# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
# FACULTAD DE INGENIERÍA
# ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Tesis:**

**Evaluación del comportamiento del concreto de alto desempeño $f'_c = 450\ kg/cm^2$ expuesto a altas temperaturas a esfuerzo de compresión y tracción.**


Asesor:

**Gálvez Barrientos Edilberto**

Autor:

**López Sumarriva Roddy Sleyter**


Para optar al título profesional de:

**Ingeniero Civil**


**Abancay- Apurímac- Perú**
**2024**

**Acta de sustentación**

Universidad Tecnológica de los Andes

*Transformando vidas*

*ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N°007-2024-EPIC-FI- UTEA- SA*

Reunidos el Jurado Evaluador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- ***Mg.Sc. MALDONADO MENDÍVIL, Angel*** — *PRESIDENTE*
- ***Ph.D. VASQUEZ RAMÍREZ, Abbon Alex*** — *DICTAMINANTE*
- **Mg. CASAVERDE LOPEZ Oswald** — *REPLICANTE*

y el (la) postulante al **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO (a) CIVIL,** Bachiller: **LOPEZ SUMARRIVA, Roddy Sleyter, código de matrícula N°201210446-J.**

Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, aprobado mediante resolución de consejo UniversitarioN°1870-2023-UTEA-CU, de fecha 03 de julio del 2023, respecto a la sustentación de tesis, para optar al título profesional de Ingeniero Civil.

SUSTENTACIÓN DE TESIS titulado: "**Evaluación del comportamiento del concreto de alto desempeño f´c=450 kg/cm2 expuesto a altas temperaturas a esfuerzos de compresión y tracción**", habiendo aprobado con la nota de once **(11).**

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 265.

Abancay, 08 de abril 2024.

*Mg.Sc. MALDONADO MENDÍVIL, Angel*
PRESIDENTE

*Ph.D. VASQUEZ RAMÍREZ, Abbon Alex*
DICTAMINANTE

**Mg. CASAVERDE LOPEZ Oswald**
REPLICANTE

**Reporte de Similitud**

Evaluación del comportamiento del concreto de alto desempeño f'c=450kg/cm2 expuesto a altas temperaturas a esfuerzos de compresión y tracción

INFORME DE ORIGINALIDAD

| 19% | 19% | 5% | 8% |
|---|---|---|---|
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|---|---|
| 1 | hdl.handle.net<br>Fuente de Internet | 5% |
| 2 | Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes<br>Trabajo del estudiante | 3% |
| 3 | repositorio.utea.edu.pe<br>Fuente de Internet | 2% |
| 4 | cybertesis.uni.edu.pe<br>Fuente de Internet | 1% |
| 5 | repositorio.ucv.edu.pe<br>Fuente de Internet | 1% |
| 6 | Submitted to Universidad Andina del Cusco<br>Trabajo del estudiante | 1% |
| 7 | repositorio.unsaac.edu.pe<br>Fuente de Internet | 1% |
| 8 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo<br>Trabajo del estudiante | 1% |

**Metadatos Complementarios**

| | | |
|---|---|---|
| **Datos del Autor** | | |
| Apellidos y Nombres | : | López Sumarriva Roddy Sleyter |
| Tipo de documento de identidad | : | DNI |
| Numero de Documento de Identidad | : | 70980778 |
| URL ORCID | : | https://orcid.org/0009-0002-5055-1794 |
| **Datos del Asesor** | | |
| Apellidos y Nombres | : | Gálvez Barrientos Edilberto |
| Tipo de Documento de Identidad | : | DNI |
| Numero de Documento de Identidad | : | 31000586 |
| URL ORCID | : | https://orcid.org/0000-0003-2723-749X |
| **Datos de la investigación** | | |
| Facultad | : | Ingeniería |
| Escuela Profesional | : | Ingeniería Civil |
| Línea de Investigación | : | Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible |
| Rango en años en que realizo la investigación | : | 3 |
| Fuente de Financiamiento | : | Recursos propios |
| Porcentaje de similitud | : | 19% |
| URL de OCDE | : | https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 |

## Dedicatoria

Dedicado al esfuerzo incansable de mi madre, al apoyo invalorable de mi hermano, a la memoria inconmensurable de las enseñanzas de mi padre y a mi hija Abby la razón de mi esfuerzo.

## Agradecimientos

Agradezco a Dios, mi padre Rodolfo, a mi madre Morayma y mi hermano José por brindarme la oportunidad de darle significado a mi destino.

Agradezco a mis docentes por darme las herramientas de ser mejor cada día.

Agradezco al Ing. Edilberto Gálvez Barrientos por guíame en el camino a la excelencia.

## Resumen

En la presente tesis se buscó evaluar el comportamiento del concreto de alto desempeño $f'_c$=450 $kg/cm^2$ frente a la exposición de altas temperaturas generado por el fuego durante un proceso de incendio, los modelos fueron evaluados a los esfuerzos frente a la compresión y tracción, se logró verificar en los testigos de concreto, posterior a ser sometidos a las altas temperaturas, el notable descenso de resistencia en las muestras, al ser evaluados en los ensayos de compresión y tracción, iniciando con testigos a temperatura ambiente, que fueron comparados con testigos expuestos a una hora, dos, tres y a cuatro horas, se logró verificar en los testigos expuestos a las altas temperaturas, el descenso de la resistencia progresivamente ante las propiedades mecánicas de compresión y tracción. Al concluir las pruebas se ha logrado determinar que el concreto de alto desempeño $f_c$=450 $kg/cm^2$ expuesto a altas temperaturas ha perdido un 55.43% (ver tabla 4) de su resistencia frente a una exposición de cuatro horas y a una temperatura de 400 °C a nivel de compresión y un 52.27% (ver tabla 7) a nivel de tracción, así mismo se determinó que a mayor tiempo de exposición y aumento de temperatura se tiene mayor pérdida de la resistencia del concreto. En este sentido la siguiente tesis se concentró en la evaluación de las propiedades mecánicas del concreto de alto desempeño para de esta manera contribuir un enfoque al concepto, del mismo modo se puede apreciar enormemente la eficacia de las pruebas experimentales para evaluar los efectos de la exposición al fuego en el concreto de alto desempeño.



***Palabras clave:*** Concreto de alto desempeño, ensayo de compresión, ensayo de tracción, temperatura, tiempo de exposición.

**Astract**

In this thesis we sought to evaluate the behavior of high-performance concrete $f'_c$=450 $kg/cm^2$ against the exposure of high temperatures generated by fire during a fire process, the models were evaluated the forces against compression and traction, it was possible to verify in the concrete cores, after being subjected to high temperatures, the notable decrease in resistance in the samples, when evaluated in the compression and traction tests, starting with cores at room temperature, which were compared with controls exposed to one hour, two, three and four hours, it was possible to verify in the controls exposed to high temperatures, the progressive decrease in resistance to the mechanical properties of compression and traction. At the end of the tests, it has been determined that the high-performance concrete $f'_c$=450 $kg/cm^2$ exposed to high temperatures has lost 55.43% (see table 4) of its resistance against a four-hour exposure and a temperature of 400 °C at the compression level and 52.27% (see table 7) at the tensile level. Likewise, it was determined that the longer the exposure time and the increase in temperature, the greater the loss of concrete resistance. In this sense, the following thesis focused on the evaluation of the mechanical properties of high-resistance concrete in order to contribute an approach to the concept. In the same way, the effectiveness of experimental tests to evaluate the effects of exposure can be greatly appreciated. to fire in high resistance concrete.

Keywords: High performance concrete, compression test, tensile test, temperature, exposure time.

## Índice de Contenidos

Acta de sustentación ..... i

Reporte de Similitud ..... ii

Dedicatoria ..... iv

Agradecimientos ..... v

Resumen ..... v

Astract ..... vii

Índice de Contenidos ..... viii

Índice de Tablas ..... xii

Índice de Figuras ..... xiii

I. Introducción ..... 13

II. Planteamiento del Problema ..... 16

2.1. Realidad problemática ..... 16

2.2. Formulación de problema ..... 19

2.2.1. Problema general ..... 19

2.2.2. Problemas Específicos ..... 19

2.3. Justificación de la Investigación ..... 19

2.4. Objetivos de la Investigación ..... 20

2.4.1. Objetivo General ..... 20

2.4.2. Objetivos Específicos ..... 20

2.5. Delimitación de la investigación ..... 21

2.5.1. Espacial ..... 21

2.5.2. Temporal ..... 21
2.5.3. Social ..... 21
2.5.4. Conceptual ..... 21
2.6. Viabilidad de la investigación ..... 21
2.7. Limitaciones ..... 21
III. Marco Teórico ..... 22
3.1. Antecedentes de investigación ..... 23
3.1.1. A nivel internacional ..... 23
3.1.3. A nivel regional y local ..... 33
3.2. Bases teóricas ..... 33
3.2.1. Concreto de alto desempeño ..... 33
3.2.2. Diseño del concreto de alto desempeño ..... 33
3.2.3. Resistencia a la compresión. ..... 34
3.2.4. Resistencia a la tracción ..... 34
3.2.5. Incendio ..... 35
3.2.6. Resistencia del concreto. ..... 35
3.3. Marco conceptual ..... 36
3.3.1. Concreto de alto desempeño ..... 36
3.3.2. Calor y temperatura ..... 36
3.3.3. Cemento. ..... 37
3.3.4. Ensayos de resistencia a la compresión. ..... 37
3.3.5. Ensayos de resistencia a la tracción. ..... 37

3.3.6. Comportamiento mecánico del concreto ..... 38

3.3.7. Temperaturas alcanzadas por incendio. ..... 39

IV. Metodología de Investigación ..... 39

4.1. Hipótesis ..... 39

4.1.1. Hipótesis general ..... 40

4.1.2. Hipótesis específicas ..... 40

4.2. Método ..... 40

4.3. Tipo de investigación ..... 41

4.4. Nivel o alcance de investigación ..... 41

4.5. Diseño de la investigación ..... 42

4.6. Operacionalización de variables ..... 43

4.7. Población, muestra y muestreo ..... 45

4.7.1. Población ..... 45

4.7.2. Muestra ..... 45

4.7.3. Muestreo ..... 46

4.8. Técnicas e instrumentos ..... 46

4.8.1. Técnica ..... 46

4.8.2. Instrumentos ..... 47

4.9. Consideraciones Éticas ..... 47

4.10. Procedimientos estadísticos ..... 47

V. Resultados y Discusión ..... 49

5.1. Resultados ..... 49

5.1.1. Resistencia a la compresión del concreto ..... 49

a) Procedimiento. ..... 50

b) Resultados del ensayo a la compresión. ..... 53

5.1.2. Resistencia a la tracción del concreto ..... 58

a) Procedimiento. ..... 59

b) Resultados del ensayo a la tracción. ..... 61

5.2. Discusión de resultados ..... 67

5.3. Prueba de hipótesis ..... 69

VI. Conclusiones ..... 74

VII. Recomendaciones ..... 75

VIII. Referencias ..... 76

IX. Anexos ..... 82

## Índice de Tablas

**Tabla 1** ..... 43

**Tabla 2** ..... 50

**Tabla 3** ..... 53

**Tabla 4** ..... 55

**Tabla 5** ..... 61

**Tabla 6** ..... 63

**Tabla 7** ..... 69

**Tabla 8** ..... 70

**Tabla 9** ..... 71

**Tabla 10** ..... 72

**Tabla 11** ..... 72

## Índice de Figuras

**Figura 1** Testigos de concreto expuesto de 1 a 4 horas de 100°C a 400°C. 52

**Figura 2** Ensayo de resistencia a la compresión de concreto a 400°C y 300°C. 52

**Figura 3** Ensayo de resistencia a la compresión de concreto a 200°C y 100°C. 53

**Figura 4** Valores promedio de la resistencia a la compresión del concreto. 54

**Figura 5** Valores promedio de la resistencia a la compresión alcanzado (%). 55

**Figura 6** Perdida promedio de la resistencia a la compresión (%). 56

**Figura 7** Tendencia de la perdida promedio de la resistencia a compresión (%). 57

**Figura 8** Tendencia de la perdida promedio de la resistencia a compresión (%). 58

**Figura 9** Ensayo de resistencia a la tracción de concreto a 400°C y 300°C. 60

**Figura 10** Ensayo de resistencia a la tracción de concreto a 200°C y 100°C. 60

**Figura 11** Valores promedio de la resistencia a la tracción del concreto alcanzado. 62

**Figura 12** Valores promedio de la resistencia a la tracción alcanzado (%). 62

**Figura 13** Perdida promedio de la resistencia a la tracción (%). 64

**Figura 14** Tendencia de la reducción promedio de la resistencia a tracción (%).65

**Figura 15** Tendencia de la perdida promedio de la resistencia a tracción (%). 66

# I. Introducción

Debido al desarrollo económico la sociedad requiere de mayor incidencia de la ingeniería civil, resultado de este avance también se viene incrementando el número de incendios en la cuidad, por lo que se tiene la necesidad de realizar esta investigación detalladamente del impacto que el fuego genera en el concreto de alto desempeño $f'_c = 450\ kg/cm^2$.

En el capítulo 1 de la presente tesis, se desarrolló el planteamiento del problema, determinando la realidad problemática, problema general y específicos con sus respectivos objetivos.

El capítulo 2 se describe el marco teórico, se establece los antecedentes para el análisis de esta investigación, así mismo las bases teorías y el marco conceptual.

El capítulo 3 la metodología de la investigación, se establece la hipótesis general y específicas, el método, tipo, alcance y diseño de la presente investigación.

Para el capítulo 4 se mostrará los resultados de los ensayos realizados, así como se realizó la discusión de los mismos, mostrando como resultado final parámetros de reducción de la resistencia del concreto $f'_c = 450\ kg/cm^2$ sometidos a altas temperaturas.

En tal sentido esta tesis se centró en evaluar el efecto de la exposición del concreto de alto desempeño $f'_c = 450\ kg/cm^2$ ante altas temperaturas y sometido a pruebas de compresión y tracción, y de esta manera se da a conocer un procedimiento donde se determinó los efectos de las altas temperaturas hacia el concreto de alto desempeño $f'_c = 450\ kg/cm^2$. Esta tesis se determinó el impacto

de la temperatura en el concreto de alto desempeño $f'_c = 450\ kg/cm^2$ sometido a pruebas de compresión y tracción, el resultado nos mostró la notable reducción de la resistencia, que a mayor tiempo de exposición y temperatura se reduce la resistencia del concreto.

# II. Planteamiento del Problema

## 2.1. Realidad problemática

Debido al acelerado desarrollo de la actividad económica e industrial en las ciudades más importante de nuestro país, el incremento de la construcción de edificaciones con fines industriales, comerciales y grandes obras civiles de uso vial tiene un gran impacto en la industria de la construcción, por ello el incremento del uso del concreto de alto rendimiento, es aquel concreto que supera los 420 $kg/cm^2$ en resistencia (Huincho, 2017), destinado para estructuras de uso industrial, presas, o estructuras que se requieran de condiciones particulares de durabilidad, son diseñadas con un concreto que permita mayor tiempo de vida de las estructuras que no son ajenas a sufrir cambios de temperatura, por tanto para esta tesis se analiza las elevadas temperaturas que se presentan en su mayoría en los incendios llegando a ser registrado en nuestro país una temperatura máxima de 900°C en incendios forestales.

