colocada la codificación y curarla bajo sumersión durante 28 días hasta su posterior rotura.



Fig. 23. Colocación de a) nomenclatura, b) curado de probetas

### **2.5.2.7. Ensayos del concreto en estado endurecido**

#### **2.5.2.7.1. Ensayo de resistencia a compresión axial**

##### *Normatividad*

Este ensayo está supeditado a la normatividad Norma Técnica Peruana NTP 339.034 o ASTM C39, la cual será utilizada para prevalecer los criterios mínimos y máximos que pide cada ensayo.

##### *Utensilios y equipos*

- Balanza con sensibilidad al 0.1 gr.
- Equipo de compresión de muestras calibrada en conformidad ASTM E4.
- Vernier
- Placas de neopreno

##### *Proceso o técnica*

Se procede a medir cada testigo tanto su diámetro dos medidas, y su altura promedio, luego a pesar la probeta. Se procede a colocarle las placas de neopreno e introducir a la máquina de compresión. Finalmente se aplica la carga hasta su rotura y se toma lectura de la carga para determinar su carga en unidades métricas y que tipo de fractura

corresponde según reglamento.

*Fórmulas a utilizar*

- Resistencia a compresión

$$R = \frac{C}{A}$$

**Ecuación 9. Resistencia a la compresión axial**

Donde:

R= Resistencia compresión (kg/cm<sup>2</sup>).

C = carga (gr).

A = Area (m<sup>3</sup>).

PU= Peso unitario del concreto (gr/ m<sup>3</sup>).



Fig. 24. Proceso de rotura de probetas en la máquina de resistencia a la compresión.

**2.5.2.8. Exposición de tesitgos de concretoa altas temperaturas**

**2.5.2.8.1. Exposición de probetas al horno y medición de temperatura**

*Normatividad*

Este ensayo está supeditado a la normatividad ASTM E119, la cual será utilizada para prevalecer los criterios mínimos y máximos que pide cada ensayo.

*Utensilios y equipos*

- Balanza con sensibilidad al 0.1 gr.

- Termómetro infrarrojo.
- Guantes contra el calor
- Zapatos industriales y lentes o careta protectora

*Proceso o técnica*

- Preparar el horno y colocar las probetas en el primer rango a diferentes tiempos y a la primera sustitución.
- Regular las bombas de fuego y controlar la temperatura con el termómetro electrónico a una distancia prudente.
- Esperar el tiempo de estudio, luego esperar 5 min para que enfíe la probeta.
- Oscultar la probeta y observar que coloración presenta, fisuras etc.
- Llevar al equipo de compresión de testigos y medir su resistencia.



Fig. 25. a) Colocación de probetas en el horno para su exposición a rangos de temperaturas, b) textura luego de someterlas al fuego.

### **2.5.2.8.2. Procesamiento de calentamiento de horno artesanal**

*Descripción*

Este estudio se utilizó un horno artesanal de dimensiones de 5 m (largo), 1.5 m (ancho) y 0.40 m (altura), el horno soporta una temperatura máxima de operación de 1250°C. Las paredes están cubiertas de material refractario capas de laminar calor

superior a 1500°C. Se determinaron dos etapas de calentamiento y durante la primera etapa, las muestras se calentaron en los rangos de estudios y durante la segunda etapa se mantuvo la temperatura hasta el final del tiempo de calentamiento total (15, 30 y 60 minutos). El horno artesanal funcionaba con quemadores de alta presión, la capacidad de calentamiento del horno es limitada, la velocidad de calentamiento era de 80 °C/min al principio, pero la velocidad disminuía a 5°C/min al final de la primera etapa de calentamiento. Después de completar la segunda etapa, no se sacaron las muestras de concreto caliente hasta que el horno se enfrió a 50°C.

Después de los procesos de calentamiento y enfriamiento, las muestras fueron sometidas a los ensayos mecánicos, las muestras calentadas fueron ejecutadas cuando tuvieron un curado de 28 días, respectivamente. Las muestras se mantuvieron en un entorno de laboratorio a una temperatura ambiente de  $29^{\circ}\pm 4^{\circ}\text{C}$  durante el período de pruebas mecánicas, como resistencia a la compresión y módulo elástico.

#### *Procedimiento*

- Oscultar la probeta detalladamente
- Clasificar por coloración.
- Determinar aparición de fisuras.



Fig. 26. a) Coloración de probetas debido al rango de temperatura, b) exposición al fuego directo utilizando una antorcha industrial.

## 2.6. Criterios éticos

[42] las normas establecidas en este código son normas morales y éticas, con responsabilidades, deberes y valores que todo profesional debe acatar y esos están plasmados en el Código Deontológico del Colegio de Ingenieros del Perú. Donde se expresa en el capítulo III: Faltas contra la ética profesional y sanciones, comprendido por sub capítulos, donde:

**Sub capítulo I:** DE LA RELACIÓN CON LA SOCIEDAD

**Sub capítulo II:** DE LA RELACIÓN CON EL PÚBLICO

**Sub capítulo III:** DE LA COMPETENCIA Y PERFECCIONAMIENTO DEL PROFESIONAL

**Sub capítulo IV:** DE LA PROMOCIÓN Y PUBLICIDAD

**Sub capítulo V:** DE LA CONCERTACIÓN DE LOS SERVICIOS

**Sub capítulo VI:** DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS

**Sub capítulo VII:** DE LA RELACIONES CON EL PERSONAL

**Sub capítulo VIII:** DE LA RELACIÓN CON LOS COLEGAS

### **Validez interna**

Son resultados frente a situaciones observadas mostradas y con valor de autenticidad y veracidad y objetividad, los valores obtenidos fueron a través de un procesamiento de información, resultado de ensayos realizados en el Laboratorio LEMS W&C EIRL.

### **Validez externa**

Los valores obtenidos de este informe de investigación conforme a la autenticidad de ellos, y elaborados por el investigador mismo, mismos que son certificados por laboratorio certificados donde acredita la autenticidad de dichos resultados.

### **Objetividad**

La investigación presente se ceñirá al logro de objetivos planteados manteniendo su originalidad en el transcurso del estudio con el fin de ser objetivos y veraces.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

Se informan, describen y ordenan los resultados relevantes de la investigación de acuerdo a los objetivos planteados. Se requiere distribuirlos en tablas y figuras, sin repeticiones y debiendo ser claro, conciso, preciso y con una secuencia lógica.

En este apartado se mostrarán los resultados obtenidos para desarrollar el objetivo general: Evaluar la influencia del material refractario como sustituto del agregado fino, en la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  sometido a altas temperaturas., investigación desarrollada en la ciudad de Chiclayo-Lambayeque.

**Respecto al primer objetivo específico de realizar las propiedades físicas del agregado pétreo y el de material refractario.** Las propiedades físicas de los áridos y material refractario fueron analizadas bajo requerimientos y normativa vigente internacional ASTM y normatividad nacional como la NTP, respectivamente. Como se muestra a continuación en la siguiente tabla.

**Tabla XVII.**

*Propiedades físicas de los agregados pétreos*

Ensayos	A.F	A.G	MR	Norma requerimientos
Módulo de fineza	3.05	-	2.57	ASTM C136
Tamaño máximo nominal (")	-	3/4	-	ASTM C33
Huso granulométrico (Adi.)	-	56	-	ASTM C33
Peso unitario suelto ( $\text{kg/m}^3$ )	1444	1250	1492	ASTM C29
Peso unitario compacto ( $\text{kg/m}^3$ )	1570	1393	1641	ASTM C29
Peso específico ( $\text{g/cm}^3$ )	2.514	2.694	2.355	ASTM C128/127
Absorción (%)	1.402	0.865	2.796	ASTM C128/127
Contenido de humedad (%)	0.98	0.25	0.33	ASTM C566

Nota: Se observa los diversos valores de las propiedades físicas de los árido pétreos para la elaboración de concreto experimental, autoría propia

Como se observa en la Tabla 17, los resultados de árido fino como el material refractario son similares adecuándose a la curva granulométrica expuesta anteriormente.

Los módulos de fineza del árido fino y del material refractario se encuentran dentro de los parámetros permisibles entre  $2.3 < 2.5 < 3.1$  no siendo superior a 0.30 como lo expone la NTP 400.018 (2018, pág. 35). El árido grueso pertenece a un Huso de 56, y un tamaño máximo nominal de 19 mm., materiales correctamente gradados a disposición de un diseño de mezcla eficiente y sostenible.

**Respecto al segundo objetivo específico de desarrollar el diseño de mezcla por el método del ACI 211.1 para una resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  utilizando cemento Tipo I (de uso general) con material refractario sustitutorio como agregado fino en un 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%.** En el diseño de mezclas de la muestra sin tratamiento (CP) se obtuvieron valores óptimos de diseño bajo uso de agua racional para mantener una trabajabilidad buena, los diseños de mezclas de las muestras con tratamiento con material refractario (MR), se diseñó en base al reemplazo del agregado fino por el material refractario. Como se muestra en la siguiente Tabla 18.

**Tabla XVIII.**

*Cantidad de materiales del diseño de mezclas por 1 m<sup>3</sup>*

Descripción	Cemento (kg)	Agregado fino (kg)	Agregado grueso (kg)	Agua (Lt)	Material refractario (kg)
CP21MR0	395	838	863	282	-
CP21MR10	395	754	863	282	84
CP21MR20	395	670	863	282	168
CP21MR30	395	587	863	282	251
CP21MR40	395	503	863	282	335
CP21MR50	395	419	863	282	419

Nota: Se observa los diversos valores de proporcionamiento de mezclas en peso por metro cúbico para los distintos tratamientos, autoría propia

Como se observa en la Tabla 18, el diseño de mezclas se realizó bajo las consideraciones del manual del ACI 211.1 (1993), para obtener los pesos y volúmenes de 1 m<sup>3</sup> de concreto. Considerando una relación agua-cemento constante de 0.71 que es correspondiente a una resistencia de diseño de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, dentro del rango

establecido para un concreto estructural, y además se tuvo un peso específico de 3.15 g/cm<sup>3</sup> del cemento Tipo I de la marca Quisqueya, valores fundamentales para la obtención de las proporciones del diseño de mezclas y los diseño de mezclas experimentales en cinco mezclas de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% en reemplazo del agregado fino, respectivamente solo variando las proporciones entre el agregado fino y el material refractario.

**Respecto al tercer objetivo específico según determinar en estado fresco del concreto (asentamiento y peso unitario) con la sustitución del agregado fino por el material refractario en un 10%, 20%, 30%, 40% y 50% para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.** Las muestras analizadas son realizadas en el estado fresco del concreto, tomando consideraciones de la normativa internacional ASTM C143 y las normativas de peso unitario en estado fresco ASTM C138, respectivamente. Consecuentemente, se muestran las propiedades frescas con los resultados obtenidos en la Figura 26 y 27.

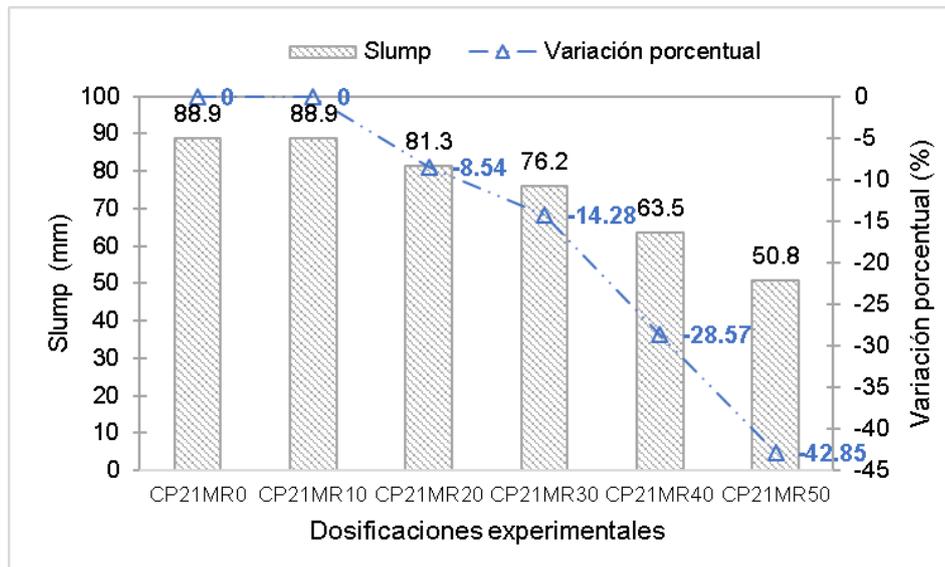


Fig. 27. Slump de las muestras experimentales

Como se observa en la Figura 27 el asentamiento o slump se realizó bajo los requerimientos del diseño de mezclas un rango de 3 a 4" partiendo de eso se tuvo como parámetro un concreto con buena trabajabilidad sin emplear aditivo superplastificante. La trabajabilidad se vio afecta por la contribución del MR que al ser un material con poca absorción y otra textura superficial hizo que abarque mayor área superficial por lo que

redujo su trabajabilidad. Las muestras CP21MR0, CP21MR20, CP21MR30, CP21MR40 y CP21MR50 tuvo una variación porcentual de descenso respecto a la muestra sin tratamiento de -0%, -8.54%, -14.28%, -28.57% y -42.85%, respectivamente en función a la muestra referencial CP0MR.

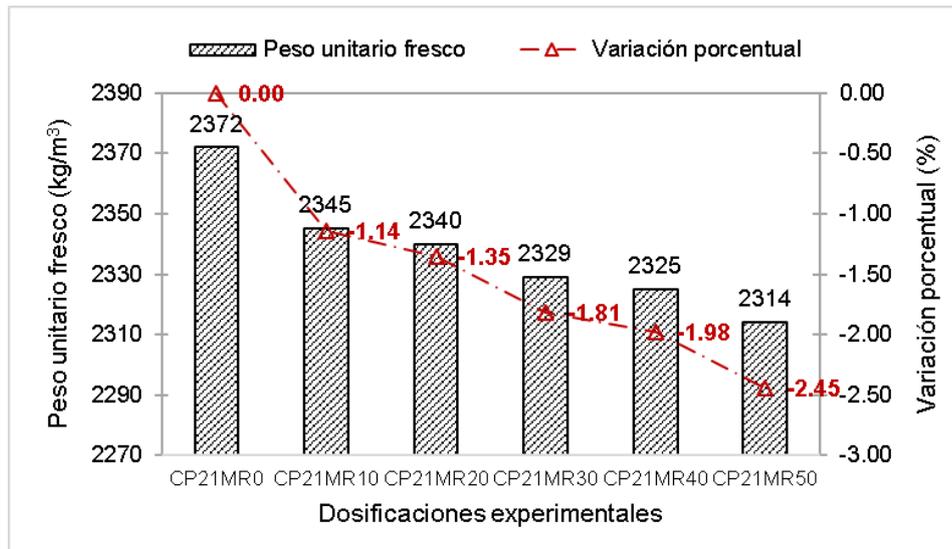


Fig. 28. Peso unitario fresco de las muestras experimentales

Además, como se muestra en la Figura 28 el peso unitario fresco se realizó considerando la normativa ASTM C138, el peso unitario fresco se observó un aumento de su valor con las muestras experimentales progresivo y gradual, las muestras CP21MR0, CP21MR20, CP21MR30, CP21MR40 y CP21MR50 donde se tuvo un descenso en su variación porcentual respecto a la muestra sin tratamiento de -1.14%, -1.35%, -1.81%, -1.98% y -2.45%, respectivamente. Esto debido a que su peso específico es menor que el del agregado fino, siendo menos denso el MR.

**Respecto al cuarto objetivo específico según determinar el esfuerzo a la compresión, pérdida de masa y módulo elástico del concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ , mediante la rotura de probetas con la sustitución del material refractario en un 10%, 20%, 30%, 40 y 50% sometidas a temperaturas altas (200-400°C), (400-600°C), (600-800°C) y (800-1000°C) cada 15, 30 y 60 minutos.**

#### ***Resistencia a la compresión***

➤ Tiempo de exposición al fuego durante 15 minutos

Las probetas cilíndricas de dimensiones de 150 mm (diámetro) x 300 mm (altura), se elaboraron y curaron, para luego ser sometidas a temperatura ambiente y a un proceso de incineración artificial en rangos de temperaturas establecidos, estas pruebas fueron realizadas a la edad de maduración a los 28 días de curado. Los resultados se muestran a continuación en la siguiente figura las roturas a compresión axial sometida a diferentes grados de calor a un tiempo de 15 minutos, respectivamente.

