



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima — 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Br. Pairazaman Garrido, Christel Anai (ORCID 0000-0002-9521-9309)

**ASESOR:**

Dr. Ing. Tello Malpartida, Omart Demetrio (ORCID: 0000-0002-5043-6510)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LIMA – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a mis padres  
y hermanas, quienes me apoyaron sin  
condición alguna durante todo este  
proceso.

## **AGRADECIMIENTO**

A los docentes de la Escuela Académica de Ingeniería Civil, por llenarme de conocimientos y formarme como la profesional que busco ser, y en especial a los asesores quienes me guiaron a lo largo de la presente tesis.

A mis padres, por apoyarme, por inspirarme cada día a ser mejor persona, por ser mi roca y mi motivo más grande para superarme, por enseñarme que puedo ser fuerte, valiente y tenaz.

A mis hermanas, Milagros y Hayley, por hacerme sonreír en los momentos más duros, por ser mis mejores compañeras y amigas.

A Seventeen, por estar ahí para mí sin siquiera saberlo, por enseñarme que cualquier cosa puede ser posible, y que los sueños están a nuestro alcance si trabajamos por ellos.

A cada persona que me apoyó a lo largo de este camino lleno de altos y bajos, por animarme a continuar y por esperar siempre lo mejor para mí.

## **PÁGINA DEL JURADO**

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, **PAIRAZAMAN GARRIDO, Christel Anai** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

**“Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima - 2019”**, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 19 de diciembre de 2019

Apellidos y Nombres del Autor <b>PAIRAZAMAN GARRIDO, Christel Anai</b>	
DNI: 75915934	Firma 
ORCID: 0000-0002-9521-9309	



## ÍNDICE

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Índice .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO .....</b>	<b>30</b>
2.1 Diseño de investigación.....	31
2.2 Operacionalización de variables.....	32
2.3 Población, muestra y muestreo.....	33
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	35
2.5 Métodos de análisis de datos .....	37
2.6 Procedimiento.....	37
2.7 Aspectos éticos .....	38
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>60</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>

## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal analizar la variación en las propiedades mecánicas del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas. Se tuvo una metodología de diseño experimental, de tipo cuantitativa y a un nivel correlacional, fabricando así, 24 probetas cilíndricas y 12 vigas de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , y 24 probetas cilíndricas y 12 vigas de  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ . Teniendo un total de 72 muestras. Estas se dividieron según su  $f'c$  de diseño y posteriormente en grupos según: Ensayos a Compresión, Tracción y Flexo-Tracción. Para cada ensayo se tuvo una muestra de 3 probetas/vigas por temperatura ( $500^\circ\text{C}$ ,  $600^\circ\text{C}$ ,  $700^\circ\text{C}$  y una temperatura patrón). Los ensayos y resultados fueron trabajados en el distrito de San Martín en el laboratorio MTL Geotecnia, siguiendo las normas del ACI y NTP. Los ensayos a compresión para  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  presentaron fallas de temperatura antes de llegar a los  $700^\circ\text{C}$  y antes de los  $600^\circ\text{C}$  para  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ . Los ensayos de tracción obtuvieron valores menores a los permitidos antes de llegar a los  $500^\circ\text{C}$  en ambos tipos de concreto, y los ensayos realizados a vigas presentaron fallas a flexo-tracción entre la temperatura patrón y la temperatura de  $500^\circ\text{C}$ . Finalmente se determinó que las variaciones entre las tres temperaturas así como el  $f'c$  de diseño son factores que no afectan de forma crítica a las propiedades del concreto, ya que, de igual forma las altas temperaturas producirán una reducción en las propiedades mecánicas del concreto.

**Palabras clave:** Propiedades Mecánicas del Concreto, Altas Temperaturas.

## ABSTRACT

This thesis has as its objective analyze the variation in the mechanical properties of the hardened concrete of different qualities at high temperatures. The methodology used was experimental, quantitative type and in a correlational level, 24 cylindrical concrete test tubes and 12 beams of  $f'c = 210\text{KG} / \text{cm}^2$ , and 24 cylindrical concrete specimens and 12 beams of  $f'c = 420\text{kg} / \text{cm}^2$  were manufactured. Having a total of 72 samples. They were divided according to their  $f'c$  design and subsequently in groups according to the Compression, Traction and Flexion tests. For each test, it was used a sample of 3 cylindrical concrete test tubes / beams per temperature (500 ° C, 600 ° C, 700 ° C and a pattern temperature). The trials and results were worked in the district of San Martin in the MTL laboratory Geotechnics, following the rules of the ACI and NTP. The  $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$  compression tests showed temperature failures before reaching 700 ° C and before 600 ° C for  $f'c = 420\text{kg} / \text{cm}^2$ . The tensile tests obtained values lower than the allowed ones before reaching 500 ° C in both types of concrete. Lastly the tests carried out on beams showed flexion failures between the standard temperature and the temperature of 500 ° C. As a final conclusion it is able to say that the variations between the high temperatures and the  $f'c$  of design are not a critical factor on the evaluation of this properties, because the mere exposition of concrete at any high temperature will produce a reduction on the mechanical properties.

**Keywords:** Mechanical Properties of Concrete, High Temperatures



**CAPÍTULO I**  
**I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA**

El mundo no es ajeno a los incendios, desafortunadamente cada cierto tiempo nos enteramos mediante las noticias sobre alguna edificación envuelta en llamas, siniestros que ponen en riesgo no sola la vida de las personas, sino que también causan inestabilidad en las estructuras que las sufren.

Un incendio en un centro deportivo en Jecheon, Corea del Sur, dejó 29 personas fallecidas y 26 heridas, el fuego se inició en el estacionamiento y atrapó a las personas que se ubicaban en los primeros pisos (CNN, 22 de diciembre de 2017).

América Latina también ha tenido su propia dosis de incendios a lo largo de los años, incendios en prisiones, en discotecas, recintos y supermercados, es muy improbable que exista un solo país que no haya visto marcado sus días por siniestros de este tipo.

En el 2009, unos vehículos guardados en el almacén de una guardería de México, se recalentaron soltando pequeñas chispas que luego desencadenaría un incendio que se llevaría la vida de 49 niños (Notimérica, 05 de junio de 2018).

Por otro lado, en marzo del 2019, una tienda por departamentos de Chile de cuatro pisos se vio envuelta en un incendio similar. Si bien, no hubieron pérdidas humanas, una bombero voluntaria resultó herida, y a su vez se presume que los daños que dejó el siniestro fueron multimillonarios, con respecto a la estructura tanto el primer como el segundo piso se vieron afectados al punto que la estructura se vio comprometida (Stuardo, 20 de marzo de 2019, Periódico BBCL).

Así mismo, nuestro país ha sido víctima de distintos incendios a lo largo del presente año. Durante el 2018 se presentaron al menos 5882 casos de incendios en Lima y Callao, siniestros que, afectan a la población tanto directa como indirectamente (Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú, 2018).

Tan solo en lo que va del presente año, Mesa Redonda volvió a ser centro de atención debido a un incendio que nos hace recordar lo ocurrido en el año 2001 que se llevó consigo 277 personas y que sometió a muchos otros a daños físicos y materiales. En esta oportunidad, se utilizaron más de 40 unidades otorgadas por los Bomberos del Perú, el incendio fue catalogado como código, que significa “fuera de control”, tal y como se puede observar en la figura 1 (El Comercio, 19 de abril de 2019).

Al ser el concreto uno de los materiales más usados en la construcción de almacenes o tiendas por departamento en nuestra capital, y al tener estos lugares una gran concurrencia de personas, surge la duda de la reacción del concreto ante el fuego; y la manera en la que esta afecta a la infraestructura.

Es por ello que, la presente tesis busca evaluar las variaciones de las propiedades mecánicas del concreto ante altas temperaturas.



*Figura 1.*Incendio en mesa redonda 2019.

## 1.2 TRABAJOS PREVIOS

### INVESTIGACIONES NACIONALES

Los bachilleres Chauca, D. y Cruz, M., presentaron la tesis **“Evaluación del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a altas temperaturas”** (2014), tesis encontrada en la Universidad Nacional de Santa, ubicada en Chimbote — Perú.

El objetivo era reconocer el impacto a la resistencia de compresión que tienen las temperaturas 500°C a 800°C sobre 28 probetas de concreto con  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> y un  $a/c=0.56$  expuestas a las temperaturas ya mencionadas.

Las probetas se dividieron en 04 grupos. Cada grupo fue expuesto a una temperatura distinta (500°C. 550°C. 600°C. 650°C. 700°C. 800°C). Los autores siguieron el procedimiento de la norma ASTM C-39 (Método de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto).

Las probetas, una vez calentadas se dejaron enfriar para hacerle luego, las mediciones que corresponden a sus propiedades físicas (peso, diámetro); luego se procedió a ensayarlas a compresión.

Los valores obtenidos de  $f'c$  variaron entre 122.74 Kg/cm<sup>2</sup> a 78.24 Kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo al final de su estudio que el principal motivo de falla en las probetas se debía a la pasta, y a la composición de la misma.

Los autores mencionan que, la relación agua/cemento es un factor muy importante para la variación de resistencia a la compresión ante el fuego. Así como también, que la temperatura a la que más parecía sufrir el concreto prevalecía entre los 500° y 550°C.

Huincho, M. en el año 2017, tesis ***“Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo”*** de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Tuvo como objetivos principales, determinar el efecto del fuego directo en las propiedades mecánicas del concreto convencional para tres relaciones  $a/c$  (0.6, 0.65 y 0.7), y el determinar el efecto del fuego directo en la estructura física del concreto, para las temperaturas alcanzadas (Temperaturas que varían entre 100°C y 900°C).

El autor elaboró en total 384 muestras (360 de 4"x8" y 24 de 6"x12") de concreto con cemento Portland tipo I, probetas que se sometieron a un proceso de curado de 42 días, que luego se dejaron airear para obtener probetas cuya superficie fuese seca.

De las probetas/muestras realizadas, se sometió 60 muestras a ensayos de compresión, 60 muestras a ensayos de tracción y 8 muestras a ensayos de elasticidad.

Reservó sub-grupos de 15 probetas para ser su muestra patrón (aquellas que no fueron sometidas a fuego directo), el resto fueron quemadas por un lapso de 1 a 3 horas.

El autor monitoreó la temperatura con un termómetro laser de alta precisión, el combustible usado fue madera reciclada de construcción y el horno fue diseñado por él mismo.

Luego de los ensayos realizados, Huincho logró evaluar la pérdida de masa, la pérdida de la resistencia en compresión, tracción y del módulo elástico, entre otros. Finalizada la investigación se llegó a la conclusión que el tipo de relación agua/cemento que tenía la mayor resistencia a la compresión y elasticidad era el de 0.60, y el que sostenía mayor los esfuerzos a tracción eran a/c 0.65. Sin embargo, estableció que todas las probetas tuvieron variaciones en su masa, y presentaron fisuraciones.

Oncoy, J. (2018) **“Comportamiento de la resistencia del concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  expuesto a cambios bruscos de temperaturas, debido a la extinción de un incendio”** de la Universidad César Vallejo, evalúa qué efectos originan el cambio brusco de temperatura en una situación de exposición al fuego del concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ .

La autora utilizó las temperaturas de 350°, 450°, 550°, 650° y 750° en 18 probetas con un  $f'_c$  de  $210\text{Kg/cm}^2$  con un  $a/c=0.56$ , el cemento que se utilizó fue Pacasmayo Tipo I.

La autora tomó 3 de las 18 probetas para establecerlas como su muestra base (aquellas que no serán quemadas y servirán para comparar resultados), las otras 15 fueron quemadas en grupos de a 3. La primera temperatura fue de 350°C y aumentó en intervalos de 100°C hasta llegar a los 750°C.

Cada probeta pasó por un curado de 28 días, luego de haber expuesto las 15 probetas al fuego, sufrieron un cambio de temperatura ante el contacto inmediato del agua.

Seguidamente, se les realizó el ensayo a compresión pertinente, siendo el  $f'c$  mínimo obtenido=102.67 Kg/cm<sup>2</sup>

La autora afirma que, la caída de resistencia a la compresión decae dramáticamente a partir de los 550°C, momento en el cuál el concreto pasa de ser un concreto estructural a un concreto simple. Después de modelar un edificio típico de 5 pisos en el programa ETABS bajo estas condiciones, la autora asegura que, una edificación se vuelve insegura de manera inmediata al extinguir la temperatura de 550° con agua.

## INVESTIGACIONES INTERNACIONALES

Alvarado, G. (2016). *“Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego”*. En la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica en Ecuador, busca conocer las propiedades físicas y mecánicas, particularmente la resistencia a la flexo-tracción que tiene el acero de refuerzo ante la exposición al fuego en periodos de 30 minutos. Siendo su objetivo principal verificar el comportamiento que puede presentar el Concreto estructural expuesto al fuego, así como el determina sus propiedades físicas y mecánicas

El autor clasifica su tesis como un estudio exploratorio, descriptivo y de laboratorio. Realizó 20 probetas (vigas) de hormigón armado. Las probetas buscan asemejarse a un tramo de viga de 15cm\*15cm, con acero longitudinal de 4 10mm y refuerzo transversal de 7 8mm @10cm, cuyo  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> y  $Fy=4200$  Kg/cm<sup>2</sup>.

Muestras que clasificó en dos grupos, las que no expuso a fuego y las que tuvieron contacto directo al fuego, el autor separó el ensayo en dos etapas.

En la primera realizó el quemado en tres tandas. Existieron tres grupos con tres vigas cada uno, además de la Viga A (viga muestra que no fue expuesta al fuego), así mismo, el tiempo al que expuso las vigas al fuego aumentaron en intervalos de 30 minutos (hasta llegar a los 90 minutos).

La segunda etapa también tuvo tres grupos con tres vigas cada uno, la diferencia se da en la cantidad de tiempo al que las vigas estuvieron expuestas al fuego (120, 150 y 180 minutos respectivamente), además de una Viga B que fue la no expuesta al fuego.

Tanto la Viga A como la Viga B, le sirvieron al autor para realizar una comparación de resultados.

El quemado se realizó en un horno cuyas temperaturas variaban entre 700°C y 1100°C, luego de haber quemado cada probeta se las dejó enfriar por un lapso de 24 horas, posteriormente las ensayó a flexo-tracción con los parámetros establecidos en la ASTM C78 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto, usando una viga simple con carga en los tercios del claro).

Alvarado determinó que, la resistencia a la flexión disminuye en función a la temperatura y al tiempo al que fue expuesto a la misma; donde los cambios más evidentes en el aspecto físico son, fisuras, agrietamientos y cambios de color en las probetas.

Así mismo menciona que, el concreto es un buen aislante térmico para el acero, pero que si se le expone a temperaturas superiores a 950°C por lapsos largos de tiempo, presentará cambios tanto internos como externos.

Figuroa, D. y Bello, J. (2018). **“Evaluación y diagnóstico de la resistencia a compresión y a flexión del concreto simple después de expuesto a 450°C”**. Tesis encontrada en la Universidad Católica de Colombia.

Evalúa las propiedades a compresión y flexión del concreto en tres estados diferentes, el primero en condiciones normales, el segundo luego de ser expuesto a una temperatura promedio de 450°C y el último concreto expuesto a la misma temperatura, pero con un aditivo reductor de agua. Siendo su objetivo principal estudiar el comportamiento de la resistencia a compresión y flexión del concreto simple en presencia de una alta temperatura.

Las viguetas sometidas a flexión tenían dimensiones de 8.5cm\*7.5cm\*24cm, por otro lado, las probetas para ensayos de compresión tuvieron la medida determinada según la Norma ASTM C39 y ASTM C192 (Método de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto).

La dosificación de mezcla utilizada para los ensayos fue de 1:2:2 (dosificación elegida por el autor), el aditivo utilizado en el último estado a ensayar fue uno de alto poder (reduce la permeabilidad de la mezcla y acelera la resistencia del diseño).

Cada probeta y vigueta pasaron por curado de 7, 14 y 28 días, luego cada una fuer expuesta a 450°C por una hora, y luego sometidas a los ensayos de compresión y flexión.

El autor menciona como conclusión que, conforme aparecen fisuras la resistencia a la compresión y flexión de las probetas disminuye, así mismo, dice que, al ser expuestos a los ensayos necesarios presentaron cambios físicos y alteraciones mecánicas según el tiempo y la temperatura a la que fueron expuestos.

Por otro lado, los aditivos reductores de agua ayudaron a disminuir los efectos causados por el fuego, estas probetas presenciaron daños ligeramente menores; tampoco se generaron gases tóxicos.

Como conclusión final, el autor menciona que, a menor cantidad de poros menor daño.

El artículo publicado por Drzymala, Jackiewicz-Rek, Tomaszewski, Kus, Galaj y Šukys titulado “*Effects of High Temperature on the Properties of High Performance Concrete (HPC)*” (Efectos de altas temperaturas en las propiedades del Concreto de Alta Resistencia), publicado en el año 2016 en Polonia por la Escuela principal de Servicios del fuego, la Universidad de Tecnología de Warsaw y la Universidad Tecnológica Vilnius Gediminas; evalúa los cambios de las propiedades físicas y mecánicas del concreto de alta resistencia expuesta a las altas temperaturas.

Los autores utilizaron tres tipos de concreto modificado, el primero con aire incorporado, fibra reforzada de polipropileno y el concreto referencial con una dosificación de  $a/c$  constante (concreto de alta resistencia según la normativa de Polonia), las temperaturas a las que fueron expuestas las probetas son de 300°C, 450°C y 600°C, siendo este un artículo experimental.

Cada probeta fue realizada bajo las mismas condiciones de  $a/c=0.30$ , así mismo, pasaron por un proceso de curado de 28 días, luego del cual fueron secadas mediante hornos a una temperatura constante de 105°C por otros siete días. Finalmente la temperatura que tuvieron antes de ser ensayadas fue la temperatura ambiente (20°C).

Luego del quemado de probetas y spalling de los ensayados mecánicos que se les realizaron, los autores llegaron a la conclusión que, calentar las probetas a 300°C incrementaba la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia en relación al reto, y que al ser calentada a 450°C su resistencia decaía en todos los casos, así mismo pierden densidad, se vuelven más frágiles y cambian de color.



Xiao, J., Xie, Q. y Xie, W. (2016), publicaron un artículo titulado “*Study on high-performance concrete at high temperatures in China*” (Estudio del concreto de alta resistencia ante altas temperaturas en China), publicado en el Manual de Seguridad ante el fuego (Fire Safety Journal – Vol. 95). Dicho artículo, evalúa el riesgo al que se expone un concreto de alta resistencia ante altas temperaturas en China durante un periodo de 12 años (desde el 2004 hasta el 2016).

Los autores hicieron comparaciones entre los estudios ya antes realizados sobre las propiedades mecánicas de este tipo concreto en condiciones normales o ideales. Centrándose en la expansión térmica que sufre el concreto, y en la forma que esto afecta al desprendimiento.

Finalmente realizaron un resumen de las propiedades mecánicas que tenía el concreto luego del periodo de exposición térmica, así mismo, generaron sugerencias para el tipo de seguridad que se debe tener con las estructuras que trabajan con un concreto de alta resistencia (HPC).

El artículo titulado “*Behavior of concrete reinforced with polypropylene fiber exposed to high temperatures*” (Comportamiento del concreto reforzado con fibra de polipropileno expuesto a altas temperaturas) publicado en el año 2018 en la Universidad Federal de Ceará-Brazil, por los autores Amancio, F., de Carvalho, M., de Oliveira, A. y Bezerra, A., busca analizar el comportamiento de un concreto de 30 MPa reforzado con fibra de polipropileno ante las temperaturas de 200°C, 400°C, 600°C y 800°C por un periodo de 30 minutos.

Para ello, utilizaron probetas con una dosificación de a/c de 0.54, y con cantidades de polipropileno de 1.20 kg/m<sup>3</sup>, 1.80 kg/m<sup>3</sup> y 2.40 kg/m<sup>3</sup>. Siendo su principal objetivo el determinar la reducción obtenida en la resistencia a la compresión y el factor de reducción de masa.

Teniendo como resultados que, la fibra contenía la interacción entre el fuego y el concreto de forma significativa, de tal forma que, la resistencia al concreto (luego de ser expuesta al fuego) no se veía tan afectada en comparación a las probetas de concreto sin fibra.

### **1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA**

#### **Altas Temperaturas**

Dentro de la termodinámica existen dos magnitudes importantes, siendo estas el calor y la temperatura. Nogales, F. la define a la temperatura como: “[...] La magnitud escalar de la energía interna de un sistema termodinámico. Siendo una de sus escalas la del Grado Centígrado (°C) [...]” (2015, p. 30)

Así mismo, Fernandez y Pujalnos (2006) dicen que, la temperatura puede medirse por los efectos que produce sobre los cuerpos, o por la forma que la que varía y origina fenómenos físicos.