Así mismo en los últimos años hemos presenciado un notable aumento de los incidentes de incendio en las áreas industriales y comerciales, lo cual ha ocasionado problemas de resistencia ante la compresión y tracción del concreto que van más allá de lo que el diseño del concreto permite,

El 10 de setiembre del 2016, según el informe de Syed (2016) en Bangladés ocurre un incendio en la fábrica que produce embalaje de productos textiles al norte de Daca dejando 29 muertos y 60 heridos según el reporte emitido por el jefe de administración del distrito de Gazipur la estructuras quedo en condiciones de inhabitabilidad generando un riego de colapso de la estructura, el 09 de mayo del 2016 en España Moaña se incendia la fábrica de pescado de Fandicosta en Vigo ocasionando daños entre maquinarias y la infraestructura que según el reporte de

la guardia civil de España la estructura de la fábrica tiene riesgo de colapso, (Guardia Civil, 2016) , el 21 de noviembre del 2022 en Anyang China ocurre un incendio en la fábrica Kaixinda Trading dejando a 38 personas fallecidas y la infraestructura de la fábrica en condiciones de precariedad declarado inhabitable (Bonet, 2022).

Según informe del INDECI (2001), el 29 de diciembre del 2001 se produce un incendio en mesa redonda, evento de grandes magnitudes que ocasionó 280 muertos dejando más de 25 edificaciones en condiciones de inhabitabilidad, el 20 de julio del 2002 según informe de INDECI (2002), ocurre un incendio en los interiores del Jockey Plaza, en la discoteca Utopia dejando a 29 muertos y 50 personas heridas, según la evaluación del INDECI las condiciones estructurales del centro comercial no permiten que sea nuevamente habitable, el 04 de noviembre del 2016 se produce el incendio en la comunidad shipibo-konibo de Cantagallo en el Rimac, echo que afecto a más de 2,000 personas y 436 viviendas destruidas, (INDECI, 2016).

A nivel de la provincia de Abancay se reportan incendios que afectan directamente a las estructuras, el 19 de marzo del 2019 se registra un incendio en la urbanización Santa Rosa en el distrito de Abancay, dejando daños materiales y según la evaluación del INDECI la vivienda es inhabitable, (INDECI, 2019), el 19 de agosto del 2019, INDECI reporta un incendio que afectó a una vivienda ubicada en el centro poblado de Condebamba causando daños materiales y afectando a 6 personas dejando inhabitable la vivienda, (INDECI, 2019), el 18 de febrero del 2020 se registra un incendio en un local comercial en la Av. Días Bárcenas dejando en condiciones precarias e inhabitables el inmueble, (INDECI, 2020), el 16 de julio del 2022 se registra un incendio en el pasaje Miscabamba en el distrito de Abancay

dejando a 5 personas damnificadas y una vivienda totalmente inhabitable, (INDECI, 2022), el 27 de noviembre del 2022 se registra un incendio en una vivienda en el barrio San Martin dejando la propiedad construido de bloque de concreto en condiciones inhabitables, (INDECI, 2022), todos estos hechos identificados y evaluados por el INDECI muestran el incremento de incendios a nivel internacional, tanto a nivel nacional y local.

El objetivo de esta tesis es determinar los efectos de la exposición de las altas temperaturas de forma directa al concreto de resistencia $f'_c = 450\ kg/cm^2$, con el fin de contribuir a un proceso experimental más eficiente para analizar los efectos del fuego directamente al concreto de alto desempeño.

## 2.2. Formulación de problema

### 2.2.1. Problema general

¿Cuál es el comportamiento mecánico del concreto de alto desempeño $f'_c = 450\ kg/cm^2$ expuesto a altas temperaturas?

### 2.2.2. Problemas Específicos

a) ¿Cuál es la influencia del tiempo de exposición del concreto de alto desempeño ante las altas temperaturas?

b) ¿Cuál es la influencia del incremento de la temperatura directamente al concreto de alto desempeño?

## 2.3. Justificación de la Investigación

El desarrollo de la presente tesis, se elaboró en respuesta de la necesidad de parámetros y estudios para el comportamiento mecánico del concreto de alto desempeño sometido al incremento de las temperaturas generados por incendios, impulsan el estudio para establecer parámetros de seguridad para brindar datos

exactos para el diseño del concreto de alto desempeño, al ser sometido al incremento continuo de las temperaturas la reacción más notoria es la reducción de la masa en el concreto se ve afectada de manera directa por la forma en que se transmite el calor, lo cual es determinante el tipo de horno utilizado en el proceso implementado.

La importancia de conocer el comportamiento del concreto de alto desempeño ante la exposición directa del fuego y las variables temperaturas que logra alcanzar según el tiempo de contacto directo, con estos resultados establecer parámetros específicos para el diseño del concreto de alto desempeño y tomar las medidas de seguridad correspondientes de acuerdo al uso y al tipo de estructura en que se aplicara el concreto de alto desempeño.

Los datos obtenidos de la variable temperatura-tiempo, el valor de la resistencia inicial se verá afectado considerablemente conforme pasa el tiempo de exposición sobre el concreto de alto desempeño. La velocidad de enfriamiento es un factor determinante en el impacto de las altas temperaturas en las características mecánicas del concreto. Un ejemplo de esto es cuando se utiliza agua para extinguir un incendio, lo cual provoca una significativa reducción en la resistencia del concreto debido a los intensos gradientes de temperatura generados.

## 2.4. Objetivos de la Investigación

### 2.4.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento mecánico del concreto de alto desempeño $f'_c = 450\ kg/cm^2$ expuesto a altas temperaturas.

### 2.4.2. Objetivos Específicos

a) Determinar la influencia del tiempo de exposición del concreto de alto desempeño ante las altas temperaturas.

b) Determinar la influencia del incremento de temperatura directamente al concreto de alto desempeño.

## 2.5. Delimitación de la investigación

El requerimiento básico de instrumentos y equipo para el análisis de cada prueba que ha de ser realizado para determinar la influencia del concreto de alto desempeño con incidencia directa al fuego, y que carece el laboratorio disponible en la universidad exige que las pruebas se han de realizar en un laboratorio con mayor disponibilidad de instrumentos y equipo que con su utilización se logre alcanzar los objetivos preestablecidos durante el desarrollo textual de este documento.

### 2.5.1. Espacial

La tesis tuvo lugar en la localidad de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac.

### 2.5.2. Temporal

La presente tesis fue elaborada durante el año 2019.

### 2.5.3. Social

Debido a que la presente tesis se basó en la evaluación del comportamiento mecánico del concreto, no tiene delimitación social.

### 2.5.4. Conceptual

Las definiciones que se consideran en la presente tesis están en base a las variables de investigación y sus respectivas dimensiones.

## 2.6. Viabilidad de la investigación

La presente tesis se llevó a cabo gracias a que contaba con toda la logística correspondiente a recursos humanos, material de escritorio, presupuestos y los instrumentos que permitieron recoger la información pertinente.

## 2.7. Limitaciones

**Económicas:** La presente tesis tuvo como propósito evaluar el desempeño del concreto de alto desempeño $f'_c = 450\ kg/cm^2$, en tal sentido los análisis se elaboraron en un laboratorio que cuenta con los equipos necesarios para determinar los impactos de las altas temperaturas frente a los ensayos de compresión y tracción, debido a los limitados recursos económicos para el desarrollo de los ensayos el investigador cubrió todos los gastos económicos.

**Tecnológicas:** Debido a que los laboratorios disponibles de la universidad no se encuentran totalmente equipado con los recursos necesarios para llevar a cabo la preparación básica de la tesis, se determinó el uso de un laboratorio externo especializado en concreto y se encuentre equipado para el propósito de la investigación. Así mismo que el recojo de la información fue limitado por la pandemia generado por el Virus SARS-Cov-2 (COVID-19).

# III. Marco Teórico

## 3.1. Antecedentes de investigación

### 3.1.1. A nivel internacional

Para el desarrollo de esta tesis se requirió del apoyo de otros trabajos desarrollados anteriormente, según al ámbito internacional se consideró trabajos que aporten al desarrollo de esta tesis.

Alvarado, (2016). En su tesis, de la Universidad Técnica de Ambato, realizó una investigación con el propósito de estudiar el comportamiento mecánico del concreto estructural sometido al fuego aplicando a una resistencia de diseño de f´c= 210 $kg/cm^2$, y acero de refuerzo con fluencia de fy= 4200 $kg/cm^2$, utilizando una población y muestra de 03 und de testigos de concreto para su posterior elaboración y curado de las muestras, mediante los niveles de investigación exploración, descriptivo y de laboratorio, mismas que fueron clasificadas según su nivel de exposición al fuego, las muestras que no estuvieron en contacto al fuego y las que estuvieron expuestas directamente al fuego en intervalos de 30 minutos en temperaturas promedios de (750°C – 1050 °C), que anterior a los ensayos de flexión se sometieron a un proceso de enfriamiento a temperatura ambiente, en los ensayos de flexión se usaron cargas a tercios de la distancia de la luz, demostrando en cada uno de los resultados del ensayo realizado en los elementos disminuye influenciado por la temperatura y tiempo de exposición, mismos que presentaron patologías como fisuras, agrietamientos y cambios de color.

Morales,(2015), en su tesis; elaboró pruebas constantes durante un lapso de doce meses para determinar la expansión por ataques de sulfatos en los diseños de composición de concreto con adición de humo de sílice (microsílice) que

presenten baja permeabilidad al paso de cloruros demostrados en los laboratorios en un ambiente controlado y libre de agentes externos que pudieran alterar cualquier prueba a la cual sea sometido los diseños de mezclas elaborados. A los 91 días de edad, los concretos sin aditivos minerales presentaron una barrera de iones cloruro que está muy cerca del rango moderado, la permeabilidad del humo de sílice en los concreto era extremadamente baja, este es el caso. Se observa una resistencia mejorada a los sulfatos a medida que incrementa el porcentaje de aditivo mineral en las mezclas de concreto, siendo la proporción agua/cemento de 0.40 y el 10% de humo de sílice los que arrojan los mejores resultados. El hormigón más eficaz y duradero se deriva de la utilización de agregados de piedra gruesos, un consumo mínimo de agua para cementar y el uso de cemento superiores a 400kg/m3, compuestos por un 95% de cemento Portland resistente a los sulfatos y un 5% de humo de sílice. Las conclusiones obtenidas indican que al incrementar el contenido de humo de sílice (microsílice), se logra mejorar la resistencia al ataque de sulfatos, reducir la contracción por secado y disminuir la permeabilidad al agua. Los resultados más favorables se obtuvieron al utilizar una proporción agua-cemento de 0.4 y un porcentaje de humo de sílice del 10%.

Riquett, (2018), en su estudio, se enfocó en el objetivo de estudiar los métodos para el diseño y la correcta aplicación del concreto de alto desempeño, resaltando sus propiedades mecánicas que el concreto de alto desempeño requiere de materiales y propiedades mejoradas en comparación a un concreto convencional, verifica en su resistencia a la compresión y durabilidad, usando la metodología de una investigación documental exhaustiva usando artículos, libros y tesis, como resultado final presenta una explicación minuciosa y detallada entre las diferencias de los concretos convencionales y los concretos de alto desempeño,

así mismo detalla profundamente cualidades específicas de los componente y característica de los concretos de alto desempeño, tomando como referencia avances de investigación a nivel mundial y sus diversas aplicaciones en diferente obras civiles.

Souza y Moreno,(2010), investigó el impacto del incremento de las temperaturas en un hormigón convencional con relación a/c=0.60 (f'c=30.5 MPa, 308.5 kg/cm^2). Las muestras se caracterizan por tener una estructura cilíndrica con 10cm de diámetro y 20cm de altura, fueron sometidas a temperaturas de 300°C, 600°C y 900°C, calentándose gradualmente a una tasa constante de 15°C/min. Se observaron pérdidas del 12%, 14% y 92% en la resistencia a compresión, del 21%, 40% y 98% en la resistencia a la tracción, y del 50%, 70% y 97% en el módulo de elasticidad, respectivamente, para cada temperatura. Además, se evaluó el efecto del enfriamiento lento como rápido de las muestras como la recuperación de sus propiedades mecánicas mediante re-hidratación (sumergiéndolas en agua y envolviéndolas en membrana plástica), y otros se enfriaron lentamente (a temperatura ambiente). La probable recuperación de las propiedades mecánicas bajo investigación posteriores al hormigón., también se evaluó la rehidratación, luego de una posible reducción de los efectos de las altas temperaturas aplicadas; cuerpos de prueba fueron sometidos a alta temperaturas y se enfrió lentamente. Propiedades investigadas para edades de concreto de 28, 56, 112 y 224 días después de enfriamiento lento. Al finalizar este trabajo, importantes resultados sobre el efecto. Se obtuvieron propiedades mecánicas de alta temperatura en el concreto, lo que representa una contribución importante para el diseño de recuperación de estructuras que había sido objeto de fuego.

Cruz,(2015), su objetivo principal fue un análisis sobre el impacto de altas temperaturas en un hormigón con relación a/c=0.50 (f'c=36.5 MPa. <> 370 kg/cm^2), se crearon dos tipos de diseños cilíndricas (con un diámetro de 10 cm y una altura de 20 cm) y cúbicas (con una arista de 20 cm). Los diseños cilíndricos se expusieron al calor en un horno estándar sin monitorear los tiempos de calentamiento, lo que permitió que el calor se distribuyera de manera uniforme en toda la superficie. Por otro lado, de acuerdo con la curva estándar ISO 334, se utilizó fuego directo para cocer directamente las muestras de cubos en una sola cara. En ambos casos, se aplicó una carga-temperatura hasta alcanzar los 200°C, 400°C, 600°C, 800°C y 1000°C, manteniendo cada temperatura durante una hora, a lo largo de la muestra, los termopares están colocados estratégicamente para medir la temperatura. En las muestras se encontraron dos muestras cilíndricas en la superficie, mientras que dos en la muestra cúbica. Las otras dos muestras se colocaron en el interior y se centraron a intervalos de 4 cm de la superficie en llamas; uno estaba encima de la superficie quemada con un tercero encima y uno adicional para medir la temperatura de su medio. En cuanto a la resistencia a la compresión, se observaron pérdidas del 21%, 49%, 78% y 89% para las temperaturas de 200°C, 400°C, 600°C y 800°C, respectivamente, en las muestras cilíndricas. Además, se evaluó la velocidad del pulso ultrasónico, la porosidad, la reducción de masa, la microscopía óptica y la difracción de rayos X son factores que deben tenerse en cuenta.

2.1.2. A nivel nacional

Para el nivel nacional se encontraron estudios que usaremos como referencia para el presente estudio.

Perez, J y Romero, J (2014), es su estudio tienen como objetivo desarrollar el estudio respecto el diseño de mezclas de concreto de alta resistencia es un tema de gran importancia una resistencia de f´c=280 $kg/cm^2$, f´c=350 $kg/cm^2$ y f´c=450 $kg/cm^2$, utilizando cemento Tipo 1, en el caso de The Euclid Chemical Company, estos aditivos químicos son desarrollados y producidos por la propia empresa para garantizar la calidad y eficacia de sus productos, Se usaron los elementos obtenidos de las canteras más destacadas del Cusco, con el objetivo principal de diseñar concretos de alta resistencia. Se buscó comprender que La medición que se realiza en este caso es relativa, ya que los márgenes se diferencian según el entorno en el que se utilicen. Por ejemplo, los concreto de resistencias: f´c = 840 kg/cm^2, fe= 910 kg/cm^2, fe= 980 kg/cm^2 ó fe= 1050 kg/cm^2, son empleados únicamente en determinados lugares desarrollados, asimismo en edificaciones singulares, siendo de alta resistencia, pero no convencionales en nuestro entorno. En la actualidad, en la ciudad del Cusco, la mayoría de las obras civiles ejecutadas, tanto en el sector público como privado, solicitan resistencias de concreto principalmente en los siguientes valores: f´c = 175 kg/cm^2, f´c= 210 kg/cm^2, fc= 245 kg/cm^2. Estos concretos se conocen como "Concretos Convencionales". Por lo tanto, la investigación realizada tiene como objetivo sentar las bases para el modelamiento de proporciones de hormigón con resistencias superiores a las de los concretos convencionales [fc = 280 kg/cm^2, fe= 350 kg/cm^2, fe = 420 kg/cm^2], es decir, "Concretos de Alta Resistencia". Para la parte experimental, se llevaron a cabo diferentes mezclas, siendo la primera mezcla realizada siguiendo un diseño estándar establecido por el American Concrete Institute (ACI).