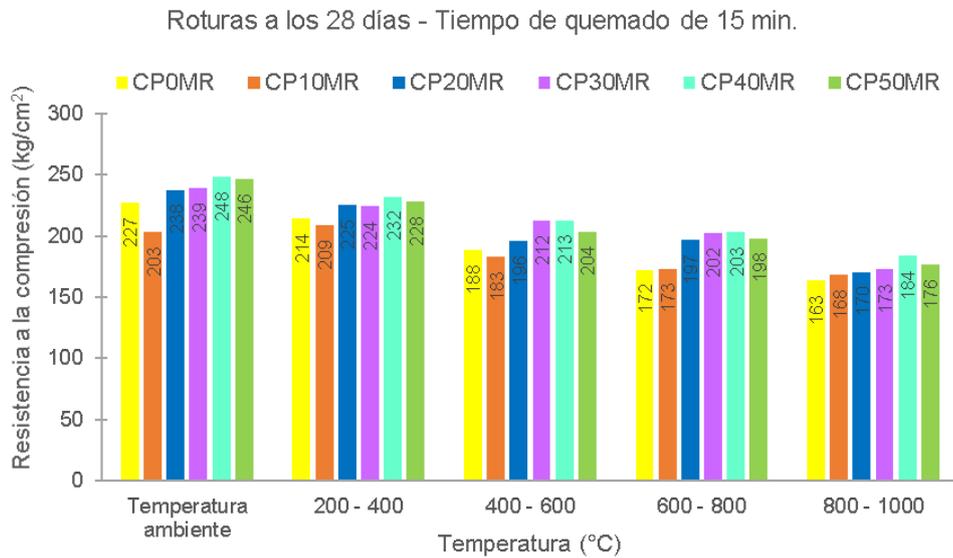


Fig. 29. Resistencia a la compresión de probeta experimentales a los 28 días sometidas a calor a un tiempo de 15 minutos

➤ Tiempo de exposición al fuego durante 30 minutos

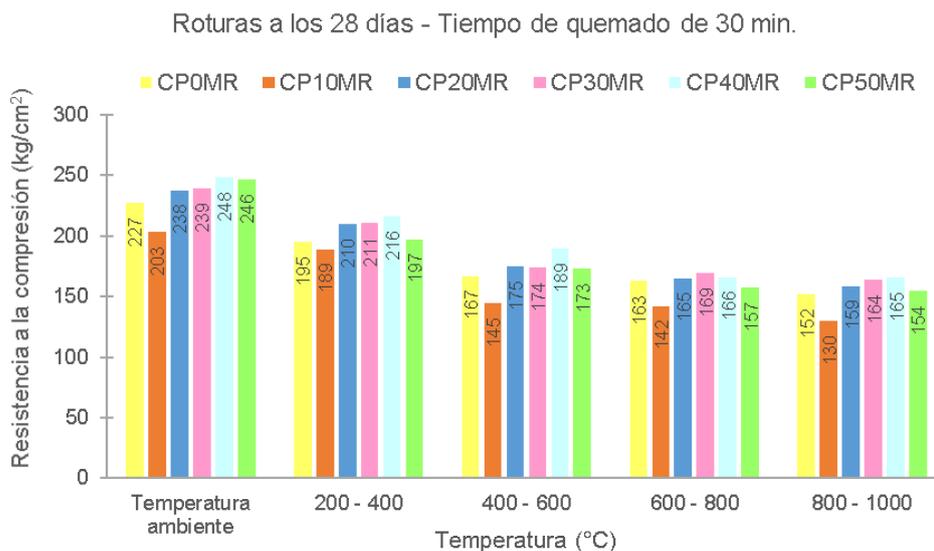


Fig. 30. Resistencia a la compresión de probeta experimentales a los 28 días sometidas a calor a un tiempo de 30 minutos

➤ Tiempo de exposición al fuego durante 60 minutos

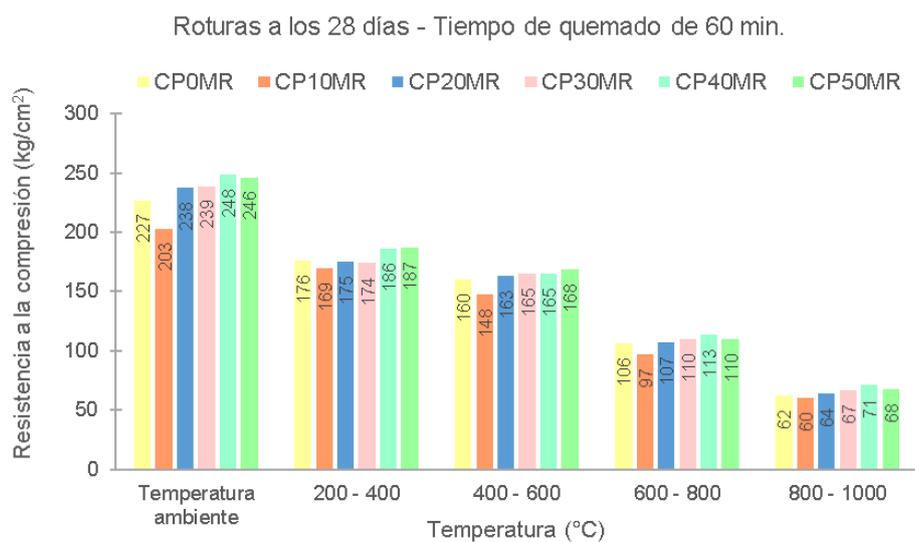


Fig. 31. Resistencia a la compresión de probeta experimentales a los 28 días sometidas a calor a un tiempo de 60 minutos

Como se observa en la Figura 29, 30 y 31 el desarrollo de la resistencia a la compresión durante 28 días de curado bajo los procedimientos de la ASTM C39, la resistencia registrada son resistencias a temperatura ambiente y expuestas al fuego durante 15, 30 y 60 minutos respectivamente, sin embargo, en el rango más crítico de temperatura entre 800-1000°C, la resistencia que mostró mejor comportamiento fue CP21MR40 (14.44%) durante 60 minutos como se observa en la Figura 31. En temperatura

ambiente (20°C) hubo un mejoramiento con la muestra CP21M40 (9.40%) respecto a la muestra referencial sin quemar. Pues respecto a las muestras experimentales sin quemar y las muestras expuestas al fuego con temperaturas mayores a 800°C, redujo hasta -71%, más de la mitad de su resistencia mecánica.

Respecto al comportamiento del concreto expuesto a las temperaturas durante 15 minutos se logra observar que a partir de 400°C las probetas empiezan a deschamparse poco, posterior a 600°C las probetas sufren condiciones extremas como exposición de líquido y deschampe con mayor efusividad, a partir de 800° a 1000°C, la textura de las probetas es más explosiva el desconchamiento, perdiendo más masa de la probeta pero todas las probetas mantienen la misma coloración, esto puede deberse por el menor tiempo que son expuestas.

### **Módulo de elasticidad**

El ensayo de módulo elástico es una de las propiedades más relevantes del concreto estructural, que se utiliza con el fin de evaluar la deflexión estructural durante el periodo de servicio y calcular la deformación así se deriva al análisis sísmico.

#### ➤ Tiempo de exposición al fuego durante 15 minutos

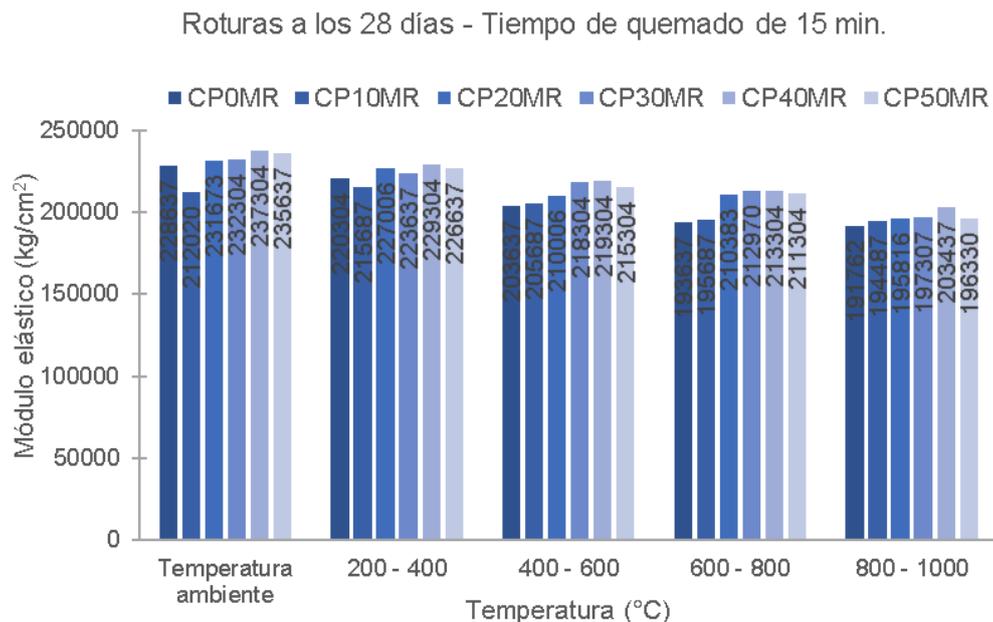


Fig. 32. Módulo elástico de muestras experimentales sometido a diferentes temperaturas en un tiempo de 15 minutos.

➤ Tiempo de exposición al fuego durante 30 minutos

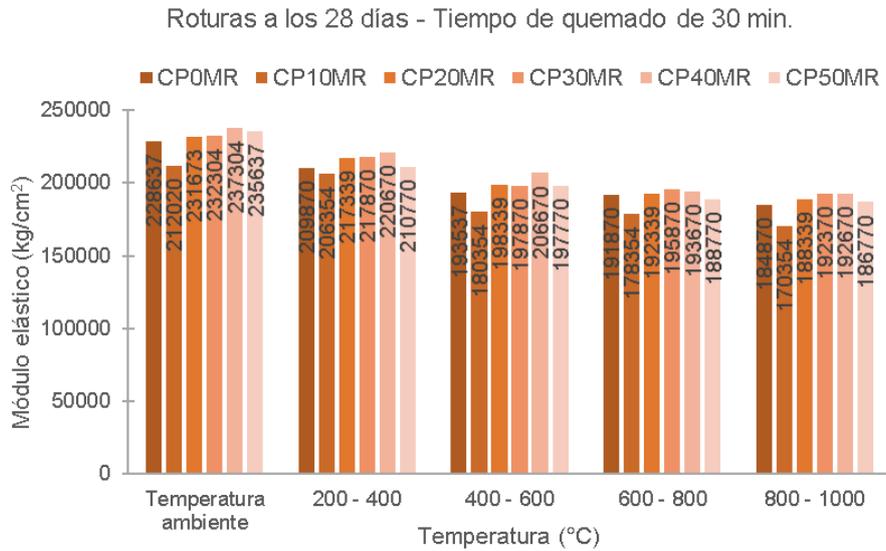


Fig. 33. Módulo elástico de muestras experimentales sometido a diferentes temperaturas en un tiempo de 30 minutos

➤ Tiempo de exposición al fuego durante 60 minutos

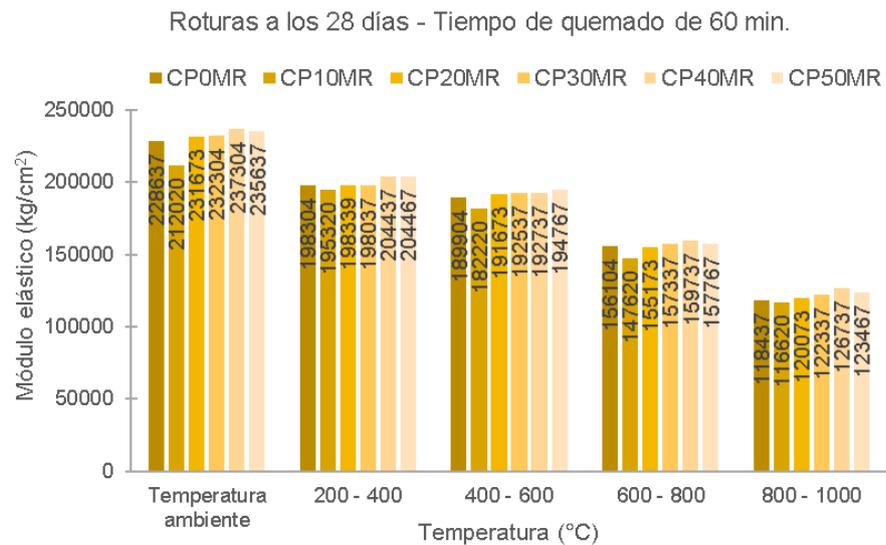


Fig. 34. Módulo elástico de muestras experimentales sometido a diferentes temperaturas en un tiempo de 60 minutos

Como se muestran en la Figura 32, 33 y 34, el ensayo de módulo de elasticidad se elaboró bajo los procedimientos de la ASTM C464 durante 28 días de curado, el módulo elástico registrado son resultados a temperatura ambiente y expuestas al fuego durante 15, 30 y 60 minutos respectivamente, sin embargo, en el rango más crítico de temperatura entre 800-1000°C, el módulo elástico que mostró mejor comportamiento fue CP21MR40 (7.01%) durante 60 minutos como se observa en la Figura 34. En temperatura ambiente

(20°C) hubo un mejoramiento con la muestra CP21M40 (3.79%) respecto a la muestra referencial sin quemar. Pues respecto a las muestras experimentales sin quemar y las muestras expuestas al fuego con temperatura mayores a 800°C, redujo hasta -47%, más de la mitad de su resistencia mecánica.

### ***Pérdida de masa***

La pérdida de masa es una referencia a la masa que tiene la probeta incinerada que se expresa en dimensión porcentual de su masa original a una temperatura ambiente. En referencia a la pérdida de masa expresada en porcentaje se tendrá valores de cada muestra experimentales en tres tiempos y sometidos a diferentes rangos de exposición al fuego directo.

➤ Tiempo de exposición al fuego durante 15 minutos

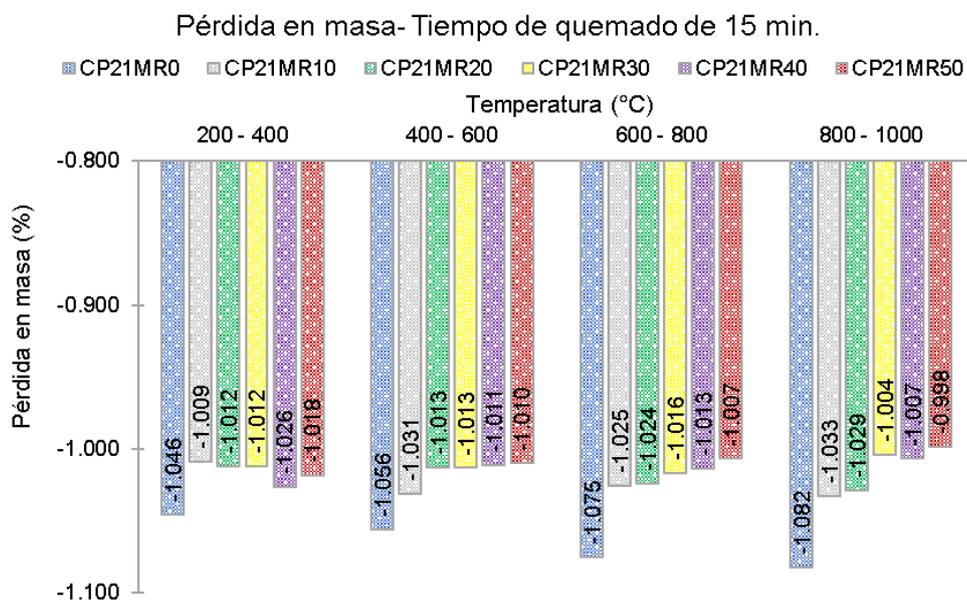


Fig. 35. Pérdida de masa de muestras experimentales sometido a diferentes temperaturas en un tiempo de 15 minutos

➤ Tiempo de exposición al fuego durante 30 minutos

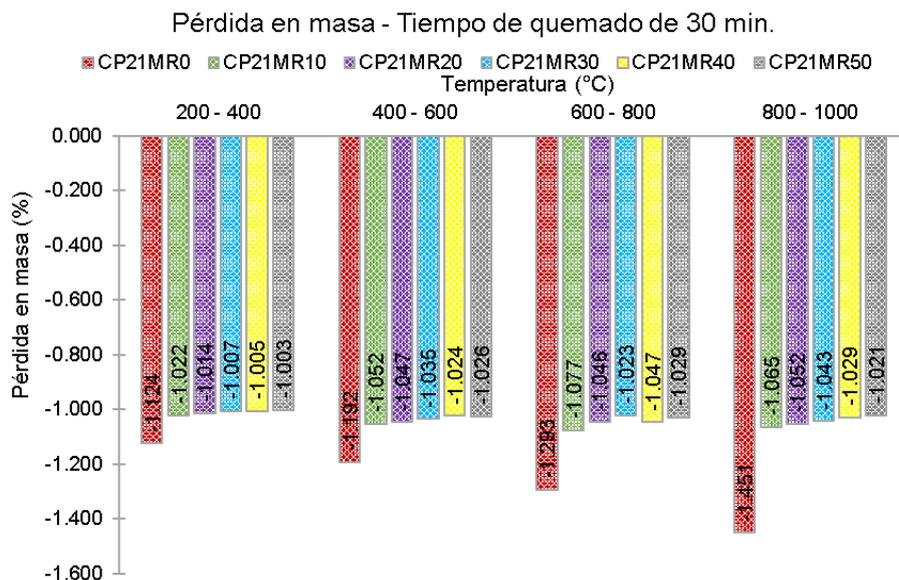


Fig. 36. Pérdida de masa de muestras experimentales sometido a diferentes temperaturas en un tiempo de 30 minutos

➤ Tiempo de exposición al fuego durante 60 minutos

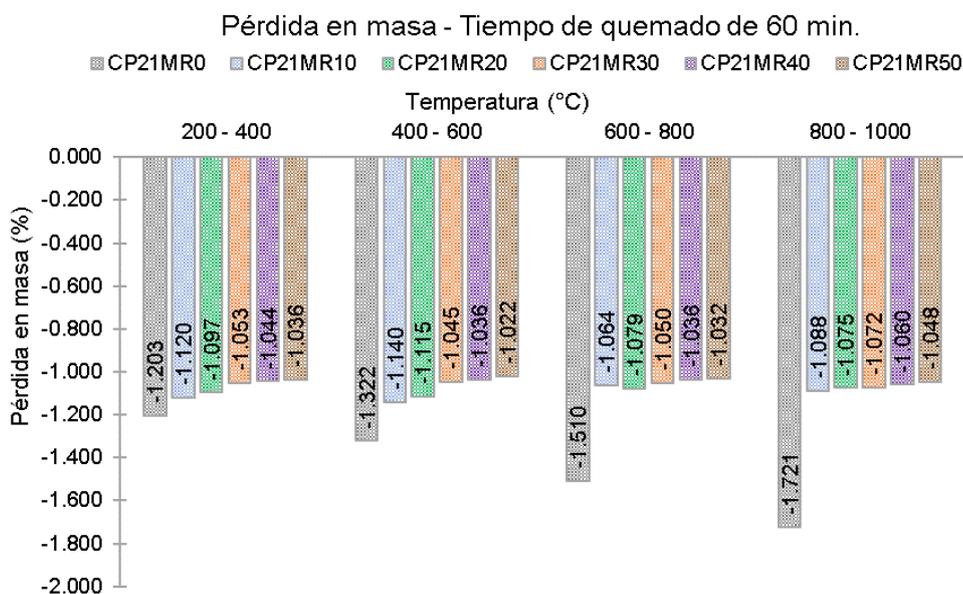


Fig. 37. Pérdida de masa de muestras experimentales sometido a diferentes temperaturas en un tiempo de 60 minutos

Como se muestran en la Figura 35, 36 y 37, el ensayo de pérdida de masa se elaboró bajo los procedimientos en situ con probetas ya incineradas y probetas no incineradas durante 28 días de curado. Como se observa en la figura 37, las probetas de concreto a base de MR sufrieron evidentemente una menor pérdida de masa que las probetas de concreto patrón. Tras la exposición al fuego entre 400 – 600°C, el CP21MR50 sufrió una

pérdida de masa menor equivalente al 1.022% (inferior al 22.64%) respecto a la muestra referencia base CP21MR0, mientras que el CP21MR0 sufrió una mayor pérdida de masa del 1.322%, esto se comprende como que la muestra referencia tiene mayor pérdida de masa a diferencia de utilizar una muestra experimental compuesta de material refractario que su tasa de pérdida de masa es mucho menor. Por lo tanto, a una exposición de fuego severa entre 800-1000°C el concreto base CP21MR0 sufrió una pérdida de masa superior al 1.721%, que comparando con la muestra que menos afecto en la pérdida de masa con la muestra M21MR50 tuvo una pérdida de masa de 1.048% (inferior al 39.13%) respecto a la muestra referencia base CP21MR0, que es relativamente baja durante 60 minutos.