Ahora tengamos en cuenta que existen diversos tipos de medición de temperatura, siendo el más común el termómetro. Establecido esto, nos preguntamos ¿A qué nos referimos con altas temperaturas?

Por ejemplo, si algo está más caliente a la temperatura natural de nuestro cuerpo diremos que posee una “temperatura superior”.

Supongamos que tenemos una probeta de concreto, ya ha pasado por su respectivo proceso de curado y su temperatura actual es la temperatura ambiente (que varía entre 20°C y 25°C), esta es la temperatura normal que suele tener, por lo que, la llamaremos su temperatura base.

Esta probeta será sometida a las llamas de fuego directo, lo que elevará su temperatura por encima de los 200°C. Esta puede ser considerada una temperatura alta ya que, sobrepasa por mucho a su temperatura estándar. A este proceso de transmisión de calor se le conoce como convección.

Con respecto a la convección, Drysdale (1998) la define cómo: “[...] La convección en este contexto es la transferencia de calor de un fluido (en este caso, aire, llamas o productos de combustión) a una superficie (sólida o líquida)” (p. 413).

#### **Combustión**

Sánchez nos dice que, la combustión es una reacción química de oxidación, producida debido al flujo de calor que se emite al reaccionar ante ciertos reactivos, ocasionando así un alto nivel térmico (2011, p. 10).

Es entonces que se establece el famoso triángulo con los tres componentes, tal y cómo se observa en la figura 2, estos son necesarios para que se produzca la combustión: oxígeno, calor y combustible.



*Figura 2.*Elementos que se necesitan para la combustión.

### **Tipos de Fuego**

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 350.021, 2012), y tal como se observa en a figura 3, existen 5 clasificaciones de fuego:

- Clase A: Combustión de solidos comunes tales como el papel, madera, tela, paja, caucho y otros tipos de plástico; que pueda formar brasa y residuos.
- Clase B: Producido por líquidos inflamables como el petróleo y sus derivados, aceites, alquitranes, bases de aceite para pinturas, lacas, alcoholes y gases inflamables.
- Clase C: Fuego producido en o por sistemas eléctricos.
- Clase D: Producido por metales combustibles, como el magnesio, titanio, sodio, litio y otros.
- Clase K: Fuego producido con medios combustibles para cocinar (pp. 2-3).



Figura 3. Símbolos gráficos o pictogramas.

### Incendios y su temperatura

Drysdale menciona al respecto que un incendio es ocasionado debido a la falta de control que se tiene a partir de una combustión, que puede darse debido a materiales combustibles que están cerca al día a día de cada persona, tanto en los hogares como en los centros de trabajos o estudios, así como también en los sólidos, líquidos y gases producidos o utilizados por las áreas industriales y de comercio (1998, P. 41.2).

Es decir, un incendio puede ser ocasionado gracias a cualquier material combustible que se tenga al alcance, el nivel de llamas descontrolado es aquel que nos hace llamarle incendio.

Con respecto a las temperaturas a la que puede alcanzar diremos que depende del material que va a arder. Por ejemplo, en los incendios forestales la temperatura suele ir entre 500°C y 1300°C. (Zárate, 2004, p. 78). Con respecto a materiales combustibles, como el concreto, Huincho nos dice que sus temperaturas máximas alcanzadas oscilan entre 800° y 1000°C (2017, P.19).

### Reacción del concreto ante un incendio

A diferencia de muchos otros materiales de construcción el concreto presenta ventajas bastante variadas, la durabilidad, el bajo costo de mantenimiento, su alta resistencia a la compresión y más. Sin embargo cuando

se habla del fuego, podemos decir que dependerá del nivel de temperatura e intervalos de tiempo al que fue sometido (Harmsen, 2005, p. 2).

Una empresa de seguros de Madrid (13 de junio de 2011), nos dice que el punto crítico se sitúa en los 380°C, pues es aquí donde el concreto empezaría a verse afectado (siempre y cuándo hablemos de largos lapsos de tiempo).

Nos dicen también que a los 400°C pierden un 15-25% de su resistencia, y que cuándo la temperatura se sitúa por encima de los 800°C (una de las máximas temperaturas que podrá alcanzar), dejará de tener una resistencia a la compresión confiable, y que, una vez enfriado se debilitará aún más.

Con respecto al acero, podemos decir que el concreto es ligeramente más resistente a las altas temperaturas, sin embargo, en una estructura convencional es el concreto quién tendrá mayor (si no es toda) exposición al fuego.

Así mismo, Asefa Seguros nos dice que 4 principales daños que pueden ser ocasionados al concreto como material estructural:

- Daños a su adherencia (entre el acero y el concreto que lo recubre).
- Pérdida de su masa (Efecto Spalling – desprendimiento por explosión del concreto).
- Disminución de su resistencia.
- Daño o destrucción de las juntas (Puede llevar al colapso de la estructura).

### **Principales incendios en el Perú**

Aunque el incendio ocurrido en Mesa Redonda por el año 2001 es probablemente uno de los más emblemáticos y trágicos de nuestro país, cabe resaltar que no es el único que ha tenido lugar en el Perú.

El 20 de julio de 2002, veintinueve jóvenes perdieron la vida en una discoteca, llamada Utopía, no autorizada en el Jockey Plaza.

Por otro lado, el 19 de octubre de 2016, uno de los almacenes del Ministerio de Salud y una fábrica de zapatos se vieron envueltas en llamas, lo que ocasionó el fallecimiento de tres bomberos que intentaban aplacar el siniestro.

Un mes después, una sala de cine de Multicines UVK ubicada en el Larcomar fue centro de un incendio que acabó con la vida de cuatro personas.

El Callao tuvo también un incendio en el medio de una zona industrial, el día 13 de junio de 2017, con llamas que alcanzaron código 4 y que afectó los almacenes de DHL, Dinet y Palmosa. Once días después la galería Nicolini ubicado en Las Malvinas, también pasó por un suceso similar obteniendo como resultado la destrucción de aproximadamente 500 puestos comerciales y la muerte de dos jóvenes que se encontraban encerrados en su centro de trabajo (El Comercio, 27 de junio de 2017).



*Figura 4. Galería Nicolini.*

En junio de 2019, en el distrito de Chorrillos, un almacén de soldadura y madera se vio consumido por las llamas, que terminó afectando 8 viviendas contiguas (El Comercio, 08 de junio de 2019).

Así como los incendios anteriormente mencionados existen muchos otros, ya sean de gran o poca envergadura nos queda claro que, sus consecuencias afectan de manera negativa a la población y las estructuras.

### **Normas Peruanas ante incendios**

En el Perú existe desde hace más de 35 años el Comité Técnico Permanente de Normalización en Protección de Incendios, quienes se han encargado de la creación de las distintas normas, que existen en el país, de fuego, incendios, extintores y otros. Siendo algunas de ellas:

- NTP 350.025 — Extintores de Agua.
- NTP 350.026 — Extintores de Polvo Químico Seco.
- NTP 350.027 — Extintores de Gas Carbónico.

- NTP 350.032 — Extintores de Polvo Químico Seco.
- NTP 350.037 — Extintores Rodantes.
- NTP 350.021 — Clasificación de fuegos y su representación gráfica.
- NTP 350.062 — Capacidad Efectiva de Extinción.
- NTP 833.026 — Servicios de Mantenimiento y Recarga, Requisitos de Equipamiento.
- NTP 833.030 — Extintores: Rotulado.
- NTP 833.034 — Extintores: Verificación (Palma, agosto de 2010, pp. 1-67).

### **Propiedades Mecánicas del Concreto endurecido**

Soboyejo, W. define a las propiedades mecánicas como la respuesta de un material determinado ante cargas o deformaciones. Menciona también que, para entender completamente la naturaleza de las propiedades mecánicas es necesario conocer el material y el comportamiento que tiene (P. 1, 2003).

### **Componentes del Concreto**

Sanchez de Guzman define al concreto como, una mezcla entre mortero y agregado grueso. Siendo el mortero, una mezcla entre la pasta (Cemento Portland, agua y aire) y agregado fino. (2001, p. 23).

### **Cemento Portland**

El blog UMACON nos dice que, el cemento Portland es de tipo hidráulico, que al ponerse en contacto con otros componentes (como el agua) desarrolla la capacidad de transformarse en una pasta resistente a la que definimos como hormigón.

Existen diferentes tipos de Cemento Portland entre los cuales están:

- a) Tipo 1: Usado en obras de ingeniería generales, un cemento normal.
- b) Tipo 2: El cemento es modificado (situaciones de calor moderado).
- c) Tipo 3: Recomendado para cuando se necesite resistencia acelerada, al fraguar es más resistente que los primeros dos tipos.

- d) Tipo 4: Cemento que gana resistencia de forma gradual.
- e) Tipo 5: En caso se necesite una alta resistencia a los sulfatos (28 de marzo de 2017).

Al cemento Portland se le aplican diversos tipos de ensayos tales como, velocidad de fragua, composición química y resistencias mecánicas.

### **Agregados**

El blog Yura (27 de septiembre de 2018) afirma que, los agregados tienen una participación del 60% — 75% dentro de la mezcla de concreto, volviéndose así como el material que tiene mayor presencia dentro de la mezcla y que a su vez influye en las propiedades tanto físicas como mecánicas del concreto.

Así mismo, son definidos por el blog como un conjunto de partículas que encuentra su origen en la naturaleza o incluso de forma artificial (debido a que pueden pasar por un tratamiento). Su tamaño varía desde grandes piedras hasta partículas diminutas, que al mezclarse con el cemento y el agua conforman al concreto (párr. 1).

Al ser parte esencial de la fabricación del concreto se debe tener cuidado al elegir de donde obtener este material y a su vez, la forma en la que será transportada. Esto, con el afán de tener un material con la mejor calidad posible que nos permita tener un concreto en óptimas condiciones, siempre cumpliendo con la NTP 400.037 (Norma Técnica Peruana para Agregados) y con la ASTM C33 (Especificación normalizada de Agregados para Concreto).

Los agregados pueden ser divididos en dos grandes grupos gracias a la granulometría, que mediante ensayos con tamices determinará el tamaño de las partículas. La granulometría nos permitirá conocer el módulo de fineza, el tamaño máximo y el tamaño máximo nominal.

Para ello existe una tabla con valores de tamices ya establecidos por la NTP. La clasificación de los agregados será obtenida mediante instrumento, tales como: tamices, balanzas y agitadores mecánicos de Tamices.



**Tabla 1.** Tamices Normalizados para análisis granulométricos.

Agregado	Tamices Normalizados
<b>FINO</b>	150 $\mu$ m (N° 100)
	300 $\mu$ m (N° 50)
	600 $\mu$ m (N° 30)
	1.18 mm (N° 16)
	2.36 mm (N° 8)
	4.75 mm (N° 4)
<b>GRUESO</b>	9.50 mm (3/8)
	12.5 mm (1/2)
	19.0 mm (3/4)
	25.0 mm (1)
	37.5 mm (1 1/2)
	50.0 mm (2)
	63.0 mm (2 1/2)
	75.0 mm (3)
	90.0 mm (3 1/2)
	100.0 mm (4)

Fuente: Tabla de la NTP 400.011

### Agregados Finos

Osorio nos dice que, los agregados finos proporcionan la manejabilidad del concreto, de la misma forma, estos afectan a la cantidad de agua que se necesitará para la mezcla de concreto y así obtener un asentamiento óptimo (30 de abril de 2013, párr. 10).

Por otro lado, la NTP 400.011 nos dice que, este tipo de agregado, es aquel capaz de pasar el tamiz 4.75mm o tamiz N°4 y que queda retenido en la malla N°200. Las partículas de este agregado deben ser limpias, duras y resistentes. No deben tener contenido de polvo ni ninguna partícula externa que pueda ser perjudicial.

**Tabla 2.** Granulometría del agregado fino (NTP 400.037)

TAMIZ	PORCENTAJE DE PESO (MASA) QUE PASA			
	LÍMITES TOTALES	C*	M	F
9.50 mm 3/8"	100	100	100	100
4.75 mm N°4	95-100	95 - 100	89 - 100	89 - 100
2.36 mm N°8	80-100	80 - 100	65 - 100	80 - 100
1.18 mm N°16	50-85	50 - 85	45 - 100	70 - 100
0.60 mm N°30	25-60	25 - 60	25 - 80	55 - 100
0.30 mm N°50	10-30	10 - 30	5 - 48	5 - 70
0.15 mm N°100	2-10	2 - 10	0 - 12*	0 - 12

\* Incrementar a 5% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos.

Fuente: Zamora, C. (Influencia del uso de fibras de polipropileno fibromac en la resistencia a la compresión del concreto  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup>)

Así mismo, los autores Huincho (2017, p. 86) y Chauca y Cruz (2014, p. 172) implican que, los agregados finos tienen una función importante con respecto a la resistencia del concreto ante un incremento súbito de temperatura.

### **Agregados Gruesos**

Zamora (2014, p. 13-14) menciona que el agregado grueso es aquel retenido en el tamiz N°4, por lo general se incluyen la grava y la piedra. Para ello existe una tabla granulométrica (tabla 3), que muestra el tamaño nominal al que pertenece según el porcentaje que pasa por los tamices normalizados.

Este agregado deberá cumplir con las normas establecidas por el ASTM C33 y NTP 400.011, las cuales indican que; sus partículas deberán estar limpias y deberán ser químicamente estables.

### **Principales propiedades mecánicas del concreto**

#### **Resistencia a la Compresión ( $f'_c$ )**

La resistencia a la compresión es la capacidad que tiene un material, en este caso el concreto, para soportar cargas que buscan contraer al objeto. Podemos decir que existe una alta resistencia a la compresión cuando la deformación que presenta el elemento es mínimo con respecto al tamaño de su contenido, es decir, físicamente su altura se mantendrá relativamente inalterable (Sadun, 2013, p. 20).

Si nos centramos en el concreto, podemos decir que, esta es la propiedad mecánica de la que se habla con mayor frecuencia. Esto se debe a que, el concreto es muy resistente a este tipo de esfuerzos, así mismo, la resistencia a la compresión nos ayudará a diseñar el desempeño que tendrá nuestra estructura a lo largo de su vida útil y el determinar las cargas que podrá resistir nuestra estructura.

#### **- Normativa aplicable**

Proceso de Curado de Probetas:

- ASTM-192 — Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
- NTP 339.183 — Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.

Compresión a probetas:

- ASTM-C39 — Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- NTP 339.034 — Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

- **Especímenes e instrumentos**

Una vez conocida su importancia, debemos agregar que, para poder conocer los valores de la resistencia a la compresión es necesario realizar los ensayos pertinentes. Estos ensayos se realizan por lo general en probetas que han pasado por un proceso de curado (hidratación constante del concreto que busca llevar las resistencias a su punto máximo) de 7, 14 y 28 días. Las probetas deben realizarse con el concreto que se desea ensayar y tendrán forma cilíndrica de 6"x12" o 4"x8" (IMCYC, 2006, p. 21).

Existen diversos equipos que pueden realizar los ensayos a compresión en concreto, entre ellos la “Máquina universal utilizada para el ensayo de compresión” (que será la utilizada para esta tesis y se puede observar en la figura 5).



*Figura 5.* Máquina universal utilizada para el ensayo de compresión.

- **Proceso de ensayo**

Una vez obtenidas las probetas (recordar que deben ser tres probetas como mínimo, para poder obtener un promedio que se asemeje lo más posible a la realidad) se procederá a ensayarlas.



*Figura 6. Ensayo a la compresión.*

Las probetas cilíndricas serán sometidas a tres ensayos consecutivos de igual o superior resistencia especificada (IMCYC, 2006, p. 21). Se les aplicará una carga axial con velocidades dentro del rango establecido por la normativa. Esta carga debe ser constante hasta el momento en el que nuestra probeta falle, tal y como se muestra en la figura 6. Podemos decir entonces que, este ensayo es recurrente para obtener un control de calidad de nuestro concreto.

La ASTM C-39 nos dice que, la resistencia a la compresión no depende unitariamente de alguno de sus componentes, sino a la dosificación del mismo, a las condiciones de su proceso de curado, el proceso de mezclado y otros.

**Tabla 3.** Granulometría del agregado grueso (NTP 400.037).

TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
	100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	
	4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	
3 1/2" — 1 1/2"	100	90 - 100		25 - 60		0 - 15		0 - 15						
2 1/2" — 1 1/2"			100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5						
2" — 1"				100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5					
2" — N°4				100	95 - 100		35 - 70		0 - 30		0 - 5			
1 1/2" — 3/4"					100	90 - 100	20 - 55	0 - 15		0 - 5				
1" — N°4					100	95 - 100		35 - 70		10 - 30	0 - 5			
1" — 1/2"						100	90 - 100	20 - 55		0 - 5				
1" — 3/8"						100	95 - 100	40 - 85		0 - 15	0 - 5			
1" — N°4							100				1 - 10	0 - 5		
3/4" — 3/8"							100	90 - 100		0 - 15	0 - 5			
1/2" — N°4								90 - 100		20 - 55	0 - 10	0 - 5		
3/8" — N°8								100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5		
1/2" — 3/8"									100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5	
N°4 — N°8									100	90 - 100	20 - 35	5 - 30	0 - 10	
N°8 — N°16										100	85 - 100	10 - 40	0 - 10	

Fuente: Elaboración Propia.

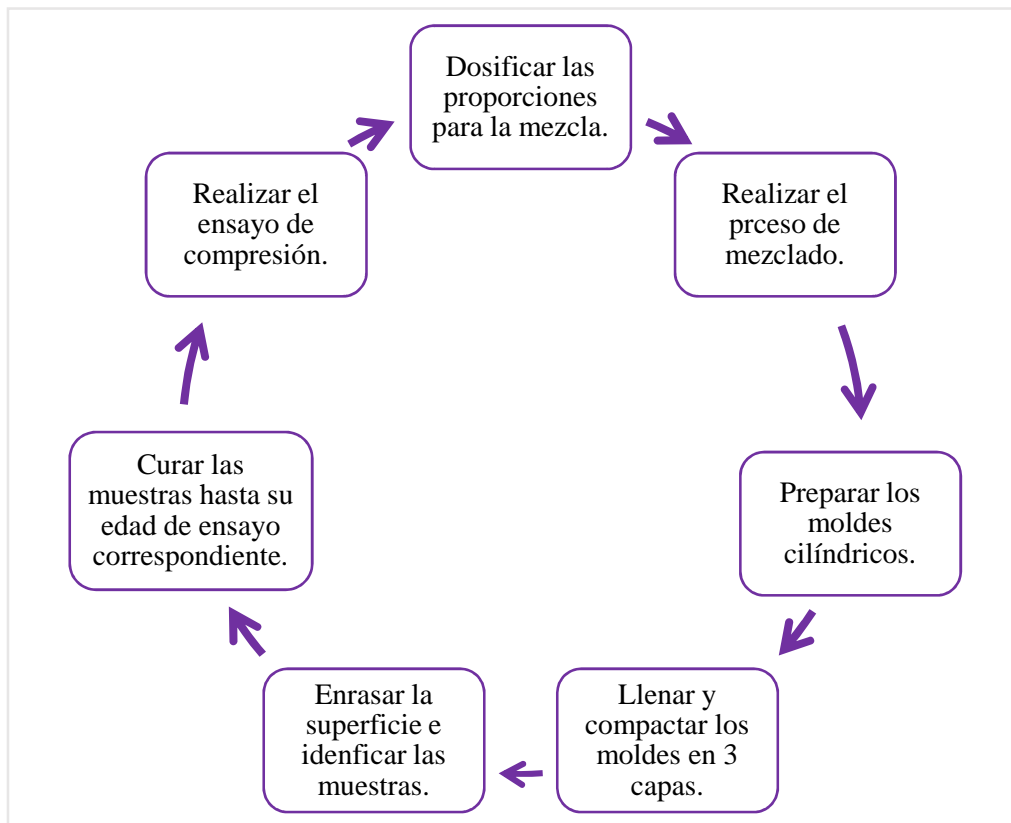


Figura 7. Esquema general para el ensayo de resistencia a la compresión. Aspilcueta, M. (2015).

### - Interpretación de Resultados

Según la NTP 339.034 existen 5 tipos de rotura que se pueden dar durante el ensayo a compresión del concreto.