Quispe, G y Urrutia, P, (2019), el objetivo de su investigación es determinar la dosificación de concretos para obtener concreto estructural con resistencias

f'c=280 kg/cm^2, f'c=350 kg/cm^2 y f'c=420 kg/cm^2, para la edificación de obras civiles utilizando aditivo superplastificante y agregados de Challhuahuacho. Para esto, inicialmente se utilizó una muestra de 12 modelos de proporciones diferentes de concreto, en los cuales se prepararon mezclas de hormigón sin aditivo superplastificante (CSA) con relaciones a/c= 0.56, 0.47 y 0.45. De acuerdo a el método utilizado, el carácter experimental de la investigación se debe a la inclusión de una o más variables independientes. a manipular, siendo el aditivo una de ellas, se realizaron pruebas de asentamiento, eutrofización, peso unitario de hormigón fresco y resistencia a la compresión durante los períodos de siete, 14 y 28 días., siguiendo lo determinado en la Norma Técnica Peruana, tanto en los diseños de hormigón sin aditivo superplastificante como en las mezclas con aditivo superplastificante. Los resultados se compararon con las mezclas con y sin aditivo, y los costos unitarios involucrados en la fabricación de concreto estructural en laboratorios y obras civiles (Puente carruaje Álamos y Puente carruaje Huiccoto), estos hallazgos son de gran importancia, ya que permiten comprender mejor cómo se pueden optimizar las propiedades del concreto estructural mediante el uso adecuado de aditivos. La trabajabilidad del concreto es un factor crucial en la construcción, ya que afecta directamente la facilidad de manejo y colocación del material. Por lo tanto, el uso de un aditivo superplastificante puede mejorar la fluidez del concreto, facilitando su colocación en las estructuras y garantizando una mayor resistencia a largo plazo, además se encontró que otra ventaja de producir concreto estructural en laboratorio es que se pueden realizar pruebas y ensayos para garantizar la calidad del producto final. Esto permite detectar posibles fallas y corregirlas antes de que el concreto sea utilizado en la construcción de una obra

civil; de esta manera, se reduce el riesgo de que la estructura presente problemas en el futuro.

Huincho, (2017), el objetivo de la investigación es determinar cómo las propiedades mecánicas del concreto convencional se ven afectadas por el fuego directo. Para ello se ha estudiado el impacto del fuego directo sobre el hormigón convencional utilizando cemento Portland tipo I, cemento al agua (0,06-0,65/0,05%) y agua suficiente para asegurar una buena trabajabilidad en ensayo controlado. Los concretos con una textura de 3 a 4 pulgadas y resistencia moderada se producen utilizando el Peso Unitario Máximo Compactado de la mezcla de agregados como base para su diseño, mediante el método experimental. Se puede utilizar casi cualquier superficie para medir la temperatura con la ayuda de un termómetro infrarrojo digital que es preciso y está en tiempo real. Además, se ha diseñado y construido un horno de estructura cilíndrica y tiene diferentes capacidades por lote de prueba, hasta 15 muestras (4' x 8") o 6 (6'x12") para capturar el calor y mantener la igualdad de la temperatura durante la combustión de la muestra. La madera reciclada se ha puesto a disposición como fuente de combustible para minimizar el impacto hacia el medio ambiente. La investigación ha permitido examinar la pérdida de masa, la pérdida de resistencia durante la compresión, la tensión y el módulo elástico, el cambio en el comportamiento elástico del hormigón, la correlación tracción-compresión, los cambios en el tamaño de la muestra que afectan la resistencia a la compresión, las temperaturas encontradas a diferentes temperaturas o la evolución de estas variables. con el tiempo. Las curvas de tensión-deformación ilustran el impacto del fuego directo en el comportamiento lineal del hormigón mediante el uso de gráficos. Además, se incluye la ficha técnica del termómetro infrarrojo digital y todos los datos de prueba.

Farje, (2015). En su tesis tiene como principal objetivo el producir y evaluar se dispone de información sobre la presencia de concreto de alta densidad en la ciudad de Moquegua. Se prevé que esta labor de investigación brinde información sobre la producción y ensayo de concreto utilizando Microsílice (SIKA FUME), superplastificante y cemento Portland tipo I en Moquegua. La proporción agua-cemento utilizada es de 0.3 y los agregados provienen de la cantera de "Las Congas". Los asentamientos observados oscilan entre 8 y 10 pulgadas, con una extensibilidad de 40 a 50 centímetros, lo cual muestra que se trata de un concreto de alto desempeño. La metodología utilizada se basó en el mayor peso unitario compactado de la mezcla de áridos y el contenido de cemento, variando entre 500, 550 y 600 kg/m^3. Se mantuvo continua la proporción de agua-cemento en 0.3, ya que se considera inferior a la cantidad de agua en el diseño, se obtienen un incremento en las resistencias. Se añadió a la mezcla patrón un porcentaje de 5 y 10 por ciento de Microsílice, que son los valores de variación que son recomendados en la especificación técnica. Además, se agregó un 1.8 por ciento del peso del cemento como aditivo superplastificante en todos los diseños. Como resultado, se obtuvo una resistencia a la compresión máxima de 868 kg/cm^2 a los 56 días. Los parámetros establecidos en este estudio indican que se logra la máxima resistencia alcanzable. Sin embargo, la formulación de mezclas tipo D, que contiene un 10 por ciento de Microsílice, es el que presenta la mayor resistencia.

Aguilar, (2015), en este estudio se llevó a cabo un trabajo de producción y determinación de hormigón de alta resistencia utilizando materiales locales y aplicando metodologías para determinar propiedades de resistencia que van desde 500 a 1200 kg/cm2*. Este análisis presenta los lineamientos y estándares que rigen cómo se debe elegir el material concreto, crearlo desde cero o como material sólido,

etc. Para establecer la mezcla base, aplicamos un método semi empírico del Código ACI 2114, que implicó calcular la relación agua cemento en 04015. Se utilizó el método empírico de peso unitario máximo compactado para ajustar la proporción de agregado fino y grueso, y se recolectaron muestras para pruebas 7 días después. La determinación de la dosis adecuada de cemento y aditivo superplastificante también se logró mediante pruebas de rotura a los 3 y 7 días, con una relación agua-agua de 0,25. Se fabricaron utilizando cantidades variables de Microsílice y Nanostice, teniendo la mezcla una proporción agua-cemento de 0,25, 565 kg/cm3 y 2% de superplastificante. La resistencia máxima alcanzada por los cilindros fue de 1282. kg/cm2 luego de probar las unidades a los 1, 3, 7 y 90 días, con asentamientos entre 10 y 11 pulgadas. Mediciones incluidas: Además de comparar los costos unitarios con el diseño estándar (DCPO), también se examinan las características del CAR de cada estado.

De La Cruz y Quispe, (2014) , en su tesis “ Influencia de la adicion de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construccion de pistas en la provincia de  Huamanga – Ayacucho” trabajo tuvo como principal objetivo principal de este trabajo fue explorar el impacto de la fibra de acero en las características mecánicas del hormigón. Se realizaron pruebas comparativas sobre un hormigón sin fibra de acero y un hormigón SFRC. Debido a las ventajas de utilizar hormigón armado con fibras de acero para pavimentos, se realizó esta investigación para crear una guía de diseño ofrece este material en la construcción y operación de estas estructuras. La investigación se dividió en dos partes: un estudio bibliográfico para establecer el proceso de diseño y un estudio experimental realizado para validar los conceptos asociados con el uso de SFRC y confirmar los parámetros de diseño específicos especificados en diversas especificaciones

técnicas para fibras metálicas. El enfoque de esta investigación se centró en analizar las distintas técnicas utilizadas en el diseño de pavimentos de concreto reforzado con fibras de acero, con el fin de buscar mejoras en la eficiencia del uso del SFRC y reducir los costos de implementación y construcción de estos elementos.

Belito y Paucar. (2016), en su tesis, presenta un proyecto de investigación cuyo objetivo es evaluar el impacto de agregados de diversas fuentes y esquemas de mezcla sobre la resistencia del concreto. Para ello, se trabajó con 86 unidades de probetas, lo que permitió obtener una falla de I=0.05 y una confianza del 0.95 mediante el uso del software estadístico GPOWER versión 2.0. Se utilizó el método de investigación experimental y el método deductivo-descriptivo, el objetivo principal de este estudio es adquirir un concreto que tenga las proporciones adecuadas, según la procedencia del agregado en Huancavelica, y por tanto resistencia estable y óptima durabilidad de la mezcla de concreto se compone de la selección de cemento, agregados, agua y aditivos para crear una masa volumétrica con características apropiadas de trabajabilidad que adquiere resistencia, durabilidad, textura, etc. al endurecer a la velocidad adecuada. Este proceso consta de varios pasos desde el diseño hasta la producción.

Rabanal y Su. (2017), en su estudio, el propósito es diseñar un concreto autocompactante con el fin de mejorar la calidad de las estructuras de concreto en proyectos de edificación de gran envergadura, así como ampliar el desarrollo de la aplicación de aditivos superplastificantes y el conocimiento de su potencial uso en proyectos de construcción de edificación de hormigón y estén altamente reforzadas, para ellos utilizo mezclas de concreto y como muestras ensayos establecidos en concreto, utilizando el tipo de investigacion para mateiales convencionales para

mezcla aparte del aditivo, en ese sentido se tiene como diseño de investigacion tecnologia apliacada y un diseño de investigacion experimental, se obtubo como resultado final la determinacion del diseño del concreto, es de vital importancia establecer las proporciones adecuadas entre los diferentes materiales utilizados del cemento autocompactante, además se determinaron las reacciones del agua cemento en una proporción baja, que fue un requisito para lograr diferentes resistencias. Finalmente, se concluyó con el ensayo de ultrasonido, el cual permitió determinar las características del concreto pueden verse afectadas por el tipo de agregado utilizado en su elaboración, el tiempo y la cantidad de material utilizado, de la misma manera se comprobo que el concreto difiere un 19% del concreto habitual respecto a su evaluación economica.

### 3.1.3. A nivel regional y local

Dentro del ámbito local y regional no se encuentran registros de estudios, reseñas o informes que sean de utilidad como material de apoyo para el desarrollo de este estudio con respecto del hormigón de alto desempeño o concreto expuesto a temperaturas altas.

## 3.2. Bases teóricas

### 3.2.1. Concreto de alto desempeño

Boy (2018), el término concreto de alto desempeño se refiere al concreto con una resistencia a la compresión de al menos 6000 psi o 420 kg/cm2.Debido a su resistencia de estos elementos se enfrenta con mayor fuerza, lo que lleva a una mejora en su calidad y consecuencias potencialmente económicas. El uso de hormigón de alta densidad da como resultado una disminución de las dimensiones de la proporción de los elementos estructurales, lo que conlleva a importantes

ahorros en la carga muerta y hace posible que grandes claros sean técnicamente y económicamente viables.

### 3.2.2. Diseño del concreto de alto desempeño

La definición de hormigón de alto rendimiento en la construcción no está estandarizada en todos los países, sino que organizaciones reconocidas le han dado varios significados que proporcionan diferentes criterios de evaluación. (Ramon, 2018).

Otra definición que establece según el Departamento Federal de Administración de Carretera de los Estados Unidos (FHWA), El concreto de alto desempeño se caracteriza por tener una mayor cantidad de cemento, aditivos y agregados de alta calidad en su composición y resistente que el concreto convencional, aunque esté compuesto esencialmente de los mismos materiales. La diferencia radica en las proporciones, que se ajustan para cumplir con los requisitos estructurales y medioambientales del proyecto.

El concreto de alto rendimiento es una variante del concreto común que se caracteriza por tener una resistencia a la compresión mayor a 420 kg/cm^2 o 6000 psi (40 MPa). Esta resistencia se evalúa mediante cilindros de prueba de 6" x 12" (150 x 300 mm) o 4" x 8" (100 x 200 mm), generalmente a los 56 o 90 días, aunque puede variar según su aplicación específica. La producción de hormigón de alto desempeño necesita un examen más profundo y un análisis de calidad riguroso que el tradicional. (Gonzales, 2002).

### 3.2.3. Resistencia a la compresión.

Según Acuña & Rojas, (2022), esta técnica se destaca por emplear fuerzas de compresión con el fin de medir la deformación del material hasta alcanzar su

punto máximo de resistencia. Es un ensayo ampliamente reconocido para evaluar la resistencia de diferentes diseños mediante el uso de probetas.

### 3.2.4. Resistencia a la tracción

Masias, (2018) lo define como la resistencia a las fuerzas de tracción del concreto es muy reducida, por lo que no se considera en el modelamiento de estructuras cotidianas. No obstante, la tensión es relevante en la formación de grietas en el hormigón debido a la limitación de la contracción que se produce por el proceso de secado o la reducción de la temperatura es un fenómeno común en diversos materiales.

### 3.2.5. Incendio

Los incendios se definen como la propagación de una reacción química en objetos no destinados a aquellos parámetros que se pretende quemar a través de una llama, como el combustible, el oxidante y la energía de activación, y la reacción en cadena, son cruciales dependiendo del material, cada uno tiene su punto de origen y progreso presente, se pueden observar focos secundarios que consumen todos los elementos del lugar donde se desarrolla el fenómeno. (Alvarado A. G., 2016)

### 3.2.6. Resistencia del concreto.

La principal característica destacada del hormigón es su gran tolerancia de resistencia a la compresión, del mismo modo que se utiliza con frecuencia para determinar su calidad. Esta calidad puede ser evaluada mediante una prueba de laboratorio que sigue las pautas técnicas peruanas, el cual consiste en someter a un cilindro estándar de 12 pulgadas de alto por 6 pulgadas de diámetro a un proceso de inmersión en agua durante 28 días, seguido de la aplicación de fuerzas de compresión en una máquina universal. (Morales, 2015).

El ensayo no proporciona un valor absoluto de la resistencia, ya que este depende de las condiciones en las que se lleva a cabo. Entre estas condiciones, las más influyentes se analizan según: la estructura y medidas de la muestra, las muestras utilizadas comúnmente para establecer la resistencia a la compresión son de estructura cilíndrica. Se prefieren aquellas con un diámetro de 6 pulgadas y una altura de 12 pulgadas.

## 3.3. Marco conceptual

### 3.3.1. Concreto de alto desempeño

De acuerdo a Gómez, (2011) el Instituto Americano del Concreto (ACI) define el hormigón de alto desempeño como aquel que presenta una capacidad de resistencia a la compresión superior, f´c>=420 $kg/cm^2$.

Según Cabrera, (2015), los concretos con valores de resistencia iguales o superiores a los 500 kg/cm2 a los 28 días son considerados de alto desempeño. Estos concretos también son reconocidos como de alto desempeño debido a su trabajabilidad y durabilidad, lo que los hace altamente aplicables en el ámbito medioambiental.