### **3.2. Discusión**

En este apartado se mostrarán las discusiones y frente a eso las similitudes o contradicciones de diversos estudios e investigadores donde tiene interés social, ambiental y tecnológico. Siendo comparadas con el estudio actual donde se reemplazó el agregado fino por el material refractario en porcentajes del 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, siendo sometidas a altas temperaturas en (04) rangos variables que van desde los 200°C hasta 1000°C, sometidos en tres tiempos cada 15, 30 y 60 minutos respectivamente, para finalmente ser analizadas a ensayos mecánicos.

**Respecto al primer objetivo específico de realizar las propiedades físicas del agregado pétreo y el de material refractario.** Según [13] con su objetivo generar de elaborar un diseño de mezcla de concreto empleando en su composición material reciclado como reemplazo del agregado fino, frente al fuego, según sus resultados sobre los árido finos y gruesos mostró que su módulo de fineza fue 2.50 y un tamaño máximo nominal de 1", respectivamente, tanto sus pesos unitarios compactos fueron 1563 y 1424 (árido fino y grueso), respectivamente. Además, su capacidad de absorción fueron 1.365 y 0.89% para cada material, siendo materiales de canteras de la ciudad de Chiclayo (Lambayeque-Perú).

A comparación de los estudios discutidos, el investigador muestra que sus resultados no difieren con las investigaciones analizadas pues como agregado grueso

natural se utilizó árido con un tamaño máximo de partícula de 19 mm y una gravedad específica según (ASTM C127, 2015) de 2.69. El agregado fino se hizo a partir de arena limpia con un tamaño de partícula inferior a 5 mm, junto con una gravedad específica de 2.51 según (ASTM C128, 2015) y módulo de fineza de 3.05, respectivamente. Y el material refractario presenta un módulo de fineza de 2.57 y una gravedad específica de 2.34. La presentación del material triturado se muestra en gránulos de forma irregular y tamaño triturado inferior a 5 mm.

**Respecto al segundo objetivo específico según desarrollar el diseño de mezcla por el método del ACI 211.1 para una resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  utilizando cemento Tipo I (de uso general) con material refractario sustitutorio como agregado fino en un 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%.** Según la [39], las proporciones están supeditadas en función las propiedades físicas y mecánicas de los áridos finos y grueso, adicionalmente componentes nuevos que se requieran incluir al concreto como sustituto o adición, respectivamente, las proporciones se muestran en peso y volumen. Como expresa [13] menciona que el diseño de mezclas patrón con resistencias especificadas 1 ( $f'c:210\text{ kg/cm}^2$ ) y resistencia 2 ( $f'c:280\text{ kg/cm}^2$ ), desarrollado por la metodologías del ACI 211, con cantidad de materiales por  $\text{m}^3$  cemento (371), agua (225), árido fino (756) y árido grueso (988) y para la resistencia 2 con cantidad de materiales por  $\text{m}^3$  cemento (442), agua (225), árido fino (720) y árido grueso (958), respectivamente con asentamientos de 3" de diseño, luego sus diseños con muestras de vidrio sódico y caucho fueron en función del árido fino por adición.

A comparación de los estudios analizados, se observan que son similares al del investigador por contener características similares en cuanto a los materiales característicos del concreto, con la diferencia de incluir un material refractario por sustitución del árido fino, en 5 dosificaciones en la mezcla de un diseño referencial estructural de  $f'c: 210\text{ kg/cm}^2$ . Se evaluó una mezcla de control para una resistencia objetivo de  $210\text{ kg/cm}^2$  sin reemplazo de arena de material refractario denominada

M21RM0. Cinco mezclas con niveles de reemplazo del 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de material refractario que están etiquetadas como M21RM10, M21RM20, M21RM30, M21RM40 y M21RM50, se utilizó una relación agua/cemento (a/c) de 0.71 no se empleó superplastificante.

**Respecto al tercer objetivo específico según determinar en estado fresco del concreto (asentamiento y peso unitario) con la sustitución del agregado fino por el material refractario en un 10%, 20%, 30%, 40% y 50% para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.** Como afirma [43], las propiedades físico-mecánica del concreto reemplazando 0, 25, 50, 75 y 100% de agregado fino por ladrillo refractario expuesto a temperaturas de 110, 200, 400, 600, 800 y 1000°C, el slump para las muestras 0, 25, 50, 75 y 100% fue de 85, 70, 65, 60 y 55 mm, respectivamente con cemento ordinario Portland. Otros estudios, como [44] evaluó la reutilización de residuos refractarios (RWB), ladrillos a base de alúmina CRWB1, magnesio CRWB2 y zirconio CRWB3 como adición en función al cemento. Respecto al slump tuvo una fluidez entre 19 y 21 cm respecto a la muestra patrón, sin embargo, decreció su valor en los concreto CRWB1 y CRWB3; no obstante, todos los hormigones estudiados tienen la misma densidad aparente independientemente de la naturaleza o el tipo de polvo de ladrillo refractario utilizado para la sustitución por humo de sílice. Tal como lo afirma [45], su slump a medida que aumenta sus dosis de residuos de ladrillos refractarios (RWF) (0, 10, 20, 30 y 50% en peso) tuvo una tendencia a reducir su trabajabilidad a mayor dosis de RWF, respectivamente.

A comparación de estudios previos los resultados del slump es similar para la mezcla de patrón (M21RM0) fue de 88.9 mm, mientras que los valores del asentamiento para M21RM10, M21RM20, M21RM30, M21RM40 y M21RM50 fueron de 88.9, 81.3, 76.2, 63.5 y 50.8 mm, respectivamente. A medida que aumenta el contenido de RM, el asentamiento de la mezcla con material refractario disminuye como se muestra en la Figura 7. El rango de reducción está entre 0 y -42.85% para mezclas entre 10 y 50% de RM, respectivamente. Además, el peso unitario fresco no difiere con otros hallazgos al comparar

con el espécimen patrón y el espécimen experimental con 10% de RM, la densidad cambió de 2372 a 2345 kg/m<sup>3</sup>, un cambio porcentual de -1.14%, mientras que con la máxima dosis de 50% de RM, sufrió una variación porcentual de -2.45% respecto a la muestra patrón.

**Respecto al cuarto objetivo específico según determinar el esfuerzo a la compresión, módulo elástico y pérdida de masa del concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ , mediante la rotura de probetas con la sustitución del material refractario en un 10%, 20%, 30%, 40 y 50% sometidas a temperaturas altas (29°C), (200-400°C), (400-600°C), (600-800°C) y (800-1000°C) cada 30, 60 y 120 minutos.** De acuerdo con [46] menciona que las resistencia a compresión descendieron a mayor temperatura se tuvo valores de 30.05, 26.33, 22.89, 23.79, 17.89, 10.83 y 6.23 MPa, respectivamente; asimismo, las pruebas de compresión que aplicaron en probetas en temperaturas altas condujo a un notable deterioro, donde se distinguieron tres etapas: (a) etapa inicial de pérdida de fuerza en temperaturas de 20 a 200°C; (b) etapa de meseta en temperaturas de 200 a 300° aprox. y (c) una etapa de disminución monótona de la fuerza para temperatura por encima de 300°C. En tanto, [47], se obtuvieron menores resistencias residuales tras la exposición a mayores edades de ensayo. Además, [43], la resistencia residual del concreto al doble de la temperatura de 800°C con 100% de reemplazo, además el uso de cemento de aluminato condujo a una disminución significativa del módulo de elasticidad del concreto experimentado a temperaturas elevadas, mostrando valores de reducción más altos por encima de los 200°C. [48] observó que a los 28 días el concreto de agregado de granito tuvo un incremento de la resistencia a compresión, tracción y el módulo elástico en un 182, 195 y 182%, siendo superior a la del concreto de caliza, y 191, 186 y 97% mayor que el del concreto de cuarcita a 650°C.

Como afirma [43], las propiedades físico-mecánica del concreto reemplazando 0, 25, 50, 75 y 100% de agregado fino por ladrillo refractario expuesto a temperaturas de 110, 200, 400, 600, 800 y 1000°C, el slump para las muestras 0, 25, 50, 75 y 100% fue de 85, 70, 65, 60 y 55 mm, respectivamente con cemento ordinario Portland. De acuerdo con [46]

observaron que el concreto con una a/c de 0.55 muestra una pérdida de masa entre 20 a 100°C fue de 8.05%, entre 100 a 200°C fue 6.71%, entre 200 a 300°C fue de 1.9%, entre 300 a 400°C fue 1.39%, entre 400 a 500°C fue de 3.27%, entre 500 a 600°C fue 0.68%, entre 600 a 700° de 2,32% y de 700 a 800°C de 2.41%, respectivamente. Sin embargo, [45] el mortero con 20% de residuos de ladrillos refractarios (RBW) muestra una nueva estabilidad térmica, ya que su pérdida de masa es menor en comparaciones con otras composiciones y con un 10% de RBW no puede resistir a altas temperaturas (1100°C) para 8 hr con una pausa de 1 hr, debido a que presentó astillado y agrietamiento.

A comparación de otros investigadores, consecuentemente, las muestras sometidas en los rangos de 600 a 800°C y 800 a 1000°C, se observa un descenso de la capacidad resistente del concreto por debajo del 55% y 70% de su resistencia de diseño convencional (Temperatura ambiente), solo mostraron una resistencia por encima de la resistencia patrón en los especímenes con el porcentaje de 40 y 50% de RM. No obstante, su resistencia de este último porcentaje empezó a decaer siendo algo constante en diferentes intervalos de tiempos analizados. La resistencia a la compresión de las muestras M21RM0, M21RM10, M21RM20, M21RM30, M21RM40 y M21RM50 disminuyen un -73%, -70%, -73%, -72%, -71% y -73% sometidas temperaturas mayores de 800 a 1000°C durante 60 minutos de exposición continua, sin embargo, más allá del 40% de material refractario produce una reducción del -3% con una sustitución de RM del 50%, respectivamente; a mayor tiempo de exposición expuesta a 60 minutos se observa que a mayor temperatura entre 800-1000°C se observa mejoría con un incremento con 40% de RM (Aumenta en 7.01%) respecto a la muestra CP21RM0, siendo la exposición más severa analizada en el estudio; a 60 minutos de exposición al fuego, los valores de pérdida de masa en las muestras de material refractario no superaron el 1.1%, sin embargo, las muestras que no tuvieron material refractario tuvieron un pérdida de masa hasta 1.72% con la temperatura de mayor exposición entre 800-1000°C, respectivamente.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

Como conclusión global el reemplazo de agregado fino por el material refractario en la elaboración de concreto estructural, sometidos a elevadas temperaturas, influyó en las características físicas como mecánicas, presentando un impacto positivo en dichas propiedades mecánicas frente a eventos de catastróficos como son los incendios en estructuras de concreto.

Se concluye que el agregado fino mostró un módulo de fineza de 3.05 frente al módulo de fineza del material refractario de 2.57, encontrándose óptimo según las normativas de materiales ASTM. El agregado grueso su tamaño máximo nominal fue de 19 mm encontrándose dentro del Huso 56, respectivamente.

El diseño de mezclas tuvo una relación agua-cemento constante de 0.71 que es correspondiente a una resistencia de diseño de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, dentro del rango establecido para un concreto estructural, y además se tuvo un peso específico de 3.15 g/cm<sup>3</sup> del cemento Tipo I de la marca Quisqueya, se realizó bajo las consideraciones del manual del ACI 211.1 (1993), respectivamente.

El asentamiento mostró ser menos trabajable frente a porcentajes a partir del 10% de MR hasta el 50% de MR, en la preparación de concreto donde mostró una variación porcentual de descenso respecto a la muestra sin tratamiento de -0%, -8.54%, -14.28%, -28.57% y -42.85%, respectivamente. Además, el peso unitario fresco mostró un decaimiento, pues a medida que aumentó el porcentaje de MR tuvo un descenso en su variación porcentual respecto a la muestra sin tratamiento de -1.14%, -1.35%, -1.81%, -1.98% y -2.45%, respectivamente.

La resistencia a la compresión mostró un mejor comportamiento con la combinación CP21MR40 frente a temperatura superiores a 800-1000°C con una duración de exposición de 60 minutos con un incremento de su resistencia de 14.44% respecto a la muestra patrón incinerada a los 28 días de rotura. No obstante, su resistencia desciende respecto a la

resistencia a temperatura ambiental de -71%. El módulo de elasticidad mostró un mejor comportamiento con la combinación CP21MR40 frente a temperatura crítica en el rango 800-1000°C con una duración de exposición de 60 minutos con un incremento de su resistencia de 7.01% respecto a la muestra patrón incinerada a los 28 días de rotura. Sin embargo, representa un descenso de resistencia frente a la resistencia a temperatura ambiental de -47%. La pérdida de masa mostró menor pérdida con la combinación CP21MR50 frente a la temperatura más crítica en el rango 800-1000°C con una duración de exposición de 60 minutos con un valor de -1.048%, siendo la menor frente a sus demás combinaciones ensayadas a los 28 días a comparación con la muestra patrón (-1.721%).

#### **4.2. Recomendaciones**

Al comprobarse que el reemplazo de agregado fino por el material refractario en la preparación de concreto estructural sometido a altas temperaturas influyen en las propiedades físico mecánico del concreto estructural, sin embargo, se muestran las siguientes recomendaciones:

Se recomienda realizar ensayos de calidad de los materiales pétreos como el material refractario para obtener sus características elementales, y tener el conocimiento que tanto influyen en las propiedades del concreto.

El diseño de mezcla debe ser un diseño óptimo, frente a utilizar los materiales adecuados y proporciones óptima para una resistencia teórica adecuada frente a los diseños que se requieren en campo y técnicamente supervisados por profesionales capacitados.

Se recomienda utilizar algún tipo de superplastificante para mejorar la trabajabilidad frente al uso del material refractario en porcentajes mayores de 10% en reemplazo del agregado fino.

Se recomienda utilizar la proporción de CP21MR40 para evitar problemas de deterioro agresivo frente a eventos como los incendios a temperaturas mayores de 800°C,

respectivamente hasta 60 minutos de exposición, respectivamente.

Por último, se recomienda realizar estudios de microscopia de barrido electrónico para analizar su estructura interna y analizar el comportamiento del material refractario, frente a la durabilidad en las estructuras de concreto.

## REFERENCIAS

- [1] D. Aboutaleb, B. Safi, K. Crahour and A. Belald, "Use of refractory bricks as sand replacement in self-compacting mortar," *Cogent Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 1-8, 2017.
- [2] A. Humaish, A. Essa and A. Edan, "Fire resistance of selected construction," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2213, no. 1, pp. 1-10, 2020.
- [3] S. Memon, S. Shah, R. Khushnood and W. Baloch, "Durability of sustainable concrete subjected to elevated temperature – A review," *Construction and Building Materials*, vol. 199, pp. 435-455, 2019.
- [4] F. Da Silva, M. Silva and J. Munaiar, "Simulação termomecânica de prismas com blocos de concreto em situação de incêndio," *Revista Materia*, vol. 25, no. 1, pp. e-12561, 2020.
- [5] A. Akbar, S. Garivani, A. Shahmar and M. Heshmati, "Structural investigation of the collapse of the 16-story Plasco building due to fire," *Structural Design of Tall and Special Buildings*, vol. 30, no. 1, pp. 1-20, 2020.
- [6] W. Bo, G. Jie, Z. Lu and W. Luzhe, "Experimental study on fire resistance of full-scale earthquake damaged reinforced concrete columns," *Journal of Building Structures*, vol. 41, no. 11, pp. 1-15, 2020.
- [7] L. Han, K. Zhou, Q. Tan and T. Song, "Performance of steel reinforced concrete columns after exposure to fire:," *Engineering Structures*, vol. 211, pp. 1-12, 2020.
- [8] W. Bareiro, F. Silva and E. Dominguez, "Thermo-mechanical behavior of stainless steel fiber reinforced refractory," *Construction and Building Materials*, vol. 240, pp. 1-16, 2020.
- [9] L. Carrizo, Y. Villagrán, A. Pittori and C. Zega, "Incidencia de polvo calizo, puzolana natural y escoria en hormigones expuestos a altas temperaturas," *Ingenio Tecnológico*, vol. 2, pp. 1-12, 2020.
- [10] V. Flores, V. Jiménez and A. Pérez, "Influencia de la incorporación de vidrio triturado en las propiedades y el comportamiento a alta temperatura de morteros de cemento,"

*Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, vol. 57, no. 6, pp. 257-265, 2018.

- [11] J. Galvez, C. Barzola, R. Gomez and A. Torre, "Estudio de las diatomitas de Ica como materia prima en la fabricación de áridos artificiales de arcilla para su uso como agregados ligeros en mezclas de hormigón diseñados en base a las exigencias de la NTP y ASTM," *Investigación & Desarrollo*, vol. 20, no. 1, pp. 113-134, 2020.
- [12] H. Rosas, «Uso de ladrillo de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concretos hidráulicos,» Facultad de Ingeniería - Departamento de Ingeniería Civil - Universidad de Piura, Piura, 2018.
- [13] D. Castro, «Comportamiento del concreto a altas temperaturas con material reciclado: Polvo de caucho y vidrio sódico cálcico,» Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil - Universidad Señor de Sipán, Pimentel, 2019.
- [14] L. Ochoa, «Evaluación de la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para el diseño de mezcla de concreto en pavimentos urbanos,» Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil - Universidad Señor de Sipán, Pimentel, 2018.
- [15] C. d. J. Arredondo, «Elaboración y colocación del concreto y ladrillo refractario en calentadores de fuego directo,» Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Civil - Universidad Veracruzana, Coatzacoalcos, 2012.
- [16] J. Verdeja, J. Sancho y A. Ballester, MATERIALES REFRACTARIOS Y CERÁMICOS, Madrid: Síntesis, S.A., 2008, p. 364.
- [17] I. Bayoumi, E. Ewais and A. Amir, "Reología de refractario hormigón: Un artículo revisión," *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, no. 11421, 2021.
- [18] C. Zega, M. Sosa and A. Di Maio, Hormigones con agregados Reciclados, 1ra ed., La Plata: Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica, 2018.
- [19] A. Nasiri y M. Nematzadeh, «The effect of elevated temperatures on the mechanical properties of concrete with fine recycled refractory brick aggregate and aluminated cement,» *Construction and Building Materials*, vol. 147, pp. 865-875, 2017.