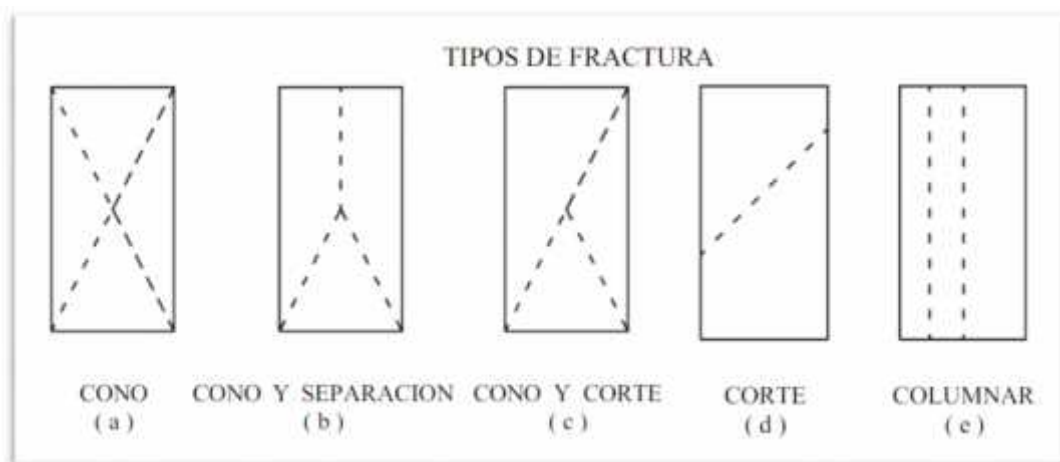


Figura 8. Tipos de fractura.

Se deberá llevar un registro del tipo de fractura que presenta cada probeta, pues así se podrá saber si la falla es frágil (cuándo se origina una grieta y esta se extiende rápidamente luego de muy poca deformación plástica) o dúctil (qué a diferencia del frágil tiene un periodo de deformación plástica más extenso).

### **Resistencia a la Tracción (ft)**

La resistencia a la tracción es una propiedad del concreto que se relaciona directamente con su vulnerabilidad al agrietamiento, lo que a su vez es de suma importancia para determinar la durabilidad del concreto, su porcentaje suele ser el 10% del  $f'c$  (Caldarone, 2008, p. 108), por lo que se dice que, la fortaleza del concreto se encuentra en su resistencia a la compresión y su debilidad en su resistencia a la tracción, sin embargo, es considerada como una propiedad importante para el diseño estructural (que es subsidiada con la incorporación de acero).

#### **- Normativa Aplicable**

Tracción a probetas:

- ASTM-C496 — Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- NTP 339.084 — Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

#### **- Especímenes e instrumentos**

Las probetas serán exactamente iguales que las utilizadas en el ensayo a compresión (6"x12" o 4"x8"). Teniendo en cuenta que, se desean ensayar las propiedades mecánicas de un mismo elemento, se deberá procurar que las probetas sean lo más homogéneas posibles.

No solo utilizar los mismos materiales y el mismo método de mezcla, sino también, un proceso de curado con las mismas condiciones de humedad.

En este caso también se procederá a ensayar 3 probetas para así obtener un resultado promedio.

Con respecto a la maquinaria a utilizar puede ser cualquier dispositivo que trabaje a tracción indirecta, que este certificado y perfectamente calibrado por un técnico especialista.

- **Proceso de Ensayo**

Este tipo de resistencia puede medirse con el Ensayo Brasileño / Split Test (o ensayo a tracción indirecta – figura 9), este es un ensayo de tracción indirecta que se realiza con probetas cilíndricas a los 22 días de curado a las cuales se les aplicará una fuerza de compresión.

Para este ensayo es necesario verificar que, la probeta no tenga contacto con ninguna parte de la máquina para que así, la fuerza aplicada por la máquina no tenga un efecto de choque, lo que ocasionaría que los resultados no sean confiables. Esta carga debe ser a su vez, constante y con crecimiento paulatino, y debe ser aplicada hasta que la probeta falle a tracción.



*Figura 9. Ensayo a tracción.*



- **Interpretación de Resultados**

La falla se encontrará ubicada de forma vertical, iniciando en el medio de donde se encuentra ubicada la banda y recorriendo la longitud de la probeta.

Otazzi (2004, p. 16), menciona que por lo general los resultados arrojados por este ensayo suelen ser:

$$f_{sp} = 1.7 f_c \text{ kg/cm}^2$$

(Cuándo  $f_{sp}=f^r$ ).

**Resistencia a la Flexo-Tracción ( $M_r$ )**

Para García, C. (2012), La resistencia a la flexo-tracción es considerada como la falla de resistencia por momento de una viga o una losa de concreto (p. 5).

- **Normativa Aplicable**

Flexo—Tracción a probetas:

- ASTM-C78 — Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
- NTP 339.078 — Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de tramo.

- **Especímenes e instrumentos**

A diferencia de los otros dos ensayos (compresión y tracción), el ensayo a flexo-tracción requiere vigas como material de muestra. El ensayo es realizado a vigas estándares de dimensiones 150\*150\*450mm, con un proceso de curado de 14 días.



Figura 10. Ensayo a flexo-tracción.

- **Proceso de Ensayo**

Se mide mediante ensayos en vigas de concreto, en las cuales se aplican cargas a los tercios de su apoyo, figura 10, o una carga en el punto medio (siendo la más usada la primera), esto es establecido por la ASTM C78 – C293.

Una vez que las vigas hayan pasado por su proceso de curado se colocarán en el equipo (teniendo en cuenta que al momento de ensayarlas, dichas vigas deben estar húmedas), luego y se le aplicarán las cargas de forma paulatina hasta que el espécimen ceda, de la forma en la que se observa la figura 11.

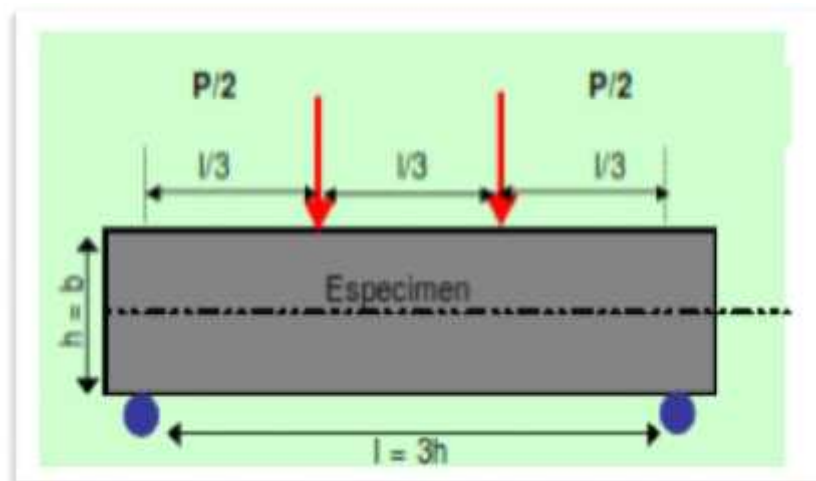


Figura 11. Cargas a tercios en una viga.

Ya obtenida la carga máxima que registró, se tomarán las dimensiones de la viga fracturada para poder obtener el módulo de ruptura.

- **Interpretación de Resultados**

Seguidamente se procederá a determinar el módulo de rotura:

$$M_r = \alpha \sqrt{f'c}$$

Siendo  $\alpha$  un valor entre 1.99 y 3.18. Se puede decir también que, el  $M_r$  es por lo general el 10-15% del  $f'c$  del concreto (García, 2012, p.).

Para obtener un resultado lo más apegado a la realidad se debe procurar que: las probetas (vigas) hayan tenido un proceso de curado uniforme, el tamaño de cada viga sea igual, las condiciones climáticas sean las más adecuadas y que la preparación y/o mezcla de los materiales se hayan realizado bajo lo que establece la norma.

## 1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### General

¿Cómo varían las propiedades mecánicas del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019?

### Específicas

¿De qué manera influyen las altas temperaturas en la resistencia a la compresión del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019?

¿Cuál será la variación de la resistencia a la tracción del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019?

¿Cuál será la resistencia a la flexo-tracción del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019?

## 1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

**Justificación Técnica:** El módulo de Elasticidad ( $E$ ) es una de las propiedades mecánicas más importantes del concreto, pues me permite conocer o determinar la carga axial que nuestro elemento podrá soportar. Este módulo puede ser calculado cómo  $E = 15000\sqrt{F'c}$ , un  $f'c$  que ante condiciones de temperatura extrema (contacto con el fuego) variará en sobremanera. Este estudio busca determinar cuál

sería la variación de dicho  $f'c$  y la forma en la que afectará al módulo de Elasticidad, que traerá por consecuencia un cambio en la resistencia de estructura.

**Justificación Teórica:** A pesar de que existen diversos estudios sobre el concreto ante fuego y/o altas temperaturas, hasta el momento no ha habido comparación entre los distintos tipos de resistencia al concreto y cómo varían sus propiedades mecánicas entre sí ante un posible incendio.

**Justificación Social:** Uno de los motivos de esta investigación es el de informar a personas que puedan verse afectadas por un incendio, para reconocer si es necesaria la demolición de la estructura o si quizá, un reforzamiento pueda ser suficiente para estabilizar dicha estructura. Así mismo, para crear conciencia que no es solo al fuego a quién se le debe temer, sino también a la inestabilidad que este pueda producir a la edificación.

## 1.6 HIPÓTESIS

### General

La exposición a altas temperaturas en las probetas de concreto endurecido de diferentes calidades reducirá sus propiedades mecánicas, Lima 2019.

### Específicas

La exposición a altas temperaturas en las probetas de concreto endurecido de diferentes calidades reducirá su resistencia a la compresión, Lima 2019.

La resistencia a la tracción de las probetas de concreto endurecido de diferentes calidades se verá reducida ante las altas temperaturas, Lima 2019.

Las vigas de concreto endurecido de diferentes calidades verá reducida su resistencia a la flexo-tracción ante la exposición a altas temperaturas, Lima 2019.

## **1.7 OBJETIVOS**

### **General**

Analizar la variación en las propiedades mecánicas del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019.

### **Específicos**

Determinar la variación en la resistencia a la compresión del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019.

Analizar la variación en la resistencia a la tracción del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019.

Determinar la influencia en la resistencia a la flexo-tracción del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019.

# **CAPÍTULO II**

## **II. MÉTODO**

## **2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

En este capítulo se explicara cómo se irá desarrollando la investigación con el fin de responder las preguntas hechas en el presente trabajo y por lo tanto probar la hipótesis. Se explicarán aspectos importantes del procedimiento, técnicas e instrumentos de medición.

Sobre la investigación experimental Rodriguez afirma qué se trata de una investigación progresiva que analiza y estudia una variable (experimental) que aún no ha sido comprobado pero que se mantiene en condiciones controladas, esto con la intención de averiguar las causales o el modo en las que se producen ciertos acontecimientos (2005, p. 25).

### **Tipo de Investigación**

Con respecto a la investigación cuantitativa, Borja (2012, p. 12) menciona qué esta clasificación se da por los datos que se analizarán a lo largo del estudio. El estudio cuantitativo invita a la recolección de datos y el análisis de ellos, estos datos deberán poder ser medidos de forma numérica (ya sea por conteo o por estadística).

Así mismo menciona que, dentro de un estudio cuantitativo es normal que se establezca más de una hipótesis y que existe un plan para poner a prueba las mismas. De los valores obtenidos en dicha prueba se obtendrán resultados numéricos con los que se trabajara luego las conclusiones.

En caso la conclusión obtenida le dé la razón a la hipótesis, se podrá decir que existe un sustento que genera confianza en la misma. Sin embargo, si esto no sucede, es decir, si la conclusión es opuesta a la hipótesis, se descartará.

### **Nivel de Investigación**

Borja menciona que, la investigación de nivel correlacional busca analizar la relación que hay entre dos variables que no sean necesariamente de causa y efecto.

Este tipo de investigación nos dice que, si se conoce la correlación existe la alta posibilidad que uno de los valores se pueda predecir de forma aproximada (2012, pp. 13-14).

## 2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

### Definición Conceptual

#### **Variable Independiente**

*Altas temperaturas.* “La temperatura es una propiedad termodinámica que en general se asocia con una sensación de ‘caliente’ o ‘frío’ [...] es asociada con el movimiento de las moléculas que conforman el sistema en cuestión. [...]. Al ser una propiedad termodinámica, la temperatura puede medirse de forma cuantitativa [...]” (Jiménez, Gutiérrez y Barbosa, 2014, p. 16).

#### **Variable Dependiente:**

*Propiedades Mecánicas del concreto.* “Las propiedades mecánicas de los materiales determinan su comportamiento cuando se les sujeta a esfuerzos mecánicos. Estas propiedades incluyen el módulo de elasticidad, ductilidad, dureza y varias medidas de resistencia [...] el funcionamiento y desempeño de los productos dependen de su capacidad para resistir deformaciones bajo los esfuerzos que enfrentan en el servicio [...]” (Groover, 1997, p. 43).

### Definición Conceptual

#### **Variable Independiente**

*Altas temperaturas.* “La temperatura es una propiedad termodinámica que en general se asocia con una sensación de ‘caliente’ o ‘frío’ [...] es asociada con el movimiento de las moléculas que conforman el sistema en cuestión. [...]. Al ser una propiedad termodinámica, la temperatura puede medirse de forma cuantitativa [...]” (Jiménez, Gutiérrez y Barbosa, 2014, p. 16).

#### **Variable Dependiente:**

*Propiedades Mecánicas del concreto.* Las propiedades mecánicas sirven para determinar cuál es el grado de resistencia que pueda tener algún material ante los distintos esfuerzos a los que se verá sometido a lo largo de su vida útil. Con respecto al concreto, podemos decir que son las propiedades de Resistencia a la compresión ( $f'_c$ ), resistencia a la tracción ( $f_t$ ) y resistencia a la flexo-tracción ( $f'_r$ ) las de mayor interés.



**Tabla 4.** *Matriz de Variables.*

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>VALOR</b>
<b><u>Independiente:</u></b> Altas Temperaturas	Temperatura Final	500°C	Intervalo
		600°C	
		700°C	
<b><u>Dependiente:</u></b> Propiedades Mecánicas del Concreto endurecido	Resistencia a la compresión del Concreto Endurecido	f'c	Razón
	Resistencia a la tracción del Concreto Endurecido	ft	
	Resistencia a la flexo-tracción del Concreto Endurecido	Mr	

Fuente: Elaboración Propia

## 2.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

### **Población**

Para Namakforoosh (2005, p. 77), la población define a quién se va a estudiar. El autor también nos dice que, no siempre se debe trabajar con la población total, sino que, el tamaño de muestra dependerá de la precisión, los costos y el tiempo que el investigador maneje.

Para el presente estudio se tomará como población a las construcciones de concreto que se encuentran ubicadas en Lima, particularmente los almacenes o tiendas por departamento con incidencia de incendios que existan en la ciudad.

## Muestra

La muestra puede ser definida como el estudio de una fracción de la población estudiada, esta parte debe tener características que representen a la población, para así poder tener resultados confiables y exactos (Ávila, 2006, pp. 88 y 89).

La muestra a utilizarse en la presente investigación constará de, 24 probetas de concreto de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y 24 de  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ , además se utilizarán 12 vigas de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y 12 de  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ .

**Tabla 5.** Cantidad de probetas a utilizar.

Probetas		Temperatura (°C)				Total
Ensayo	Calidad	500	600	700	Estándar	
f'c (probetas)	210	3	3	3	3	48
	420	3	3	3	3	
fr (probetas)	210	3	3	3	3	
	420	3	3	3	3	
M'r (vigas)	210	3	3	3	3	24
	420	3	3	3	3	

Fuente: Elaboración propia

## Muestreo

### *Tipo*

Decimos que el muestreo es no probabilístico cuando la muestra es elegida por el juicio personal del investigador, pues el método de selección no es casualidad (Malhotra, p. 320). Podemos decir también que, el muestreo no será obtenido mediante probabilidades, por lo general se utiliza este método puesto que, el muestreo probabilístico suele ser demasiado costoso.

### *Nivel*

“El muestreo intencional es un procedimiento que permite seleccionar los casos característicos de la población limitando la muestra a estos casos. Se utilizan en situaciones en las que la población es muy variable y consecuentemente la muestra es muy pequeña” (Ávila, 2006, p. 89).

Aquí el investigador tomará su muestra de forma consciente e intencional, procurando que sea una muestra representativa de la población total, pero sin la certeza de que lo sea.

## 2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

### Técnicas de recolección de datos

Para Borja existen tres actividades que tienen un vínculo directo con la recolección de datos, siendo estos el elegir qué instrumentos se utilizarán, teniendo en cuenta que estos deben ser confiables y/o certificados, registrar las mediciones y o cambios que presenten nuestras variables y por último el analizar la información obtenida (2012, p. 33).

“La *observación estructurada* es apropiada cuando el problema de investigación [...] ha sido claramente definido y se ha especificado la información requerida [...]” (Malhotra, 2004, p. 186).

Es decir, el investigador tiene información previa sobre los sucesos a investigar. En el caso de este estudio, se tienen tesis anteriores sobre el comportamiento del concreto luego de haber sido expuestas ante altas temperaturas. Estas servirán como base y comparación para los resultados que se obtendrán luego de realizar los ensayos pertinentes.

Según Ortiz (2004), las *pruebas estandarizadas* tienen un procedimiento propio, así como una interpretación y aplicación distintas. Estas pruebas suelen encontrarse en centros de investigación o en diversos medios de difusión de conocimiento. Sin embargo, advierte que, muchas de estas pruebas pueden ser no aplicables a nuestra realidad pues suelen ser desarrolladas en otros países (p. 136).

Para el desarrollo de los ensayos se tendrán en cuenta las Normas Técnicas Peruanas. Para el concreto endurecido y los ensayos a compresión se utilizarán NTP 339.034 y ASTM C-39. Por otro lado para llevar un buen manejo del concreto, su curado y buena calidad de materiales como agregados se utilizará también NTP 339.184, NTP 339.046, ASTM C-172 ASTM C-138, NTP 339.033, ASTM C-31, entre otras.

## **Instrumentos de recolección de datos**

Moreno nos dice que, los instrumentos de medición o recolección de datos deben ser “apropiados, adecuadamente diseñados, de alta validez y confiabilidad”, para que de esta forma los resultados que se vayan a obtener sean lo más apegado posibles a la realidad.

Nos dice también que, para investigaciones cuantitativas los resultados suelen tener una amplia precisión, ya que, se utilizarán equipos o máquinas que pueden arrojar resultados con un grado de error muy bajo o conocido.

Para poder evaluar las propiedades mecánicas del concreto ante altas temperaturas se utilizaron 3 ensayos principales (resistencia a la compresión, tracción y flexo-tracción), que contaron con máquinas de ensayos debidamente calibradas. Así mismo se realizó cada ensayo 3 veces para utilizar un promedio y así reducir el margen de error.

Igualmente, cada probeta y viga pasó por un proceso de curado, teniendo también una probeta base que se usó para comparar con aquellas que ya habían sido sometidas a esfuerzos.

De la misma manera, se utilizaron termómetros infrarrojos para la medición de las temperaturas alcanzadas por las probetas luego de ser expuestas a fuego directo (dichas temperaturas fueron obtenidas gracias a un horno especial para probetas).

Se debe recalcar que cada máquina constó con una certificación que validara su grado de confiabilidad.

## **Validez y Confiabilidad**

### **Validez**

“La validez de un instrumento de recolección de información es definida como la propiedad del instrumento para medir/observar lo que se pretende medir/observar [...] se relaciona con la verosimilitud [...] se habla de validez para referirse a la congruencia entre las observaciones realizadas en el trabajo de campo y la realidad tal como se perciben los sujetos o como la describen otros científicos” (Yuni y Ariel, 2006, P.35).

## **Confiabilidad**

Bernal nos dice que, la confiabilidad busca conocer cuan iguales o parecidos son los resultados obtenidos ante la medición de una investigación. Si estos difieren constantemente y de manera grande los unos con los otros, entonces nuestro nivel de confiabilidad será mínimo (2006, p. 214).

## **2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

El método correlacional busca averiguar el grado y sentido de la variación concomitante entre dos variables [...] limitándose a medir las mismas y a hallar las asociaciones entre ellas [...], el método correlacional permite predecir valores de una variable a partir de los valores de la otra [...]” (Clavijo y Junquera, 2006, p. 126).

Diremos entonces que el método de análisis de datos para esta investigación será el *método correlacional*, ya que, determinaremos los cambios producidos en nuestra variable dependiente (propiedades mecánicas del concreto endurecido) ante la variable independiente (altas temperaturas). Así mismo, el autor no modificará los datos obtenidos, simplemente se realizará una comparación entre ellos.

## **2.6 PROCEDIMIENTO**

1. Se contactó y contrató un laboratorio con certificación que cuenta con los equipos necesarios para realizar los ensayos.
2. Se adquirió 60kg. de agregados finos y 60kg de agregados gruesos de la cantera Trapiche y 1 Bolsa de Cemento Sol Tipo 1.
3. Ensayo de caracterización de materiales. Tales cómo: peso específico, absorción, análisis granulométricos de agregados finos y gruesos, peso unitario, gravedad específica de sólidos y ensayos unitarios (F, G o G<sub>lb</sub>).
4. Se procedió a realizar los Diseños de Mezcla por el Método ACI 211 (una para un  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y otro para  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ ).
5. Se fabricó las 48 probetas cilíndricas y 24 vigas según las NTP 339.078 (vigas para ensayos de flexo-tracción), 339.084 (probetas cilíndricas para ensayos a compresión diametral) y 339.034 (probetas cilíndricas para ensayos de compresión), que a su vez se rigen en la norma ASTM-C31.
6. Se efectuó el proceso de curado tipo sumergido/empozado durante 22 días.
7. Pasados los 22 días, 36 probetas y 18 vigas (todas con excepción de las muestras base) fueron sometidas a 3 temperaturas distintas (500°C, 600°C y 700°C) en un

periodo de tiempo de 2 horas cada una, para emular el tiempo que tomaría apagar un incendio y debido a que no existen parámetros o normas para ensayar al concreto bajo este concepto.