### 3.3.2. Calor y temperatura

Según Huincho, (2017) la temperatura es una medida de la energía térmica de un objeto posee. Para un determinado objeto a una temperatura alta tendrá una temperatura más alta que uno frío. En otras palabras, la temperatura se define como la magnitud que cuantifica la vibración o la energía interna de las partículas constituyentes de un material, lo que significa que un objeto más caliente tendrá una temperatura más alta. Por lo tanto, podemos definir la temperatura es una propiedad física que se utiliza para describir el estado térmico de un objeto. Esta

propiedad se relaciona directamente con la energía cinética de las moléculas que componen el objeto. Cuanto mayor sea la temperatura, mayor será la energía cinética de las moléculas y, por lo tanto, mayor será la actividad molecular del objeto.

### 3.3.3. Cemento.

Según Rabanal y Su Chaqui, (2017) es una sustancia en polvo que se mezcla con agua u otros ingredientes crea un fluido suave que se endurece cuando se expone al aire o al agua, que es la naturaleza de los materiales de construcción. El material se aplica tanto para cubrir o reparar huecos como para servir como agente aglutinante en elementos de hormigón y mortero.

### 3.3.4. Ensayos de resistencia a la compresión.

De acuerdo a la necesidad se pueden crear varias características mecánicas y de durabilidad es preciso ajustar las mezclas de concreto con el fin de cumplir con las especificaciones de diseño establecidas de cualquier estructura determinada. Al diseñar edificios y otras estructuras, los ingenieros suelen utilizar la resistencia a la compresión del hormigón como principal medida de rendimiento. Se utiliza una máquina de ensayo de compresión para medir la resistencia a la compresión fracturando muestras de hormigón cilíndricas. La resistencia a la compresión se mide en libras de fuerza por pulgada cuadrada (psi) y se cuantifica proporcionalmente la carga última por el área de resistencia de la carga, y generalmente se expresa en megapascales u otras unidades de uso común. Medido como MPa en unidades estándar. Entre las estructuras residenciales de hormigón y comerciales, determinar la resistencia a la compresión suele ser próximo a 2500 psi (17 MPa) o hasta 4000 ppm (28 MPa). Algunos usos especifican resistencias más altas, como 10000. psi (70 MPa) o más. (Morales, 2015).

### 3.3.5. Ensayos de resistencia a la tracción.

Las pruebas de tracción son una técnica utilizada para evaluar la resistencia del hormigón a cargas de tracción, mediante la rotura de una muestra de hormigón sometida a dichas cargas. Aunque esta técnica puede parecer sencilla, es importante destacar que esta es la principal diferencia con respecto a otros ensayos y, al mismo tiempo, la mayor complicación de este tipo de pruebas, así mismo, es importante tener en cuenta que los ensayos de tracción son el método más directo para conocer la resistencia del hormigón a cargas de tracción. Sin embargo, también son los más complejos y delicados debido a las dificultades que conllevan. Algunas de estas dificultades incluyen:

- La incapacidad de alcanzar una distribución equilibrada de las tensiones a lo largo de la fisura, de forma razonable.
- La fijación del testigo y la complicación de garantizar la inamovilidad del ensayo son aspectos importantes a considerar. Por lo general, se utiliza Resina Epoxi para llevar a cabo la fijación, la cual necesita un tiempo determinado para solidificarse.
- La utilización de platos de carga extremadamente rígidos conlleva la generación de múltiples planos de fractura, lo cual resulta en un aumento de resistencia a la tracción.

### 3.3.6. Comportamiento mecánico del concreto

El correcto comportamiento mecánico del concreto depende en gran medida la protección de las armaduras en el hormigón es un aspecto fundamental en la construcción de estructuras duraderas. En términos simples, el hormigón armado se basa en que ambos materiales se deforman por la perfecta adhesión de una barra de acero corrugado a la masa de hormigón. Las corrugaciones, que son

restos superficiales en forma de escala oblicua, permiten la transferencia de tensiones entre el hormigón y el acero. A lo largo de todo el perímetro de esta armadura existen tensiones que chocan contra el hormigón. Para lograr la unión es necesario eliminar de la masa del hormigón las tensiones que entran en contacto con el material corrugado. Si el recubrimiento en la zona de la barra hacia el exterior es escaso, habrá una masa de concreto insuficiente en el área para disipar las tensiones puede resultar en una violación de la capacidad resistente, lo que puede causar que el refuerzo se desprenda y deje el acero desasistido y adherido al concreto, lo que puede provocar el fallo de la estructura. (Cruz, 2015).

### 3.3.7. Temperaturas alcanzadas por incendio.

Según Huincho (2017), la temperatura máxima alcanzada en un incendio de una edificación no supera los 800 °C o 1000 °C. Sin embargo, con la madera es posible llegar hasta los 1200 °C, mientras que con combustibles líquidos se puede alcanzar hasta los 1500 °C.

“En líneas generales, la llama no alcanza temperaturas superiores a los 1300°C, incluso después de un largo periodo de incendio en una edificación, y normalmente se mantiene en valores inferiores a los 1000°C. También es frecuente que la temperatura de la llama tras el Flashover oscile entre los 900°C y 1000°C”. (Liban Abi-Roud, 2021)

# IV. Metodología de Investigación

## 4.1. Hipótesis

### 4.1.1. Hipótesis general

La exposición del concreto de alto desempeño $f'_c = 450\ kg/cm^2$, a las altas temperaturas disminuye la resistencia frente a la compresión y tracción.

### 4.1.2. Hipótesis específicas

a) La influencia del tiempo de exposición del concreto de alto desempeño sometido a altas temperaturas disminuye significativamente la resistencia a la compresión y tracción.

b) La influencia del incremento de temperatura a la cual será sometido el concreto de alto desempeño disminuye significativamente la resistencia a la compresión y tracción.

## 4.2. Método

La definición de este enfoque radica en el uso de variables medidas en valores numéricos, los cuales son analizados e interpretados mediante técnicas estadísticas. Estas técnicas permiten obtener evidencia que respalda o contradice la hipótesis planteada. (Jacinto Aquino, 2021), los resultados de esta tesis se expresan numéricamente para las pruebas de compresión como en los ensayos de tracción mostrando así un declive en la resistencia del concreto expuesto de 100°c a 400°c en intervalos de tiempo de 1 a 4 horas respectivamente.

Se desarrolló mediante el Método deductivo, según lo mencionado por Aréstegui (2022), el método deductivo nos ofrece un marco de referencia para los procesos que comienzan con hipótesis, ya que su objetivo es validar o rechazar una hipótesis. Se le denomina deductivo porque se deduce la validez o rechazo de las hipótesis, y las conclusiones se confrontan con los hechos. Debido a que los

resultados de las pruebas realizadas son expresados numéricamente, las muestras cilíndricas de resistencia f'c= 450 $kg/cm^2$ fueron expuestas al fuego directo, posteriormente se evaluó el comportamiento frente a la compresión y tracción, y al lograr obtener los resultados que nos mostró como la resistencia del concreto va decreciendo según el tiempo y temperatura de exposición.

La recolección de datos se realizó mediante la observación experimental, según Carla y Irene, (2019) lo define como un método de recolección de datos en el cual el investigador elabora información en condiciones controladas. Esto se logra al manipular una o varias variables durante el proceso de observación. Para garantizar la precisión y la uniformidad en la recolección de datos, se utilizaron formatos basados en las normas ACI, ASTM y NTP, para lograr comprobar los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, también nos brindó la oportunidad de verificación y de mejor compresión de los principios que se basan en la técnica de la recopilación.

### 4.3. Tipo de investigación

Esta tesis es de tipo básica, según Escudero y Liliana, 2017, define la investigación básica está orientada a descubrir las leyes o principios básicos, así como en profundizar los conceptos de una ciencia, considerándola como el punto de apoyo inicial para el estudio de los fenómenos o hechos. Asimismo, es fundamental llevar a cabo la implementación de los resultados obtenidos a partir de la investigación básica.

### 4.4. Nivel o alcance de investigación

El nivel de investigación es explicativo, Condor Rojas, (2021) lo define como "mide, describe y analiza las causas y efectos de las características de los

hechos o fenómenos. Puesto que, se busca explicar que suceden con las propiedades del concreto y sus características en los tres momentos o fases que se presenta en el fuego cuando se origina un incendio". Ya que esta tesis se evaluó, confirmo e interpreto determinadamente un bloque de hechos relacionados con diferente variable tal como se dio en esta tesis con respecto al concreto de alto desempeño frente al tiempo y la variación de la temperatura, de la misma manera en que se analiza el fenómeno en su condición presente y en su estado original.

**4.5. Diseño de la investigación**

El diseño en la presente tesis es del tipo experimental, de acuerdo a Guillen y Sanchez (2020) el diseño experimental se caracteriza por la actuación intencional y consciente del investigador sobre el objeto de estudio, con el fin de interpretar los efectos de las acciones producidos por él mismo como practica para probar sus hipótesis. En esta tesis, se recolectaron datos en un solo momento para evaluar y analizar su incidencia e interrelación, estableciendo parámetros que proporcionen información para la correcta determinación de la variabilidad de la resistencia de un diseño de hormigón de alto desempeño expuesto a variables temperaturas. Una vez obtenidos los datos de las simulaciones realizadas en gabinete, se procederá a seguir los diseños y realizar los ensayos en el laboratorio con el objetivo de obtener parámetros que establezcan los límites de resistencia ante la exposición de la temperatura para el concreto de alto desempeño.

## 4.6. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensión | Indicador | Instrumentos |
|---|---|---|---|---|---|
| **Variable dependiente** | | | | | |
| Comportamiento del concreto de alto desempeño | El comportamiento del concreto bajo los diferentes estados de esfuerzos a los que este es sometido, es por ello que previamente se realiza un diseño de mezclas para obtener un análisis estimado del comportamiento y la resistencia del concreto. (Ramon, 2018). | El comportamiento mecánico del concreto no puede probarse en condición plástica por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales se someten a pruebas de compresión, se hace esto basados en que si se mejora esta propiedad mecánica del concreto. (Abanto, 2009). | Propiedades mecánicas | Resistencia a la compresión y tracción. | - Fichas de laboratorio de compresión y tracción. |
| **Variable independiente** | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo de exposición | Los tiempos de exposición de las vigas al fuego son intervalos y fueron aplicado directamente en un horno de fundición, al finalizar cada lapso se midió la temperatura alcanzada en la superficie de cada muestra de concreto con un pirómetro, registrándose mediante observación los cambios producidos como consecuencia de las altas temperaturas. (Alvarado J. , 2018) | Es el tiempo que las muestras de concreto permanecerán expuesto al calor que gradualmente aumente el tiempo de exposición de igual manera que lo hará la temperatura cuadrada. (Alvarado J. , 2018) | Variación del tiempo | horas | - Cronometro electrónico. |
| Temperatura de exposición | El fuego, a altas temperaturas es capaz de provocar en el concreto importantes transformaciones físicas y químicas que dependen de la temperatura obtenida, del periodo de exhibición y sobre tipo de enfriamiento que atraviesan los elementos de concreto al ser expuestos al fuego. (Pavez, 2011) | Es la temperatura a la cual estará expuesta las muestras de concreto de alto desempeño que aumentará gradualmente según varía el tiempo de exposición. (Pavez, 2011) | Variación de la temperatura | Periodos de exposición | Termómetro digital |

Nota. Este cuadro muestra la operacionalizad de las variables, mostrando las definiciones por variables y los instrumentos.

## 4.7. Población, muestra y muestreo

### 4.7.1. Población

Para la presente tesis la población en lo especifico es el concreto de alto desempeño $450\,kg/cm^2$, según Lopez y Fachelli (2015) lo definen como "expresiones equivalentes para referirse al conjunto total de elementos que constituyen el ámbito de interés analítico y sobre el que queremos inferir las conclusiones de nuestro análisis, conclusiones de naturaleza estadística y también sustantiva o teórica".

Debido a que un gran porcentaje de incendios se produce en el ámbito industrial como en viviendas, este análisis se enfoca en estructuras que superan los $420\,kg/cm^2$ como la empresa KaixindaTrading que según la agencia Reuters informa que la estructura estaba conformada por elementos estructurales de resistencia $450\,kg/cm^2$, así mismo, según la revista Perú Construye el edificio Domeyer, construida con fines residenciales, en el distrito de Barranco es construido totalmente con concreto de alto desempeño de $350\,kg/cm^2$ a $450\,kg/cm^2$ (Construye, 2014), motivo por el cual se excluye las resistencias inferiores a $450\,kg/cm^2$ y se incluye el concreto $450\,kg/cm^2$ debido a que es considerada como concreto de alto desempeño así como también es una de las resistencias más usuales en la construcción de grandes obras de ingeniería, de la misma manera se someterá a un máximo de 400°C por ser la temperatura máxima alcanzado por un incendio de una edificación.

### 4.7.2. Muestra

Según Robles Carrero (2019), define que la muestra no es probabilística ya que la selección de las muestras y su cantidad no se basa en alguna fórmula matemática o estadística o nivel de veracidad, al contrario que depende

completamente del criterio del investigador para su proyecto. El objetivo del investigador es que los resultados encontrados en la muestra se puedan generalizar o extrapolar a la población.

Dado que es una tesis de tipo aplicada en el cual su universo no se puede cuantificar y no permite la aplicación de fórmulas matemáticas para obtener una muestra específica, se utilizó como referencia la normativa ASTM C348-97, la cual establece el número de testigos a ser elaborados por cada periodo de tiempo de prueba. Por lo tanto, en esta tesis se utilizaron 05 grupos compuestos por 03 muestras para cada ensayo, lo que resulta en un total de 30 testigos de concreto de alto desempeño con una resistencia de $450\,kg/cm^2$ para los ensayos de compresión y tracción.

### 4.7.3. Muestreo

Para esta presente tesis la cantidad de la población será igual a la muestra, en tal sentido la determinación de la cantidad de muestras en estudio se aplicará en referencia la norma ASTM C348-97, tal como lo detalla en el ítem 3.7.2. Muestra.

## 4.8. Técnicas e instrumentos

### 4.8.1. Técnica

Las principales técnicas que se utilizaron para la presente tesis fue la observación, según (Hurtado & Chasquero, 2019) define la técnica de observación implica la atención detallada del fenómeno, hecho o caso, la recopilación de información y su registro para su posterior análisis. Esta técnica se empleó para obtener la mayor cantidad de datos posible durante el desarrollo de los ensayos de compresión y tracción, se evaluaron los comportamientos y características.

### 4.8.2. Instrumentos

Los instrumentos según Quiroz (2003), son los medios diseñados para recopilar datos de la realidad que nos rodea pueden variar en su naturaleza y propósito. Estos instrumentos se utilizan para obtener información precisa y confiable sobre el entorno en el que vivimos, ya sea que las sociedades y la naturaleza se pueden comparar en diferentes escalas, como las de las ciencias básicas o un cuestionario u observación. En tal sentido los instrumentos que se usaron se validaron según juicio de expertos, por la parte de especialidad el Mg. Erick Alarcón Camacho, Mg. Rómulo Gómez Noblega y Mg. Elihu Ovid Lopinta Leon, como especialista en estadística Dr. Edwar Ilasaca Cahuata y como especialista en metodología el Ph.D. Abbon Alex Vásquez Ramírez, y mediante el uso de la formula del alfa de Cronbach $\alpha = \left[\frac{K}{K-1}\right] * \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{K} S_i^2}{S_i^2}\right]$ , para la validez, dando un resultado del 0.951 para las fichas de recolección de datos para la compresión y tracción.