- [20] D. V. Moreno de la Cruz, «Análisis de la resistencia a compresión del concreto expuesto a fuego, elaborado a base de talco industrial como remplazo parcial del agregado fino,» Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica - Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [21] G. Aguinaga, «Mitigación de los efectos negativos en el concreto de  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, producidos por las altas temperaturas en la ciudad de Tarapoto,» Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura - Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Tarapoto, 2019.
- [22] M. Huincho, «Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo,» Facultad de Ingeniería Civil - Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2017.
- [23] G. Alvarado, «Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego,» Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica - Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2016.
- [24] E. F. Restrepo, «Estudio termomecánico de refractarios avanzados fabricados utilizando residuos industriales,» Facultad de Ingeniería-Departamento de Ingeniería de Materiales-Universidad de Antioquía, Medellín, 2019.
- [25] ASTM E119, Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials, West Conshohocken: ASTM International, 2000.
- [26] D. Sanchez de Guzmán, Tecnología del concreto y del mortero, 5ta ed., Santafé de Bogotá: Bhandar Editores LTDA., 2001.
- [27] Y. Chiu y F. Corvo, «Estudio de caso sobre la degradación del hormigón armado sometido a elevadas temperaturas durante un incendio,» *Revista CENIC Ciencias Químicas*, vol. 42, nº 2-3, pp. 1-8, 2011.
- [28] T. F. Abanto, Tecnología del concreto, 1ra ed., Lima: Editorial San Marco EIR LTDA, 2018.
- [29] A. M. Neville y J. J. Brooks, Concrete Technology, 2da ed., London: Pearson Education Limited, 2010.

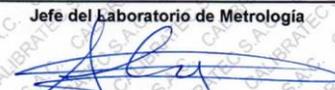
- [30] T. E. Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado, 3ra ed., Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú Fondo Editorial, 2002.
- [31] V. Herrera y C. Ibáñez, «Estudio del Comportamiento Mecánico de un Concreto  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  expuesto al fuego – Lima, 2018,» Facultad de Ingeniería - Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2018.
- [32] A. F. Romero y J. C. Hernández, «Diseño de mezclas de hormigón por el método A.C.I y efectos de la adición de cenizas volantes de termotasajero en la resistencia a la compresión,» Facultad de Ingeniería Civil-Universidad Santo Tomás, Bogotá, 2014.
- [33] Norma Técnica Peruana 339.033, HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo, 3 ed., Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI, 2009.
- [34] Norma Técnica Peruana 339.034, HORMIGÓN (CONCRETO). Método de Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas, Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI, 2015.
- [35] G. J. Bases, «Health and Safety Issues on Brick, Refractory and Insulation,» de *11th North American Waste to Energy Conference*, Ohio, 2003.
- [36] J. Arias, «Propuesta de Sistema de Gestión de la Seguridad y salud en el trabajo para Romar Ingeniería S.A.S.,» Facultad de estudios a distancia programa Ingeniería Industrial - Univerisidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2020.
- [37] M. Montes, R. Falcón and A. Ramirez, "Estimating building construction costs: analysis of the process- based budget model (POP Model)," *Revista de Ingeniería de Construcción*, vol. 31, no. 1, pp. 17-25, 2016.
- [38] ASTM C150, "Cement, Standard Specification for Portland," in *Standard Specification for Portland Cement*, West Conshohocken, ASTM International, 2012.
- [39] American Concrete Institute 211.1, "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete," in *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*, American Concrete Institute, 1993.

- [40] Reglamento Nacional de Edificaciones, Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) Concreto Armado E060, Lima: Ministerio de Construcción y Vivienda, 2017.
- [41] M. Borja, Metodología de la investigación científica para ingenieros, Chiclayo: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2016, p. 38.
- [42] Colegio de Ingenieros del Perú, «Código Deontológico del Colegio de Ingenieros del Perú,» Congreso Nacional de Consejos Departamentales del Colegio de Ingenieros del Perú, Lima, 2012.
- [43] A. Baradaran and M. Nematzadeh, "The effect of elevated temperatures on the mechanical properties of concrete with fine recycled refractory brick aggregate and aluminate cement," *Construction and Building Materials*, vol. 147, pp. 865-875, 2017.
- [44] M. Zeghad, J. Mitterpach, B. Safi, Amrane and M. Saidi, "Reuse of Refractory Brick Wastes (RBW) as a Supplementary Cementitious Material in a Concrete," *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, vol. 61, no. 1, pp. 75-80, 2017.
- [45] M. Saidi, B. Safi, K. Bouali, A. Benmounah and M. Samar, "Improved behaviour of mortars at a high temperature by using refractory brick wastes," *International Journal of Microstructure and Materials Properties*, vol. 10, no. 5/6, pp. 366-380, 2015.
- [46] Y. Liu, B. Jin, J. Huo and Z. Li, "Effect of microstructure evolution on mechanical behaviour of concrete after high temperatures," *Magazine of Concrete Research*, vol. 70, no. 15, pp. 770-784, 2018.
- [47] F. Varona, F. Baeza and S. Iborra, "Estudio de las propiedades mecánicas residuales de hormigones expuestos a altas temperaturas," *Hormigón y Acero*, vol. 69, no. 286, pp. 235-241, 2018.
- [48] M. Tufail, K. Shahzada, B. Gencturk and J. Wei, "Effect of Elevated Temperature on Mechanical Properties of Limestone, Quartzite and Granite Concrete," *International Journal of Concrete Structures and Materials*, vol. 11, no. 1, pp. 17-28, 2017.
- [49] L. Moreno, M. Ospina and K. Rodríguez, "Resistencia de concreto con agregado de bloque de arcilla triturado como reemplazo de agregado grueso," *Ingeniare*, vol. 27, no. 4, pp. 635-642, 2019.

- [50] A. Sobia, I. Azmi, M. Hamidah and S. Rafeeqi, "Elevated temperature resistance of ultra-high-performance fibre-reinforced cementitious composites," *Magazine of Concrete Research*, vol. 67, no. 17, pp. 923-937, 2015.
- [51] R. Cruz, L. Zapata, L. Quintero y J. Herrera, «Physical and mechanical characterization of concrete exposed to elevated temperatures by using ultrasonic pulse velocity,» *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, nº 75, pp. 118-129, 2015.
- [52] Y. Ahn, J. Jang y H. Lee, «Mechanical properties of lightweight concrete made with coal ashes after exposure to elevated temperatures,» *Cement and Concrete Composites*, vol. 72, pp. 27-38, 2016.
- [53] M. Nematzadeh and A. Nasiri, "Residual Properties of Concrete Containing Recycled Refractory Brick Aggregate at Elevated Temperatures," *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 30, no. 1, pp. 1-13, 2018.
- [54] Y. Tang, W. Feng, W. Feng, J. Chen, D. Bao y L. Li, «Compressive properties of rubber-modified recycled aggregate concrete subjected to elevated temperatures,» *Construction and Building Materials*, vol. 268, pp. 1-11, 2020.
- [55] T. Molay, M. Lery, T. Fidele, H. Franck and N. Bienvenu, "Mechanical and physical performances of concretes made from crushed sands of different geological nature subjected to high temperatures," *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 22, pp. 1116-1124, 2019.
- [56] J. Tirado, «Resistencia de un concreto con agregado grueso sustituido en un 45% y 48% por escoria de horno de arco eléctrico,» Facultad de Ingeniería - Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Universidad San Pedro, Chimbote, 2018.

# ANEXOS

Anexo 01: Certificado de calibración de equipos de laboratorio

<b>CALIBRATEC S.A.C.</b>		<b>CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS</b>	
<b>LABORATORIO DE METROLOGIA</b>		RUC: 20606479680	
<b>Área de Metrología</b> Laboratorio de Masas		<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>CA - LM - 033 - 2022</b>	
		Página 1 de 4	
<b>1. Expediente</b>	<b>0117-2022</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).	
<b>2. Solicitante</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&amp;C E.I.R.L.</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.	
<b>3. Dirección</b>	<b>CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b>	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.	
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.	
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>2000 g</b>	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.	
<b>División de escala (d)</b>	<b>0.01 g</b>		
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>0.1 g</b>		
<b>Clase de exactitud</b>	<b>III</b>		
<b>Marca</b>	<b>AMPUT</b>		
<b>Modelo</b>	<b>457</b>		
<b>Número de Serie</b>	<b>NO INDICA</b>		
<b>Capacidad mínima</b>	<b>0.2 g</b>		
<b>Procedencia</b>	<b>NO INDICA</b>		
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>		
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2022-01-21</b>		
<b>Fecha de Emisión</b>	<b>2022-01-22</b>	<b>Jefe del Laboratorio de Metrología</b>	<b>Sello</b>
		 <b>MANUEL ALEJANDRO ALLAGA TORRES</b>	
<b>977 997 385 - 913 028 621</b>	<b>913 028 622 - 913 028 623</b>	<b>913 028 624</b>	<b>Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima</b> <b>comercial@calibratec.com.pe</b> <b>CALIBRATEC SAC</b>

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 033 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL.

### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.

CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.5 °C	26.5 °C
Humedad Relativa	53%	55%

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0689-2021

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 977.997.385 - 913.028.621  
☎ 913.028.622 - 913.028.623  
☎ 913.028.624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 033 - 2022

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C

Medición Nº	Carga L1 = 1,000 g			Carga L2 = 2,000 g			
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	1000.00	5	0	2000.00	5	0	
2	1000.00	4	1	2000.01	8	7	
3	1000.01	8	7	2000.00	3	2	
4	1000.00	5	0	2000.00	6	2	
5	1000.00	6	-1	2000.00	2	3	
6	1000.01	9	6	2000.00	5	0	
7	1000.00	4	1	2000.00	4	1	
8	1000.00	5	0	2000.00	6	-1	
9	1000.00	6	-1	2000.01	8	7	
10	1000.00	4	1	2000.00	6	-1	
Diferencia Máxima			8	Diferencia Máxima			8
Error Máximo Permissible			200	Error Máximo Permissible			300

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		0.10	5	0		1000.00	5	0	0
2		0.11	8	7		1000.00	4	1	-6
3	0.10	0.10	6	-1	1000.00	1000.00	6	-1	0
4		0.10	5	0		1000.00	5	0	0
5		0.10	6	-1		1000.01	8	7	8
Error máximo permisible									200

\* Valor entre 0 y 10e

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 033 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	26.4 °C	26.4 °C

Carga L (g)	CRECIENTES			DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)	
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)		Ec (mg)
0.10	0.10	6	-1						
0.20	0.20	5	0	1	0.20	5	0	1	100
10.00	10.00	6	-1	0	10.00	5	0	1	100
100.00	100.00	7	-2	-1	100.00	4	1	2	100
500.00	500.00	6	-1	0	500.00	5	0	1	200
800.00	800.00	5	0	-1	800.00	6	-1	0	200
1000.00	1000.00	6	-1	0	1000.00	7	-2	-1	200
1200.00	1200.00	6	-1	0	1200.00	2	3	4	200
1500.00	1500.00	4	1	2	1500.00	3	2	3	200
1800.00	1800.01	8	7	8	1800.00	3	2	3	200
2000.00	2000.01	8	7	8	2000.01	8	7	8	300

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>o</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.000028 \text{ g}^2 + 0.0000000001 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0000026 R$$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC





# CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 032 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente 0117-2022

2. Solicitante LABORATORIO DE ENSAYOS DE  
MATERIALES Y SUELOS W&C E.I.R.L.

3. Dirección CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE  
LOS MILAGROS CHICLAYO  
LAMBAYEQUE

4. Equipo de medición BALANZA ELECTRÓNICA

Capacidad Máxima 30000 g

División de escala (d) 1 g

Div. de verificación (e) 1 g

Clase de exactitud III

Marca OHAUS

Modelo R31P30

Número de Serie 8336460679

Capacidad mínima 20 g

Procedencia U.S.A.

Identificación NO INDICA

5. Fecha de Calibración 2022-01-21

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

2022-01-22

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 032 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente,  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C
Humedad Relativa	51%	51%

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0687-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0688-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0726-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0689-2021
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1774-2021

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC S.A.C.

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 032 - 2022

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

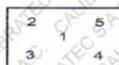
AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C

Medición Nº	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	15,000	600	-100	30,000	200	300
2	15,000	500	0	30,000	500	0
3	15,001	700	800	30,000	500	0
4	15,000	500	0	29,999	200	-700
5	15,000	600	-100	30,000	500	0
6	15,000	500	0	30,001	700	800
7	15,000	500	0	30,000	500	0
8	15,000	200	300	30,000	800	-300
9	14,999	300	-800	29,999	300	-800
10	15,000	500	0	30,000	500	0
	Diferencia Máxima		1,600	Diferencia Máxima		1,600
	Error Máximo Permissible		± 3,000	Error Máximo Permissible		± 3,000

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		10	500	0		10,001	800	700	700
2		10	400	100		10,000	500	0	-100
3	10 g	10	500	0	10,000	10,000	400	100	100
4		10	400	100		9,999	200	-700	-800
5		10	500	0		10,000	500	0	0
	Error máximo permisible								± 3,000

\* Valor entre 0 y 10e

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 032 - 2022

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p** (± mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
10	10	500	0						
20	20	400	100	100	20	500	0	0	1,000
100	100	500	0	0	100	500	0	0	1,000
500	500	400	100	100	500	400	100	100	2,000
1,000	1,000	500	0	0	1,000	500	0	0	2,000
5,000	5,000	400	100	100	5,000	400	100	100	3,000
10,000	10,000	600	-100	-100	10,000	500	0	0	3,000
15,000	15,000	500	0	0	15,000	500	0	0	3,000
20,000	20,000	600	-100	-100	20,000	600	-100	-100	3,000
25,000	25,000	500	0	0	25,000	500	0	0	3,000
30,000	30,000	600	-100	-100	30,000	600	-100	-100	3,000

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>o</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.3787222 \text{ g}^2 + 0.00000000237 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.0000032 \text{ R}$$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 012 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente 0117-2022

2. Solicitante LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&C E.I.R.L.

3. Dirección CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

4. Equipo HORNO

Alcance Máximo 300 °C

Marca QL

Modelo NO INDICA

Número de Serie NO INDICA

Procedencia NO INDICA

Identificación LT-012

Ubicación NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	TERMOSTATO	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2022-01-21

Fecha de Emisión

2022-01-22

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 012 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

### 6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.3°C	26.3°C
Humedad Relativa	64 %	64 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
MSG - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-038	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL DE 10 CANALES TERMOPARES TIPO T - DIGISENSE	LTT21-0008
METROIL - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-001	THERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO MODELO: HTC-8	T-1774-2021

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 012 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

#### 11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 26.1 °C  
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas  
El controlador se seteo en 110

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	110.5	110.0	110.1	108.6	109.1	108.7	112.0	112.8	110.6	112.2	110.5	4.2
02	110.0	110.3	111.8	110.0	108.5	109.1	108.4	112.2	112.0	111.3	112.4	110.6	4.0
04	110.0	109.3	111.1	109.3	108.8	109.0	108.1	112.6	112.4	111.7	112.5	110.5	4.5
06	110.0	109.0	111.3	109.1	108.8	109.4	107.4	112.1	112.5	111.3	112.5	110.3	5.1
08	110.0	109.3	110.8	108.3	108.4	109.1	107.7	112.7	112.3	111.6	112.8	110.3	5.1
10	110.0	109.0	110.5	108.8	108.2	109.4	107.3	112.3	112.5	111.3	112.0	110.1	5.2
12	110.0	108.5	110.7	109.1	108.5	109.1	107.5	112.4	112.5	111.4	112.4	110.2	5.0
14	110.0	109.2	110.4	109.3	108.4	109.2	107.3	112.7	112.0	111.6	112.4	110.2	5.4
16	110.0	109.2	110.3	109.4	108.3	109.3	107.1	112.3	112.4	111.5	112.2	110.2	5.3
18	110.0	109.1	110.1	109.6	108.7	109.1	107.4	112.1	112.3	110.8	112.3	110.1	4.9
20	110.0	109.3	110.4	109.3	108.7	109.1	107.3	112.4	112.2	110.6	111.8	110.1	5.1
22	110.0	109.2	110.4	109.2	108.4	109.0	107.5	112.2	112.8	111.2	111.7	110.2	5.3
24	110.0	109.0	110.7	109.5	108.2	109.4	107.1	112.7	112.4	110.9	112.4	110.2	5.6
26	110.0	109.1	110.8	109.5	108.5	109.5	107.2	112.3	112.0	110.7	112.3	110.2	5.1
28	110.0	109.3	110.4	109.4	108.2	109.6	107.4	112.1	112.0	110.4	112.4	110.1	5.0
30	110.0	109.1	110.5	109.4	108.5	109.1	107.5	112.4	112.3	110.7	112.2	110.2	4.9
32	110.0	109.1	110.3	109.3	108.8	109.4	107.1	112.8	112.3	110.7	112.4	110.2	5.7
34	110.0	108.9	110.4	109.2	108.5	109.1	107.4	112.2	112.4	110.8	112.7	110.2	5.3
36	110.0	109.4	110.1	109.5	108.3	109.4	107.7	112.3	112.4	110.4	112.5	110.2	4.8
38	110.0	109.2	110.4	109.6	108.6	109.3	107.7	112.4	112.3	110.6	112.4	110.2	4.7
40	110.0	109.1	110.4	109.2	108.4	109.4	107.4	112.1	112.0	110.8	112.4	110.1	5.0
42	110.0	109.4	110.5	109.3	108.8	109.1	107.2	112.0	112.4	110.4	112.8	110.2	5.6
44	110.0	109.1	110.5	109.5	108.3	109.4	107.4	112.8	112.1	110.5	112.4	110.2	5.4
46	110.0	109.1	110.7	109.7	108.4	109.2	107.5	112.4	112.3	110.3	112.3	110.2	4.9
48	110.0	109.2	110.2	109.4	108.2	109.1	107.1	112.4	112.2	110.1	112.2	110.0	5.3
50	110.0	108.9	110.5	109.4	108.4	109.1	107.3	112.6	112.3	110.5	112.7	110.2	5.4
52	110.0	109.1	110.5	109.2	108.2	109.5	107.3	112.2	112.8	110.7	112.1	110.2	5.5
54	110.0	109.0	110.3	109.7	108.1	109.1	107.5	112.3	112.7	110.1	111.9	110.1	5.2
56	110.0	109.3	110.5	109.4	108.1	109.5	107.5	112.6	112.6	110.4	112.2	110.2	5.1
58	110.0	109.1	110.3	109.2	108.0	109.3	107.6	112.3	112.1	110.5	112.4	110.1	4.8
60	110.0	109.0	110.3	109.6	108.4	109.2	107.4	112.7	112.5	110.7	112.4	110.2	5.3
T.PROM	110.0	109.2	110.5	109.4	108.4	109.2	107.5	112.4	112.3	110.8	112.3	110.2	
T.MAX	110.0	110.5	111.8	110.1	108.8	109.6	108.7	112.8	112.8	111.7	112.8		
T.MIN	110.0	108.5	110.0	108.3	108.0	109.0	107.1	112.0	112.0	110.1	111.7		
DTT	0.0	2.0	1.8	1.8	0.8	0.6	1.6	0.8	0.8	1.6	1.1		