8. Posteriormente, se procedió a ensayar toda la muestra. En el ensayo a compresión se utilizaron 12 probetas cilíndricas de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  (que se dividieron en: 3 a temperatura estándar, 3 a  $500^\circ\text{C}$ , 3 a  $600^\circ\text{C}$  y 3 a  $700^\circ\text{C}$ ) y 12 probetas cilíndricas de  $f'c=420\text{kg/cm}^2$  (que se dividieron en: 3 a temperatura estándar, 3 a  $500^\circ\text{C}$ , 3 a  $600^\circ\text{C}$  y 3 a  $700^\circ\text{C}$ ). Para el ensayo a tracción se utilizaron también 12 probetas de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y 12 de  $f'c=420\text{kg/cm}^2$  (utilizando 3 para cada temperatura). Por último, se realizó el ensayo a flexo-tracción o vigas a los tercios en los que se utilizaron 12 vigas de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  (3 a temperatura estándar, 3 a  $500^\circ\text{C}$ , 3 a  $600^\circ\text{C}$  y 3 a  $700^\circ\text{C}$ ) y 12 vigas de  $f'c=420\text{kg/cm}^2$  (3 a temperatura estándar, 3 a  $500^\circ\text{C}$ , 3 a  $600^\circ\text{C}$  y 3 a  $700^\circ\text{C}$ ).
9. Con los resultados obtenidos en el laboratorio se pasó a realizar el análisis de datos.

## **2.7 ASPECTOS ÉTICOS**

Para la presente investigación se han seguido las normas dadas por la Universidad César Vallejo en la cual se establece que los principales fundamentos deben ser la veracidad y originalidad.

Evitando el plagio y auto plagio (cada autor ha sido citado debidamente según el manual ISO), fraude (pues los resultados obtenidos en los ensayos están siendo avalados por un certificado), piratería y falsificación.

La tesis será puesta a prueba mediante el programa de anti-plagio Turnitin, que certifica que la investigación no excede el 20% de similitud permitido.

Por otro lado, el autor ha procedido con la elaboración de las probetas según la Norma Técnica Peruana y el Instituto Americano de Concreto (ACI). Para los tres tipos de ensayos a realizar se ha trabajado con un laboratorio certificado que respalda los resultados obtenidos. También se ha tenido en cuenta las Normas Técnicas Peruanas sobre clasificación de fuegos y NTP de evaluación del riesgo de incendio.

**CAPÍTULO III**  
**III. RESULTADOS**

### 3.1 DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

#### a. Caracterización de Materiales

Para el desarrollo de los ensayos requeridos en esta tesis, se necesitó fabricar muestras de concreto, para ello, el laboratorio solicitó 1 bolsa de cemento Tipo 1, 60kg de agregado fino y 60kg de agregado grueso (ambos obtenidos de la cantera Trapiche).



Figura 12. Caracterización de Materiales.

Luego de ello se procedió con la caracterización de materiales, según las normas técnicas correspondientes, tales como: ASTM C127, ASTM C128, ASTM C29 y ASTM C136; para los ensayos de:

- Gravedad Específica de Sólidos.
- Peso Específico (indicador de calidad del agregado).
- Absorción (capacidad del agregado para atrapar moléculas de agua en sus poros).
- Peso Unitario (peso que alcanza un determinado volumen unitario).



-Análisis Granulométricos (distribución de los tamaños del agregado).

**b. Diseño de Mezcla**

El método de diseño de mezcla utilizado en la presente tesis se basó en los parámetros dados por el Comité 211 del ACI.

**Tabla 6.** *Datos obtenidos de los Agregados.*

<b>AGREGADOS (SLUMP: 3"-4")</b>			
<b>ENSAYO</b>	<b>UNID</b>	<b>FINO</b>	<b>GRUESO</b>
<i>Peso Unitario Suelto</i>	kg/m <sup>3</sup>	1489	1381
<i>Peso Unitario Compactado</i>	kg/m <sup>3</sup>	1785	1596
<i>Peso Específico</i>	g/cc	2.65	2.64
<i>Módulo de Fineza</i>		3.25	7.25
<i>TMN</i>	pulg.	—	1"
<i>Absorción</i>	%	1.2	1.1
<i>Humedad Natural</i>	%	1.8	0.2

Fuente: Elaboración propia

Luego se siguió el procedimiento dado por el Comité 211 del ACI, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 7.** *Diseño de Mezcla para un  $f'c$  de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>.*

<b><math>f'c= 210 \text{ kg/cm}^2</math></b>		
<b>CANTIDAD DE MATERIALES</b>		
<b>CONT. AIRE</b>	1.50%	
<b>CONT. AGUA</b>	228 lt/m <sup>3</sup>	
<b>RELACIÓN A/C</b>	0.59	
<b>CONT. CEMENTO</b>	383	9 bls.
<b>PESO AGRE. GRUESO</b>	876	
<b>PESO AGRE. FINO</b>	825	
<b>PROPORCIÓN FINAL DEL DISEÑO</b>		
—	<b>PROPORCIÓN (PESO)</b>	<b>PROPORCIÓN (VOLUMEN)</b>
<b>CEMENTO</b>	1	1
<b>AGREGADO FINO</b>	2.16	2.17
<b>AGREGADO GRUESO</b>	2.29	2.49
<b>AGUA</b>	25.30 kg	25.30 lt.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8.** Diseño de Mezcla para un  $f'c$  de diseño de 420 kg/cm<sup>2</sup>.

<b>f'c= 420 kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>CANTIDAD DE MATERIALES</b>		
<b>CONT. AIRE</b>	1.50%	
<b>CONT. AGUA</b>	183 lt/m <sup>3</sup>	
<b>RELACIÓN A/C</b>	0.35	
<b>CONT. CEMENTO</b>	510	12 bls.
<b>PESO AGRE. GRUESO</b>	883	
<b>PESO AGRE. FINO</b>	831	
<b>PROPORCIÓN FINAL DEL DISEÑO</b>		
—	<b>PROPORCIÓN (PESO)</b>	<b>PROPORCIÓN (VOLUMEN)</b>
<b>CEMENTO</b>	1	1
<b>AGREGADO FINO</b>	1.63	1.64
<b>AGREGADO GRUESO</b>	1.73	1.88
<b>AGUA</b>	15.25 kg	15.25 lt.

Fuente: Elaboración propia

### Fabricación de Probetas



**Figura 13.** Fabricación de probetas cilíndricas y vigas de concreto de  $f'c=420\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Se fabricaron 48 probetas cilíndricas de concreto con dimensiones de 4''x 8'' (siendo la mitad de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y la otra mitad de  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ ) y 24 vigas de concreto (de 10x10x30) con las mismas especificaciones de  $f'c$ . Teniendo una muestra total de 72 especímenes.

### c. Proceso de Curado

Una vez fabricadas pasaron por un proceso de curado sumergido de 22 días regida por la NTP 339.183 o su versión en inglés ASTM-192, que nos indica que, a esta edad del curado el concreto alcanza una resistencia del 90% aproximadamente.



Figura 14. Proceso de curado.

#### d. Exposición a altas temperaturas

Luego de alcanzar una resistencia óptima en nuestras probetas, procedimos a someterlas a altas temperaturas. Esto se logró mediante un horno con dimensiones 15x25x40 cm que alcanzaba temperaturas máximas de 1200°C (lo que está dentro de nuestros requerimientos).



Figura 15. Quemado de probetas y vigas.

Las temperaturas que se utilizaron fueron 500°C, 600°C y 700°C, pues como lo indican nuestros antecedentes son las temperaturas más críticas y en las que se produce un mayor cambio. Cada probeta tuvo un periodo de ensayo de dos horas, para así simular el tiempo que demora apagar un incendio en nuestra ciudad.

Tal como se observa en la figura 16, los especímenes que han pasado por un proceso de quemado tienden a oscurecerse ligeramente (flechas azules), a diferencia de las probetas que se mantienen a una temperatura estándar que mantienen un color más blanquecino (flechas rojas).



Figura 16. Vigas y probetas luego de temperatura de 500°C.

#### e. Ensayos de Propiedades Mecánicas del Concreto

Una vez salidas del horno, se esperó a que se enfriaran para poder ensayarlas a compresión, tracción o compresión diametral y flexo tracción o ensayo de vigas a los tercios.

El ensayo de compresión y de tracción tuvieron 3 probetas por temperatura (incluyendo a las probetas patrón, de la cual se sacó un promedio), una vez ensayadas se procedió a obtener la diferencia resultante, esto tanto para el  $f^{\prime}c=210\text{kg/cm}^2$  como para el  $f^{\prime}c=420\text{kg/cm}^2$ . Finalmente se comparó ambos resultandos para conocer si la diferencia de calidades influía de manera positiva en la resistencia a la compresión o sí, la calidad del  $f^{\prime}c$  de diseño era un factor independiente al calor.

Por otro lado, los ensayos de flexo tracción se realizaron en 12 vigas por cada  $f'c$ , aquí también se halló la diferencia entre ambas calidades del concreto, para conocer la influencia de la alta temperatura en concretos de distintas calidad



Figura 17. Ensayos de Compresión, Tracción y Flexo Tracción a Probetas Cilíndricas y Vigas de Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ .

### 3.2 RESULTADOS DE PROCEDIMIENTOS

#### - Ensayo a Compresión:

**Tabla 9.** Resultados obtenidos de los ensayos a compresión en probetas cilíndricas a una temperatura estándar.

PROBETA TEMPERATURA PATRÓN						
N°	RESISTENCIA DE DISEÑO	EDAD	%f'c	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA FINAL	PROMEDIO DE f'c
P1-1	210kg/cm <sup>2</sup>	22 días	146.62	81.71	307.91	311.47
P1-2	210kg/cm <sup>2</sup>	22 días	150.35	81.71	315.73	
P1-3	210kg/cm <sup>2</sup>	22 días	147.99	81.71	310.79	
P2-1	420kg/cm <sup>2</sup>	22 días	134.6	81.7	565.4	572.59
P2-2	420kg/cm <sup>2</sup>	22 días	137.8	81.7	578.8	
P2-3	420kg/cm <sup>2</sup>	22 días	136.6	81.7	573.6	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.** Resultados obtenidos de los ensayos a compresión en probetas cilíndricas a una temperatura de 500°C.

PROBETA TEMPERATURA 500°C						
N°	RESISTENCIA DE DISEÑO	EDAD	%f'c	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA FINAL	PROMEDIO DE f'c
P1-1	210kg/cm <sup>2</sup>	22 días	91.16	81.71	191.44	187.22
P1-2	210kg/cm <sup>2</sup>	22 días	87.23	81.71	183.18	
P1-3	210kg/cm <sup>2</sup>	22 días	89.07	81.71	187.05	
P2-1	420kg/cm <sup>2</sup>	22 días	71.8	81.7	301.5	299.14
P2-2	420kg/cm <sup>2</sup>	22 días	71.0	81.7	298.1	
P2-3	420kg/cm <sup>2</sup>	22 días	70.9	81.7	297.8	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11.** Resultados obtenidos de los ensayos a compresión en probetas cilíndricas a una temperatura de 600°C.

<b>PROBETA TEMPERATURA 600°C</b>						
<b>N°</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>	<b>EDAD</b>	<b>%f'c</b>	<b>ÁREA (cm2)</b>	<b>RESISTENCIA FINAL</b>	<b>PROMEDIO DE f'c</b>
P1-1	210kg/cm2	22 días	74.67	81.71	156.81	155.14
P1-2	210kg/cm2	22 días	73.55	81.71	154.46	
P1-3	210kg/cm2	22 días	73.42	81.71	154.17	
P2-1	420kg/cm2	22 días	61.1	81.7	256.6	254.39
P2-2	420kg/cm2	22 días	59.9	81.7	251.5	
P2-3	420kg/cm2	22 días	60.7	81.7	255.1	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12.** Resultados obtenidos de los ensayos a compresión en probetas cilíndricas a una temperatura de 700°C.

<b>PROBETA TEMPERATURA 700°C</b>						
<b>N°</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>	<b>EDAD</b>	<b>%f'c</b>	<b>ÁREA (cm2)</b>	<b>RESISTENCIA FINAL</b>	<b>PROMEDIO DE f'c</b>
P1-1	210kg/cm2	22 días	57.45	81.71	120.64	119.76
P1-2	210kg/cm2	22 días	56.62	81.71	118.89	
P1-3	210kg/cm2	22 días	57.03	81.71	119.76	
P2-1	420kg/cm2	22 días	45.0	81.7	188.8	189.66
P2-2	420kg/cm2	22 días	45.7	81.7	192.0	
P2-3	420kg/cm2	22 días	44.8	81.7	188.2	

Fuente: Elaboración propia



**- Ensayo a Tracción:**

**Tabla 13.** Resultados obtenidos de los ensayos a tracción en probetas cilíndricas a una temperatura estándar.

<b>PROBETA TEMPERATURA PATRÓN</b>						
<b>Nº</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>	<b>EDAD</b>	<b>CARGA (Kg)</b>	<b>SECCIÓN</b>	<b>RESISTENCIA FINAL</b>	<b>PROMEDIO DE f'c</b>
P1-1	210kg/cm2	22 días	8900	10.2	28	27.67
P1-2	210kg/cm2	22 días	8769	10.2	27	
P1-3	210kg/cm2	22 días	9058	10.2	28	
P2-1	420kg/cm2	22 días	13598	10.2	42	42.33
P2-2	420kg/cm2	22 días	13571	10.2	42	
P2-3	420kg/cm2	22 días	13869	10.2	43	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14.** Resultados obtenidos de los ensayos a tracción en probetas cilíndricas a una temperatura de 500°C.

<b>PROBETA TEMPERATURA 500°C</b>						
<b>Nº</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>	<b>EDAD</b>	<b>CARGA (Kg)</b>	<b>SECCIÓN</b>	<b>RESISTENCIA FINAL</b>	<b>PROMEDIO DE f'c</b>
P1-1	210kg/cm2	22 días	5200.3	10.2	16.0	16
P1-2	210kg/cm2	22 días	5129.4	10.2	16.0	
P1-3	210kg/cm2	22 días	5069.0	10.2	16.0	
P2-1	420kg/cm2	22 días	9099.3	10.2	28	28.67
P2-2	420kg/cm2	22 días	9152.1	10.2	29	
P2-3	420kg/cm2	22 días	9147.8	10.2	29	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15.** Resultados obtenidos de los ensayos a tracción en probetas cilíndricas a una temperatura de 600°C.

<b>PROBETA TEMPERATURA 600°C</b>						
<b>N°</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>	<b>EDAD</b>	<b>CARGA (Kg)</b>	<b>SECCIÓN</b>	<b>RESISTENCIA FINAL</b>	<b>PROMEDIO DE f'c</b>
P1-1	210kg/cm2	22 días	4261.0	10.2	13.0	13.05
P1-2	210kg/cm2	22 días	4148.0	10.2	13.1	
P1-3	210kg/cm2	22 días	4179.0	10.2	13.0	
P2-1	420kg/cm2	22 días	8158.0	10.2	25	25.33
P2-2	420kg/cm2	22 días	8096.0	10.2	25	
P2-3	420kg/cm2	22 días	8174.0	10.2	26	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16.** Resultados obtenidos de los ensayos a tracción en probetas cilíndricas a una temperatura de 700°C.

<b>PROBETA TEMPERATURA 700°C</b>						
<b>N°</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>	<b>EDAD</b>	<b>CARGA (Kg)</b>	<b>SECCIÓN</b>	<b>RESISTENCIA FINAL</b>	<b>PROMEDIO DE f'c</b>
P1-1	210kg/cm2	22 días	3369.0	10.2	11.0	11.00
P1-2	210kg/cm2	22 días	3371.0	10.2	11.0	
P1-3	210kg/cm2	22 días	3458.0	10.2	11.0	
P2-1	420kg/cm2	22 días	7269.0	10.2	23	23.00
P2-2	420kg/cm2	22 días	7309.0	10.2	23	
P2-3	420kg/cm2	22 días	7218.0	10.2	23	

Fuente: Elaboración propia

**- Ensayo a Flexo-Tracción:**

**Tabla 17.** Resultados obtenidos de los ensayos a flexo-tracción en vigas a una temperatura de estándar.

<b>PROBETA TEMPERATURA PATRÓN</b>						
<b>Nº</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>	<b>EDAD</b>	<b>UBICACIÓN DE FALLA</b>	<b>SECCIÓN</b>	<b>MÓDULO DE ROTURA</b>	<b>PROMEDIO DE f'c</b>
P1-1	210kg/cm <sup>2</sup>	22 días	2	30	58	58.00
P1-2	210kg/cm <sup>2</sup>	22 días	2	30	60	
P1-3	210kg/cm <sup>2</sup>	22 días	2	30	56	
P2-1	420kg/cm <sup>2</sup>	22 días	2	30	98	98.67
P2-2	420kg/cm <sup>2</sup>	22 días	2	30	99	
P2-3	420kg/cm <sup>2</sup>	22 días	2	30	99	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18.** Resultados obtenidos de los ensayos a flexo-tracción en vigas a una temperatura de 500°C.

<b>PROBETA TEMPERATURA 500°C</b>						
<b>Nº</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>	<b>EDAD</b>	<b>UBICACIÓN DE FALLA</b>	<b>SECCIÓN</b>	<b>MÓDULO DE ROTURA</b>	<b>PROMEDIO DE f'c</b>
P1-1	210kg/cm <sup>2</sup>	22 días	2	30	32	30.67
P1-2	210kg/cm <sup>2</sup>	22 días	2	30	30	
P1-3	210kg/cm <sup>2</sup>	22 días	2	30	30	
P2-1	420kg/cm <sup>2</sup>	22 días	2	30	48	47.67
P2-2	420kg/cm <sup>2</sup>	22 días	2	30	47	
P2-3	420kg/cm <sup>2</sup>	22 días	2	30	48	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19.** Resultados obtenidos de los ensayos a flexo-tracción en vigas a una temperatura de 600°C.

<b>PROBETA TEMPERATURA 600°C</b>						
<b>N°</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>	<b>EDAD</b>	<b>UBICACIÓN DE FALLA</b>	<b>SECCIÓN</b>	<b>MÓDULO DE ROTURA</b>	<b>PROMEDIO DE f'c</b>
P1-1	210kg/cm2	22 días	2	30	24	24.67
P1-2	210kg/cm2	22 días	2	30	25	
P1-3	210kg/cm2	22 días	2	30	25	
P2-1	420kg/cm2	22 días	2	30	42	41.67
P2-2	420kg/cm2	22 días	2	30	41	
P2-3	420kg/cm2	22 días	2	30	42	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20.** Resultados obtenidos de los ensayos a flexo-tracción en vigas a una temperatura de 700°C.