### 4.9. Consideraciones Éticas

La presente tesis se aplicó el código de ética determinada por la Universidad Tecnológica de los Andes, del Reglamento del comité de ética de investigación Capitulo 1 de los investigadores, articulo 11 deberes del investigador.

### 4.10. Procedimientos estadísticos

Se determino los resultados se usando el método estadístico de correlación de Pearson, según Cubas y Nilser (2019), define la correlación de Pearson como la importancia de utilizar un método de análisis adecuado con el propósito de establecer la posible correlación entre dos variables de este tipo, es esencial llevar a cabo un análisis detallado. En caso de variables basadas en números, se logra cuantificar el grado de asociación con el uso del análisis de un coeficiente de

correlación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este coeficiente no indica necesariamente una relación causal entre las variables, sino simplemente el grado de relación entre ellas. En tal sentido, se eligió el procedimiento estadístico debido a que se estableció con dos variables, distribución normal y muestras independientes.

Se llevó a cabo la búsqueda y agrupamiento de datos para esta tesis de manera directa. En la etapa inicial, se realizó el muestreo de los agregados que se utilizarían para el diseño de mezclas, llevando a cabo los ensayos fundamentales para determinar su calidad como cantidad necesaria para el diseño. Posteriormente, se trasladaron al laboratorio. En la segunda etapa, se registraron los diseños en fichas de recolección correspondientes en función de los procedimientos técnicos y normativos establecidos y la tercera etapa es la recolección de datos en ellos ensayos de compresión y tracción, posterior de ser sometido los testigos hacia el fuego directo en los tiempos previamente recolectados; los respectivos ensayos a la compresión y a la tracción según las normas peruanas vigentes y normas internacionales usando el método estadístico de correlación de Pearson.

# V. Resultados y Discusión

## 5.1. Resultados

Para la obtención de los resultados se realizó el diseño de mezcla con el uso del método del ACI, para un concreto de resistencia $f'_c = 450\ kg/cm^2$, con una relación de agua/cemento de 0.38 (a/c=0.38), se realizaron 30 muestras cilíndricas para los ensayos de compresión y tracción divididos en dos grupos de 15 para cada ensayo respectivamente, se procedió con someter la muestra patrón ante los ensayos de compresión y tracción, del mismo modo posterior a ser sometidos el primer grupo de las muestras cilíndricas ante el incremento de la temperatura a 100°C durante un periodo de 1 hora, que posteriormente se dejó por 30 minutos aproximadamente a que descienda la temperatura, y se desarrollaron los ensayos de compresión y tracción, del mismo modo que fueron sometidos durante el periodo de 2 horas a 200 °C hasta alcanzar el periodo de 4 horas a 400°C incrementando paralelamente le periodo de exposición como la temperatura, y de igual manera se esperó que las muestras desciendan su temperatura, los resultados obtenidos se logran verificar en la tabla 3 y tabla 5.

### 5.1.1. Resistencia a la compresión del concreto

La NTP 339.034 establece el método de ensayo para medir la resistencia a la compresión de probetas de estructura cilíndricas de concreto. Este ensayo se realiza prácticamente en aplicar una carga de compresión a los testigos de concreto a una velocidad determinada hasta que falle, y la norma técnica proporciona una metodología para determinar la resistencia del concreto sometido a compresión.

La resistencia a la compresión del concreto se suele medir a los 28 días después de verterlo. En esta tesis también se midió a los 28 días.

La resistencia a la compresión se calcula proporcionalmente a la carga máxima de compresión registrada entre el área de sección transversal del testigo de concreto en prueba, este parámetro de resistencia es utilizado en el modelamiento de estructuras de concreto.

Se recolectaron datos sobre la resistencia que los testigos de concreto pueden alcanzar al realizar la prueba de resistencia a la compresión de los cilindros de concreto.

**a) Procedimiento.**

Se requieren al menos tres (03) cilindros con un diámetro de 100mm y una altura de 200mm para realizar el ensayo de resistencia a la compresión.

Dentro del tiempo permitido de tolerancia, se procederá a la fracturación de todos los cilindros correspondientes a una edad determinada. El conteo del tiempo de ensayo iniciará desde la elaboración de los cilindros.

**Tabla 2**

*Tolerancia en los rangos de edad de prueba.*

| Edad de ensayo | Tolerancia |
|---|---|
| 24 h | ±0.5 h ó 2.1% |
| 3 d | 2 h ó 2.8% |
| 7 d | 6 h ó 3.6% |
| 28 d | 20 h ó 3.0% |
| 90 d | 2 h ó 2.2% |

Nota: En este cuadro se muestra las tolerancias para los ensayos obtenidos del NTP 339.034.

Se tomaron las nuestras cilíndricas del lugar de curado y se trasladaron para el sitio de muestreo, teniendo en cuenta la edad del concreto, se aseguró que estuvieran cubiertos con una cubierta húmeda para procurar la reducción de humedad.

Se realizó una revisión previa a los ensayos para comprobar que el lado inferior de las muestras cilíndricas estuviese nivelado, constatando que su perpendicularidad este en una superficie plana y utilizando una regla calibrada para asegurarnos de que el eje del cilindro no presentara una desviación mayor a 0.5 grados con respecto a la base. Posteriormente, nos aseguramos de que las caras del cilindro fueran planas con una tolerancia de ± 0.050mm.

Si los requisitos de planitud y perpendicularidad no se cumplen al mismo tiempo, es necesario pulir o refrenar el cilindro. Durante el proceso, se puede utilizar mezclas de azufre. El nivel de la mezcla de azufre debe ser lo mínimo posible, con una altura mínima de 3 mm y máxima de 8 mm.

“Se alinea cuidadosamente el eje del cilindro con el centro de presión del bloque superior se la máquina de ensayo; a medida que el bloque superior se acerca para apoyarse sobre el cilindro, se rota su parte móvil suavemente con la mano, de modo que se obtenga un contacto uniforme” (Molano & Torres, 2017).

Durante el ensayo, se aplica una carga constante den función del rango de 0.25 MPa/s ± 0.05 MPa/s, sin causar ningún impacto, hasta que la muestra cilíndrica logre el fallo y se registre la tolerancia máxima (P max) tolerada por la muestra cilíndrica. Además, se toma nota del tipo de falla que se produce en el hormigón.

Para calcular la resistencia a la compresión, es necesario dividir la carga máxima que puede soportar una muestra cilíndrica puede soportar durante las pruebas entre el área de su sección transversal, aplicando un factor de corrección.

$$f'c = \frac{F}{A}$$

$f'c$ = Capacidad de soportar la fuerza de compresión del cilindro evaluado, en un momento específico ($\frac{kg}{cm^2}$)

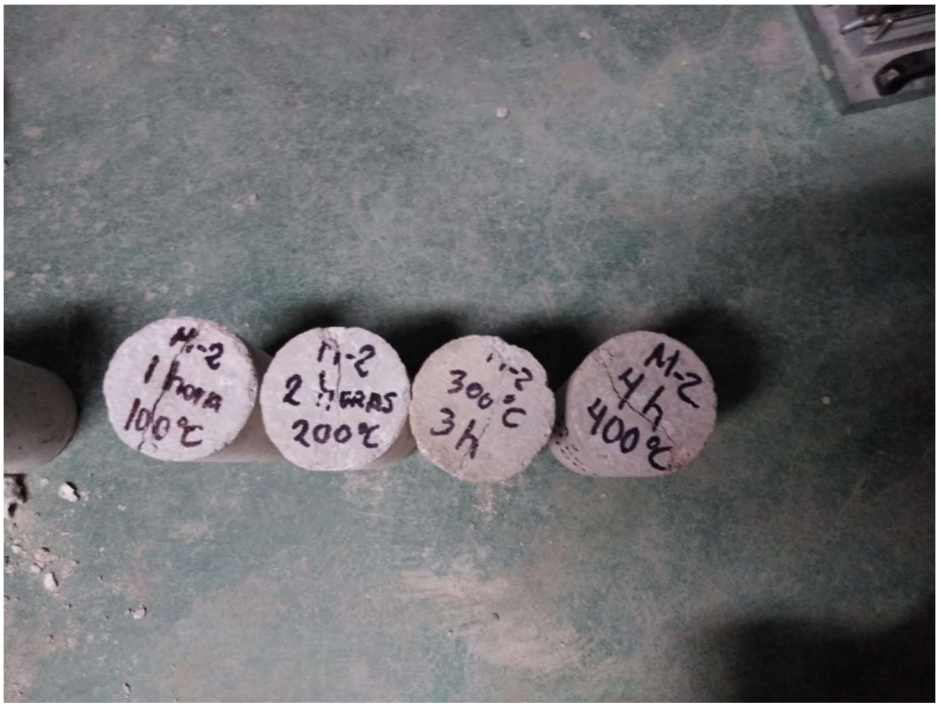
$F$ = Carga máxima aplicada (kg)
$A$ = Área transversal del cilindro ensayado ($cm^2$)

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$D$ = diámetro del cilindro (cm)

**Figura 1**

*Testigos de concreto expuesto de 1 a 4 horas de 100°C a 400°C.*




Nota. En la imagen se presenta los testigos cilíndricos de concreto, duración de la exposición y la temperatura lograda.

**Figura 2**

*Ensayo de resistencia a la compresión de concreto a 400°C y 300°C.*

Nota. En la imagen se muestra testigos cilíndricos de concreto expuestos a 300°c y 400°c a 3 horas y 4 horas respectivamente, sometidos a ensayos de compresión.

**Figura 3**

*Ensayo de resistencia a la compresión de concreto a 200°C y 100°C.*

Nota. Se muestra los testigos cilíndricos de concreto expuestos a 200°c y 100°c a 2 horas y 1 horas respectivamente, sometidos a ensayos de compresión.

**b) Resultados del ensayo a la compresión.**

**Tabla 3**

*Resultados de los ensayos de compresión.*

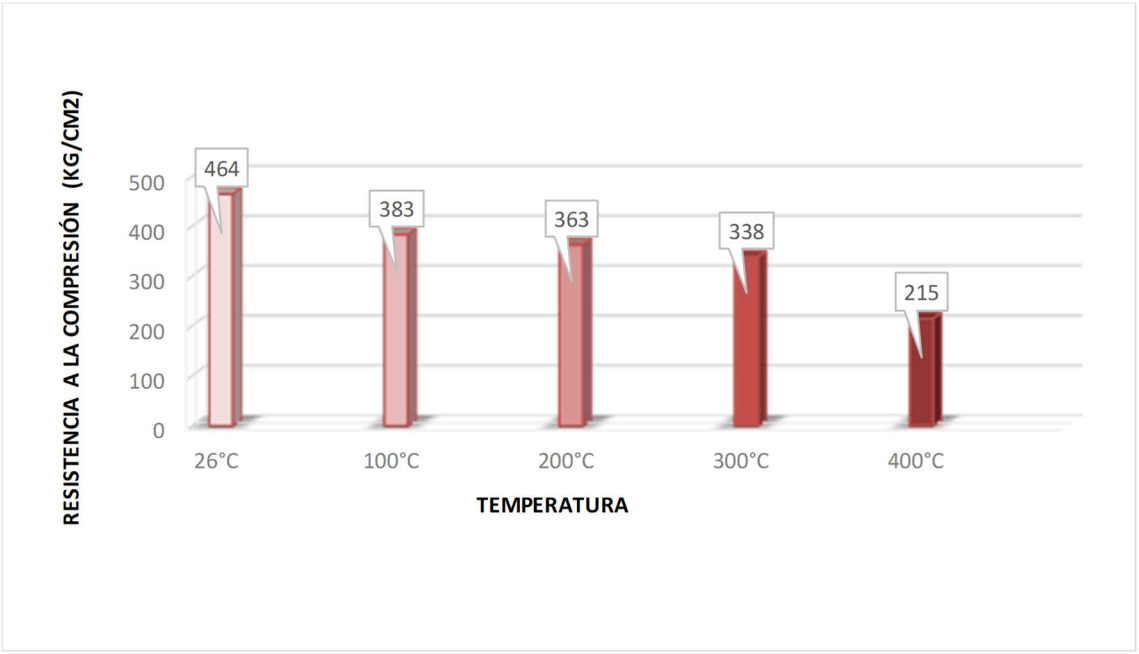
| Identidad de la muestra | fecha del vertido | fecha de ensayos | edad | esfuerzo máximo (kgf) | área ($cm^2$) | f' $kg/cm^2$ | f'c diseño ($kg/cm^2$) | % f'c |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Patrón** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 32483.9 | 70.9 | 458.2 | 450 | 101.8% |
| **Patrón** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 33394.3 | 70.9 | 471.0 | 450 | 104.7% |
| **Patrón** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 32914.1 | 70.9 | 464.2 | 450 | 103.2% |
| **100 °C (1 Hora)** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 27268 | 70.9 | 384.6 | 450 | 85.5% |
| **100 °C (1 Hora)** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 27046 | 70.9 | 381.5 | 450 | 84.8% |
| **100 °C (1 Hora)** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 27129.1 | 70.9 | 382.6 | 450 | 85.0% |
| **200 °C (2 Hora)** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 25773.7 | 70.9 | 363.5 | 450 | 80.8% |
| **200 °C (2 Hora)** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 25628 | 70.9 | 361.5 | 450 | 80.3% |
| **200 °C (2 Hora)** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 25714 | 70.9 | 362.7 | 450 | 80.6% |
| **300 °C (3 Hora)** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 24042.7 | 70.9 | 339.1 | 450 | 75.4% |
| **300 °C (3 Hora)** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 23948.7 | 70.9 | 337.8 | 450 | 75.1% |
| **300 °C (3 Hora)** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 23984.2 | 70.9 | 338.3 | 450 | 75.2% |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **400 °C (4 Hora)** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 15316.5 | 70.9 | 216.0 | 450 | 48.0% |
| **400 °C (4 Hora)** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 15158 | 70.9 | 213.8 | 450 | 47.5% |
| **400 °C (4 Hora)** | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 15263 | 70.9 | 215.3 | 450 | 47.8% |

Nota. Los resultados de los ensayos de compresión se presentan en la tabla 3, abarcando tanto la resistencia alcanzada como la disminución de la resistencia de los núcleos de hormigón cilíndricos cuando se exponen a temperaturas más altas.