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 012 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 5

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	112.8	18.1
Mínima Temperatura Medida	107.1	0.1
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2.0	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	4.9	19.9
Estabilidad Medida ( $\pm$ )	1.0	0.04
Uniformidad Medida	5.7	20.0

T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.  
T.MAX : Temperatura máxima.  
T.MIN : Temperatura mínima.  
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

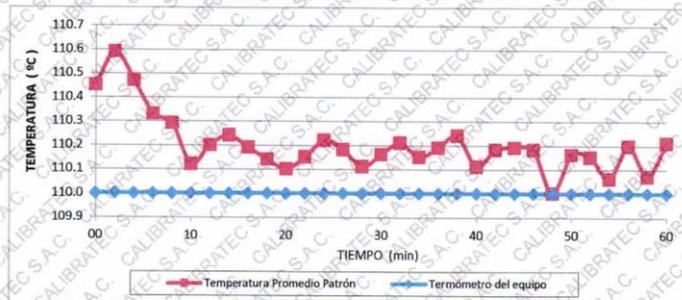
📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

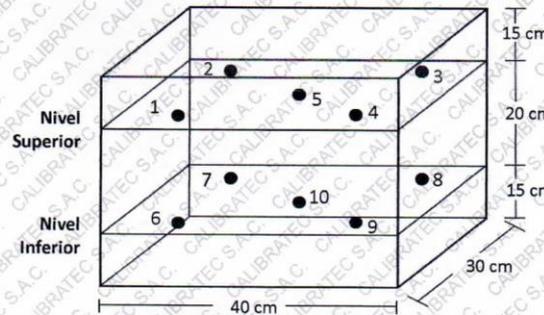
## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 012 - 2022

Página 5 de 5

### DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



### DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC



Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 024 - 2022

Página 1 de 3

1. Expediente	0117-2022
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&C E.I.R.L.
3. Dirección	CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO
Capacidad	2000 KN
Marca	AyA INSTRUMENT
Modelo	STYE-2000B
Número de Serie	131214
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Indicación	DIGITAL
Marca	MC
Modelo	STYE-2000B
Número de Serie	131214
Resolución	0.01 / 0.1 kN (*)
Ubicación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2022-01-21

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2022-01-22

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 024 - 2022

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente,  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.0 °C	26.0 °C
Humedad Relativa	62 % HR	62 % HR

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE 038-21A
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1774-2021

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 2.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



☎ 977 997 385 - 913 028 621

☎ 913 028 622 - 913 028 623

☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ comercial@calibratec.com.pe

🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 024 - 2022

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso)			
		Patrón de Referencia			
%	$F_1$ (kN)	$F_1$ (kN)	$F_2$ (kN)	$F_3$ (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)
10	100	100.0	99.0	100.0	99.8
20	200	199.0	200.5	201.3	200.2
30	300	298.8	300.4	299.3	299.7
40	400	397.4	399.4	398.8	398.6
50	500	495.8	501.8	502.4	500.5
60	600	597.1	597.4	597.9	597.7
70	700	696.1	696.7	695.7	696.6
80	800	798.9	799.1	799.5	799.1
90	900	898.6	900.1	896.6	898.5
100	1000	1001.0	1002.9	1000.5	1001.3
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100	0.21	1.00	-1.30	0.10	0.81
200	-0.08	1.15	0.25	0.05	0.75
300	0.12	0.53	0.07	0.03	0.63
400	0.34	0.50	0.10	0.03	0.61
500	-0.11	1.31	-0.06	0.02	0.85
600	0.39	0.13	-0.18	0.02	0.58
700	0.49	0.14	-0.14	0.01	0.59
800	0.11	0.07	0.02	0.01	0.58
900	0.17	0.38	0.16	0.01	0.60
1000	-0.13	0.25	0.20	0.01	0.58

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ ) 0.00 %



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

**Anexo 02:** Informe del ensayo de peso unitario y contenido de humedad del agregado fino (Arena Gruesa).

Solicitud de Ensayo : 021A-22/LEMS W&C  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO

Proyecto / Obra : **TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS**

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov Chiclayo, Dept. Lambayeque  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de ensayo : Lunes, 07 de noviembre del 2022  
Fin de Ensayo : Martes, 08 de noviembre del 2022

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

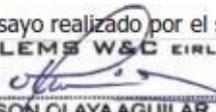
Muestra : : Arena Gruesa - La Victoria - Pátapo

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1458</b>
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1444</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.98</b>

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1586</b>
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1570</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.98</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 03:** Informe del ensayo de peso unitario y contenido de humedad del agregado grueso (Piedra Chancada).



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : 021A-22/LEMS W&C  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO

Proyecto : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de ensayo : Martes, 08 de noviembre del 2022  
Fin de Ensayo : Miércoles, 09 de noviembre del 2022

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra Chancada

Cantera: Pacherras

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1253.19</b>
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1250.04</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.25</b>

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1396.74</b>
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1393.22</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.25</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP, 246904

**Anexo 04:** Informe del ensayo granulométrico del agregado fino (Arena Gruesa).



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitud de Ensayo :021A-22/LEMS W&C  
Solicitante :JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO

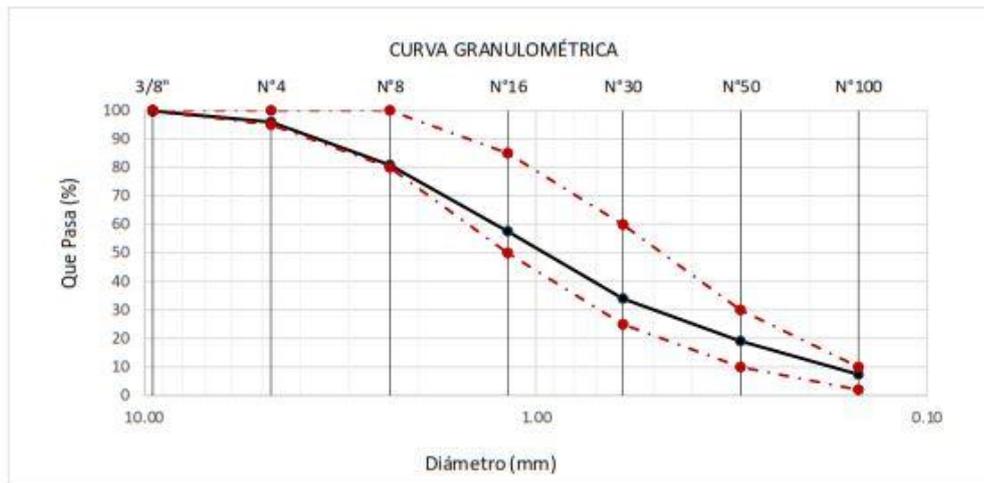
Proyecto / Obra :TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS

Ubicación :Dist. Pimentel, Prov Chidayo, Dept. Lambayeque  
Fecha de Apertura :Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de ensayo :Lunes, 07 de noviembre del 2022  
Fin de Ensayo :Martes, 08 de noviembre del 2022

ENSAYO :AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
NORMA :N.T.P. 400.012

Muestra : Arena Gruesa Cantera : Pátapo - La Victoria

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.2	0.2	99.8	100
Nº 4	4.750	3.9	4.1	95.9	95 - 100
Nº 8	2.360	15.1	19.2	80.8	80 - 100
Nº 16	1.180	23.3	42.4	57.6	50 - 85
Nº 30	0.600	23.6	66.0	34.0	25 - 60
Nº 50	0.300	14.9	80.9	19.1	10 - 30
Nº 100	0.150	11.7	92.6	7.4	2 - 10
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>3.05</b>



Observaciones:  
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**Anexo 05:** Informe del ensayo granulométrico del agregado grueso (Piedra Chancada).



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel – Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: servicios@lemswceirf.com

Activar W

Solicitud de Ensayo : 021A.22/LEMS W&C  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS

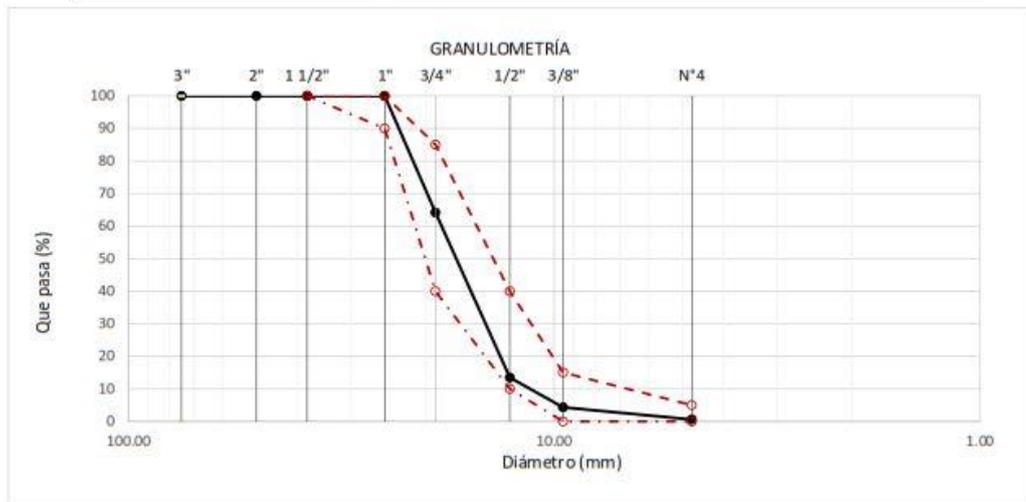
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov Chiclayo, Dept. Lambayeque  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de ensayo : Lunes, 07 de Noviembre del 2022  
 Fin de Ensayo : Martes, 08 de noviembre del 2022

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada

Cantera : Pacherras

Análisis Granulométrico por tamizado					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	<b>56</b>
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	<b>100</b>
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	<b>90 - 100</b>
3/4"	19.00	35.8	35.8	64.2	<b>40 - 85</b>
1/2"	12.70	50.7	86.5	13.5	<b>10 - 40</b>
3/8"	9.52	9.2	95.7	4.3	<b>0 - 15</b>
Nº4	4.75	3.7	99.4	0.6	<b>0 - 5</b>
<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>					<b>3/4"</b>



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**Anexo 06:** Informe del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino (Arena Gruesa).



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

INFORME

Solicitud de Ensayo : 021A-22/ LEMS W&c  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO

Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov Chiclayo, Dept. Lambayeque

Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022

Inicio de ensayo : Jueves, 10 de noviembre

Fin de Ensayo : Sábado, 12 de noviembre

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : La Victoria - Pátapo

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.514
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.402

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 07:** Informe del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso (Piedra Chancada).



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

INFORME

Solicitud de Ensayo : 021A-22/ LEMS W&C  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO

Proyecto / Obra : **TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS**

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov Chiclayo, Dept. Lambayeque  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de ensayo : Jueves, 10 de noviembre  
Fin de Ensayo : Sábado, 12 de noviembre

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

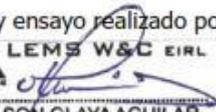
Muestra: Piedra Chancada

Muestra: Cantera Pacherras - Pacherras

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.694
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.865

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 08: Diseños de Mezcla Patrón con una resistencia de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$

### INFORME

Pag. 01 de 02

Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO

Proyecto / Obra : **TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS**

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de vaciado : Viernes, 30 de diciembre del 2022

#### DISEÑO DE MEZCLA FINAL

$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

#### CEMENTO

- 1.- Tipo de cemento : Tipo I - QUISQUEYA  
2.- Peso específico : 3130  $\text{kg/m}^3$

#### AGREGADOS :

##### Agregado fino :

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.514	$\text{gr/cm}^3$
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.548	$\text{gr/cm}^3$
3.- Peso unitario suelto	1444.08	$\text{Kg/m}^3$
4.- Peso unitario compactado	1570.44	$\text{Kg/m}^3$
5.- % de absorción	1.38	%
6.- Contenido de humedad	0.98	%
7.- Módulo de fineza	3.05	

##### Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Cantera Pacherras - Pacherras

1.- Peso específico de masa	2.692	$\text{gr/cm}^3$
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.718	$\text{gr/cm}^3$
3.- Peso unitario suelto	1250.04	$\text{Kg/m}^3$
4.- Peso unitario compactado	1393.22	$\text{Kg/m}^3$
5.- % de absorción	0.96	%
6.- Contenido de humedad	0.25	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

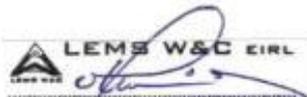
#### Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.2	99.8
Nº 04	3.9	95.9
Nº 08	15.1	80.8
Nº 16	23.3	57.6
Nº 30	23.6	34.0
Nº 50	14.9	19.1
Nº 100	11.7	7.4
Fondo	7.4	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	35.8	64.2
1/2"	50.7	13.5
3/8"	9.2	4.3
Nº 04	3.7	0.6
Fondo	0.6	0.0

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
CIP. 246904

**INFORME**

Pag. 02 de 02

Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO

 Proyecto / Obra : **TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS**

 Fecha de vaciado : DISEÑO DE MEZCLA FINAL  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ 
**Resultados del diseño de mezcla :**

Asentamiento obtenido	:	4 Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2379 Kg/m <sup>3</sup>
Resistencia promedio a los 7 días	:	242 Kg/cm <sup>2</sup>
Porcentaje promedio a los 7 días	:	115 %
Factor cemento por M <sup>3</sup> de concreto	:	9.3 bolsas/m <sup>3</sup>
Relación agua cemento de diseño	:	0.714

**Cantidad de materiales por metro cúbico :**

Cemento	395	Kg/m <sup>3</sup>	:	Tipo I - QUISQUEYA
Agua	282	L	:	Potable de la zona.
Agregado fino	838	Kg/m <sup>3</sup>	:	Arena Gruesa - La Victoria - Patapo
Agregado grueso	863	Kg/m <sup>3</sup>	:	Piedra Chancada - Cantera Pacherras - Pacherras

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	2.12	2.18	30.4	Lts/pie <sup>3</sup>

Proporción en volumen :	1.0	2.21	2.63	30.4	Lts/pie <sup>3</sup>
-------------------------	-----	------	------	------	----------------------

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

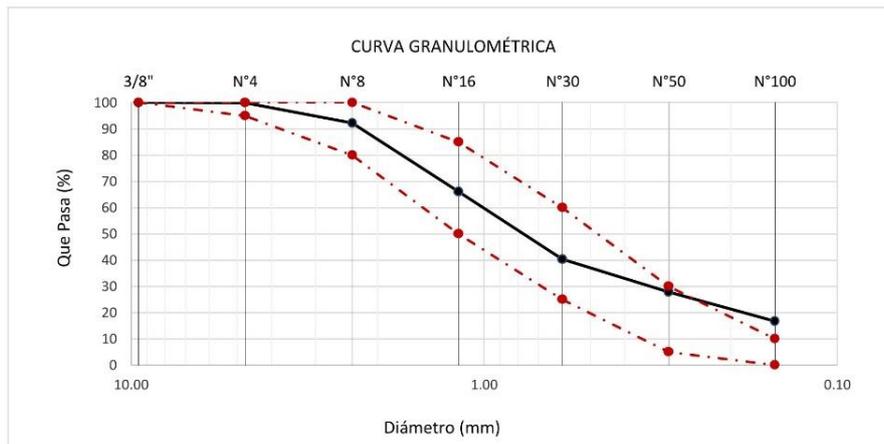
## Anexo 09: Informe del ensayo granulométrico del material refractario.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyc@gmail.com

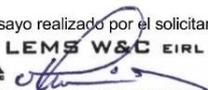
Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
Proyecto / Obra : TESIS "INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov Chiclayo, Dept. Lambayeque  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022.  
Inicio de ensayo : Domingo, 04 de diciembre del 2022.  
Fin de Ensayo : Domingo, 04 de diciembre del 2022.  
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y Grueso. Método de ensayo.  
NORMA : N.T.P. 400.012:2021  
Muestra : Material Refractario

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	LÍMITES PARA AGREGADO FINO
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	0.1	0.1	99.9	95 - 100
Nº 8	2.360	7.7	7.8	92.2	80 - 100
Nº 16	1.180	26.3	34.1	65.9	50 - 85
Nº 30	0.600	25.7	59.7	40.3	25 - 60
Nº 50	0.300	12.5	72.2	27.8	5 - 30
Nº 100	0.150	11.1	83.4	16.6	0 - 10
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>2.57</b>



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Anexo 10:** Informe del ensayo de peso unitario y contenido de humedad del material refractario.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
Proyecto / Obra : TESIS "INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov Chiclayo, Dept. Lambayeque  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022.  
Inicio de ensayo : Domingo, 04 de diciembre del 2022.  
Fin de Ensayo : Lunes, 05 de diciembre del 2022.  
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado Método de ensayo 3a Edición.  
Referencia : NTP 400.017:2020  
NTP 339.185:2021

Muestra : : Material Refractario

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1492</b>
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1487</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.33</b>

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1646</b>
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1641</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.33</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 11: Ensayo de slump en concreto fresco y peso unitario de concreto fresco**



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel – Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO

Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov Chiclayo, Dept. Lambayeque  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de ensayo : viernes, 30 de diciembre del 2022  
 Fin de Ensayo : viernes, 30 de diciembre del 2023

Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.