<b>PROBETA TEMPERATURA 700°C</b>						
<b>N°</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>	<b>EDAD</b>	<b>UBICACIÓN DE FALLA</b>	<b>SECCIÓN</b>	<b>MÓDULO DE ROTURA</b>	<b>PROMEDIO DE f'c</b>
P1-1	210kg/cm2	22 días	2	30	22	22.00
P1-2	210kg/cm2	22 días	2	30	22	
P1-3	210kg/cm2	22 días	2	30	22	
P2-1	420kg/cm2	22 días	2	30	38	37.00
P2-2	420kg/cm2	22 días	2	30	36	
P2-3	420kg/cm2	22 días	2	30	37	

Fuente: Elaboración propia

**- Ensayo a Compresión en Probetas Cilíndricas**

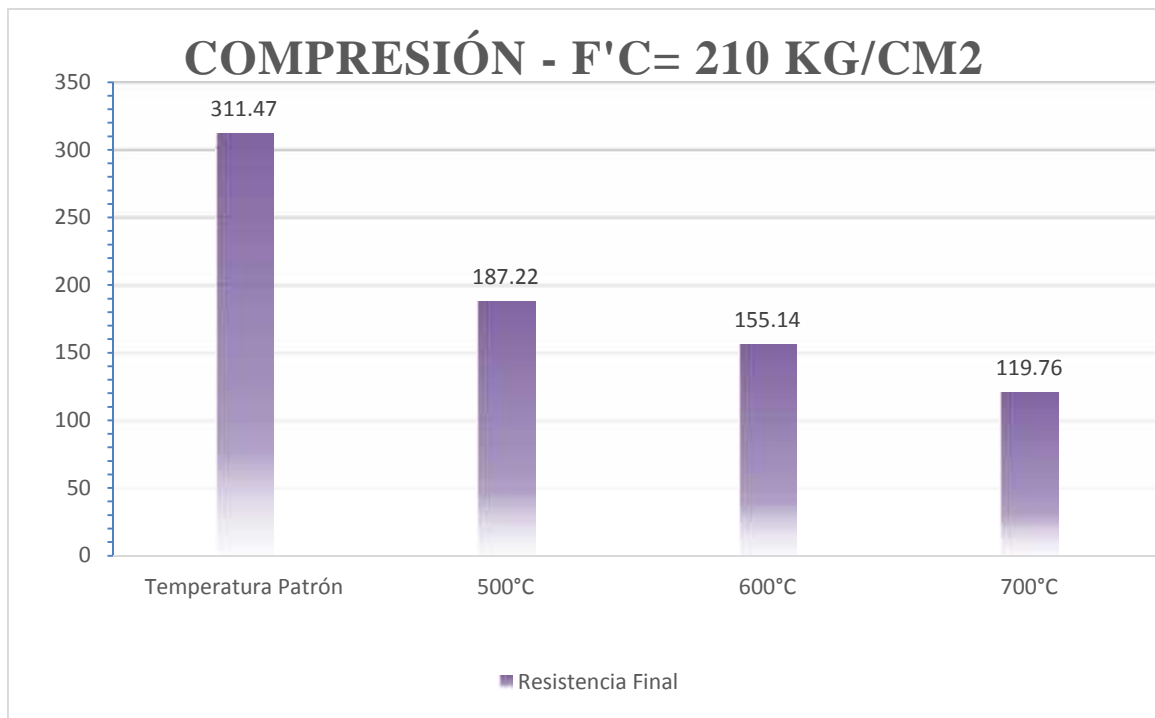


Figura 18. Gráfico de Resultados de Ensayos a Compresión  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

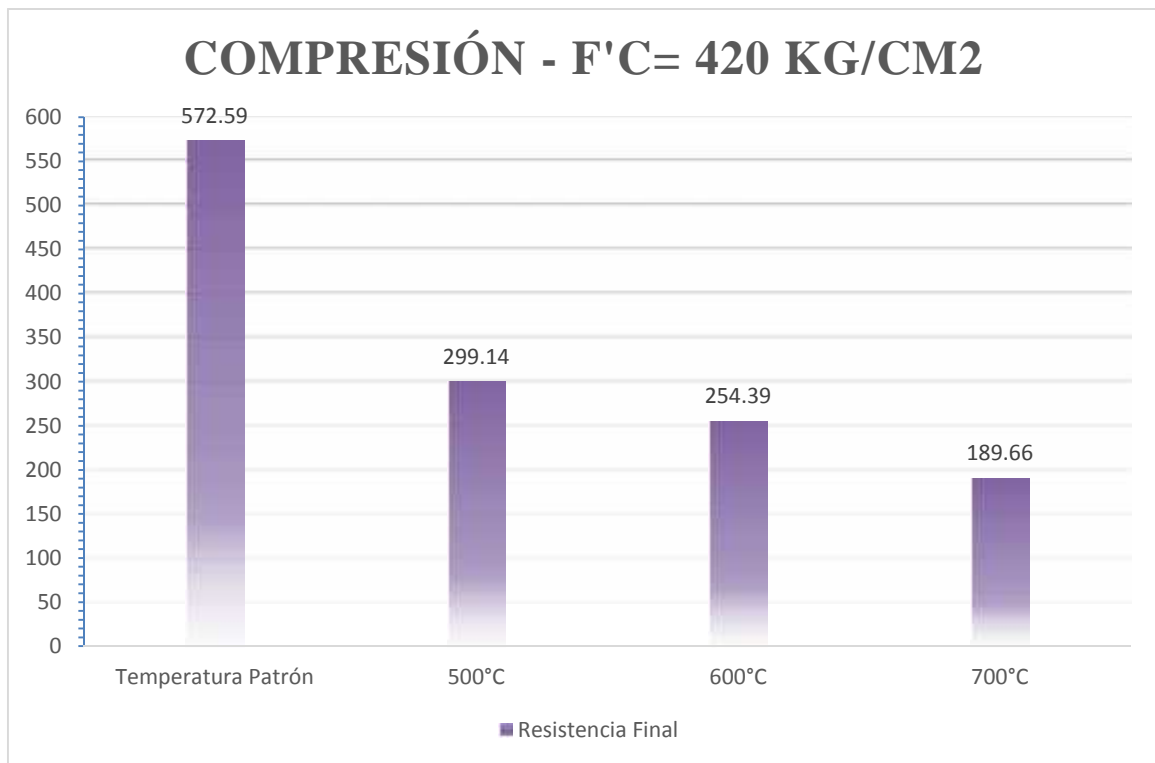


Figura 19. Gráfico de Resultados de Ensayos a Compresión  $f'c=420\text{kg/cm}^2$

**Tabla 21.** Comparación de Resultados Obtenidos en los Ensayos a Compresión para  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ .

ENSAYO A COMPRESIÓN					
TEMPERATURA	PORCENTAJE QUE REPRESENTA		PORCENTAJE DE DISMINUCIÓN		DIFERENCIA
	210kg/cm <sup>2</sup>	420kg/cm <sup>2</sup>	210kg/cm <sup>2</sup>	420kg/cm <sup>2</sup>	
PATRÓN	100%	100%	—	—	—
500°C	60%	52%	40%	48%	-7.9%
600°C	50%	44%	50%	56%	-5.4%
700°C	38%	33%	62%	67%	-5.00%

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que, el concreto de alta resistencia ha sufrido un gran cambio en su resistencia con respecto a su condición inicial. Sin embargo, ambos presentan una caída de casi la mitad en su resistencia al llegar a los 500°C. Por lo que, para los ensayos de Resistencia a la Compresión, la consideraremos como el punto de quiebre.

La E060 en la páginas 44 nos indica que, si la resistencia del concreto resulta menor al 85% del  $f'c$  entonces se deberá mejorar la calidad, es por ello que se seguirá este parámetro como el límite de la resistencia del concreto:

$$f'c=0.85x(f'c)$$

(Cuándo  $f'c$  es el de diseño).

Reemplazando los parámetros tendremos que:

**Tabla 22.** Resistencia Mínima y Temperatura de Falla para Ensayos a Compresión.

CONCRETO DE DISEÑO	CONCRETO SIMPLE	
	Resistencia Compresión Mínima (0.85*f' c)	Temperatura de Falla de la Probeta
$f'c=210\text{kg/cm}^2$	178.50	Patrón — 500°C
$f'c=420\text{kg/cm}^2$	357	Patrón — 500°C

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22 se puede observar que para un concreto de diseño  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  la temperatura mínima de falla se encuentra entre la temperatura patrón y  $500^\circ\text{C}$ , observando un concreto disminuido en más de su 40%. Así mismo la falla obtenida en  $f'c=420\text{kg/cm}^2$  también se dio entre la temperatura patrón y  $500^\circ\text{C}$ .

Efectivamente observamos que las altas temperaturas han afectado de forma negativa a ambos concretos. Se puede decir que, antes de que se produzca la falla de temperatura, el concreto es aún rescatable por medio de un reforzamiento (tener en cuenta que en las estructuras reales, se utiliza concreto armado con presencia de acero). Sin embargo, una vez que el concreto ha fallado por temperatura lo aconsejable es proceder con una demolición.

#### - Ensayo a Tracción en Probetas Cilíndricas

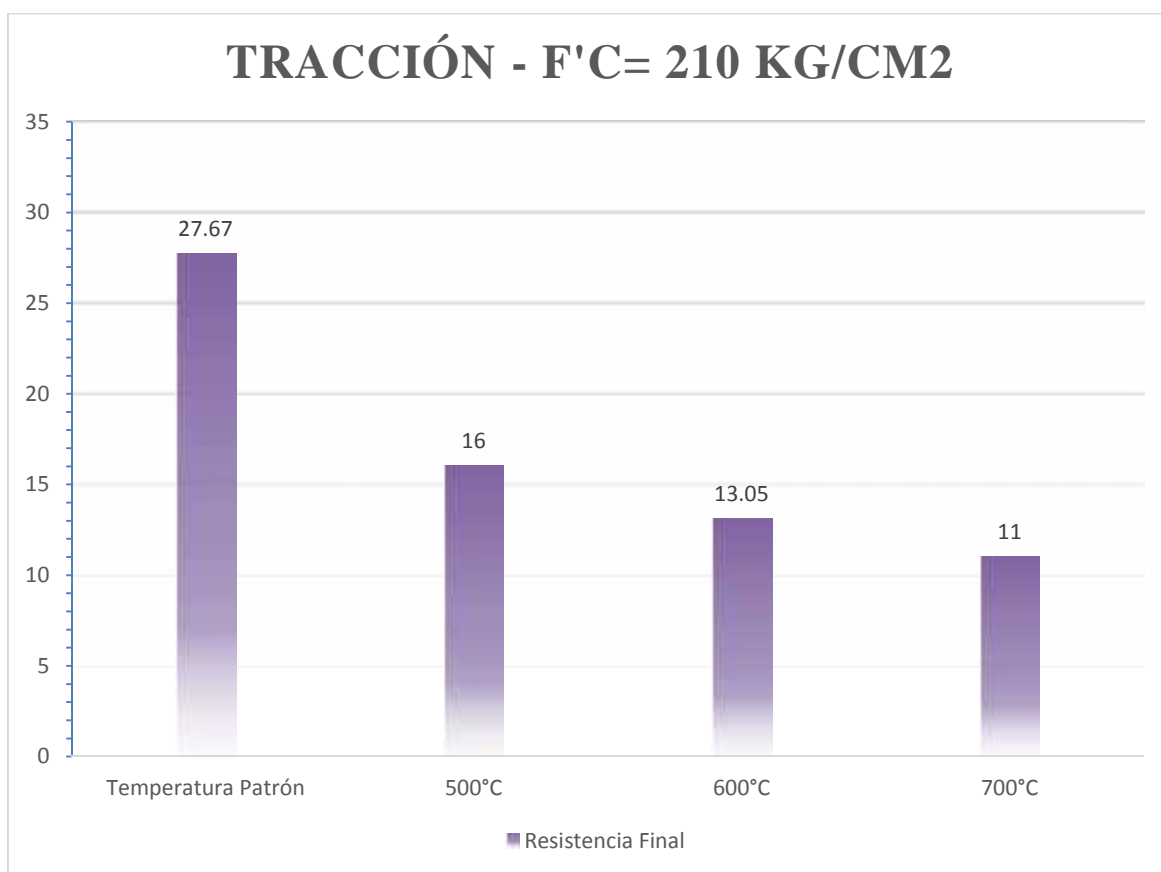


Figura 20. Gráfico de Resultados de Ensayos a Tracción  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

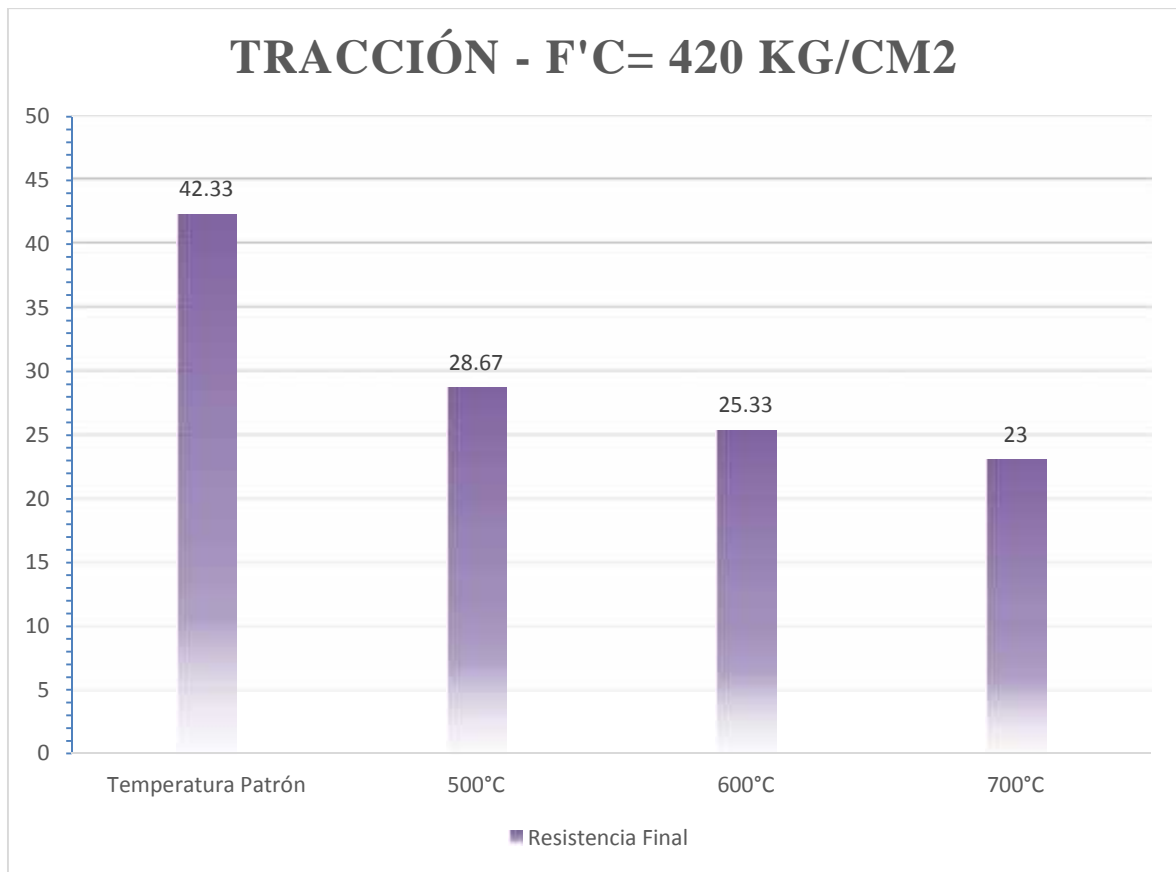


Figura 21. Gráfico de Resultados de Ensayos a Tracción  $f'c=420\text{kg/cm}^2$

**Tabla 23.** Comparación de Resultados Obtenidos en los Ensayos a Tracción para  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ .

ENSAYO A TRACCIÓN					
TEMPERATURA	PORCENTAJE QUE REPRESENTA		PORCENTAJE DE DISMINUCIÓN		DIFERENCIA
	210kg/cm2	420kg/cm2	210kg/cm2	420kg/cm2	
PATRÓN	100%	100%	—	—	—
500°C	58%	68%	42%	32%	9.9%
600°C	47%	60%	53%	40%	12.7%
700°C	40%	54%	60%	46%	14.6%

Fuente: Elaboración propia



Por otro lado, Otazzi (p. 16), nos indica el siguiente parámetro para compresión diametral, cuando  $f_{sp}$  es igual al valor de  $f_t$ :

$$f_{sp} \approx 1.7 \overline{f'_c} \text{ kg/cm}^2$$

Para las condiciones de un  $f'_c$  de concreto simple mínimo diremos que:

**Tabla 24.** Resistencia Mínima y Temperatura de Falla para Ensayos a Compresión Diametral o Tracción.

CONCRETO DE DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	OTAZZI	
	Resistencia Tracción Mínima ( $1.7 \overline{f'_c}$ )	Temperatura de Falla de la Probeta
$f'_c=210$	24.64	Patrón—500°C
$f'_c=420$	34.84	Patrón—500°C

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo los conceptos establecidos en el Capítulo I, se realizó la interpretación de los resultados en el Ensayo Brasileño según Otazzi, obteniendo así que, la resistencia Mínima a la Tracción es sobrepasada para el concreto de diseño  $f'_c=420\text{kg/cm}^2$  y  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  entre las temperaturas de 500°C y 600°C.

El concreto no presenta una gran resistencia a la tracción y al ser sometida a fuego directo podemos observar como disminuyo de forma relevante llegando a porcentaje tales como 60% que sobrepasan por mucho el límite permitido, podemos decir entonces que con respecto a la resistencia a la tracción el daño producido antes de llegar a los 500°C es irreversible.

**- Ensayo a Flexo-Tracción en Vigas**

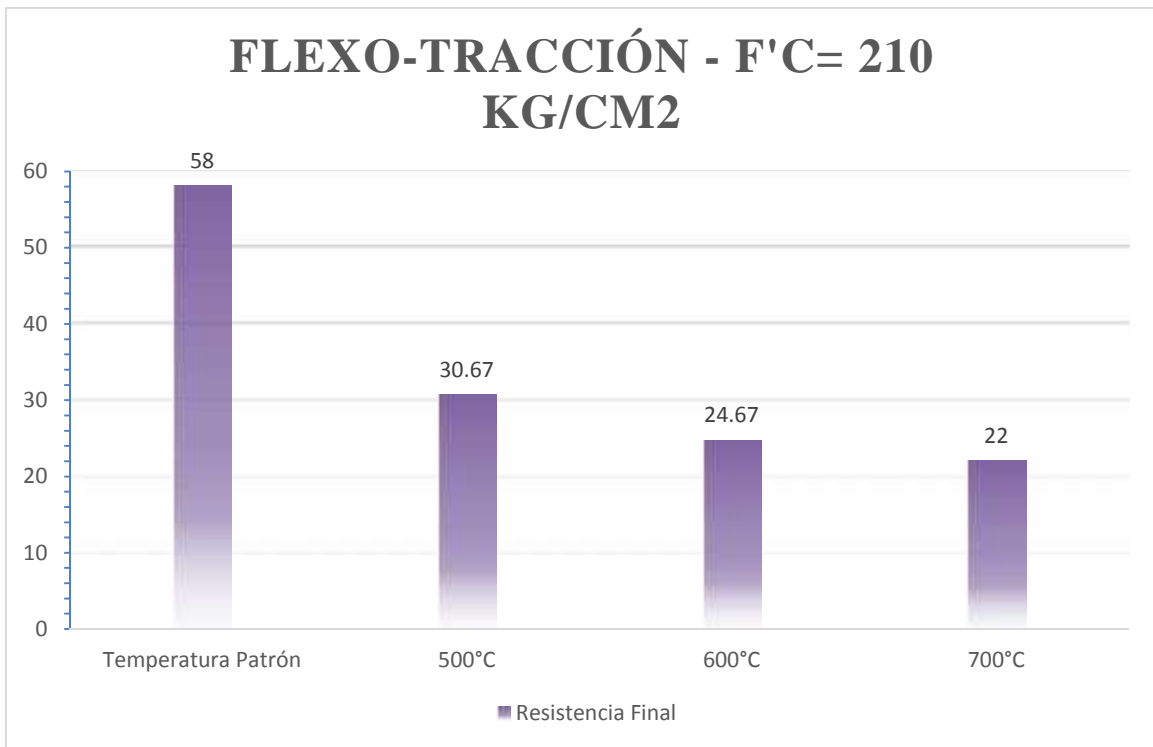


Figura 22. Gráfico de Resultados de Ensayos a Flexo-Tracción  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

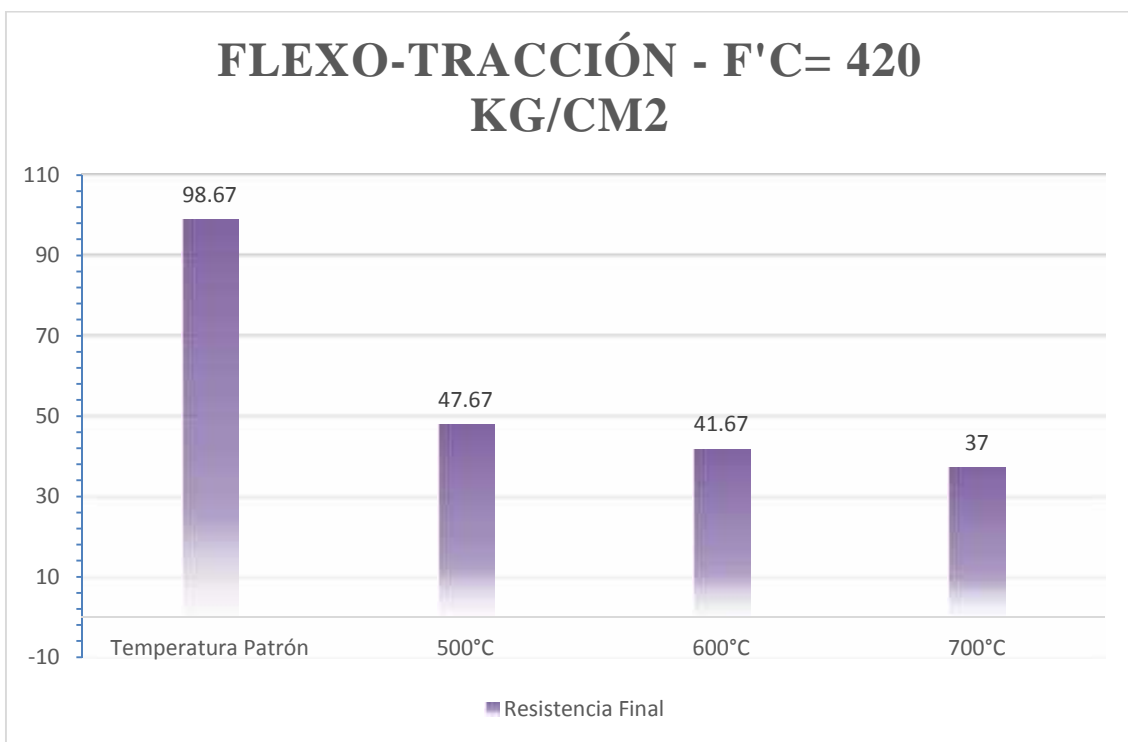


Figura 23. Gráfico de Resultados de Ensayos a Flexo-Tracción  $f'c=420\text{kg/cm}^2$

**Tabla 25.** Comparación de Resultados Obtenidos en los Ensayos a Flexo-Tracción para  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ .

ENSAYO A FLEXO-TRACCIÓN					
TEMPERATURA	PORCENTAJE QUE REPRESENTA		PORCENTAJE DE DISMINUCIÓN		DIFERENCIA
	210kg/cm <sup>2</sup>	420kg/cm <sup>2</sup>	210kg/cm <sup>2</sup>	420kg/cm <sup>2</sup>	
PATRÓN	100%	100%	—	—	—
500°C	48%	53%	52%	47%	4.6%
600°C	42%	41%	58%	59%	0.9%
700°C	37%	38%	63%	62%	0.4%

Fuente: Elaboración propia

La ACI indica que, la ecuación para hallar el Módulo de Rotura (resultado de los ensayos a Flexo-Tracción) es (Cuándo K toma un valor entre 2.7 y 3).

$$Mr = K f c.$$

Para las condiciones de un  $f'c$  de concreto simple mínimo diremos que:

**Tabla 26.** Resistencia Mínima y Temperatura de Falla para Ensayos a Flexo-Tracción.

CONCRETO DE DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	CONCRETO SIMPLE	
	Resistencia Flexo- Tracción Mínima ( 2.7 f c)	Temperatura de Falla de Probeta
$f'c=210$	39.13	Patrón—500°C
$f'c=420$	55.34	Patrón—500°C

Fuente: Elaboración propia

Para los ensayos de Flexo-Tracción podemos decir que, en ambos concretos, la resistencia mínima es alcanzada en una temperatura inferior a los 500°C.

Para ambos  $f'c$  se determinó que, el elevar la temperatura natural del concreto antes de llegar a los 500°C modifica la propiedades mecánica de la flexo-tracción del concreto de forma negativa, logrando que caiga en parámetros menores a lo mínimo permitido por las normas técnicas.

**CAPÍTULO IV**  
**IV. DISCUSIÓN**

## **Resistencia a la Compresión**

CHAUCA, D. y CRUZ, M., presentaron la tesis “**Evaluación del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a altas temperaturas**” (2014), obtuvieron valores con respecto a la resistencia a la compresión que nos dicen que, en la temperatura de 500°C su concreto de  $f'c=212$ kg/cm<sup>2</sup> ha disminuido en un 42.79% (para un periodo de tiempo que oscila entre una y tres horas de exposición), en el caso de los ensayos realizados para esta tesis, el porcentaje de disminución para el  $f'c$  de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup> disminuye en un 40% (concreto expuesto al fuego por un periodo de dos horas, teniendo así valores cercanos al del autor mencionado. Lo mismo sucede para la temperatura de 600°C y 700°C, teniendo Chauca y Cruz valores de disminución de 56.08% y 59.87%, mientras que mis valores son de 50% y 62%.

El concreto de diseño  $f'c=420$  kg/cm<sup>2</sup> no tuvo valores con los cuales ser comparados ya que, no existen antecedentes con concretos de alta resistencia que tengan parámetros y condiciones similares a las realizadas en esta tesis. Para este concreto se obtuvo una disminución en su resistencia final del 48%, 56% y 67% para las temperaturas de 500°C, 600°C y 700°C respectivamente, sin embargo, a pesar de que ni las temperaturas en discusión ni el  $f'c$  son parecidos, los resultados en porciento siguen guardando relación, por lo que se podrá decir que los valores obtenidos en esta tesis para un  $f'c$  de diseño de 420kg/cm<sup>2</sup> son similares a los porcentajes de Chauca y Cruz.

## **Resistencia a la Tracción**

HUINCHO, M. en el año 2017 con la tesis “**Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo**” llegó a una temperatura máxima de 512°C en un periodo de tres horas, temperatura con la que evaluó la resistencia a la tracción de un concreto  $f'c=358.3$ kg/cm<sup>2</sup> obteniendo así una disminución del 39.50%. Por otro lado, en mis ensayos se utilizaron probetas de  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>, probetas expuestas a las temperaturas de 500°C, 600°C y 700°C, dichos ensayos arrojaron porcentaje de disminución de 42%, 53% y 60%.

Para  $f'c=420\text{kg/cm}^2$  se obtuvieron valores de disminución de 32%, 40% y 46% para cada temperatura. La temperatura que se asemeja más a la de los ensayos de Huincho es la de  $500^\circ\text{C}$ , para los cuales se tienen resultados bastante similares.

### **Resistencia a la Flexo-Tracción**

FIGUEROA, D. y BELLO, J. (2018) en su tesis titulada “**Evaluación y diagnóstico de la resistencia a compresión y a flexión del concreto simple después de expuesto a  $450^\circ\text{C}$** ”, evaluaron la resistencia a la flexión de un concreto de  $542\text{kg/cm}^2$  luego de ser expuesto a una temperatura de  $450^\circ\text{C}$ , obteniendo un porcentaje de disminución de 49.2% con respecto a su condición original. Los porcentajes de disminución alcanzados en mis ensayos, para la resistencia a la flexo-tracción con un  $f'c=420\text{kg/cm}^2$  son 52%, 58% y 63%, todo esto para las temperaturas de  $500^\circ\text{C}$ ,  $600^\circ\text{C}$  y  $700^\circ\text{C}$ . Los resultados de Figueroa y Bello son similares únicamente con los resultados que obtuve para una temperatura de  $500^\circ\text{C}$ , debido a que las condiciones eran semejantes. Las otras dos temperaturas no tuvieron antecedentes con los cuales ser comparados puesto que los resultados distaban en sobremanera.

De la misma forma, ALVARADO, G. (2016) en la tesis “**Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego**” realizó ensayos a flexo tracción en un concreto armado  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ , obteniendo como resultado 17% menos en resistencia. En el caso de mis ensayos para el mismo  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  los valores de reducción que obtuve fueron de 47%, 59% y 62% temperaturas de  $500^\circ\text{C}$ ,  $600^\circ\text{C}$  y  $700^\circ\text{C}$  por periodos. Los valores no son similares debido a que el concreto utilizado por Alvarado es un concreto con presencia de acero.

## **CAPÍTULO IV**

### **V. CONCLUSIONES**

- Se determinó que la variación en la resistencia a la compresión del concreto de diseño  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  varió de forma negativa en: 40%, 50% y 62% para las temperaturas de 500°, 600° y 700°C (con respecto a la resistencia hallada en la temperatura patrón), datos observables en la Tabla 21, por otro lado, de la Tabla 22 se obtuvo que, la temperatura de falla para  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  está entre la temperatura patrón y los 500°C. Así mismo, se determinó que para  $f'_c=420 \text{ kg/cm}^2$  el porcentaje de variación fue de 48%, 56% y 67% para las mismas condiciones de temperatura, fallando igualmente entre la temperatura patrón y los 500°C. Así mismo, podemos ver que el concreto de alta resistencia sufrió variaciones ligeramente mayores en comparación a  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , esto se debe a que a mayor  $f'_c$ , menor resistencia a la compresión ante el fuego. Por otro lado podemos ver que luego de los 500°C los porcentajes de disminución en ambos concretos varían de forma gradual, por lo que diremos que la temperatura utilizada no afectará de manera significativa a la resistencia.
- Se determinó que para los ensayos a tracción realizados a  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  la variación de la resistencia fue negativa en los porcentajes de 42% para 500°C, 53% para 600°C y 60% para 700°C como se puede observar en la Tabla 23, por otro lado de la Tabla 24 se obtuvo que, la temperatura de falla para  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  está entre la temperatura patrón y los 500°C. Así mismo, se determinó que para  $f'_c=420 \text{ kg/cm}^2$  el porcentaje de variación fue de 32%, 40% y 46% para las mismas condiciones de temperatura, fallando igualmente entre la temperatura patrón y los 500°C. Podemos ver también que luego de los 500°C los porcentajes de disminución en ambos concretos varían de forma gradual, por lo que diremos que la temperatura utilizada no afectará de manera significativa a la resistencia. De igual forma, los porcentajes de disminución son similares para ambos concretos por lo que la calidad tampoco es un factor que afecte a la resistencia de forma significativa.
- Se determinó que para los ensayos a flexo-tracción realizados a  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  la variación de la resistencia fue negativa en los porcentajes de 47% para 500°C, 59% para 600°C y 62% para 700°C (Tabla 25), teniendo la falla por temperatura entre la temperatura patrón y los 500°C. Por otro lado, para los ensayos a flexo-tracción realizados a  $f'_c=420 \text{ kg/cm}^2$  la variación de la resistencia fue negativa en los porcentajes de 52% para 500°C, 58% para 600°C y 63% para 700°C (Tabla 26), teniendo la falla por temperatura entre la temperatura patrón y los 500°C. El aumento de temperatura no afectó de forma considerable la resistencia y de igual



forma, los porcentajes de disminución tampoco se redujeron de forma significativa, por lo que concluimos que ni la calidad del concreto ni la temperatura influirá la variación de la resistencia a la flexo-tracción en el concreto.

**CAPÍTULO VI**  
**VI. RECOMENDACIONES**

- Con respecto a la resistencia a la compresión, se recomienda que, los tiempos de exposición a los que el concreto esté sometido sean los mínimos posibles. Así mismo, si bien el  $f'c$  del concreto no fue un factor que influyera de manera significativa los resultados, se observa una ligera ventaja de parte del  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, lo que confirmaría que a mayor cantidad de agregados y menor cantidad de agua se obtendrá una mayor resistencia de la compresión ante el fuego. Por ello, se recomienda que, la calidad a utilizar en el concreto sea de alta calidad y que cumpla con excelencia todos los estándares indicados en la norma.
  
- Al igual que con la resistencia a la compresión, la principal recomendación sería evitar la exposición al fuego de ser posible. Esta tesis no ha evaluado la participación del acero y el concreto como un sistema estructural, sin embargo sabemos que este juega un papel muy importante para aumentar la resistencia a la tracción. Es por ello que se recomiendan materiales de buena calidad que permitan la adherencia con el acero.
  
- Se recomienda para la resistencia a la flexo-tracción, utilizar materiales de buena calidad que aseguren un buen funcionamiento en el concreto para así disminuir en la mayor medida posible los daños ocasionados por las altas temperaturas.

## **REFERENCIAS**

AGUIRRE, Giovanni. Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego. Tesis (Título de Ingeniero Civil).

Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2016.

Disponible en <https://bit.ly/2WFM6oe>

ALONSO, M. Determinación de la profundidad de daño en estructuras de hormigón post-incendio [en línea]. Madrid: Revista ALCONPAT Volumen 3, 2013 [fecha de consulta:

27 de agosto de 2019]. Disponible en:

<https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/39>

ISSN: 2007-6835

ASTM INTERNATIONAL. ASTM C33 / C33M-18. Standard Specification for Concrete Aggregates. Reglamento de American Society for Testing and Materials

ASTM INTERNATIONAL. ASTM-192 Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory. Reglamento de American Society for Testing and Materials.

ASTM INTERNATIONAL. ASTM- C39. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Reglamento de American Society for Testing and Materials.

ASTM INTERNATIONAL. ASTM- C496. Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Reglamento de American Society for Testing and Materials.

ASTM INTERNATIONAL. ASTM- C78. Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). Reglamento de American Society for Testing and Materials.

ASTM INTERNATIONAL. ASTM- C172. Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete. Reglamento de American Society for Testing and Materials

ASTM INTERNATIONAL. ASTM- C138. Standard Test Method for Density (Unit

Weight), Yield and Air Content (Gravimetric) of Concrete. Reglamento de American Society for Testing and Materials

AVILA, Hector. Introducción a la metodología de la investigación [en línea]. México: Eumed.Net, 2006 [fecha de consulta: 20 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://bit.ly/2FcUHc6>  
ISBN: 84-690-1999-6

CALDARONE, Michael. High-Strength Concrete: A practical guide [en línea]. New York: Taylor & Francis, 2009 [fecha de consulta: 17 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://bit.ly/31O5Z00>  
ISBN: 0-203-96249-4

CHAUCA, Deyner y CRUZ, Marco. Evaluación del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a Altas Temperaturas. Tesis (Título de Ingeniero Civil).  
Chimbote: Universidad Nacional de Santa, 2014.  
Disponible en <https://bit.ly/2INyiTs>

FERNÁNDEZ, Julián y PUJAL, Marcos. Iniciación a la física [en línea]. España: Editorial Reverté S.A., 2006 [fecha de consulta: 18 de marzo de 2019].  
Disponible en: <https://bit.ly/2RgLZ17>  
ISBN: 84-291-4272-X

FIGUEROA, Duvan y BELLO, John. Evaluación y diagnóstico de la resistencia a compresión y flexión del concreto simple después de expuesto a 450°C. Tesis (Título de Ingeniero Civil).  
Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2018.  
Disponible en <https://bit.ly/2IjOoFH>

GÓMEZ, Marcelo. Introducción a la metodología de la investigación científica [en línea]. Argentina: Editorial Brujas., 2007 [fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].  
Disponible en: <https://bit.ly/2RkcyCz>  
ISBN: 978-987-591-026-3

GU, Xianglin, JIN, Xianyu y ZHOU, Yong. Basic Principles of Concrete Structures [en línea]. Shanghai: Tongji University Press, 2016 [fecha de consulta: 04 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://bit.ly/2Y0c0Va>  
ISBN: 978-3-662-48565-1

HERNÁNDEZ, Juan, RODRÍGUEZ, José y SANZ, Josep. Transmisión de calor para ingenieros [en línea]. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 2010 [fecha de consulta: 17 de junio de 2019]. Disponible en: <https://bit.ly/2XLYaub>  
ISBN: 978-84-8427-737-8

HUINCHO, Mark. Evaluación la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2017. Disponible en <https://bit.ly/2RfLGUp>

MUÑIZ, Luis. Control Presupuestario: Planificación, elaboración y seguimiento del presupuesto. [en línea]. Barcelona: Profit Editorial, 2009 [fecha de consulta: 08 de junio de 2019]. Disponible en: <https://bit.ly/2MZYi3j>  
ISBN: 978-84-96998-94-0

NAMAKFOROOSH, Mohammad. Metodología de la investigación. 2da edición.[en línea]. México: Noriega Editores, 2005 [fecha de consulta: 18 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://bit.ly/2WPNcm1>  
ISBN: 968-18-5517-8

NOGALES, Francisca. Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares [en línea]. España: Editorial Elearning S.L., 2007 [fecha de consulta: 25 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://bit.ly/2WKmmMi>  
ISBN: 978-84-16424-46-7

PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES: Determinación de la resistencia a la flexión del concreto. (Diciembre, 2008). Instituto Mexicano del cemento y del concreto AC. Disponible en <https://bit.ly/31zLF28>

PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES: Pruebas de resistencia a la compresión del concreto. (Junio, 2006). Instituto Mexicano del cemento y del concreto AC.

Disponible en <https://bit.ly/2reTxp9>

RODRÍGUEZ, Ernesto. Metodología de la investigación [en línea]. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2005 [fecha de consulta: 02 de mayo de 2019].

Disponible en: <https://bit.ly/2RdwuXI>

ISBN: 968-5748-66-7

SADUN, Erica. iOS: Auto Layout Demystified [en línea]. Estados Unidos: Pearson Education, Inc., 2014 [fecha de consulta: 18 de marzo de 2019]. Disponible en:

<https://bit.ly/2N2O6XR>

ISBN: 978-0-321-967190

SÁNCHEZ, Consuelo. Teoría de la combustión [en línea]. España: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2011 [fecha de consulta: 17 de abril de 2019].

Disponible en: <https://bit.ly/31qvkge>

ISBN: 978-84-362-6303-9

SENCICO. 20016. Norma Técnica Peruana 350.025. Extintores de Agua. Reglamento Nacional de Construcciones.

SENCICO. 20016. Norma Técnica Peruana 350.026. Extintores de Polvo Químico Seco. Reglamento Nacional de Construcciones.

SENCICO. 20016. Norma Técnica Peruana 350.027. Extintores de Gas Carbónico. Reglamento Nacional de Construcciones.

SENCICO. 20016. Norma Técnica Peruana 350.021. Clasificación de los Fuegos y su Representación Gráfica. Reglamento Nacional de Construcciones.

SENCICO. 20016. Norma Técnica Peruana 350.037. Extintores Rodantes. Reglamento Nacional de Construcciones.



SENCICO. 20016. Norma Técnica Peruana 350.062. Capacidad Efectiva de Extinción. Reglamento Nacional de Construcciones.

SENCICO. 20016. Norma Técnica Peruana 833.026. Servicios de Mantenimiento y Recarga, Requisitos de Equipamiento. Reglamento Nacional de Construcciones.

SENCICO. 20016. Norma Técnica Peruana 833.030. Extintores Portátiles. Reglamento Nacional de Construcciones.

SENCICO. 20016. Norma Técnica Peruana 400.011. AGREGADOS: Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). Reglamento Nacional de Construcciones.

SENCICO. 20016. Norma Técnica Peruana 400.037. AGREGADOS: Especificaciones normalizadas para agregados en hormigos (concreto). Reglamento Nacional de Construcciones.