**Figura 4**

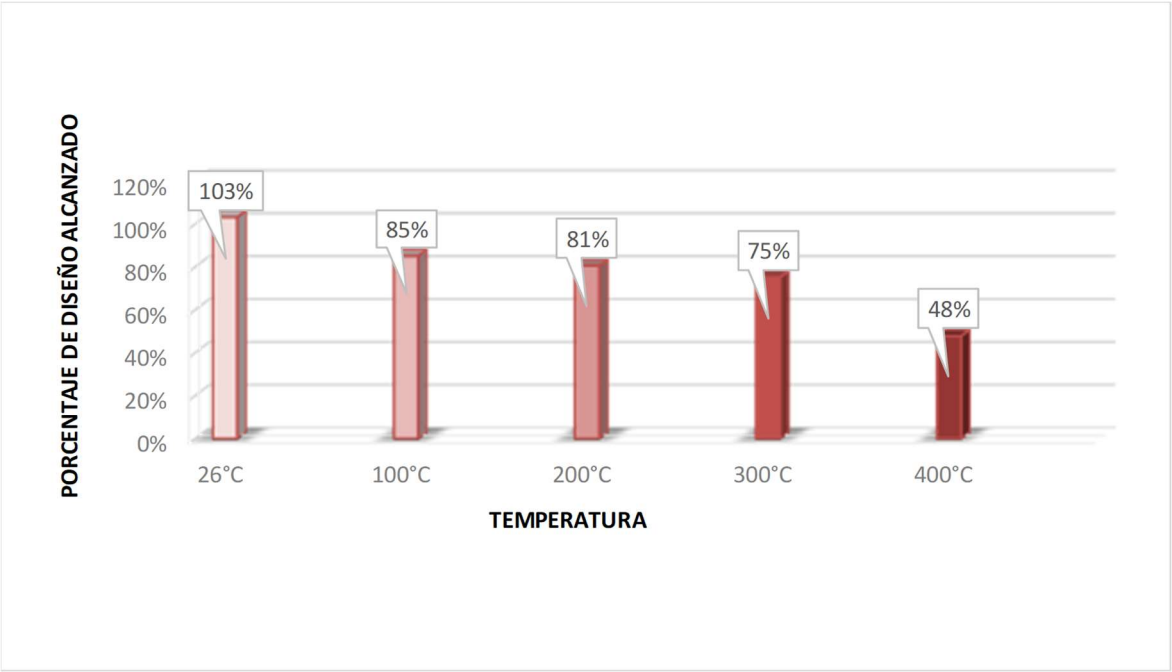
*Valores promedio de la resistencia a la compresión del concreto.*




Nota. Se detallan los resultados de los testigos cilíndricos de concreto expuestos a temperatura de 26°C, 100°C, 200°C, 300°C y 400°C, y la resistencia alcanzada en el ensayo de compresión.

**Figura 5**

*Valores promedio de la resistencia a la compresión alcanzado (%).*




Nota. Se detalla los resultados de los testigos de concreto expuestos a temperatura de 26°C, 100°C, 200°C, 300°C y 400°C, y los porcentajes de la reducción de la resistencia en el ensayo de compresión.

**Tabla 4**

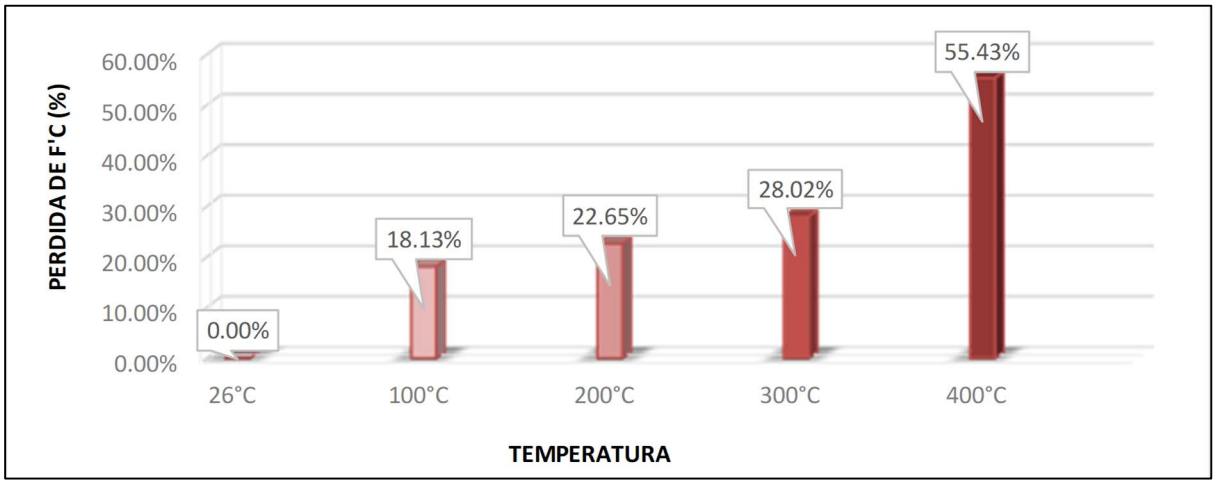
*Resultados obtenidos de los ensayos de compresión.*

| Identificación de espécimen | Esfuerzo ($kg/cm^2$) | % F'c | F'c (%) prom. | Perdida F'c (%) |
|---|---|---|---|---|
| Patrón 26°C | 458.17 | 101.8% | 103.22% | - |
| Patrón 26°C | 471.01 | 104.7% | | |
| Patrón 26°C | 464.23 | 103.2% | | |
| 100 °C (1 Hora) | 384.60 | 85.5% | 85.09% | 18.13% |
| 100 °C (1 Hora) | 381.47 | 84.8% | | |
| 100 °C (1 Hora) | 382.64 | 85.0% | | |
| 200 °C (2 Hora) | 363.52 | 80.8% | 80.57% | 22.65% |
| 200 °C (2 Hora) | 361.47 | 80.3% | | |
| 200 °C (2 Hora) | 362.68 | 80.6% | | |
| 300 °C (3 Hora) | 339.11 | 75.4% | 75.20% | 28.02% |
| 300 °C (3 Hora) | 337.78 | 75.1% | | |
| 300 °C (3 Hora) | 338.28 | 75.2% | | |
| 400 °C (4 Hora) | 216.03 | 48.0% | 47.79% | 55.43% |
| 400 °C (4 Hora) | 213.79 | 47.5% | | |
| 400 °C (4 Hora) | 215.28 | 47.8% | | |

Nota. La tabla nos muestra los resultados a los ensayos de compresión axial, el esfuerzo aplicado a los testigos cilíndricos de concreto y los porcentajes de perdida de la resistencia alcanzada.

**Figura 6**

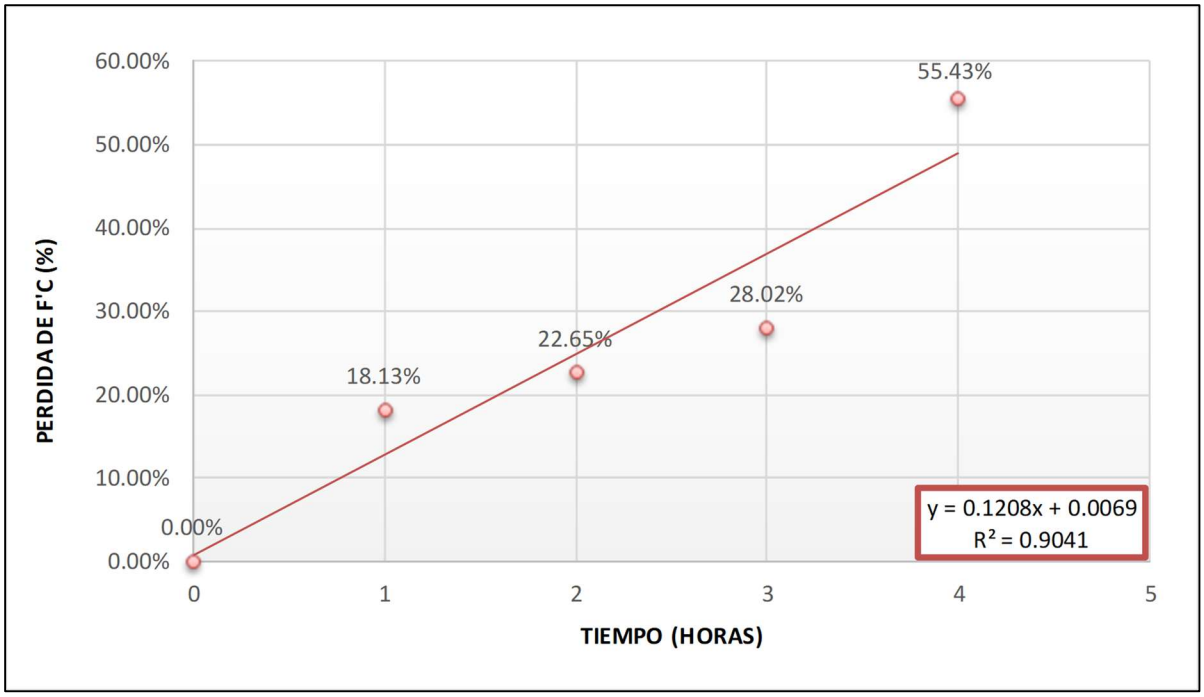
*Perdida promedio de la resistencia a la compresión (%).*




Nota. Se muestra los resultados de las muestras cilíndricas de concreto expuestos a temperaturas de 26°C, 100°C, 200°C, 300°C y 400°C, y el porcentaje promedio del decremento de la resistencia en los ensayos de compresión.

**Figura 7**

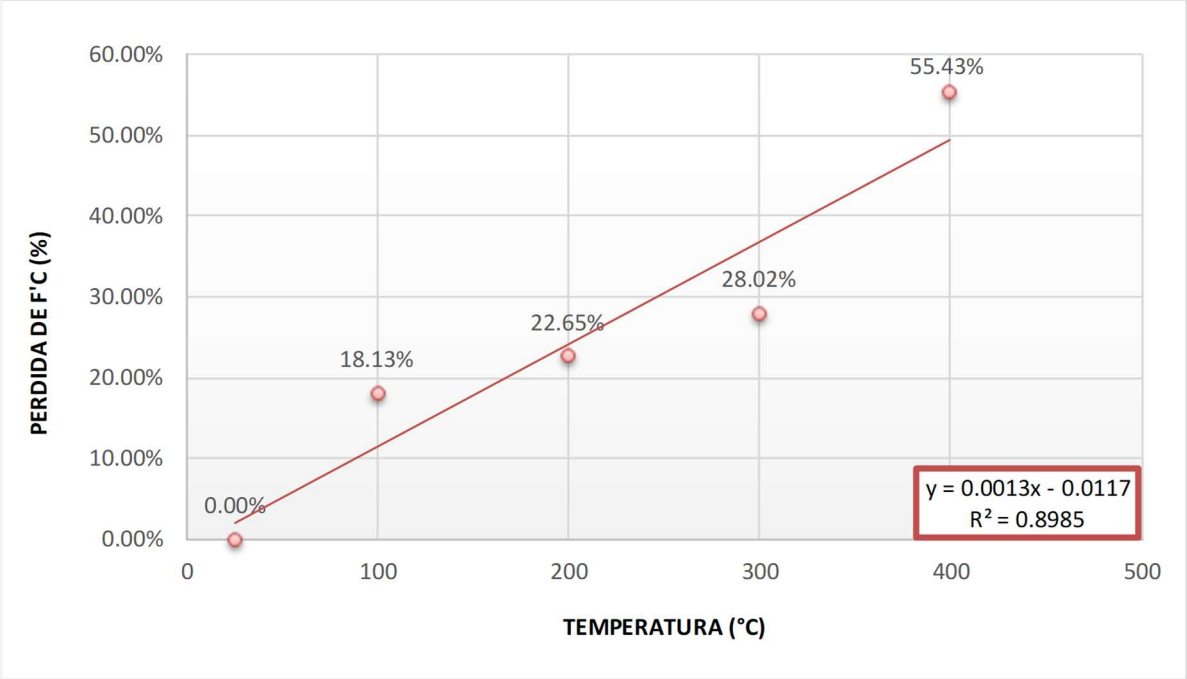
*Tendencia de la perdida promedio de la resistencia a compresión (%).*




Nota. Se presentan los porcentajes de reducción de la resistencia para los testigos cilíndricos de concreto expuestos a fuego directo durante 1 hora y 4 horas, así como el promedio de reducción de resistencia en el ensayo de compresión.

**Figura 8**

*Tendencia de la perdida promedio de la resistencia a compresión (%).*




Nota. Se presenta la evolución porcentual de la disminución de la resistencia de las muestras cilíndricas de concreto expuestos a diferentes temperaturas (26°C, 100°C, 200°C, 300°C y 400°C), así como el promedio de la pérdida de resistencia en el ensayo de compresión.

### 5.1.2. Resistencia a la tracción del concreto

Para determinar la resistencia a la tracción de los testigos circulares elaborados de concreto se aplicó el método ASTM C 496 – 96 “Método de Ensayo Normalizado para determinar la tracción por hendimiento de los testigos cilíndricos de hormigón”, este método facilitó calcular la resistencia a la tracción del concreto con los mismos testigos cilíndricos que se utilizó para la prueba de compresión.

La aplicación del método sen basa en someter una carga del testigo de concreto debe ser sometido a una compresión diametral en el sentido longitudinal, respetando la velocidad establecida, hasta que se produzca su falla.

La carga inducida en el ensayo hace que se induzca esfuerzos de tracción sobre el plano del testigo. La causa del fallo se debe principalmente a la tracción en lugar de la compresión, ya que las cargas aplicadas generan un estado de compresión triaxial que permite resistir los esfuerzos de compresión.

El ensayo se realizó cuando el testigo de concreto tuvo una edad de 28 días garantizando así que debía obtener el 100% de su resistencia de diseño que es de $45\ kg/cm^2$.

**a) Procedimiento.**

La norma ASTM C 496 – 96, especifica el procedimiento para llevarlo a cabo en el capítulo 7. Procedimiento, donde especifica la marcación de las probetas para el alineamiento de ellas, mediciones de los diámetros y longitudes de la probeta, posicionamiento de la probeta usando guías de alineación y la velocidad de carga que se deberá utilizar en la prueba el cual tiene que tener que registrar la carga máxima aplicada en la máquina de ensayo donde se produjo la falla de la probeta, manteniendo una velocidad en el rango de 100 a 200 psfi/min.

Para poder calcular la resistencia a tracción del concreto T, deberá multiplicar el doble de la carga registrada al momento de que la probeta falle y dividirlo entre PI multiplicado por la longitud y diámetro de la probeta ensayada como se muestra en la siguiente ecuación según la norma ASTM C 496 – 96:

$$T = \frac{2\ x\ P}{\pi\ x\ l\ x\ d}$$

T = Resistencia a la tracción por hendimiento ($\frac{kg}{cm^2}$)

$P\ =$ Carga máxima aplicada (kg)

$l\ =$ Longitud de la probeta (cm)

$d\ =$ Diámetro de la probeta (cm)

**Figura 9**

*Ensayo de resistencia a la tracción de concreto a 400°C y 300°C.*

Nota. Se muestra los testigos cilíndricos de concreto expuestos a 400°c y 300°c a 4 horas y 3 horas respectivamente, sometidos a ensayos de tracción indirecta.

**Figura 10**

*Ensayo de resistencia a la tracción de concreto a 200°C y 100°C.*

Nota. Se muestra los testigos cilíndricos de concreto expuestos a 200°c y 100°c a 1 horas y 2 horas respectivamente, sometidos a ensayos de tracción.