Referencia : N.T.P. 339.035:2009

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Asentamiento	
				Obtenido (pulg)	Obtenido (cm)
01	Concreto Patrón, f'c = 210	210	30/12/2022	3.50	8.89

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO

Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov Chiclayo, Dept. Lambayeque  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de ensayo : Viernes, 30 de diciembre del 2022  
 Fin de Ensayo : Sábado, 31 de diciembre del 2022

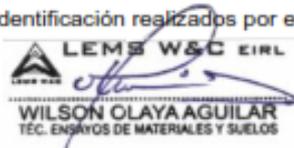
Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.

Referencia : N.T.P. 339.035:2009

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Asentamiento	
				Obtenido (pulg)	Obtenido (cm)
DP-01	Concreto f <sub>c</sub> = 210, reemplazando 10% arena por MATERIAL REFRACTARIO	210	30/12/2022	3.50	8.89
DP-02	Concreto f <sub>c</sub> = 210, reemplazando 20% arena por MATERIAL REFRACTARIO	210	30/12/2022	3.20	8.13
DP-03	Concreto f <sub>c</sub> = 210, reemplazando 30% arena por MATERIAL REFRACTARIO	210	31/12/2022	3.00	7.62
DP-04	Concreto f <sub>c</sub> = 210, reemplazando 40% arena por MATERIAL REFRACTARIO	210	31/12/2022	2.50	6.35
DP-05	Concreto f <sub>c</sub> = 210, reemplazando 50% arena por MATERIAL REFRACTARIO	210	31/12/2022	2.00	5.08

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



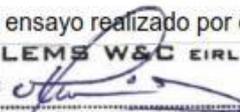
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

<b>Solicitud de Ensayo</b>	: 0211A-22/ LEMS W&C
<b>Solicitante</b>	: JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO
<b>Proyecto / Obra</b>	: TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS
<b>Ubicación</b>	: Dist. Pimentel, Prov Chiclayo, Dept. Lambayeque
<b>Fecha de Apertura</b>	: Miércoles, 02 de noviembre del 2022
<b>Inicio de ensayo</b>	: viernes, 30 de diciembre del 2022
<b>Fin de Ensayo</b>	: viernes, 30 de diciembre del 2022
<b>Ensayo</b>	: CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 2ª Edición
<b>Referencia</b>	: N.T.P. 339.046 : 2008 (revisada el 2018)

Muestra	IDENTIFICACIÓN	Diseño	Fecha de vaciado	DENSIDAD
Nº		f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	(Días)	(Kg/m <sup>3</sup> )
01	Concreto Patrón, f'c = 210	210	30/12/2022	2372

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitud de Ensayo** : 0211A-22/ LEMS W&C  
**Solicitante** : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
**Proyecto / Obra** : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov Chiclayo, Dept. Lambayeque  
**Fecha de Apertura** : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
**Inicio de ensayo** : Viernes, 30 de diciembre del 2022  
**Fin de Ensayo** : Sábado, 31 de diciembre del 2022  
**Ensayo** : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 2ª Edición  
**Referencia** : N.T.P. 339.046 : 2008 (revisada el 2018)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )
D.P.-01	Concreto f'c = 210, reemplazando 10% arena por MATERIAL REFRACTARIO	210	30/12/2022	2345
D.P.-02	Concreto f'c = 210, reemplazando 20% arena por MATERIAL REFRACTARIO	210	30/12/2022	2340
D.P.-03	Concreto f'c = 210, reemplazando 30% arena por MATERIAL REFRACTARIO	210	31/12/2022	2329
D.P.-04	Concreto f'c = 210, reemplazando 40% arena por MATERIAL REFRACTARIO	210	31/12/2022	2325
D.P.-05	Concreto f'c = 210, reemplazando 50% arena por MATERIAL REFRACTARIO	210	31/12/2022	2314

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 12: Informe del ensayo de resistencia a compresión para el diseño de mezcla del concreto para una dosificación de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Temperatura Ambiente.



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Muestras : **Ensayadas a Temperatura Ambiente**

Ensayo :  
CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.  
Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	43235	15.21	182	238
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	39072	15.17	181	216
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	41154	15.19	181	227
04	Testigo 4 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	37405	15.18	181	207
05	Testigo 5 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	35997	15.17	181	199
06	Testigo 6 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	36701	15.18	181	203
07	Testigo 7 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	42769	15.23	182	235
08	Testigo 8 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	42931	15.08	179	240
09	Testigo 9 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	42944	15.16	180	238
10	Testigo 10 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	43614	15.22	182	240
11	Testigo 11 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	43392	15.14	180	241
12	Testigo 12 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	42750	15.18	181	236
13	Testigo 13 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	45483	15.19	181	251
14	Testigo 14 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	44881	15.24	182	246
15	Testigo 15 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	45083	15.21	182	248
16	Testigo 16 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	44358	15.16	180	246
17	Testigo 17 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	45619	15.24	182	250
18	Testigo 18 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	44071	15.20	181	243

D.P. 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

### OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



## Anexo 13: Informe del ensayo de resistencia a compresión para el diseño de mezcla del concreto para una dosificación de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Intervalo de tiempo 15 minutos.



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Muestras : **Probetas expuestas a T° 200-400°C/ tiempo=15'**  
Ensayo :  
CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.  
Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	38947	15.23	182	214
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	37673	15.03	177	212
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	38873	15.13	180	216
04	Testigo 4 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	37744	15.26	183	206
05	Testigo 5 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	38399	15.23	182	211
06	Testigo 6 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	38112	15.25	183	209
07	Testigo 7 -210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	41343	15.22	182	227
08	Testigo 8 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	40698	15.13	180	226
09	Testigo 9 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	40112	15.18	181	222
10	Testigo 10 -210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	41208	15.21	182	227
11	Testigo 11 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	40484	15.13	180	225
12	Testigo 12 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	39977	15.17	181	221
13	Testigo 13 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	42267	15.14	180	235
14	Testigo 14 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	41111	15.12	180	229
15	Testigo 15 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	41729	15.13	180	232
16	Testigo 16 -210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	40768	15.23	182	224
17	Testigo 17 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	41872	15.12	180	233
18	Testigo 18 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	40915	15.17	181	226

D.P. 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

### OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : **Probetas expuestas a T° 400-600°C/ tiempo=15'**

Ensayo : CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	34163	15.20	182	188
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	34568	15.25	183	189
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	34229	15.23	182	188
04	Testigo 4 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	34306	15.23	182	188
05	Testigo 5 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	32819	15.20	181	181
06	Testigo 6 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	32748	15.21	182	180
07	Testigo 7 -210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	36058	15.27	183	197
08	Testigo 8 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	35694	15.28	183	195
09	Testigo 9 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	35876	15.27	183	196
10	Testigo 10 -210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	38529	15.25	183	211
11	Testigo 11 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	38264	15.24	182	210
12	Testigo 12 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	39214	15.24	182	215
13	Testigo 13 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	38703	15.27	183	211
14	Testigo 14 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	38986	15.25	183	213
15	Testigo 15 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	39134	15.26	183	214
16	Testigo 16 -210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	37548	15.25	183	206
17	Testigo 17 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	37254	15.20	181	205
18	Testigo 18 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	36401	15.22	182	200

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : **Probetas expuestas a T° 600-800°C/ tiempo=15'**

Ensayo :  
 CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31688	15.25	183	174
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31323	15.27	183	171
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31506	15.26	183	172
04	Testigo 4 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31099	15.22	182	171
05	Testigo 5 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	32347	15.29	184	176
06	Testigo 6 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31670	15.26	183	173
07	Testigo 7 -210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	34761	15.11	179	194
08	Testigo 8 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	35114	15.11	179	196
09	Testigo 9 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	35816	15.11	179	200
10	Testigo 10 -210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	36970	15.23	182	203
11	Testigo 11 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	37771	15.24	182	207
12	Testigo 12 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	35951	15.23	182	197
13	Testigo 13 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	37301	15.29	184	203
14	Testigo 14 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	36743	15.25	183	201
15	Testigo 15 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	37743	15.27	183	206
16	Testigo 16 -210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	35183	15.24	182	193
17	Testigo 17 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	37487	15.27	183	205
18	Testigo 18 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	35842	15.25	183	196

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHE BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : **Probetas expuestas a T° 800-1000°C/ tiempo=15'**  
 Ensayo :  
 CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29129	15.23	182	160
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30552	15.25	183	167
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29762	15.24	182	163
04	Testigo 4 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30388	15.26	183	166
05	Testigo 5 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31197	15.19	181	172
06	Testigo 6 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30433	15.22	182	167
07	Testigo 7 -210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30873	15.21	182	170
08	Testigo 8 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30723	15.08	178	172
09	Testigo 9 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30371	15.14	180	169
10	Testigo 10 -210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30505	15.26	183	167
11	Testigo 11 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	32617	15.25	183	179
12	Testigo 12 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31561	15.25	183	173
13	Testigo 13 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	33678	15.25	183	184
14	Testigo 14 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	33471	15.25	183	183
15	Testigo 15 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	33574	15.25	183	184
16	Testigo 16 -210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31699	15.15	180	176
17	Testigo 17 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	32516	15.28	183	177
18	Testigo 18 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	32027	15.22	182	176

D,P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

## Anexo 14: Informe del ensayo de resistencia a compresión para el diseño de mezcla del concreto para una dosificación de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Intervalo de tiempo 30 minutos.



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycerl@gmail.com

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Muestras : **Probetas expuestas a T° 200-400°C/ tiempo=30'**  
Ensayo : CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.  
Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	34881	15.12	180	194
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	35025	15.07	178	196
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	34953	15.10	179	195
04	Testigo 4 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	34897	15.26	183	191
05	Testigo 5 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	33580	15.12	180	187
06	Testigo 6 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	34238	15.19	181	189
07	Testigo 7 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	37945	15.17	181	210
08	Testigo 8 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	38411	15.23	182	211
09	Testigo 9 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	37732	15.20	181	208
10	Testigo 10 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	38912	15.25	183	213
11	Testigo 11 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	38284	15.19	181	211
12	Testigo 12 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	37818	15.22	182	208
13	Testigo 13 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	38038	15.05	178	214
14	Testigo 14 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	39548	15.16	180	219
15	Testigo 15 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	38708	15.10	179	216
16	Testigo 16 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	35205	15.16	180	195
17	Testigo 17 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	36215	15.18	181	200
18	Testigo 18 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	35574	15.17	181	197

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

### OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : **Probetas expuestas a T° 400-600°C/ tiempo=30'**

Ensayo :  
 CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29844	15.13	180	166
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30702	15.25	183	168
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30273	15.19	181	167
04	Testigo 4 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	25986	15.11	179	145
05	Testigo 5 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	25497	15.16	181	141
06	Testigo 6 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	26632	15.13	180	148
07	Testigo 7 -210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31788	15.21	182	175
08	Testigo 8 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31826	15.21	182	175
09	Testigo 9 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31807	15.21	182	175
10	Testigo 10 -210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30984	15.20	181	171
11	Testigo 11 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31659	15.11	179	177
12	Testigo 12 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31321	15.15	180	174
13	Testigo 13 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	33812	15.19	181	187
14	Testigo 14 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	34801	15.20	181	192
15	Testigo 15 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	34307	15.19	181	189
16	Testigo 16 -210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30761	15.20	181	170
17	Testigo 17 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31481	15.08	179	176
18	Testigo 18 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31121	15.14	180	173

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : **Probetas expuestas a T° 600-800°C/ tiempo=30'**

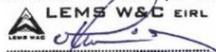
Ensayo :  
 CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29264	15.07	178	164
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29181	15.15	180	162
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29223	15.11	179	163
04	Testigo 4 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	25549	15.25	183	140
05	Testigo 5 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	26248	15.19	181	145
06	Testigo 6 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	25824	15.22	182	142
07	Testigo 7 -210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29137	15.20	181	161
08	Testigo 8 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29987	15.16	180	166
09	Testigo 9 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30432	15.18	181	168
10	Testigo 10 -210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30795	15.25	183	169
11	Testigo 11 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30274	15.07	178	170
12	Testigo 12 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30534	15.16	180	169
13	Testigo 13 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29490	15.21	182	162
14	Testigo 14 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30604	15.15	180	170
15	Testigo 15 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30047	15.18	181	166
16	Testigo 16 -210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29245	15.17	181	162
17	Testigo 17 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	28009	15.28	183	153
18	Testigo 18 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	28572	15.22	182	157

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : **Probetas expuestas a T° 800-1000°C/ tiempo=30'**  
 Ensayo :  
 CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kg)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	26898	15.07	178	151
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	28142	15.24	182	154
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	27075	15.16	180	150
04	Testigo 4 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	22821	15.12	180	127
05	Testigo 5 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	23764	15.24	182	130
06	Testigo 6 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	23859	15.18	181	132
07	Testigo 7 -210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	28434	15.20	181	157
08	Testigo 8 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	28575	15.12	179	159
09	Testigo 9 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	28822	15.16	180	160
10	Testigo 10 -210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29935	15.24	182	164
11	Testigo 11 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29071	15.16	181	161
12	Testigo 12 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30280	15.20	181	167
13	Testigo 13 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30139	15.13	180	168
14	Testigo 14 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29613	15.20	181	163
15	Testigo 15 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29876	15.16	181	165
16	Testigo 16 -210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	27611	15.22	182	152
17	Testigo 17 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	28368	15.17	181	157
18	Testigo 18 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	27961	15.19	181	154

 D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>
**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

**Anexo 15:** Informe del ensayo de resistencia a compresión para el diseño de mezcla del concreto para una dosificación de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> – Intervalo de tiempo 60 minutos.



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceiri@gmail.com

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Muestras : **Probetas expuestas a T° 200-400°C/ tiempo=60'**  
Ensayo : CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.  
Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31066	15.15	180	172
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	32044	15.22	182	176
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	32381	15.19	181	179
04	Testigo 4 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30975	15.20	181	171
05	Testigo 5 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30771	15.13	180	171
06	Testigo 6 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29974	15.17	181	166
07	Testigo 7 -210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31673	15.13	180	176
08	Testigo 8 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31541	15.21	182	174
09	Testigo 9 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31607	15.17	181	175
10	Testigo 10 -210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	32468	15.23	182	178
11	Testigo 11 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31316	15.13	180	174
12	Testigo 12 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30953	15.18	181	171
13	Testigo 13 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	33411	15.19	181	184
14	Testigo 14 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	33907	15.15	180	188
15	Testigo 15 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	33659	15.17	181	186
16	Testigo 16 -210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	33841	15.17	181	187
17	Testigo 17 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	33858	15.13	180	188
18	Testigo 18 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	33331	15.15	180	185

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : **Probetas expuestas a T° 400-600°C/ tiempo=60'**  
 Ensayo :  
 Referencia : CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm²)	f'c (Kg/Cm²)
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29128	15.18	181	161
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	28080	15.13	180	156
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29617	15.16	180	164
04	Testigo 4 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	25663	15.23	182	141
05	Testigo 5 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	27022	15.13	180	150
06	Testigo 6 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	27496	15.18	181	152
07	Testigo 7 -210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	28425	15.05	178	160
08	Testigo 8 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30407	15.21	182	167
09	Testigo 9 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29365	15.13	180	163
10	Testigo 10 -210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29862	15.14	180	166
11	Testigo 11 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30002	15.23	182	165
12	Testigo 12 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29546	15.19	181	163
13	Testigo 13 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29877	15.23	182	164
14	Testigo 14 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30168	15.08	179	169
15	Testigo 15 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29298	15.16	180	162
16	Testigo 16 -210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	31450	15.18	181	174
17	Testigo 17 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	30555	15.18	181	169
18	Testigo 18 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	29265	15.18	181	162

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm²

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON CLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

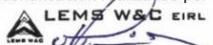
Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : **Probetas expuestas a T° 600-800°C/ tiempo=60'**  
 Ensayo :  
 CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	19586	15.18	181	108
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	18747	15.13	180	104
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	19167	15.16	180	106
04	Testigo 4 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	18210	15.23	182	100
05	Testigo 5 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	17085	15.13	180	95
06	Testigo 6 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	17424	15.18	181	96
07	Testigo 7 -210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	18954	15.05	178	107
08	Testigo 8 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	19767	15.21	182	109
09	Testigo 9 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	18864	15.13	180	105
10	Testigo 10 -210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	19985	15.14	180	111
11	Testigo 11 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	19974	15.23	182	110
12	Testigo 12 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	19770	15.19	181	109
13	Testigo 13 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	20367	15.23	182	112
14	Testigo 14 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	20199	15.08	179	113
15	Testigo 15 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	20756	15.16	180	115
16	Testigo 16 -210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	20291	15.18	181	112
17	Testigo 17 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	19345	15.18	181	107
18	Testigo 18 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	19869	15.18	181	110

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

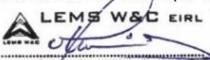
Solicitud de Ensayo : **0211A-22/ LEMS W&C**  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : **Probetas expuestas a T° 800-1000°C/ tiempo=60'**  
 Ensayo :  
 CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	11273	15.18	181	62
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	11001	15.13	180	61
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	30/12/2022	27/01/2023	28	11579	15.16	180	64
04	Testigo 4 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	10593	15.23	182	58
05	Testigo 5 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	11316	15.13	180	63
06	Testigo 6 - 210 +10%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	10786	15.18	181	60
07	Testigo 7 -210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	10978	15.05	178	62
08	Testigo 8 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	12161	15.21	182	67
09	Testigo 9 - 210 +20%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	11301	15.13	180	63
10	Testigo 10 -210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	11735	15.14	180	65
11	Testigo 11 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	12918	15.23	182	71
12	Testigo 12 - 210 +30%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	11551	15.19	181	64
13	Testigo 13 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	13332	15.23	182	73
14	Testigo 14 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	12718	15.08	179	71
15	Testigo 15 - 210 +40%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	12633	15.16	180	70
16	Testigo 16 -210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	12616	15.18	181	70
17	Testigo 17 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	12089	15.18	181	67
18	Testigo 18 - 210 +50%AG. REF	210	30/12/2022	27/01/2023	28	11915	15.18	181	66