SOBOYEJO, Wolé. Mechanical Properties of Engineered Materials [en línea]. New York: Marcel Dekker, Inc., 2003 [fecha de consulta: 01 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://bit.ly/2MYeUIO>  
ISBN: 0-8247-8900-8

ZAMORA, Carlos. Influencia del uso de fibras de polipropileno fibromac en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.  
Disponible en <https://bit.ly/2FaKTiA>

# **ANEXOS**

## **ANEXOS**

**ANEXO 01: Matriz de Consistencia.**

**ANEXO 02: Ensayo de Gravedad Específica de Sólidos.**

**ANEXO 03: Ensayo de Peso Específico y Absorción — Agregados.**

**ANEXO 04 - 05: Ensayo de Peso Unitario — Concreto.**

**ANEXO 06: Análisis Granulométrico de Agregado Grueso — Concreto.**

**ANEXO 07: Análisis Granulométrico de Agregado Fino — Concreto.**

**ANEXO 08: Diseño de Mezcla de Concreto por el Método ACI 211 para un  $f'_c=420\text{kg/cm}^2$ .**

**ANEXO 09: Diseño de Mezcla de Concreto por el Método ACI 211 para un  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ .**

**ANEXO 10: Ensayo Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$**

**ANEXO 11: Ensayo Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto  $f'_c=420\text{kg/cm}^2$**

**ANEXO 12: Método de Prueba Estándar para la determinación del Módulo de Rotura del Hormigón — Concreto,  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$**

**ANEXO 13: Método de Prueba Estándar para la determinación del Módulo de Rotura del Hormigón — Concreto,  $f'_c=420\text{kg/cm}^2$ .**

**Anexo 14: Método de Prueba Estándar para la determinación de la Resistencia a la Tracción en Especímenes de Concreto Cilíndrico,  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ .**

**Anexo 15: Método de Prueba Estándar para la determinación de la Resistencia a la Tracción en Especímenes de Concreto Cilíndrico,  $f'_c=420\text{kg/cm}^2$ .**

**ANEXO 16 — ANEXO 24: Fichas de Observación**

**ANEXO 01: Matriz de Consistencia**

<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS PRINCIPAL</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>VALOR</b>
¿Cuál será la variación de las propiedades mecánicas del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019?	Determinar la variación en las propiedades mecánicas del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019.	La exposición a altas temperaturas en las probetas de concreto endurecido de diferentes calidades reducirá sus propiedades mecánicas, Lima 2019.	<b>VI</b>			
			Altas Temperaturas	Temperatura Final	Tf	Intervalo
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b>	<b>VD</b>			
¿Cuál será la resistencia a la compresión del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019?	Determinar la variación en la resistencia a la compresión del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019.	La exposición a altas temperaturas en las probetas de concreto endurecido de diferentes calidades reducirá su resistencia a la compresión, Lima 2019.	Propiedades Mecánicas	Resistencia a la compresión del concreto	f <sup>rc</sup>	Razón
¿Cuál será la variación de la resistencia a la tracción del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019?	Determinar la variación en la resistencia a la tracción del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019.	La resistencia a la tracción de las probetas de concreto endurecido de diferentes calidades se verá reducida ante las altas temperaturas, Lima 2019.		Resistencia a la tracción del concreto	f <sup>t</sup>	
¿Cuál será la resistencia a la flexo-tracción del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019?	Determinar la variación en la resistencia a la flexo-tracción del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima 2019.	Las vigas de concreto endurecido de diferentes calidades verá reducida su resistencia a la flexo-tracción ante la exposición a altas temperaturas, Lima 2019.		Resistencia a la flexión del concreto	Mr	



# ANEXO 03: Ensayo de Peso Específico y Absorción — Agregados.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	Código	FOI-LAB-AG-013
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

## LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS ASTM C128

REFERENCIA SOLICITANTE TESIS	: Datos de laboratorio	Fecha de ensayo: 24/09/2019
	: Panzaman Gavilón, Chiveter Anal	
	: 'Evaluación de las Propiedades mecánicas del Concreto Endurecido de Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas, Lima — 2019'	

MATERIAL : AGREGADO FINO      CANTERA : TRAPICHE

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1. Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	g	982.11	983.2	982.7
2. Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón	g	871.2	871.4	871.3
3. Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	310.91	311.8	311.4
4. Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balón	g/cc	665.4	665.2	665.30
5. Peso del Balón N° 2	g/cc	171.2	171.7	171.48
6. Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	494.2	493.5	493.85
7. Volumen del Balón (V = 500)	cc	487.7	487.7	487.7

RESULTADOS				
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))	g/cc	2.88	2.85	2.86
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W))	g/cc	2.68	2.69	2.68
PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W)-(500-A)])	g/cc	2.75	2.75	2.74
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) $(500-A)/V \times 100$	%	1.2	1.3	1.2

**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

**ANEXO 04: Ensayo de Peso Unitario — Concreto.**



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO UNITARIO (F, G o G/b)	PESO	Código	FOR-LTC-AG-018
			Revisión	1
			Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
 ASTM C29

REFERENCIA SOLICITANTE TESIS	: Datos de laboratorio	Fecha de ensayo:	24/09/2019
	: Placacamal Gemitt, Christel Anal		
	: "Evaluación de las Propiedades mecánicas del Concreto Endurecido de Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas, Lima — 2019"		

MATERIAL	: AGREGADO GRUESO	CANTERA:	TRAPI-C
----------	-------------------	----------	---------

MUESTRA Nº		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6182	6176	6167
2	Peso del Molde	g	2993	2983	2983
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	3819	3813	3804
4	Volumen del Molde	cc	2768	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.384	1.382	1.378
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>		g/cc	<b>1.381</b>		

MUESTRA Nº		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6750	6786	6772
2	Peso del Molde	g	2983	2983	2983
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4367	4423	4409
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.589	1.603	1.597
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		g/cc	<b>1.594</b>		

OBSERVACIONES:  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASPALTO YESENIA CUEVA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP: 115803 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	--	--

# ANEXO 05: Ensayo de Peso Unitario — Concreto.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO	Código	FOR-LAB-AG-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

## LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS ASTM C29

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Palazaman Garrido, Christel Anaí
<b>TESIS</b>	: "Evaluación de las Propiedades mecánicas del Concreto Endurecido de Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas, Lima — 2018"
<b>Fecha de ensayo:</b> 24/09/2018	

**MATERIAL** : AGREGADO FINO **CANTERA** : TRAPICHE

MUESTRA Nº		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6470	6452	6493
2	Peso del Molde	g	2365	2365	2365
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4107	4089	4130
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.488	1.482	1.498

<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>	g/cc	<b>1.489</b>
--------------------------------------	------	--------------

MUESTRA Nº		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7299	7268	7305
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4936	4905	4942
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.788	1.777	1.791

<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	g/cc	<b>1.788</b>
--	------	--------------

**OBSERVACIONES:**  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---------------------------------------	---	---



# ANEXO 06: Análisis Granulométrico de Agregado Grueso — Concreto.



(511) 457 2237 / 980 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b>	Código	PQR-LTC-AG-002
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO</b>	Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

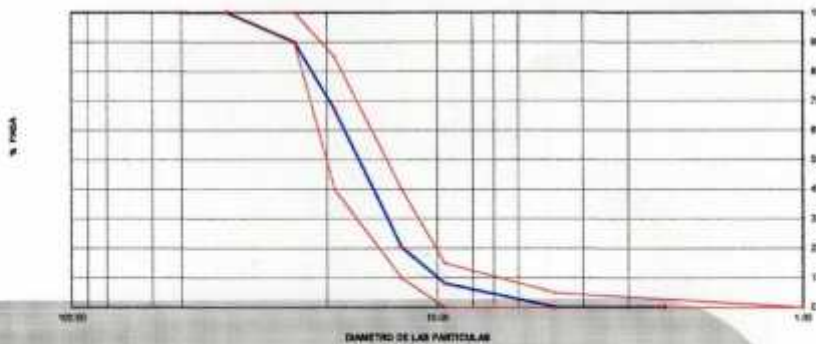
**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
 ASTM C136

<b>REFERENCIA SOLICITANTE TESIS</b>	Datos de laboratorio: Palazaman Gamito, Christel Anal. "Evaluación de las Propiedades mecánicas del Concreto Endurecido de Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas. Lima — 2019"		
	Fecha de ensayo: 24/09/2019		

MATERIAL	AGREGADO GRUESO	CANTERA: TRAPICHE
PESO INICIAL HUMEDO (g)	1,022.84	% W = 0.2
PESO INICIAL SECO (g)	1,021.24	MF = 7.25

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HECHO # 55
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100
1"	24.80	102.2	10.0	10.0	90.0	90 - 100
3/4"	19.00	234.3	22.9	32.9	67.1	65 - 85
1/2"	12.50	477.2	46.7	79.6	20.4	19 - 40
3/8"	9.50	125.6	12.3	91.8	8.1	6 - 18
Nº 4	4.75	81.9	8.0	99.9	0.1	0 - 5
Nº 5	3.35	0.0	0.0	99.9	0.1	
Nº 10	1.75	0.0	0.0	100.0	0.0	
FONDO		0.0	0.0			

**CURVA GRANULOMETRICA**



**OBSERVACIONES:**  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 MTL GEOTECNIA SAC LABORIO DE MATERIALES	 MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUEVA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP 115803	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

# ANEXO 07: Análisis Granulométrico de Agregado Fino — Concreto.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO	Código	FOR-LTC-AG-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO  
 ASTM C136

REFERENCIA	Datos de laboratorio	Fecha de ensayo:	24/06/2019
SOLICITANTE	Reinazman Gamido, Christel Anal		
TESIS	"Evaluación de las Propiedades mecánicas del Concreto Endurecido de Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas, Lima — 2019"		

MATERIAL	AGREGADO FINO	CANTERA:	TRAPICHE
PESO INICIAL HUMEDO (g)	528.5	% W	1.8
PESO INICIAL SECO (g)	518.4	MF	3.23

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C 33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.75	12.1	2.3	2.3	97.7	88 - 100
Nº5	2.36	114.8	22.3	22.3	77.7	81 - 100
Nº10	1.18	171.5	33.1	33.1	66.9	80 - 85
Nº20	0.85	155.2	30.0	30.0	70.0	80 - 85
Nº40	0.425	74.9	14.5	14.5	85.5	80 - 85
Nº100	0.15	56.3	10.9	10.9	89.1	8 - 15
FONDO		31.8	6.1	6.1	93.9	8 - 8



OBSERVACIONES:  
 \* Prohíbese la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  INGENIERA CLARA BARRAZA INGENIERO CIVIL C.P. 115603 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	--	---

ANEXO 08: Diseño de Mezcla de Concreto por el Método ACI 211 para un  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ .



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/09/2019

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO  
ACI 211**

REFERENCIA SOLICITANTE TESIS	Datos de laboratorio Parizaman Garrido, Christel Anal. "Evaluación de las Propiedades mecánicas del Concreto Endurecido de Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas. Lima -- 2019"	
	Fecha de ensayo: 24/09/2019	

MATERIAL	f'c 420 kg/cm <sup>2</sup>		HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO B Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C Kg/m <sup>3</sup>
	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINESA				
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.95	3.25	1.8	1.2	1489.0	1785.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.64	7.25	0.2	1.1	1381.0	1596.0

**MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE**

<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>					
1	ASENTAMIENTO	3-4	in		
2	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	1"			
3	RELACION AGUA CEMENTO	0.35			
4	AGUA	180			
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %	1.5			
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0.33			
<b>B) ANÁLISIS DE DISEÑO</b>					
<b>FACTOR CEMENTO</b>		510.000	Kg/m <sup>3</sup>	12.0	lit/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del cemento		0.1635	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
Volumen absoluto del Agua		0.1800	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
Volumen absoluto del Aire		0.0150	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>					0.358
Volumen absoluto del Agregado fino		0.3082	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
Volumen absoluto del Agregado grueso		0.3338	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>					1.000
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>					
CEMENTO		510	Kg/m <sup>3</sup>		
AGUA		180	Lit/m <sup>3</sup>		
AGREGADO FINO		817	Kg/m <sup>3</sup>		
AGREGADO GRUESO		881	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>D) PESO DE MEZCLA</b>		2396	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>CORRECCION POR HUMEDAD</b>					
AGREGADO FINO HUMEDO		821.3	Kg/m <sup>3</sup>		
AGREGADO GRUESO HUMEDO		883.1	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>					
AGREGADO FINO		-0.80	Lit/m <sup>3</sup>		
AGREGADO GRUESO		0.90	Lit/m <sup>3</sup>		
<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>				183.9	Lit/m <sup>3</sup>
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>					
CEMENTO		510	Kg/m <sup>3</sup>		
AGUA		183	Lit/m <sup>3</sup>		
AGREGADO FINO		831	Kg/m <sup>3</sup>		
AGREGADO GRUESO		883	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>G) PESO DE MEZCLA</b>		2418	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>CANTIDAD DE MATERIALES (30 lt.)</b>					
CEMENTO		15.30	Kg		
AGUA		0.48	Lit		
AGREGADO FINO		24.94	Kg		
AGREGADO GRUESO		26.40	Kg		
<b>PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)</b>				<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>	
C	1.0	C	1.0		
A.F	1.63	A.F	1.04		
A.G	1.73	A.G	1.08		
H2o	15.25 Kg	H2o	10.20 LT		

Elaborado por: 	Revisado por:  YEZENIA QUEJ BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP. 114603	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio de Materiales	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

ANEXO 09: Diseño de Mezcla de Concreto por el Método ACI 211 para un  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 284 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/09/2019

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO  
 ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Paizazaman Gamido, Christel Anal.
TESIS	: "Evaluación de las Propiedades mecánicas del Concreto Endurecido de Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas, Lima — 2019"
	Fecha de ensayo: 24/09/2019

MATERIAL	$f'c$ 210 $\text{kg/cm}^2$					
	PESO ESPECIFICO p/25	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. $\text{kg/m}^3$	P. UNITARIO C. $\text{kg/m}^3$
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.55	3.25	1.8	1.2	1489.0	1785.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.64	7.25	0.2	1.1	1381.0	1598.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>						
1	ASENTAMIENTO		3-4	in/g		
2	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		1"			
3	RELACION AGUA CEMENTO		0.58			
4	AGUA		225			
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		1.5			
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.33			
<b>B) ANÁLISIS DE DISEÑO</b>						
<b>FACTOR CEMENTO</b>			382.500	$\text{Kgm}^3$	8.0	$\text{Bl/m}^3$
Volumen absoluto del cemento			0.1226	$\text{m}^3/\text{m}^3$		
Volumen absoluto del Agua			0.2250	$\text{m}^3/\text{m}^3$		
Volumen absoluto del Aire			0.0150	$\text{m}^3/\text{m}^3$		0.303
<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>						
Volumen absoluto del Agregado fino			0.3056	$\text{m}^3/\text{m}^3$		0.637
Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3312	$\text{m}^3/\text{m}^3$		1.000
<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>						
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES <math>\text{m}^3</math> POR EN PESO SECO</b>						
CEMENTO			383	$\text{Kgm}^3$		
AGUA			225	$\text{Litro}^3$		
AGREGADO FINO			810	$\text{Kgm}^3$		
AGREGADO GRUESO			874	$\text{Kgm}^3$		
<b>D) PESO DE MEZCLA</b>			2292	$\text{Kgm}^3$		
<b>CORRECCION POR HUMEDAD</b>						
AGREGADO FINO HUMEDO			824.8	$\text{Kgm}^3$		
AGREGADO GRUESO HUMEDO			876.2	$\text{Kgm}^3$		
<b>E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>						
AGREGADO FINO			-0.60	$\text{Litro}^3/\text{m}^3$		-4.9
AGREGADO GRUESO			0.90			7.8
<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>						3.0
						228.0 $\text{Litro}^3$
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES <math>\text{m}^3</math> POR EN PESO HUMEDO</b>						
CEMENTO			383	$\text{Kgm}^3$		
AGUA			228	$\text{Litro}^3/\text{m}^3$		
AGREGADO FINO			822	$\text{Kgm}^3$		
AGREGADO GRUESO			876	$\text{Kgm}^3$		
<b>G) PESO DE MEZCLA</b>			3312	$\text{Kgm}^3$		
<b>CANTIDAD DE MATERIALES (30 L)</b>						
CEMENTO			11.48	Kg		
AGUA			8.84	Litro		
AGREGADO FINO			24.75	Kg		
AGREGADO GRUESO			26.29	Kg		
<b>PROPORCIÓN EN PESO <math>\mu</math> (húmedo)</b>						
C	1.0					
A.F	2.16					
A.G	2.29					
H <sub>2</sub> O	25.30 Kg					
<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN <math>\mu</math> (húmedo)</b>						
C	1.0					
A.F	2.17					
A.G	2.49					
H <sub>2</sub> O	25.30 LT.					

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO  YESSENIA CUEVA BARRAZA INGENIERO CIVIL CPL 145803 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	---

# ANEXO 10: Ensayo Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto f'c=210kg/cm2



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FCR-LAB-CO-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/10/2019

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS  
 ASTM C39-07 / NTP 338.034-11

REFERENCIA SOLICITANTE TESTIS	- Dejos de laboratorio - Pavement Gambo, Christel Anal. - "Evaluación de las Propiedades mecánicas del Concreto Endurecido de Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas, Lima -- 2019"
UBICACIÓN	SAN MARTÍN DE PORRES Fecha de emisión: 16/10/2019

IDENTIFICACIÓN DE ESPÉCIMEN	FECHA DE VACADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm2	ESFUERZO kg/cm2	Fc Diseño kg/cm2	% Fc
PATRÓN 210 Kg/cm2	24/06/2019	16/10/2019	22	20160.2	81.7	307.9	210.0	146.6
PATRÓN 210 Kg/cm2	24/06/2019	16/10/2019	22	20790.9	81.7	314.7	210.0	150.3
PATRÓN 210 Kg/cm2	24/09/2019	16/10/2019	22	21385.2	81.7	310.8	210.0	148.0
210 Kg/cm2 a 50°C	24/09/2019	16/10/2019	22	19542.8	81.7	191.4	210.0	91.2
210 Kg/cm2 a 50°C	24/09/2019	16/10/2019	22	14968.6	81.7	183.2	210.0	87.2
210 Kg/cm2 a 60°C	24/09/2019	16/10/2019	22	16294.0	81.7	197.1	210.0	93.9
210 Kg/cm2 a 60°C	24/09/2019	16/10/2019	22	12613.8	81.7	154.4	210.0	73.5
210 Kg/cm2 a 80°C	24/09/2019	16/10/2019	22	13621.6	81.7	166.7	210.0	79.4
210 Kg/cm2 a 80°C	24/09/2019	16/10/2019	22	12588.0	81.7	154.1	210.0	73.4
210 Kg/cm2 a 70°C	24/09/2019	16/10/2019	22	9896.0	81.7	121.1	210.0	57.7
210 Kg/cm2 a 70°C	24/09/2019	16/10/2019	22	9716.0	81.7	118.9	210.0	56.6
210 Kg/cm2 a 70°C	24/09/2019	16/10/2019	22	9799.0	81.7	119.9	210.0	57.1

### EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

### OBSERVACIONES:

- \* No se observaron fallas atípicas en las roturas.
- \* El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

# ANEXO 11: Ensayo Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto f'c=420kg/cm2



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	PCR-LAB-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/10/2019

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS  
 ASTM C39-07 / NTP 329.036-11

REFERENCIA DE SOLICITANTE	- Debes de laboratorio - Percepciones Gerardo, Christel Anal
TESIS	- Evaluación de las Propiedades mecánicas del Concreto Entendido de Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas, Lima – 2019*
UBICACIÓN	- SAN MARTÍN DE PORRES
	Fecha de emisión: 16/10/2019

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm2	ESFUERZO kg/cm2	F <sub>s</sub> Diseño kg/cm2	% F <sub>s</sub>
PATRÓN 420 kg/cm2	24/06/2019	16/10/2019	22	46200.6	81.7	565.4	420.0	134.6
PATRÓN 420 kg/cm2	24/06/2019	16/10/2019	22	47293.2	81.7	578.8	420.0	137.6
PATRÓN 420 kg/cm2	24/06/2019	16/10/2019	22	40889.0	81.7	500.5	420.0	126.6
420 kg/cm2 a 50°C	24/06/2019	16/10/2019	22	24643.8	81.7	301.5	420.0	71.8
420 kg/cm2 a 50°C	24/06/2019	16/10/2019	22	24384.8	81.7	298.1	420.0	71.0
420 kg/cm2 a 50°C	24/06/2019	16/10/2019	22	24336.8	81.7	297.8	420.0	70.9
420 kg/cm2 a 60°C	24/06/2019	16/10/2019	22	26888.0	81.7	329.0	420.0	78.1
420 kg/cm2 a 60°C	24/06/2019	16/10/2019	22	26547.0	81.7	324.8	420.0	77.3
420 kg/cm2 a 60°C	24/06/2019	16/10/2019	22	26947.0	81.7	329.8	420.0	78.5
420 kg/cm2 a 70°C	24/06/2019	16/10/2019	22	16428.0	81.7	201.0	420.0	47.9
420 kg/cm2 a 70°C	24/06/2019	16/10/2019	22	15880.0	81.7	194.3	420.0	46.3
420 kg/cm2 a 70°C	24/06/2019	16/10/2019	22	15775.0	81.7	191.9	420.0	45.7

### EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

### OBSERVACIONES:

- \* No se observaron fallas al inicio en las roturas
- \* El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material rellentante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

# ANEXO 12: Método de Prueba Estándar para la determinación del Módulo de Rotura del Hormigón — Concreto, $f^c=210\text{kg/cm}^2$



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

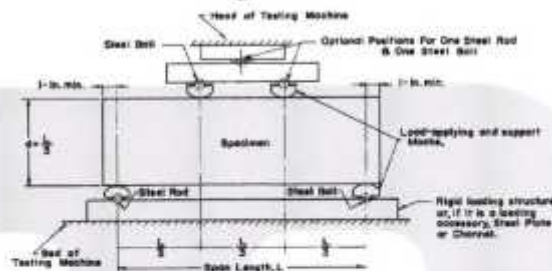
www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES	FORMATO		Orden	AE-FO-024
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO		Versión	31
			Fecha	16/10/2019
			Página	1 de 1
TEMA:	Evaluación de las Propiedades mecánicas del Concreto Endurecido de Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas. Lima — 2019			
SOLICITANTE	Parasaman Garrido, Christel Anal.	REALIZADO POR	P. Taseyo	
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR	D. Cozo	
UBICACIÓN DE PROYECTO	SAN MARTÍN DE PORRES	FECHA DE ENSAYO	16/10/2019	
FECHA DE EMISIÓN	16/10/2019	TURNO	Diurno	
Tipo de muestra	Concreto endurecido			
Preservación	Especímenes prismáticos			
F'de diseño	210 kg/cm <sup>2</sup>			

### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE MACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN 210 Kg/cm <sup>2</sup>	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	58 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN 210 Kg/cm <sup>2</sup>	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	60 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN 210 Kg/cm <sup>2</sup>	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	56 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 500°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	32 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 500°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	30 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 600°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	30 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 600°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	24 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 600°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	25 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 600°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	25 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 700°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	22 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 700°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	22 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 700°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	22 kg/cm <sup>2</sup>

### ASTM C 78 - 08



Spec. ASTM C78

#### OBSERVACIONES:

- Muestras proporcionadas por el solicitante
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

# ANEXO 13: Método de Prueba Estándar para la determinación del Módulo de Rotura del Hormigón — Concreto, $f^c=420\text{kg/cm}^2$ .