**b) Resultados del ensayo a la tracción.**

**Tabla 5**

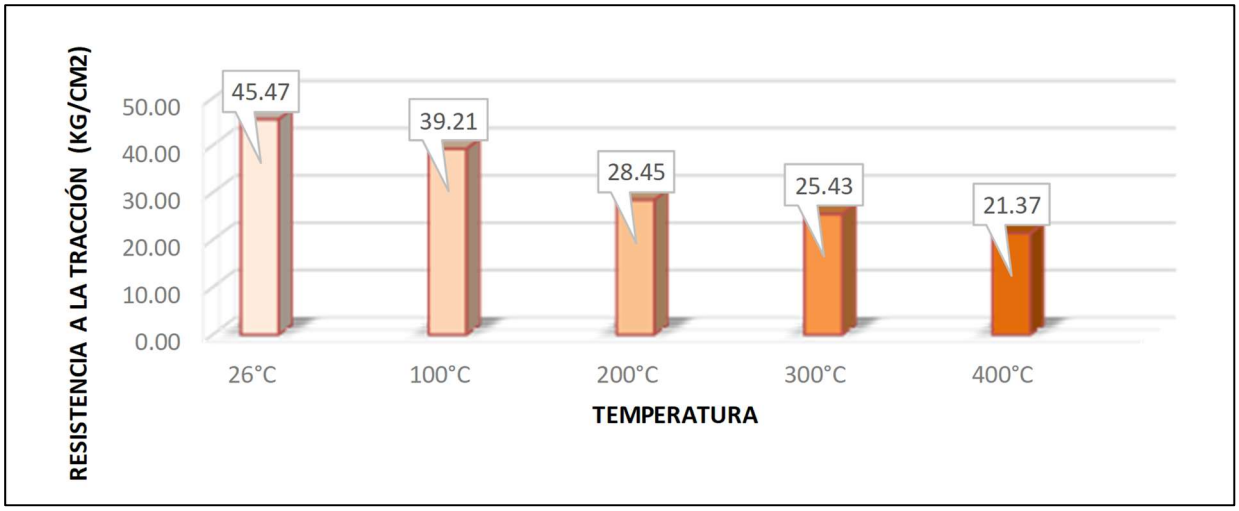
*Resultados de los ensayos de tracción.*

| Identificación | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad | Diámetro (Cm) | Carga (Kg) | Resistencia (Kg/Cm2) | F'c (Kg/Cm2) | % F'c |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Patrón | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 13,521.00 | 45.30 | 45 | 100.68% |
| Patrón | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 13,753.00 | 46.08 | 45 | 102.40% |
| Patrón | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 13,658.00 | 45.76 | 45 | 101.70% |
| 100°C (1 Hora) | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 11,974.70 | 40.12 | 45 | 89.16% |
| 100°C (1 Hora) | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 11,548.40 | 38.69 | 45 | 85.99% |
| 100°C (1 Hora) | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 11,759.20 | 39.40 | 45 | 87.56% |
| 200°C (2 Hora) | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 8,599.60 | 28.81 | 45 | 64.03% |
| 200°C (2 Hora) | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 8,469.40 | 28.38 | 45 | 63.06% |
| 200°C (2 Hora) | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 8,496.10 | 28.47 | 45 | 63.26% |
| 300°C (3 Hora) | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 7,670.10 | 25.70 | 45 | 57.11% |
| 300°C (3 Hora) | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 7,587.80 | 25.42 | 45 | 56.50% |
| 300°C (3 Hora) | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 7,599.50 | 25.46 | 45 | 56.58% |
| 400°C (4 Hora) | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 6,440.30 | 21.58 | 45 | 47.95% |
| 400°C (4 Hora) | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 6,378.20 | 21.37 | 45 | 47.49% |
| 400°C (4 Hora) | 04/07/2019 | 01/08/2019 | 28 | 9.5 | 6,412.90 | 21.49 | 45 | 47.75% |

Nota. La información presentada en la tabla refleja los datos logrados de las pruebas de tracción se realizaron en los testigos cilíndricos de concreto expuestos a diferentes incrementos de temperatura, desde la resistencia alcanzada hasta la pérdida de resistencia.

**Figura 11**

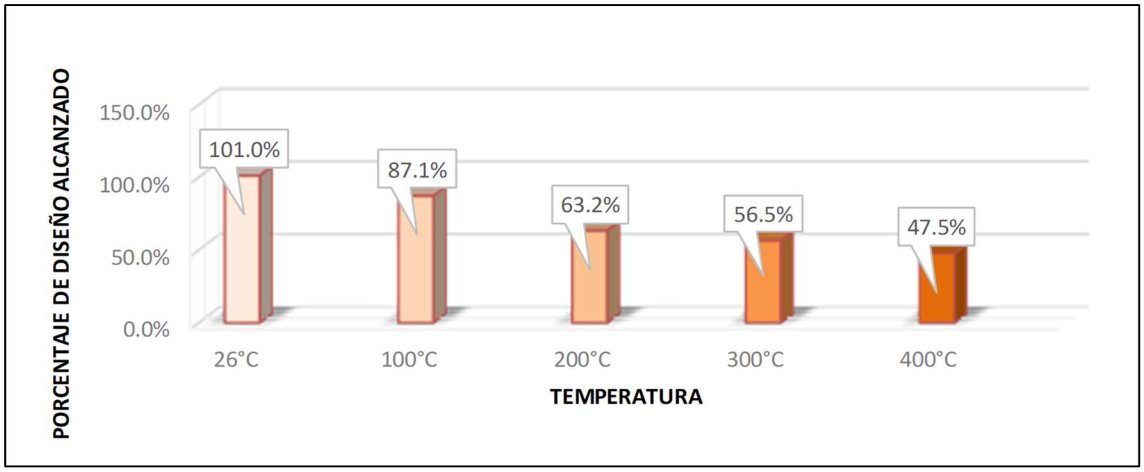
*Valores promedio de la resistencia a la tracción del concreto alcanzado.*




Nota. Se detalla los datos obtenidos de los testigos de concreto expuestos a temperatura de 26°C, 100°C, 200°C, 300°C y 400°C, y la resistencia alcanzada en el ensayo de tracción.

**Figura 12**

*Valores promedio de la resistencia a la tracción alcanzado (%).*




Nota. Se muestra los resultados de los testigos cilíndricos de concreto expuestos a temperatura de 26°C, 100°C, 200°C, 300°C y 400°C, y el porcentaje promedio de la disminución de resistencia en los ensayos de tracción.

**Tabla 6**

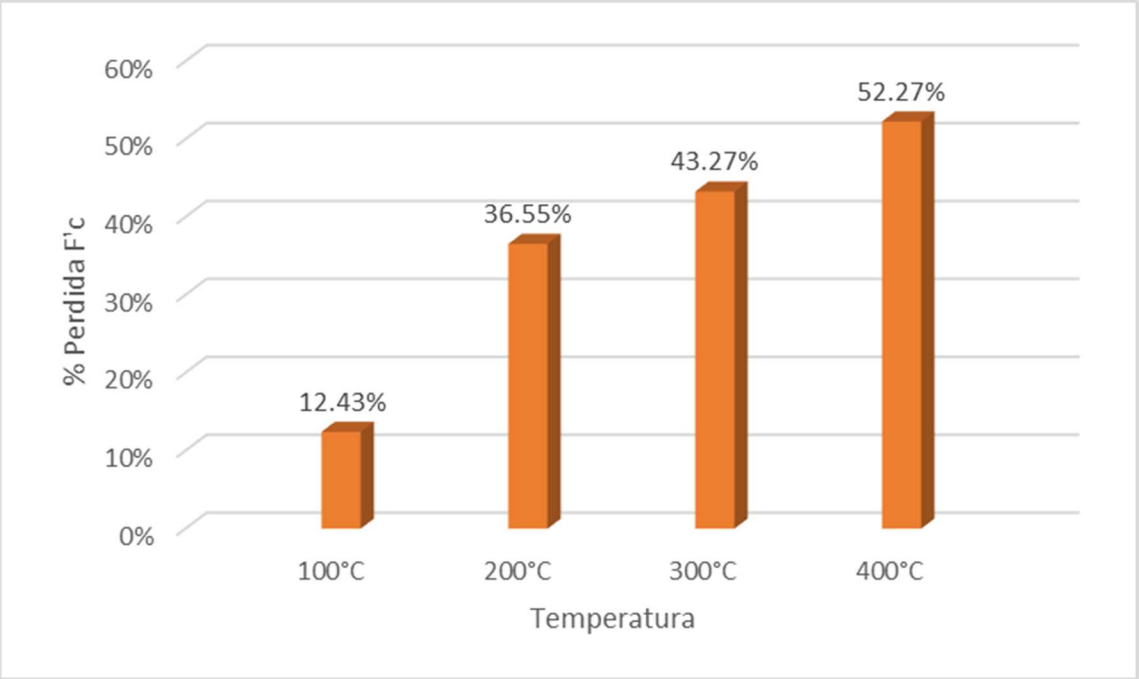
*Datos obtenidos de los ensayos de tracción.*

| Identificación | Carga (Kg) | % F'c | F'c (%) Prom. | Perdida F'c (%) |
|---|---|---|---|---|
| Patrón | 13,521.00 | 100.68% | | |
| Patrón | 13,753.00 | 102.40% | 101.59% | - |
| Patrón | 13,658.00 | 101.70% | | |
| 100°C (1 Hora) | 11,974.70 | 89.16% | | |
| 100°C (1 Hora) | 11,548.40 | 85.99% | 87.57% | 12.43% |
| 100°C (1 Hora) | 11,759.20 | 87.56% | | |
| 200°C (2 Hora) | 8,599.60 | 64.03% | | |
| 200°C (2 Hora) | 8,469.40 | 63.06% | 63.45% | 36.55% |
| 200°C (2 Hora) | 8,496.10 | 63.26% | | |
| 300°C (3 Hora) | 7,670.10 | 57.11% | | |
| 300°C (3 Hora) | 7,587.80 | 56.50% | 56.73% | 43.27% |
| 300°C (3 Hora) | 7,599.50 | 56.58% | | |
| 400°C (4 Hora) | 6,440.30 | 47.95% | | |
| 400°C (4 Hora) | 6,378.20 | 47.49% | 47.73% | 52.27% |
| 400°C (4 Hora) | 6,412.90 | 47.75% | | |

Nota. La información presentada en la tabla corresponde a datos logrados en las pruebas de tracción, donde se muestra el esfuerzo aplicado a los testigos cilíndricos de concreto, así como los porcentajes de pérdida de la resistencia alcanzada.

**Figura 13**

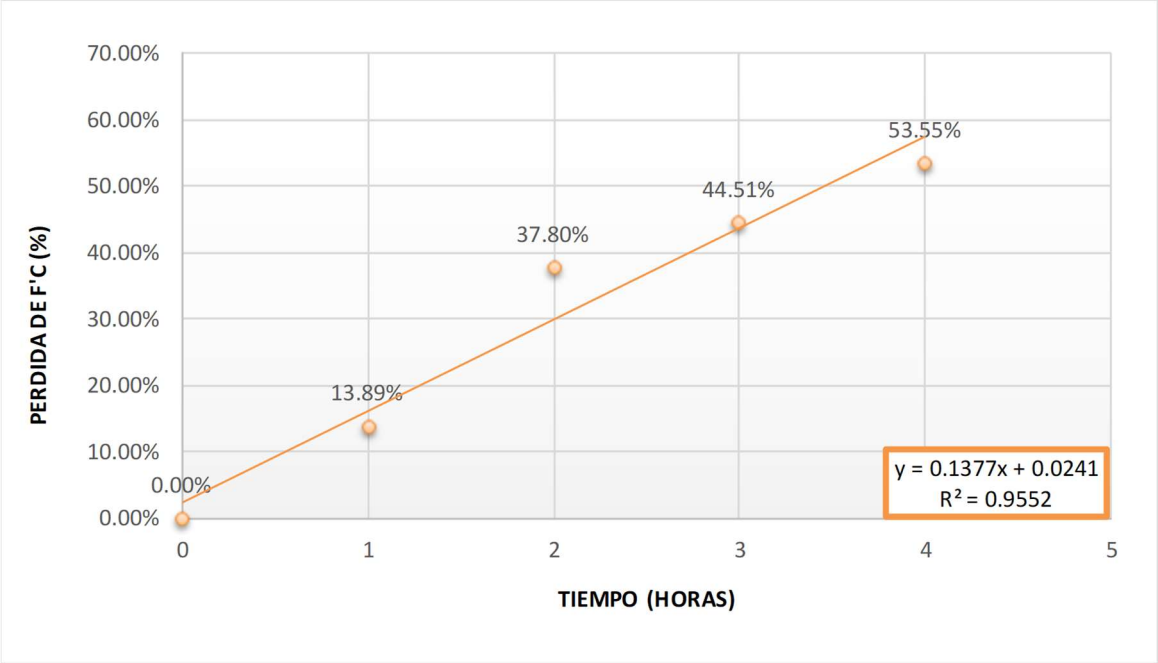
*Perdida promedio de la resistencia a la tracción (%).*




Nota. Se presentan los resultados de los ensayos de tracción en testigos cilíndricos de concreto expuestos a diferentes temperaturas: 26°C, 100°C, 200°C, 300°C y 400°C, junto con el promedio del porcentaje de reducción de resistencia.

**Figura 14**

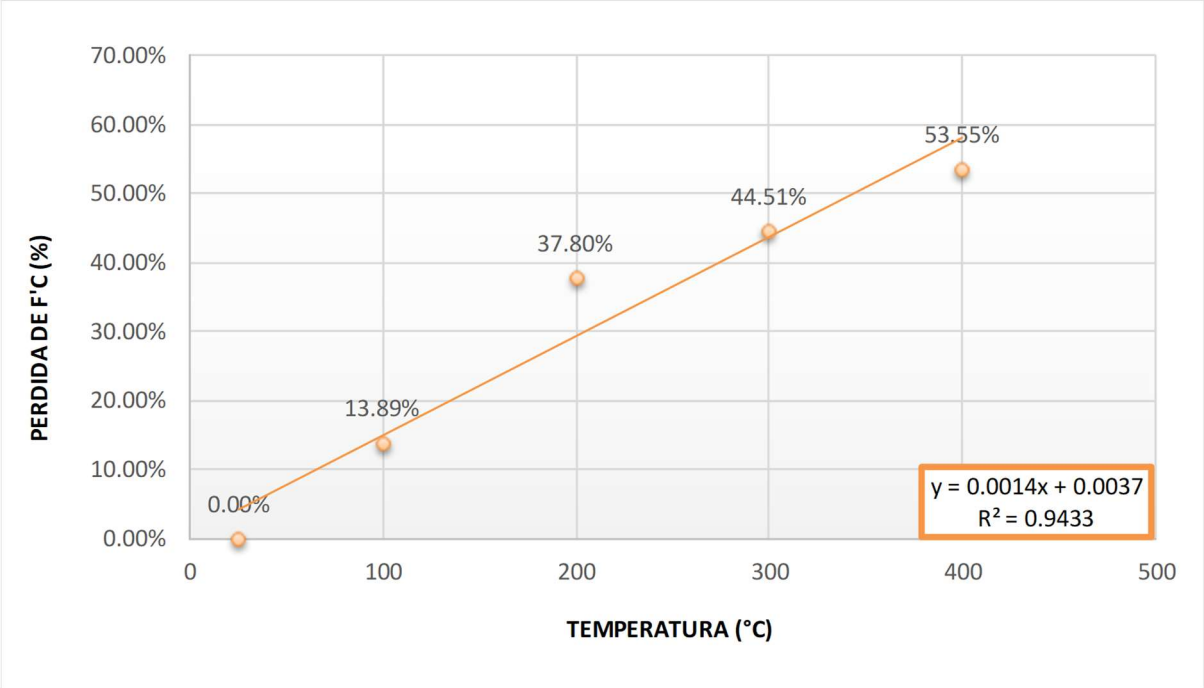
*Tendencia de la reducción promedio de la resistencia a tracción (%).*




Nota. La tendencia de la pérdida de resistencia en los testigos cilíndricos de concreto expuestos a fuego directo durante 1 y 4 horas se muestra en porcentajes, junto con el porcentaje promedio de pérdida de resistencia en el ensayo de tracción.