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904

**Anexo 16:** Informe del ensayo del módulo de elasticidad para un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  – Temperatura Ambiente.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

Acti  
V.0.2

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Muestras : Patrón +10%, 20%, 30%, 40% y 50%AG. REFRACTARIO-Ensayadas a Temperatura Ambiente

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm<sup>2</sup>)DM1 - sustitución (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)

Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\alpha_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio $E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	30/12/2022	27/01/2023	28	238.05	95	7.07801	0.000456	228001	228636.78
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	30/12/2022	27/01/2023	28	216.23	86	6.33681	0.000410	228034	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	30/12/2022	27/01/2023	28	227.34	91	6.91738	0.000403	229876	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +10\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	207.12	83	5.89492	0.000504	210501	212020.22
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +10\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	198.87	80	4.65123	0.000485	213434	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +10\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	203.03	81	3.74248	0.000437	212126	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +20\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	235.07	94	6.26939	0.000409	230091	231672.41
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +20\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	239.89	96	7.70584	0.000492	233554	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +20\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	238.23	95	6.16452	0.000450	231373	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +30\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	240.21	96	4.63825	0.000390	232001	232303.80
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +30\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	241.30	97	5.03546	0.000421	233034	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +30\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	236.08	94	5.44572	0.000474	231876	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +40\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	251.01	100	7.22171	0.000433	236001	237303.72
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +40\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	245.75	98	5.03546	0.000436	238034	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +40\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	248.21	99	5.44572	0.000455	237876	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +50\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	246.09	98	8.10302	0.000486	234001	235636.97
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +50\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	249.87	100	7.06463	0.000486	238034	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +50\%AG REF$	30/12/2022	27/01/2023	28	242.67	97	7.50016	0.000491	234876	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**Anexo 17:** Informe del ensayo del módulo de elasticidad para un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  – Intervalo de tiempo 15 minutos.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyccerl.com

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS

Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Muestras : Patrón +10%, 20%, 30%, 40% y 50%AG. REFRACTARIO-Ensayadas 200-400°C, t=15min

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm<sup>2</sup>)DM1 - sustitución (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)

Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\alpha_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.00050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon_u$ unitaria ( $\epsilon_s$ )	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio $E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	30/12/2022	27/01/2023	28	214.15	86	5.69228	0.000326	220001	220303.72
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	30/12/2022	27/01/2023	28	212.31	85	7.69435	0.000369	221034	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	30/12/2022	27/01/2023	28	215.98	86	7.04244	0.000389	219876	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	206.03	82	13.38548	0.000566	215501	215687.09
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	210.87	84	10.20974	0.000582	215434	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	209.06	84	9.96720	0.000565	216126	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	227.12	91	6.15772	0.000391	227091	227006.15
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	226.08	90	11.77510	0.000508	226554	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	221.67	89	11.94251	0.000501	227373	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	227.25	91	11.01689	0.000486	222001	223636.91
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	224.87	90	5.02967	0.000379	223034	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	221.06	88	11.20991	0.000426	225876	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	235.87	94	11.31122	0.000549	230001	229303.50
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	229.02	92	5.02967	0.000567	229034	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	231.85	93	11.20991	0.000569	228876	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	224.08	90	10.66080	0.000543	227001	226636.87
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	232.78	93	10.78390	0.000543	228034	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	226.04	90	10.62866	0.000560	224876	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : Patrón +10%, 20%, 30%, 40% y 50%AG. REFRACTARIO-Ensayadas 400-600°C, t=15min  
 Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm<sup>2</sup>)DM1 - sustitución (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)  
 Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.00050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_s (S_2)$	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio $E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	188.05	75	9.99837	0.000594	200001	203637.27
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	188.95	76	9.71047	0.000578	201034	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	187.87	75	10.78686	0.000585	209876	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	188.31	75	9.67614	0.000536	205501	205687.21
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	181.21	72	10.02159	0.000595	205434	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	180.11	72	10.53722	0.000572	206126	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	197.11	79	9.16756	0.000585	210091	210005.94
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	195.31	78	9.84960	0.000514	209554	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	195.68	78	11.01264	0.000516	210373	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	211.01	84	7.59714	0.000485	217001	218303.56
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	210.41	84	11.11597	0.000512	219034	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	215.22	86	11.89364	0.000486	218876	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	211.08	84	11.58533	0.000562	220001	219303.67
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	212.78	85	11.11597	0.000592	219034	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	214.05	86	11.89364	0.000572	218876	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	206.03	82	7.94861	0.000575	217001	215303.67
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	205.21	82	7.90873	0.000575	214034	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	200.16	80	7.85959	0.000579	214876	

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : Patrón +10%, 20%, 30%, 40% y 50%AG. REFRACTARIO-Ensayadas 600-800°C, t=15min  
 Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm<sup>2</sup>)DM1 - sustitución (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)  
 Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\alpha_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\alpha_c$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.00050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	174.02	70	7.01509	0.000511	190001	193637.19
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	171.21	68	7.02239	0.000505	191034	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	172.12	69	6.97499	0.000511	199876	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	171.25	69	7.36767	0.000505	195501	195687.13
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	176.41	71	7.03243	0.000538	195434	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	173.02	69	7.43447	0.000505	196126	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	194.21	78	8.55594	0.000505	210691	210382.67
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	195.87	78	7.74939	0.000471	210084	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	199.84	80	7.74939	0.000471	210373	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	203.21	81	8.57764	0.000505	213001	212970.33
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	206.75	83	9.23706	0.000471	212034	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	197.31	79	9.21369	0.000471	213876	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	203.21	81	8.18154	0.000505	213001	213303.67
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	201.11	80	9.23706	0.000538	212034	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	206.22	82	9.21369	0.000505	214876	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	193.22	77	8.05181	0.000508	211001	211303.67
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	204.67	82	8.22247	0.000508	211034	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	195.82	78	8.05656	0.000511	211876	

**Observaciones:**

-Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Muestras : Patrón +10%, 20%, 30%, 40% y 50%AG. REFRACTARIO-Ensayadas 800-1000° C, t=15min  
Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm2)DM1 - sustitución (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)  
Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\sigma_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_c$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio $E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>
Patrón - f'c= 210 kg/cm2	30/12/2022	27/01/2023	28	160.32	64	6.67621	0.000579	191681	191761.67
Patrón - f'c= 210 kg/cm2	30/12/2022	27/01/2023	28	166.87	67	6.81387	0.000572	191804	
Patrón - f'c= 210 kg/cm2	30/12/2022	27/01/2023	28	163.15	65	6.71038	0.000579	191800	
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	165.55	66	7.46793	0.000572	194501	194487.00
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	171.77	69	7.15694	0.000606	194434	
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	167.13	67	7.52293	0.000572	194526	
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	170.13	68	6.68620	0.000538	195691	195816.22
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	171.50	69	7.23276	0.000505	195884	
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	168.50	67	7.23276	0.000505	195873	
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	167.02	67	6.67821	0.000538	197311	197307.25
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	178.87	72	9.18220	0.000505	197234	
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	173.05	69	9.26585	0.000505	197376	
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	185.02	74	6.54466	0.000572	203401	203437.34
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	182.56	73	9.18220	0.000606	202034	
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	184.06	74	9.26585	0.000572	204876	
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	176.21	70	5.74300	0.000575	199081	196330.33
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	177.13	71	5.92854	0.000575	198034	
Patrón - f'c= 210 kg/cm2 +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	175.68	70	5.78461	0.000579	191876	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 18:** Informe del ensayo del módulo de elasticidad para un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  – Intervalo de tiempo 30 minutos.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyc.eirl.com

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS

Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Muestras : Patrón +10%, 20%, 30%, 40% y 50%AG. REFRACTARIO-Ensayadas 200-400°C, t=30min

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm<sup>2</sup>)DM1 - sustitución (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)

Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\alpha_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\alpha_c$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.00050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon_c$ unitaria ( $\epsilon_c$ (S <sub>2</sub> ))	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio $E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	30/12/2022	27/01/2023	28	194.21	78	7.85071	0.000579	209801	209870.33
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	30/12/2022	27/01/2023	28	196.35	79	8.07962	0.000572	209934	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	30/12/2022	27/01/2023	28	194.75	78	7.92403	0.000579	209876	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +10\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	191.02	76	7.45966	0.000572	206501	206353.67
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +10\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	187.56	75	7.08088	0.000606	206434	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +10\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	189.26	76	7.47853	0.000572	206126	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +20\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	210.21	84	6.35454	0.000538	217091	217339.33
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +20\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	211.32	85	8.98180	0.000505	217554	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +20\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	208.11	83	8.93908	0.000505	217373	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +30\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	213.21	85	7.89681	0.000505	217901	217870.33
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +30\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	211.05	84	5.81855	0.000538	217834	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +30\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	207.88	83	8.02139	0.000505	217876	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +40\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	214.11	86	7.40175	0.000572	220601	220670.46
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +40\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	219.25	88	5.81855	0.000606	220634	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +40\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	215.68	86	8.02139	0.000572	220776	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +50\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	195.12	78	6.95666	0.000575	210601	210770.64
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +50\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	200.41	80	7.11855	0.000575	210834	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +50\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	196.66	79	6.97599	0.000579	210876	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : Patrón +10%, 20%, 30%, 40% y 50%AG. REFRACTARIO-Ensayadas 400-600°C, t=30min

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm<sup>2</sup>)DM1 - sustitución (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)  
 Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\alpha_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\alpha_c$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.00050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio $E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	167.01	166	5.76763	0.000579	192801	193537.38
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	167.82	168	5.86461	0.000572	193934	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	167.41	167	5.78629	0.000579	193877	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	169.41	145	5.92421	0.000572	180501	180353.67
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	173.39	141	5.72662	0.000606	180434	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	171.40	149	5.99384	0.000572	180126	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	191.79	175	5.42938	0.000538	198091	198339.33
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	182.50	175	7.23276	0.000505	198554	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	182.50	175	7.23276	0.000505	198373	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	172.09	171	4.87183	0.000538	197901	197870.43
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	192.60	177	6.94402	0.000505	197834	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	175.21	174	6.88229	0.000505	197876	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	67.76	187	6.54387	0.000572	206601	206670.33
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	69.36	192	6.94402	0.000606	206634	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	68.56	189	6.88229	0.000572	206776	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	76.72	170	5.91859	0.000575	197601	197770.48
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	73.00	176	6.09273	0.000575	197834	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	73.00	173	5.95304	0.000579	197876	

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : Patrón +10%, 20%, 30%, 40% y 50%AG. REFRACTARIO-Ensayadas 600-800°C, t=30min  
 Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm<sup>2</sup>)DM1 - sustitución (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)  
 Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\alpha_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\alpha_c$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.00050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio $E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	163.55	65	6.38821	0.000511	191801	191870.33
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	162.21	65	6.63353	0.000505	191934	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	163.41	65	6.46954	0.000511	191876	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	140.04	56	6.93005	0.000505	178501	178353.67
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	144.69	58	6.65841	0.000538	178434	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	142.21	57	7.01618	0.000505	178126	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	161.11	64	9.42733	0.000505	192091	192339.40
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	166.33	67	7.74939	0.000471	192554	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	167.88	67	7.74939	0.000471	192373	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	169.04	68	6.14868	0.000505	195901	195870.44
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	170.33	68	6.74507	0.000471	195834	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	168.98	68	6.66647	0.000471	195876	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	162.11	65	6.46829	0.000505	193601	193670.33
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	169.77	68	6.74507	0.000538	193634	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	166.14	66	6.66647	0.000505	193776	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	162.11	65	5.99598	0.000508	188601	188770.35
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	153.44	61	6.29406	0.000508	188834	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	15722.00	6289	6.08389	0.000511	188876	

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS

Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : Patrón +10%, 20%, 30%, 40% y 50%AG. REFRACTARIO-Ensayadas 800-1000' C, t=30min

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm<sup>2</sup>)DM1 - sustitución (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)

Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\alpha_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\alpha_c$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.00050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio $E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/06/2022	28/07/2022	28	15.1.1.1	60	5.77441	0.000579	184801	184870.33
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/06/2022	28/07/2022	28	15.3.8.8	62	6.06632	0.000572	184934	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/06/2022	28/07/2022	28	15.0.0.7	60	5.88943	0.000579	184876	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	12.7.1.1	51	6.56547	0.000572	170501	170353.67
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	13.0.2.2	52	6.50459	0.000606	170434	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	13.2.0.4	53	6.72635	0.000572	170126	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	15.7.0.0	63	4.85265	0.000538	188091	188339.36
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	15.8.7.5	64	7.23276	0.000505	188554	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	15.9.5.8	64	7.23276	0.000505	188373	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	16.4.0.0	66	4.83300	0.000538	192301	192370.29
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	16.1.3.3	65	6.72572	0.000505	192434	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	16.6.6.8	67	6.74596	0.000505	192376	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	16.8.2.1	67	5.83302	0.000572	192601	192670.40
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	16.3.4.4	65	6.72572	0.000606	192634	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	16.4.7.7	66	6.74596	0.000572	192776	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	15.2.2.1	61	5.65530	0.000575	186601	186770.14
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	15.7.1.1	63	5.35209	0.000575	186834	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	15.3.9.9	62	5.45614	0.000579	186876	

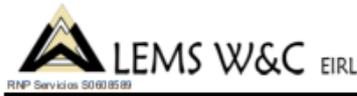
**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Anexo 19:** Informe del ensayo del módulo de elasticidad para un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  – Intervalo de tiempo 60 minutos.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Muestras : Patrón +10%, 20%, 30%, 40% y 50%AG. REFRACTARIO-Ensayadas 200-400°C, t=60min  
Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm<sup>2</sup>)DM1 - sustitución (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)  
Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\alpha_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\alpha_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.00050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio $E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	30/12/2022	27/01/2023	28	172.11	69	5.69468	0.000579	198001	198303.67
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	30/12/2022	27/01/2023	28	175.84	70	5.63446	0.000572	198034	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	30/12/2022	27/01/2023	28	179.09	72	5.63597	0.000579	198876	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+10\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	171.21	68	6.48756	0.000572	195401	195320.33
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+10\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	170.66	68	6.09531	0.000606	195434	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+10\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	166.36	67	6.47071	0.000572	195126	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+20\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	176.11	70	4.96225	0.000538	198091	198339.21
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+20\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	174.41	70	6.91830	0.000505	198554	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+20\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	174.92	70	6.93272	0.000505	198373	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+30\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	177.96	71	6.30412	0.000505	198001	198037.00
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+30\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	174.06	70	4.63554	0.000538	198034	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+30\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	171.21	68	6.39694	0.000505	198076	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+40\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	184.11	74	5.39827	0.000572	204401	204437.04
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+40\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	188.26	75	4.63554	0.000606	204434	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+40\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	186.33	75	6.39694	0.000572	204476	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+50\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	187.03	75	4.95999	0.000575	204431	204467.15
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+50\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	188.21	75	5.13777	0.000575	204474	
Patrón - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2+50\%AG \text{ REF}$	30/12/2022	27/01/2023	28	185.41	74	5.00459	0.000579	204496	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
Muestras : Patrón +10%, 20%, 30%, 40% y 50%AG. REFRACTARIO-Ensayadas 400-600°C, t=60min  
Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm<sup>2</sup>)DM1 - sustitución (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)  
Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\alpha_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\alpha_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.00050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_z$ (S <sub>z</sub> )	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio $E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	161.02	64	5.35720	0.000579	189901	189903.74
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	156.15	62	5.54328	0.000572	189934	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	164.21	66	5.42201	0.000579	189876	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	141.03	56	5.81158	0.000572	182201	182220.33
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	149.88	60	5.36499	0.000606	182234	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	151.98	61	5.74608	0.000572	182226	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	160.21	64	5.29486	0.000538	191691	191672.67
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	167.41	67	7.23276	0.000505	191654	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	162.68	65	7.23276	0.000505	191673	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	166.08	66	4.96656	0.000538	192501	192537.00
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	165.13	66	6.47724	0.000505	192534	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	163.33	65	6.71521	0.000505	192576	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	164.01	66	5.44938	0.000572	192701	192737.15
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	168.88	68	6.47724	0.000606	192734	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	162.43	65	6.71521	0.000572	192776	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	174.01	70	4.33648	0.000575	194731	194767.17
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	168.82	68	4.15280	0.000575	194774	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	162.33	65	4.20789	0.000579	194796	

Observaciones:

-Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : Patrón +10%, 20%, 30%, 40% y 50%AG. REFRACTARIO-Ensayadas 600-800°C, t=60min  
 Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm<sup>2</sup>)DM1 - sustitución (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)  
 Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\alpha_s$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\alpha_s$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio $E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	171.91	108	6.72321	0.000511	159401	156103.85
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	166.41	104	6.59078	0.000505	154434	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/12/2022	27/01/2023	28	169.16	106	6.61594	0.000511	154476	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	193.23	100	7.65819	0.000505	147601	147620.39
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	188.24	95	6.99405	0.000538	147634	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	190.73	96	7.55925	0.000505	147626	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	174.39	107	6.91136	0.000505	155191	155172.72
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	182.50	109	7.74939	0.000471	155154	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	182.50	105	7.74939	0.000471	155173	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	184.35	111	7.30635	0.000505	157301	157337.02
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	177.99	110	7.45080	0.000471	157334	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	175.46	109	7.63952	0.000471	157376	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	77.29	112	7.16857	0.000505	159701	159737.16
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	75.29	113	7.45080	0.000538	159734	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	76.29	115	7.63952	0.000505	159776	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	69.75	112	6.37235	0.000508	157731	157767.00
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	73.00	107	6.49155	0.000508	157774	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/12/2022	27/01/2023	28	73.00	110	6.36828	0.000511	157796	