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

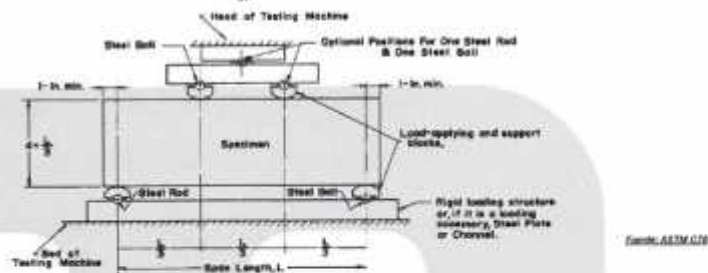
www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO		Código	AS-FO-188
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO		Versión	01
			Fecha	16/10/2019
			Página	1 de 1
TEMA:	"Evaluación de las Propiedades mecánicas del Concreto Endurecido de Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas, Lima — 2019"			
SOLICITANTE	Palpacan Garmido, Christel Anal.		REALIZADO POR	P. Tasejco
CÓDIGO DE PROYECTO	---		REVISADO POR	D. Coto
UBICACIÓN DE PROYECTO	SAN MARTÍN DE PORRES		FECHA DE ENSAYO	16/10/2019
FECHA DE EMISIÓN	16/10/2019		TURNO	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido			
Presentación	Especímenes prismáticos			
Fc de diseño	420 kg/cm <sup>2</sup>			

### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN 420 Kg/cm <sup>2</sup>	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	99 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN 420 Kg/cm <sup>2</sup>	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	99 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN 420 Kg/cm <sup>2</sup>	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	99 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 90°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	48 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 500°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	47 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 500°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	48 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 600°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	42 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 650°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	41 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 650°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	42 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 700°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	38 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 700°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	36 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 700°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	2	30.0	37 kg/cm <sup>2</sup>

### ASTM C 78 - 08



#### OBSERVACIONES:

- \* Muestras Proporcionadas por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA VILLALBA INGENIERA CIVIL C.P. 13262	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



## Anexo 14: Método de Prueba Estándar para la determinación de la Resistencia a la Tracción en Especímenes de Concreto Cilíndrico, $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ .



(511) 457 2237 / 986 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

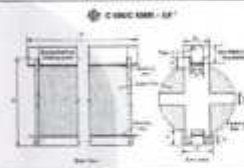
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO		Código	REF. ISO
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICO		Versión	01
			Fecha	16/10/2019
			Página	1 de 1
TESTE	"Evaluación de las Propiedades mecánicas del Concreto Endurecido de Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas, Lima – 2019"			
SOLICITANTE	Parisaman Gavito, Christel Anal.		REALIZADO POR	P. Taseyon
CÓDIGO DE PROYECTO	---		REVISADO POR	II. Conde
UBICACIÓN DE PROYECTO	SAN MARTIN DE PORRES		FECHA DE ENSAYO	16/10/2019
FECHA DE EMISIÓN	16/10/2019		TURNO	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido			
Presentación	Especímenes Cilíndricos			
Fo de diseño	210 kg/cm <sup>2</sup>			

### RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C496

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM <sup>2</sup> )
PATRÓN 210 Kg/cm <sup>2</sup>	24/09/2019	16/10/2019	22 días	10.2	8900.0	26 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN 210 Kg/cm <sup>2</sup>	24/09/2019	16/10/2019	22 días	10.2	8768.0	27 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN 210 Kg/cm <sup>2</sup>	24/09/2019	16/10/2019	22 días	10.2	9058.0	28 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 530°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	10.2	8200.0	16 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 530°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	10.2	9128.4	18 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 550°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	10.2	8000.0	16 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 600°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	10.2	4261.0	13 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 650°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	10.2	4148.0	13 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 800°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	10.2	4178.0	13 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 750°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	10.2	3366.0	11 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 750°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	10.2	3371.0	11 kg/cm <sup>2</sup>
210 Kg/cm <sup>2</sup> a 750°C	24/09/2019	16/10/2019	22 días	10.2	3458.0	11 kg/cm <sup>2</sup>

#### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MTL GEOTECNIA.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

## Anexo 15: Método de Prueba Estándar para la determinación de la Resistencia a la Tracción en Especímenes de Concreto Cilíndrico, $f'c=420\text{kg/cm}^2$ .



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-PO-138
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICO	Versión	01
		Fecha	18/10/2019
		Página	1 de 1

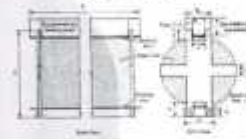
TEMA	"Evaluación de las Propiedades mecánicas del Concreto Endurecido de Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas. Lima -- 2019"		
SOLICITANTE	Perseman Gamito, Christal Anal.	REALIZADO POR	F. Tascayo
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR	S. Cevallos
UBICACIÓN DE PROYECTO	SAN MARTÍN DE PORRES.	FECHA DE ENSAYO	18/10/2019
FECHA DE EMISIÓN	18/10/2019	TURNO	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido		
Presentación	Especímenes Cilíndricos		
F'c de diseño	420 kg/cm <sup>2</sup>		

### RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C498

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM <sup>2</sup> )
PATRÓN 420 Kg/cm <sup>2</sup>	24/09/2019	18/10/2019	22 días	10.2	13095.5	42 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN 420 Kg/cm <sup>2</sup>	24/09/2019	18/10/2019	22 días	10.2	13571.8	42 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN 420 Kg/cm <sup>2</sup>	24/09/2019	18/10/2019	22 días	10.2	13889.0	43 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 500°C	24/09/2019	18/10/2019	22 días	10.2	8090.3	28 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 500°C	24/09/2019	18/10/2019	22 días	10.2	9152.1	29 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 500°C	24/09/2019	18/10/2019	22 días	10.2	8147.8	26 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 800°C	24/09/2019	18/10/2019	22 días	10.2	8158.0	26 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 800°C	24/09/2019	18/10/2019	22 días	10.2	8090.0	25 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 800°C	24/09/2019	18/10/2019	22 días	10.2	8174.0	26 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 700°C	24/09/2019	18/10/2019	22 días	10.2	7269.9	23 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 700°C	24/09/2019	18/10/2019	22 días	10.2	7398.9	23 kg/cm <sup>2</sup>
420 Kg/cm <sup>2</sup> a 700°C	24/09/2019	18/10/2019	22 días	10.2	7219.0	23 kg/cm <sup>2</sup>


#### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MTL GEOTECNIA.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en el nombre de ensayo.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.




Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 	 YESSICA CEVALLOS BARRAL INGENIERO CIVIL C.P. 115803	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA


**ANEXO 16: Fichas de Observación.**

<b>FICHA TÉCNICA DE DATOS</b>			
<b>TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO DE DIFERENTES CALIDADES ANTE ALTAS TEMPERATURAS, LIMA—2019.</b>			
<b>DI. <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>2. ENSAYO DE TRACCIÓN</b>			
<b>2.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
28	27	27	27.67
<b>2.2. TEMPERATURA: 500°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
16	16	16	16
<b>2.3. TEMPERATURA: 600°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
13	13.1	13	13.05
<b>2.4. TEMPERATURA: 700°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
11	11	11	11
<b>DI. <math>f'c=420</math> kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>2. ENSAYO DE TRACCIÓN</b>			
<b>2.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
42	42	43	42.33
<b>2.2. TEMPERATURA: 500°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
28	29	29	28.67
<b>2.3. TEMPERATURA: 600°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
25	25	26	25.33
<b>2.4. TEMPERATURA: 700°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
23	23	23	23
<b>RANGO</b>	<b>MAGNITUD</b>	<b>RANGO DE VALIDEZ:</b>	
1.0	Validez Perfecta	 GINO PAOLO AVALOS CUTIRI INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 162049	
0.72 a 0.99	Excelente Validez		
0.66 a 0.71	Muy Válida		
0.60 a 0.65	Válida		
0.54 a 0.59	Validez Baja		
0.53 a menos	Validez Nula		
		<b>FIRMA Y SELLO</b>	


ANEXO 17: Fichas de Observación.

FICHA TÉCNICA DE DATOS			
TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO DE DIFERENTES CALIDADES ANTE ALTAS TEMPERATURAS, LIMA—2019.			
DI. $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>			
2. ENSAYO DE TRACCIÓN			
2.1. TEMPERATURA ESTANDAR			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	PROMEDIO
28	27	28	27.67
2.2. TEMPERATURA: 500°C			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	PROMEDIO
16	16	16	16
2.3. TEMPERATURA: 600°C			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	PROMEDIO
13	13.1	13	13.05
2.4. TEMPERATURA: 700°C			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	PROMEDIO
11	11	11	11
DI. $f'c=420$ kg/cm <sup>2</sup>			
2. ENSAYO DE TRACCIÓN			
2.1. TEMPERATURA ESTANDAR			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	PROMEDIO
42	42	43	42.33
2.2. TEMPERATURA: 500°C			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	PROMEDIO
28	29	29	28.67
2.3. TEMPERATURA: 600°C			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	PROMEDIO
25	25	26	25.33
2.4. TEMPERATURA: 700°C			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	PROMEDIO
23	23	23	23
RANGO	MAGNITUD	RANGO DE VALIDEZ:	
1.0	Validez Perfecta	 ABELARDO ENRIQUE FERRER CASTILLO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 137826	
0.72 a 0.99	Excelente Validez		
0.66 a 0.71	Muy Válida		
0.60 a 0.65	Válida		
0.54 a 0.59	Validez Baja		
0.53 a menos	Validez Nula		
		FIRMA Y SELLO	


**ANEXO 18: Fichas de Observación.**

<b>FICHA TÉCNICA DE DATOS</b>			
<b>TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO DE DIFERENTES CALIDADES ANTE ALTAS TEMPERATURAS, LIMA—2019.</b>			
<b>DI. <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>2. ENSAYO DE TRACCIÓN</b>			
<b>2.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
28	27	28	27.67
<b>2.2. TEMPERATURA: 500°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
16	16	16	16
<b>2.3. TEMPERATURA: 600°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
13	13.1	13	13.05
<b>2.4. TEMPERATURA: 700°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
11	11	11	11
<b>DI. <math>f'c=420</math> kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>2. ENSAYO DE TRACCIÓN</b>			
<b>2.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
42	42	43	42.33
<b>2.2. TEMPERATURA: 500°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
28	29	29	28.67
<b>2.3. TEMPERATURA: 600°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
25	25	26	25.33
<b>2.4. TEMPERATURA: 700°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
23	23	23	23
<b>RANGO</b>	<b>MAGNITUD</b>	<b>RANGO DE VALIDEZ:</b>	
1.0	Validez Perfecta	 <b>Aldo Bendezú Izarra</b> Ingeniero Civil CIP. 87930	
0.72 a 0.99	Excelente Validez		
0.66 a 0.71	Muy Válida		
0.60 a 0.65	Válida		
0.54 a 0.59	Validez Baja		
0.53 a menos	Validez Nula		
		<b>FIRMA Y SELLO</b>	

ANEXO 19: Fichas de Observación.


<b>FICHA TÉCNICA DE DATOS</b>			
<b>TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO DE DIFERENTES CALIDADES ANTE ALTAS TEMPERATURAS, LIMA—2019.</b>			
<b>DL. <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>1. ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>			
<b>1.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
307.91	315.73	310.79	311.47
<b>1.2. TEMPERATURA: 500°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
191.44	183.18	187.05	187.22
<b>1.3. TEMPERATURA: 600°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
156.81	154.46	154.17	155.14
<b>1.4. TEMPERATURA: 700°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
120.64	118.89	119.76	119.76
<b>DL. <math>f'c=420</math> kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>1. ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>			
<b>1.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
565.40	578.80	573.60	572.59
<b>1.2. TEMPERATURA: 500°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
301.5	297.1	297.8	299.14
<b>1.3. TEMPERATURA: 600°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
256.6	251.5	255.1	254.39
<b>1.4. TEMPERATURA: 700°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
181.8	192.0	188.2	187.66
<b>RANGO</b>	<b>MAGNITUD</b>	<b>RANGO DE VALIDEZ:</b>	
1.0	Validez Perfecta	 <b>Aldo Bendezú Izarra</b> Ingeniero Civil CIP. 87530	
0.72 a 0.99	Excelente Validez		
0.66 a 0.71	Muy Válida		
0.60 a 0.65	Válida		
0.54 a 0.59	Validez Baja		
0.53 a menos	Validez Nula		
		<b>FIRMA Y SELLO</b>	

**ANEXO 20: Fichas de Observación**

<b>FICHA TÉCNICA DE DATOS</b>			
<b>TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO DE DIFERENTES CALIDADES ANTE ALTAS TEMPERATURAS, LIMA—2019.</b>			
<b>DI. <math>f_c=210</math> kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>I. ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>			
<b>I.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
307.91	315.73	310.79	311.47
<b>I.2. TEMPERATURA: 500°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
191.44	183.18	187.05	187.22
<b>I.3. TEMPERATURA: 600°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
156.81	154.46	154.17	155.14
<b>I.4. TEMPERATURA: 700°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
120.64	118.89	119.76	119.76
<b>DI. <math>f_c=420</math> kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>I. ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>			
<b>I.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
565.40	578.80	573.60	572.59
<b>I.2. TEMPERATURA: 500°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
301.5	298.1	297.8	299.14
<b>I.3. TEMPERATURA: 600°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
256.6	251.5	253.1	254.39
<b>I.4. TEMPERATURA: 700°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
188.8	192.0	189.2	189.66
<b>RANGO</b>	<b>MAGNITUD</b>	<b>RANGO DE VALIDEZ:</b>	
1.0	Validez Perfecta	 <b>ABELARDO ENRÍQUEZ FERRER CASTILLO</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 13782F	
0.72 a 0.99	Excelente Validez		
0.66 a 0.71	Muy Válida		
0.60 a 0.65	Válida		
0.54 a 0.59	Validez Baja		
0.53 a menos	Validez Nula		
		<b>FIRMA Y SELLO</b>	

**ANEXO 21: Fichas de Observación.**


<b>FICHA TÉCNICA DE DATOS</b>			
<b>TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO DE DIFERENTES CALIDADES ANTE ALTAS TEMPERATURAS, LIMA—2019.</b>			
<b>DI. <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>1. ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>			
<b>1.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
307.91	315.73	310.79	311.47
<b>1.2. TEMPERATURA: 500°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
191.44	183.18	187.03	177.22
<b>1.3. TEMPERATURA: 600°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
156.81	154.46	154.17	155.14
<b>1.4. TEMPERATURA: 700°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
120.64	118.89	119.76	119.76
<b>DI. <math>f'c=420</math> kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>1. ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>			
<b>1.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
565.40	578.80	573.60	572.59
<b>1.2. TEMPERATURA: 500°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
301.5	298.1	297.8	299.14
<b>1.3. TEMPERATURA: 600°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
256.6	251.5	255.10	254.39
<b>1.4. TEMPERATURA: 700°C</b>			
PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	<b>PROMEDIO</b>
188.8	192.0	188.2	189.66

RANGO	MAGNITUD	RANGO DE VALIDEZ:
1.0	Validez Perfecta	 GINO PAOLO AVALOS CUTIRI INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 162040
0.72 a 0.99	Excelente Validez	
0.66 a 0.71	Muy Válida	
0.60 a 0.65	Válida	
0.54 a 0.59	Validez Baja	
0.53 a menos	Validez Nula	
		<b>FIRMA Y SELLO</b>




ANEXO 22: Fichas de Observación.

<b>FICHA TÉCNICA DE DATOS</b>		
<b>TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO DE DIFERENTES CALIDADES ANTE ALTAS TEMPERATURAS, LIMA—2019.</b>		
<b>DI. <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>3. ENSAYO DE FLEXO TRACCIÓN</b>		
<b>3.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
58	60	58
<b>3.2. TEMPERATURA: 500°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
32	30	30.67
<b>3.3. TEMPERATURA: 600°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
24	25	24.67
<b>3.4. TEMPERATURA: 700°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
22	22	22
<b>DI. <math>f'c=420</math> kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>4. ENSAYO DE FLEXO TRACCIÓN</b>		
<b>4.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
98	91	98.67
<b>4.2. TEMPERATURA: 500°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
48	47	47.67
<b>4.3. TEMPERATURA: 600°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
42	41	41.67
<b>4.4. TEMPERATURA: 700°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
38	36	37

RANGO	MAGNITUD	RANGO DE VALIDEZ:
1.0	Validez Perfecta	 <b>ABELARDO ENRIQUE FERRER CASTILLO</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 137825 <hr/> <b>FIRMA Y SELLO</b>
0.72 a 0.99	Excelente Validez	
0.66 a 0.71	Muy Válida	
0.60 a 0.65	Válida	
0.54 a 0.59	Validez Baja	
0.53 a menos	Validez Nula	

**ANEXO 23: Fichas de Observación.**

<b>FICHA TÉCNICA DE DATOS</b>		
<b>TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO DE DIFERENTES CALIDADES ANTE ALTAS TEMPERATURAS, LIMA—2019.</b>		
<b>DL. <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>3. ENSAYO DE FLEJO TRACCIÓN</b>		
<b>3.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
58	60	58
<b>3.2. TEMPERATURA: 500°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
32	30	30.67
<b>3.3. TEMPERATURA: 600°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
24	25	24.67
<b>3.4. TEMPERATURA: 700°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
22	22	22
<b>DL. <math>f'c=420</math> kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>4. ENSAYO DE FLEJO TRACCIÓN</b>		
<b>4.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
98	99	98.67
<b>4.2. TEMPERATURA: 500°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
48	47	47.67
<b>4.3. TEMPERATURA: 600°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
42	41	41.67
<b>4.4. TEMPERATURA: 700°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
38	36	37

RANGO	MAGNITUD	RANGO DE VALIDEZ:
1.0	Validez Perfecta	 GINO PAOLO AVALOS CUTIRI INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 182349
0.72 a 0.99	Excelente Validez	
0.66 a 0.71	Muy Válida	
0.60 a 0.65	Válida	
0.54 a 0.59	Validez Baja	
0.53 a menos	Validez Nula	
		<b>FIRMA Y SELLO</b>

ANEXO 24: Fichas de Observación.

<b>FICHA TÉCNICA DE DATOS</b>		
<b>TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO DE DIFERENTES CALIDADES ANTE ALTAS TEMPERATURAS, LIMA—2019.</b>		
<b>DL. <math>f_c=210</math> kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>3. ENSAYO DE FLEJO TRACCIÓN</b>		
<b>3.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
58	60	58
<b>3.2. TEMPERATURA: 500°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
32	30	30.67
<b>3.3. TEMPERATURA: 600°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
24	25	24.67
<b>3.4. TEMPERATURA: 700°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
22	22	22
<b>DL. <math>f_c=420</math> kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>4. ENSAYO DE FLEJO TRACCIÓN</b>		
<b>4.1. TEMPERATURA ESTANDAR</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
98	99	98.67
<b>4.2. TEMPERATURA: 500°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
48	47	47.67
<b>4.3. TEMPERATURA: 600°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
42	41	41.67
<b>4.4. TEMPERATURA: 700°C</b>		
VIGA 01	VIGA 02	<b>PROMEDIO</b>
38	36	37


RANGO	MAGNITUD	RANGO DE VALIDEZ:
1.0	Validez Perfecta	 <b>Aldo Bendezu Izarra</b> Ingeniero Civil CIP- 87880
0.72 a 0.99	Excelente Validez	
0.66 a 0.71	Muy Válida	
0.60 a 0.65	Válida	
0.54 a 0.59	Validez Baja	
0.53 a menos	Validez Nula	

**FIRMA Y SELLO**

Yo, *Dr. Ing. Omart Demetrio Tello Malpartida* docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, Lima Norte (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada

"Evaluación De Las Propiedades Mecánicas Del Concreto Endurecido De Diferentes Calidades Ante Altas Temperaturas, Lima — 2019", del (de la) estudiante *Pairazaman Garrido, Christel Anaí*, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.



Los Olivos, 21 de *Nov* del 2019.

Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Dr. Ing. Omart Demetrio Tello Malpartida

DNI: 08644876

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



Yo Christel Anaí Pairazaman Garrido identificado con DNI N.º 75915934, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo,

Autorizo (  ) No autorizo (  ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado

“Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Endurecido de Diferentes Calidades ante Altas Temperaturas, Lima — 2019”

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



FIRMA

DNI: 75915934

FECHA 19 de Diciembre de 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO  
DE INVESTIGACIÓN / TESIS**

**CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL COORDINADOR DE LA:**

- ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS QUE PRESENTA**

- Pairazaman Garrido, Christel Anai

**INFORME TITULADO:**

- Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto endurecido de diferentes calidades ante altas temperaturas, Lima – 2019

**PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:**

- Ingeniero civil.

**SUSTENTADO EN FECHA:** 19/12/2019

**NOTA O MENCIÓN:** 17



---

**Mg. Doris Lina Huamán Baldeón**  
**Coordinadora del E.P. Ingeniería Civil**  
**UCV – Lima Norte**