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 T.E.C. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : 0211A-22/ LEMS W&C  
 Solicitante : JHAN BRINNER BERECHÉ BELLO  
 Proyecto / Obra : TESIS: INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Miércoles, 02 de noviembre del 2022  
 Inicio de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Fin de Ensayo : Viernes, 27 de enero del 2023  
 Muestras : Patrón +10%, 20%, 30%, 40% y 50%AG. REFRACTARIO-Ensayadas 800-1000° C, t=60min  
 Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm<sup>2</sup>)DM1 - sustitución (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)  
 Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\alpha_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\alpha_c$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.00050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/06/2022	28/07/2022	28	62.05	25	6.23289	0.000579	118401	118437.00
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/06/2022	28/07/2022	28	61.35	25	6.44897	0.000572	118434	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	30/06/2022	28/07/2022	28	64.25	26	6.30809	0.000579	118476	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	58.21	23	5.94661	0.000572	116601	116620.33
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	63.34	25	5.47422	0.000606	116634	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +10%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	60.11	24	5.87142	0.000572	116626	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	62.02	25	4.66350	0.000538	120091	120072.67
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	67.10	27	7.23276	0.000505	120054	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +20%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	63.21	25	7.23276	0.000505	120073	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	65.11	26	5.32762	0.000538	122301	122337.14
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	71.05	28	7.62014	0.000505	122334	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +30%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	64.36	26	7.53940	0.000505	122376	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	73.24	29	5.41761	0.000572	126701	126737.20
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	71.26	29	7.62014	0.000606	126734	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +40%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	70.12	28	7.53940	0.000572	126776	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	70.05	28	6.20621	0.000575	123431	123467.15
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	67.25	27	6.61472	0.000575	123474	
Patrón - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> +50%AG REF	30/06/2022	28/07/2022	28	66.42	27	6.35397	0.000579	123496	

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 T.E.C. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS


**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Anexo 20: Fotografías en campo del estudio experimental**



**Visita de cantera La Victoria ubicada en el departamento de Lambayeque-Perú**



**Entrada de cantera Pacherras ubicada en el departamento de Lambayeque-Perú**



**Visita de cantera Pacherras ubicada en el departamento de Lambayeque-Perú**



**Granulometría agregado fino y MR en el departamento de Lambayeque-Perú**



**Granulometría agregado grueso ubicada en el departamento de Lambayeque-Perú**



**Material refractario en el departamento de Lambayeque-Perú**



**Peso unitario del material refractario en laboratorio**





**Preparación de moldes de plástico para la elaboración de concreto**



**Vaceado de concreto referencial y con tratamiento elaborados en masa**



**Diseño de muestra experimental realizado en campo**



**Medición del asentamiento en campo después de elaborar el concreto**



Muestra de control en temperatura ambiente – Resistencia a la compresión



Muestra experimental sometida a calor – Resistencia a la compresión



**Muestra experimental sometida a calor – Resistencia a la compresión**



**Muestra experimental sometida a calor – Resistencia a la compresión**



**Curado de probetas de concreto bajo sumersión en agua potable**

## Exposición de probetas al fuego







**Ensayo de resistencia a la compresión en especímenes de concreto referencial**



**Ensayo de módulo de elasticidad en especímenes de concreto referencial**



**Roturas de especímenes experimentales después de ser sometidas a ensayos de compresión y módulo elástico**



**Especímen expuesto a ensayo de compresión axial presentando una resistencia óptima luego de ser sometida durante 30 minutos al fuego**

**Probetas de concreto experimentales en exposición a temperaturas elevadas en diversos tiempos**

Tiempo (min)	200°C -400°C	400°C -600°C	600°C -800°C	800°C -1000°C
Tiempo expuesto al fuego de 15 minutos				
Tiempo expuesto al fuego de 30 minutos				

Tiempo expuesto  
al fuego de 60  
minutos



**Textura de probetas después de ser expuestas a diversas temperaturas elevadas**

Tiempo (min)	200°C -400°C	400°C -600°C	600°C -800°C	800°C -1000°C
Tiempo expuesto al fuego de 15 minutos				
Tiempo expuesto al fuego de 30 minutos				

Tiempo expuesto  
al fuego de 60  
minutos



**Anexo 21:** Estadística de Confiabilidad de los Resultados: Validez y confiabilidad del instrumento Alfa de Cronbach.

**VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE LA INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS**

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
.930	.990	26

**Estadísticas de total de elemento**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
COMPRESION_210_28D_1_0MIN	2523088.50	4973963822,7	.973	.	.931
COMPRESION_210_28D_2_15MIN	2523100.00	4975062130,0	.964	.	.931
COMPRESION_210_28D_3_15MIN	2523122.67	4974625334,3	.926	.	.931
COMPRESION_210_28D_4_15MIN	2523131.17	4974414882,2	.905	.	.931
COMPRESION_210_28D_5_15MIN	2523149.67	4975485615,5	.751	.	.931
COMPRESION_210_28D_1_30MIN	2523119.00	4974941738,8	.863	.	.931
COMPRESION_210_28D_2_30MIN	2523151.50	4974271771,9	.971	.	.931
COMPRESION_210_28D_3_30MIN	2523161.67	4975110224,7	.823	.	.931
COMPRESION_210_28D_4_30MIN	2523168.00	4974532834,8	.948	.	.931
COMPRESION_210_28D_1_60MIN	2523144.17	4975507981,4	.738	.	.931
COMPRESION_210_28D_2_60MIN	2523160.50	4975329096,3	.918	.	.931
COMPRESION_210_28D_3_60MIN	2523214.83	4975483866,2	.978	.	.931
COMPRESION_210_28D_4_60MIN	2523256.67	4975713945,5	.933	.	.931

  
 RAMÓN MEDARDO MORALES CHAVARRY  
 LICENCIADO EN ESTADÍSTICA  
 COESPE N° 311

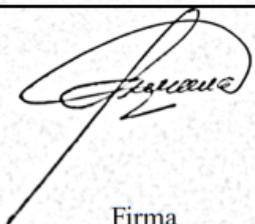
MODULO_ELASTICO_210_28D_1_0MIN	2293726.17	3830185723,8	.940	.	.921
MODULO_ELASTICO_210_28D_2_15MIN	2299559.50	4330206322,7	.937	.	.921
MODULO_ELASTICO_210_28D_3_15MIN	2311281.67	4229020491,5	.820	.	.923
MODULO_ELASTICO_210_28D_4_15MIN	2317107.83	3937410617,4	.844	.	.924
MODULO_ELASTICO_210_28D_5_15MIN	2326798.83	4592720804,6	.698	.	.926
MODULO_ELASTICO_210_28D_1_30MIN	2309509.83	4319588177,0	.851	.	.922
MODULO_ELASTICO_210_28D_2_30MIN	2327565.33	3857262862,3	.968	.	.920
MODULO_ELASTICO_210_28D_3_30MIN	2333176.50	4278808710,3	.808	.	.923
MODULO_ELASTICO_210_28D_4_30MIN	2337426.50	3940905010,3	.939	.	.920
MODULO_ELASTICO_210_28D_1_60MIN	2323504.67	4585762237,9	.738	.	.925
MODULO_ELASTICO_210_28D_2_60MIN	2332682.33	4429261599,9	.897	.	.922
MODULO_ELASTICO_210_28D_3_60MIN	2367699.00	4438200013,2	.926	.	.922
MODULO_ELASTICO_210_28D_4_60MIN	2402043.50	4513041136,7	.915	.	.923

**ANOVA**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos	956971432,31	5	191394286,46		
Intra sujetos					
Entre elementos	1,524E+12	25	60947211929	4543.039	<.001
Residuo	1676939564,7	125	13415516.518		
Total	1,525E+12	150	10169048252		
Total	1,526E+12	155	9847188446,5		

Media global = 97050.85

En las tablas se observa que, el instrumento es válido (correlaciones de Pearson superan el valor de 0.30 y el valor de la prueba de análisis de varianza es altamente significativo  $p < 0.01$  y confiable (el valor de consistencia Alfa de Cronbach es mayor a 0.80)

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Morales Chavarry Ivan Medardo	 Firma
<b>COLEGIATURA</b>	COESPE N° 311	
<b>TÍTULO</b>	Licenciado en Estadística	
<b>GRADO ACADÉMICO</b>	Magister	
<b>DATOS</b>	Cel.: 979645967	DNI: 1672358
	Correo: morales.ivanmedardo@gmail.com	

**Anexo 22:** Estadística de Confiabilidad de los Resultados: Validez y confiabilidad del instrumento Aiken.

**Validez y Confiabilidad Del Instrumento Sobre La Influencia Del Material Refractario  
Sustituyendo El Agregado Fino En La Resistencia a La Compresión Del Concreto  
Sometidas a Altas Temperaturas**

<b>Claridad</b>		
<b>Concreto</b>		
	<b>Compresion</b>	<b>Modulo de Elasticidad</b>
JUEZ 01	1	1
JUEZ 02	1	1
JUEZ 03	1	1
JUEZ 04	1	1
JUEZ 05	1	1

$$V = \frac{S}{n(c-1)}$$

S = Suma de valoración de todos los expertos por ítems.  
n = Numero de expertos que participaron en el estudio.  
c = Numero de niveles de la escala de valoración utilizada.

	<b>Compresion</b>	<b>Modulo de Elasticidad</b>
(S)	5	5
(N)	5	
(C)	2	
<b>V de Aiken</b>	1	1

<b>Claridad</b>	
V de Aiken por criterio	1

<b>Contexto</b>		
<b>Concreto</b>		
	<b>Compresion</b>	<b>Modulo de Elasticidad</b>
JUEZ 01	1	1
JUEZ 02	1	1
JUEZ 03	1	1
JUEZ 04	1	1
JUEZ 05	1	1

	<b>Compresion</b>	<b>Modulo de Elasticidad</b>
(S)	5	5
(N)	5	
(C)	2	
<b>V de Aiken</b>	1	1

<b>Contexto</b>	
V de Aiken por criterio	1

  
**NANI MEDARDO MORALES CHAVARRY**  
**LICENCIADO EN ESTADISTICA**  
**COESPE N° 311**

Congruencia

Concreto		
	Compresion	Modulo de Elasticidad
JUEZ 01	1	1
JUEZ 02	1	1
JUEZ 03	1	1
JUEZ 04	1	1
JUEZ 05	1	1

	Compresion	Modulo de Elasticidad
(S)	5	5
(N)	5	
(C)	2	
V de Aiken	1	1

Congruencia

V de Aiken por criterio	1
-------------------------	---

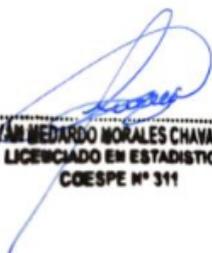
Dominio del constructo

Concreto		
	Compresion	Modulo de Elasticidad
JUEZ 01	1	1
JUEZ 02	1	1
JUEZ 03	1	1
JUEZ 04	1	1
JUEZ 05	1	1

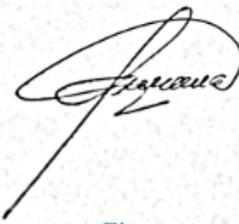
	Compresion	Modulo de Elasticidad
(S)	5	5
(N)	5	
(C)	2	
V de Aiken	1	1

Dominio del constructo

V de Aiken por criterio	1
-------------------------	---

  
NAN MEDARDO MORALES CHAVARRY  
LICENCIADO EN ESTADISTICA  
COESPE N° 311

En las Tablas se observa que el instrumento utilizado para la investigación sobre la "Influencia del material refractario sustituyendo el agregado fino en la resistencia a la compresión del concreto sometidas a altas temperaturas" es válido (este coeficiente puede obtener valores de 0 a 1, a medida que va aumentando el valor de computado, el ítem tendrá una mayor validez de contenido)

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Morales Chavarry Ivan Medardo	
<b>COLEGIATURA</b>	COESPE N° 311	
<b>TÍTULO</b>	Licenciado en Estadística	
<b>GRADO ACADÉMICO</b>	Magister	
<b>DATOS</b>	Cel.: 979645967	Firma
	Correo: morales.ivanmedardo@gmail.com	DNI: 16723528

## Anexo 23: Fichas de Validación de Aiken por 5 jurados expertos



Colegiatura N° 60032

### Ficha de validación según AIKEN

#### I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Carlos Esteban Santamaría Mondragón	Municipalidad Distrital de Tucume (Jefe del Área de Transporte)	Resistencia a la compresión y Módulo de elasticidad	Jhan Brinner Bereche Bello
<b>Título de la Investigación:</b> Influencia del material refractario sustituyendo el agregado fino en la resistencia a la compresión del concreto sometidas a altas temperaturas			

#### II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Resistencia a la compresión	A	CONFORME
Módulo de elasticidad	A	CONFORME

#### III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Concreto</b>								
1	Resistencia a la compresión	X		X		X		X	
2	Módulo de elasticidad	X		X		X		X	

  
 Carlos E. Santamaría Mondragón  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 60032

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

.....

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable ( **X** ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: Carlos Esteban Santamaría Mondragón

Especialidad: Ingeniero Civil

  
.....  
Carlos E. Santamaría Mondragón  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 60032

---

Carlos Esteban Santamaría Mondragón  
Reg. CIP: 60032  
Juez Experto

**Colegiatura N° 80765**

**Ficha de validación según AIKEN**

**IV. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
James Rolando Segura Hernández	Residente de Obra (Construcción en Sitio Propio - Techo Propio – Vivienda de Interés Social)	Resistencia a la compresión y Módulo de elasticidad	Jhan Brinner Bereche Bello
<b>Título de la Investigación:</b> Influencia del material refractario sustituyendo el agregado fino en la resistencia a la compresión del concreto sometidas a altas temperaturas			

**V. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Resistencia a la compresión	<b>A</b>	<b>CONFORME</b>
Módulo de elasticidad	<b>A</b>	<b>CONFORME</b>

**VI. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Concreto</b>								
1	Resistencia a la compresión	X		X		X		X	
2	Módulo de elasticidad	X		X		X		X	



Observaciones (precisar si hay suficiencia):

.....  
Opinión de aplicabilidad:

Aplicable (  ) Aplicable después de corregir (  ) No aplicable (  )

Apellidos y nombres del juez validador: James Rolando Segura Hernández

Especialidad: Ingeniero Civil

  
.....  
JAMES ROLANDO SEGURA HERNÁNDEZ  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 80765

---

James Rolando Segura Hernández  
Reg. CIP: 80765  
Juez Experto

## Colegiatura N° 180486

## Ficha de validación según AIKEN

## VII. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Juan Segundo Ramos Castañeda	Municipalidad Distrital de Guadalupe (Jefe del Área de Catastro)	Resistencia a la compresión y Módulo de elasticidad	Jhan Brinner Bereche Bello
<b>Título de la Investigación:</b> Influencia del material refractario sustituyendo el agregado fino en la resistencia a la compresión del concreto sometidas a altas temperaturas			

## VIII. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Resistencia a la compresión	A	CONFORME
Módulo de elasticidad	A	CONFORME

## IX. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Concreto</b>								
1	Resistencia a la compresión	X		X		X		X	
2	Módulo de elasticidad	X		X		X		X	


  
 Juan Segundo Ramos Castañeda  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 180486

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

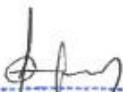
.....

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable ( **X** ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: Juan Segundo Ramos Castañeda

Especialidad: Ingeniero Civil

  
-----  
Segundo Ramos Castañeda  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 180486

---

Juan Segundo Ramos Castañeda  
Reg. Cip: 180486  
Juez Experto

**Colegiatura N° 75063**

**Ficha de validación según AIKEN**

**xiii. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Luis Mariano Villegas Granados	Docente a tiempo completo de la Universidad Señor de Sipán	Resistencia a la compresión y Módulo de elasticidad	Jhan Brinner Bereche Bello
<b>Título de la Investigación:</b> Influencia del material refractario sustituyendo el agregado fino en la resistencia a la compresión del concreto sometidas a altas temperaturas			

**xiv. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Resistencia a la compresión	A	CONFORME
Módulo de elasticidad	A	CONFORME

**xv. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Resistencia a la compresión	X		X		X		X	
2	Módulo de elasticidad	X		X		X		X	



Observaciones (precisar si hay suficiencia):

.....  
Opinión de aplicabilidad:

Aplicable ( **X** ) Aplicable después de corregir (    ) No aplicable (    )

Apellidos y nombres del juez validador: Luis Mariano Villegas Granados

Especialidad: Ingeniero Civil



Luis Mariano Villegas Granados  
Reg. CIP: 75063  
Juez Experto

**Colegiatura N° 20853**

**Ficha de validación según AIKEN**

**xvi. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Pedro Manuel Ballena Del Rio	Docente a tiempo de la Universidad Señor de Sipán. Gerencia de Obras y Construcción	Resistencia a la compresión y Módulo de elasticidad	Jhan Brinner Bereche Bello
<b>Título de la Investigación:</b> Influencia del material refractario sustituyendo el agregado fino en la resistencia a la compresión del concreto sometidas a altas temperaturas			

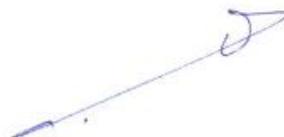
**xvii. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Resistencia a la compresión	A	CONFORME
Módulo de elasticidad	A	CONFORME

**xviii. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Concreto</b>								
1	Resistencia a la compresión	X		X		X		X	
2	Módulo de elasticidad	X		X		X		X	




Observaciones (precisar si hay suficiencia):

.....  
Opinión de aplicabilidad:

Aplicable ( **X** ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: Pedro Manuel Ballena Del Rio.

Especialidad: Ingeniero Civil

  
Pedro Manuel Ballena Del Rio  
Reg. CIP: 20853  
Juez Experto

**Anexo 24:** Autorización para el recojo de información.



Prolongación Bobgnesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceirl@gmail.com

**AUTORIZACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN**

**Pimentel, 02 de Noviembre de 2022**

**Quien suscribe:**

**Sr. Wilson Olaya Aguilar**

**REPRESENTANTE LEGAL DE LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES LEMS W&C**

**AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado:**

**INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS**

Por el presente, el que suscribe, Wilson Olaya Aguilar representante legal de la empresa Laboratorios de suelos y materiales LEMS W&C, AUTORIZO al estudiante: Bereche Bello Jhan Brinner, identificado con DNI N° 74304315, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, y autor del trabajo de investigación denominado INFLUENCIA DEL MATERIAL REFRACTARIO SUSTITUYENDO EL AGREGADO FINO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS, al uso de dicha información que conforma el expediente técnico así como hojas de memorias, cálculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.

**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS  
**Wilson Olaya Aguilar.** DNI N°41437114

Cargo de la empresa: Tec. Ensayos de materiales y suelos