**Figura 15**

*Tendencia de la perdida promedio de la resistencia a tracción (%).*




Nota. Se muestra la tendencia en porcentajes de reducción de resistencia de los testigos cilíndricos de concreto expuestos a temperatura de 26°C, 100°C, 200°C, 300°C y 400°C y el porcentaje promedio de la reducción de resistencia en el ensayo de tracción.

## 5.2. Discusión de resultados

1. La tesis ha buscado evaluar el comportamiento del concreto de alto desempeño con una resistencia a la compresión de $f'_c = 450\ kg/cm^2$ expuesto a altas temperaturas tanto en esfuerzo de compresión como de tracción. Para ello, se modelo el diseño de mezclas de un concreto de alto desempeño de $f'_c = 450\ kg/cm^2$, los cuales fueron sometidos a altas temperaturas de 100°C, 200°C, 300°C y 400°C. en este proceso se hizo la comparación del comportamiento del concreto a temperatura ambiente frente a los que formaron parte de la experiencia. Los resultados evidencian que efectivamente al incremento de la temperatura el concreto tiende a perder sus propiedades de compresión y tracción.

Por otro lado, se demuestra que el tiempo de exposición es determinante en la pérdida de resistencia de compresión y tracción del concreto, así mismo cuando gradualmente se eleva la temperatura, la resistencia del concreto disminuye proporcionalmente a la temperatura de exposición. Estos resultados se asemejan a otros que se obtuvieron en investigaciones llevas a cabo en tiempos distintos y contextos diferentes.

2. Para el logro de determinar la influencia del tiempo de exposición del concreto de alto desempeño, Cruz (2015), en su investigación ha llevado a cabo un estudio sobre el impacto de las elevadas temperaturas en un concreto con una relación agua/cemento de 0.50 (f'c=36.5 MPa. <> 370 kg/cm^2). Los logros obtenidos nos muestran que después de la exposición a diferentes temperaturas, se observaron pérdidas de resistencia del 21%, 49%, 78% y 89% para temperaturas de 200°C, 400°C, 600°C y 800°C, respectivamente. Además, se han evaluado otros parámetros como la pérdida de masa, microscopia óptica, velocidad de pulso

ultrasónico, difracción de rayos X y porosidad. Este resultado se aproxima al estudio que se ha realizado porque se observa que el incremento de temperatura disminuye directamente la resistencia de las características del concreto.

3. Por otro lado, se estableció que el incremento de temperatura directamente al concreto de alto desempeño, precisa que el decremento de la resistencia del concreto a nivel de tracción y compresión es consecuencia del sometimiento a altas temperaturas, el tiempo de exposición y el incremento gradual de las temperaturas.

De igual forma Huincho, (2017) en su investigación en relación a la influencia del fuego expuesto directamente en un hormigón regular, utilizando cemento Portland tipo I, proporciones de agua-cemento de 0.60, 0.65 y 0.70, y cantidades de agua que aseguren una óptima trabajabilidad, se han obtenido resultados que demuestran diversos efectos. Entre ellos, se ha observado una pérdida de masa, así como una disminución en la resistencia a la compresión, tracción y módulo elástico del material. Además, se ha evidenciado una variación en el comportamiento elástico del concreto, así como en la relación entre tracción y compresión. Asimismo, se ha constatado el impacto de la forma de la muestra (probeta) en la tolerancia a la compresión y en la reducción de masa debido a la exposición a altas temperaturas y la evolución en el tiempo. De los resultados se deducen que efectivamente cuando el concreto es sometido al incremento de las temperaturas y por un tiempo determinado genera como consecuencia la reducción de resistencia a la compresión y tracción.

Además, según Faller, J. (2014), se precisa que a una temperatura de 400ºC, el acero adquiere propiedades dúctiles, mientras que a 600 ºC experimenta una disminución abrupta de su resistencia. Por otro lado, el concreto comienza a

deteriorarse cuando se expone a temperaturas superiores a los 380 ºC durante períodos prolongados de tiempo. En el caso de los áridos calizos o silíceos, se genera una reducción de resistencia entre el 15% y el 25% a una temperatura de 400 ºC. A partir de los 800 ºC, el concreto deja de tener una resistencia a la compresión viable y se debilita aún más al enfriarse después de apagar el fuego.

## 5.3. Prueba de hipótesis

### 5.3.1. Hipótesis general

**$H_0$:** La exposición del concreto de alto desempeño $f'c = 450\ kg/cm^2$ hacia las altas temperaturas influye en el comportamiento mecánico frente a la compresión y tracción.

**$H_1$:** La exposición del concreto de alto desempeño $f'c = 450\ kg/cm^2$ hacia las altas temperaturas no influye en el comportamiento mecánico frente a la compresión y tracción.

**Tabla 7**

*Influencia del tiempo y temperatura a la reducción de resistencia a la compresión y tracción.*

| | | Tiempo y temperatura | Pérdida compresión y tracción |
|---|---|---|---|
| Tiempo y temperatura | Correlación de Pearson | 1 | ,991** |
| | Sig. (bilateral) | | ,001 |
| | N | 5 | 5 |
| Pérdida compresión y tracción | Correlación de Pearson | ,991* | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,001 | |
| | N | 5 | 5 |

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota: Se muestra la correlación de Pearson para el nivel de influencia del tiempo y temperatura compresión y tracción.

De la tabla 7 se observa que el p-valor de 0,001 es < 0,05 margen de error, lo que permite aceptar que el tiempo de exposición a altas temperaturas se

relaciona directamente con la reducción de la resistencia a compresión y tracción para el concreto. Por tanto, el nivel de influencia es de 99,1% y corresponde a una muy alta influencia.

### 5.3.2. Hipótesis específicas

**$H_{a_1}$: La influencia del tiempo de exposición del concreto de alto desempeño sometido a altas temperaturas disminuye significativamente la resistencia a la compresión.**

**Tabla 8**

*Nivel de influencia del tiempo a la reducción de resistencia a la compresión.*

| | | Tiempo | Pérdida compresión |
|---|---|---|---|
| Tiempo | Correlación de Pearson | 1 | ,953* |
| | Sig. (bilateral) | | ,012 |
| | N | 5 | 5 |
| Pérdida compresión | Correlación de Pearson | ,953* | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,012 | |
| | N | 5 | 5 |

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Nota: Se muestra la correlación de Pearson para la influencia del tiempo en la perdida de resistencia hacia la compresión.

De la tabla 8 se observa que el p-valor de 0,012 es < 0,05 margen de error, lo que permite aceptar que el tiempo de exposición a altas temperaturas se relaciona directamente con la pérdida de la resistencia a compresión del concreto. Por otro lado, el nivel de influencia es de 95,3% y corresponde a una muy alta influencia.

$H_{a_2}$**:** La influencia del tiempo de exposición del concreto de alto desempeño sometido a altas temperaturas disminuye significativamente la resistencia a la tracción.

**Tabla 9**

*Nivel de influencia del tiempo a la reducción de resistencia a la tracción.*

| | | Tiempo | Pérdida tracción |
|---|---|---|---|
| Tiempo | Correlación de Pearson | 1 | ,978** |
| | Sig. (bilateral) | | ,004 |
| | N | 5 | 5 |
| Pérdida tracción | Correlación de Pearson | ,978** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,004 | |
| | N | 5 | 5 |

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Nota: Se muestra la correlación de Pearson para la influencia del tiempo en la perdida de resistencia hacia la tracción.

De la tabla 9 se observa que el p-valor de 0,004 es < 0,05 margen de error, lo que permite aceptar que la influencia del tiempo de exposición a altas temperaturas se relaciona directamente con la pérdida de la tolerancia a la tracción del concreto. Por otro lado, el nivel de influencia es de 97,8% y corresponde a una muy alta influencia.

$H_{b_1}$**:** La influencia del incremento de temperaturas a la cual será sometido el concreto de alto desempeño disminuye significativamente la resistencia a la compresión.

$H_{b_2}$**:** La influencia del incremento de temperaturas a la cual será sometido el concreto de alto desempeño no disminuye significativamente la resistencia a la compresión.

**Tabla 10**

*Influencia de la temperatura a la pérdida de resistencia a la compresión.*

| | | Temperatura | Pérdida compresión |
|---|---|---|---|
| Temperatura | Correlación de Pearson | 1 | ,953* |
| | Sig. (bilateral) | | ,012 |
| | N | 5 | 5 |
| Pérdida compresión | Correlación de Pearson | ,953* | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,012 | |
| | N | 5 | 5 |

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Nota: Se muestra la correlación de Pearson para la influencia de la temperatura en la perdida de resistencia hacia la compresión.

De la tabla 10 se observa que el p-valor de 0,012 es < 0,05 margen de error, lo que permite aceptar que la exposición a altas temperaturas se relaciona directamente con la pérdida de la resistencia a compresión del concreto. Por otro lado, el nivel de influencia es de 95,3% y corresponde a una muy alta influencia.

$\boldsymbol{H_{0_1}}$**:** Las temperaturas a la cual será sometido el concreto de alto desempeño disminuye significativamente la resistencia a la tracción.

$\boldsymbol{H_{0_2}}$**:** Las temperaturas a la cual será sometido el concreto de alto desempeño no disminuye significativamente la resistencia a la tracción.

**Tabla 11**

*Influencia de la temperatura a la pérdida de resistencia a la tracción.*

| | | Temperatura | Pérdida tracción |
|---|---|---|---|
| Temperatura | Correlación de Pearson | 1 | ,978** |
| | Sig. (bilateral) | | ,004 |
| | N | 5 | 5 |
| Pérdida tracción | Correlación de Pearson | ,978** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,004 | |
| | N | 5 | 5 |

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Nota: Se muestra la correlación de Pearson para la influencia de la temperatura en la perdida de resistencia hacia la tracción.

De la tabla 11 se observa que el p-valor de 0,004 es < 0,05 margen de error, lo que permite aceptar que la exposición a altas temperaturas se relaciona directamente con la pérdida de la resistencia a tracción del concreto. Por otro lado, el nivel de influencia es de 97,8% y corresponde a una muy alta influencia.

# VI. Conclusiones

a. Posterior a la evaluación de los ensayos de la resistencia a la compresión según norma técnica peruana 339.034 y los ensayos de resistencia a la tracción según norma ASTM C 496 – 96, se evidencia que el concreto de alto desempeño expuesto a altas temperaturas tiende a reducir sus propiedades como es la resistencia a compresión y tracción. Cabe precisar que el concreto expuesto tiene una pérdida considerable de su resistencia a compresión inicial, una vez expuesto a 100°C, 200°C, 300°C y 400°C se ve una pérdida de 18.13%, 22.65%, 28,02% y 55.43% respectivamente, tal y como se muestra en las tablas 3 y 4, por otro lado, a nivel de la resistencia a tracción se observa una gran pérdida de la resistencia a tracción original, expuesto a 100°C, 200°C, 300°C y 400°C se ve una pérdida de 12.43%, 36.55%, 43.27% y 52.27% respectivamente, como se muestra en las tablas 5 y 6.

b. Se determinó que al incremento de la influencia de la exposición del concreto sometido a altas temperaturas disminuye su resistencia a la compresión tal y como lo muestra la tabla 8 y en la tabla 9 se verifica la pérdida de su resistencia frente a la tracción, demostrando así que la reducción de las propiedades físicas disminuye significativamente su resistencia a compresión y tracción.

c. Se determinó que la influencia de la constante elevación de temperatura a la exposición del concreto de alto desempeño conduce de manera directa a la pérdida de su resistencia de compresión y tracción, dando como resultado una pérdida que se detalla en la tabla 10 frente a los ensayos de compresión y en la tabla 11 se detalla los ensayos de tracción.

# VII. Recomendaciones

a. Evaluado la exposición del concreto de alto desempeño $f'_c = 450\ kg/cm^2$, se recomienda realizar la evaluación del concreto de alto desempeño $f'_c = 450\ kg/cm^2$ con refuerzo de acero y exponer a las altas temperaturas y someter a los ensayos de compresión y tracción para verificar la reducción de los niveles de resistencia para estructuras de concreto armado.

b. Según los resultados obtenidos, se recomienda determinar en intervalos de tiempo el momento en el cual la infraestructura de concreto se vea comprometido y genere un riesgo de colapso.

c. Según los ensayos realizados, se recomienda determinar el incremento de temperatura en el cual afecte la a la fluencia del acero en un concreto armado y evaluar el nivel en el cual la temperatura llegue a afectar las propiedades mecánicas del concreto armado.

d. En él un hipotético caso de un incendio de una estructura compuesta de concreto, es crucial el tiempo de exposición frente al fuego, se recomienda mitigar el fuego antes de la primera hora, ya que es donde se pierde el 20% de la resistencia a compresión del concreto y evitar que alcance temperaturas mayores a los 300°C donde el concreto pierde más del 50% de su resistencia a compresión.

e. Determinar el módulo de elasticidad del concreto expuesto a diferentes niveles de temperaturas y diferentes intervalos de tiempo, para conocer el comportamiento del concreto y poder determinar el daño que hace el cambio de propiedades de un concreto a una estructura.

## VIII. Referencias

Abanto, F. (2009). *Tecnologia del concreto.* Lima: San Marcos EIRL.

Acuña, C., & Rojas, K. (2022). *Influencia en la resistencia a la compresión de concretos f'c=280 y 350 kg/cm2, aplicando diferentes métodos de curado, en la ciudad de Chiclayo 2021.* Chiclayo: Universidad Tecnologica del Peru.

Aguilar Chanini, J. M. (2015). *Fabricacion y evaluacion de concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante y sílices con cemento portland tipo IP en la cuidad de Tacna.* Tacn a: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna .

Aguilar, J. M. (2015). *Fabricacion Y Evaluacion de concreto de alta resisitencia usando aditivo superplastificante y sileces con cemento portland tipo IP.* TACNA: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Alonso Andres, R. R. (2018). *Concretos de alto desempeño: Metodos de diseño y su implementacion.* Barranquilla .

Alvarado, A. G. (2016). *Estudio del comportamiento del concreto estructural.* Ambato - Ecuador: Universidad Tecnica de Ambato.

Alvarado, J. (2018). Efecto del tiempo de exposición al fuego en la resistencia a flexión de vigas de hormigón armado. *Gaceta Técnica*, 7-18.

Belito, G., & Paucar, F. (2016). *Influencia de agregados de diferentes procedencias y diseño de mezclas sobre la resistencia del concreto.* Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.

Bonet, I. (2022). *Informe de incendio de una fábrica en el centro de China.* Pekin: El Pais.

Boy, G. C. (2018). *Elaboracion de concreto de alta resistencia incorporando particulas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén.* Chiclayo: Universidad Catolica Santo Toribio de Mogrovejo .

Cabrera, M. I. (2015). *Utilización de los concretos de alta resistencia y concretos celulares en la industria de la construcción ecuatoriana, clasificados por sectores: vivienda, electricidad, gas/petróleo, salud y educación.* Quito : Universidad Central del Ecuador .

Carla, T. L., & Irene, S. S. (2019). *Tecnica e instrumentos de recolección de datos .* Chimbote: Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote.

Castro Montoya, D. V. (2019). *Comportamiento del concreto a altas temperaturas con material reciclado: polvo de caucho y vidrio sódico cálcico.* Pimentel : Universidad Señor de Sipán.

Cobeña Tallas, J., & Janampa Corimanya, C. (2019). *Influencia del proceso de rehidratacion de la resistencia del concreto reforzado con fibra de polipropileno por exposicion al fuego directo.* Lima: Universidad San Martin de Porres.

Committee, A. (2019). *ACI PRC-214-11 Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete (Reapproved 2019).* Estados Unidos: ACI.

Condor Rojas, J. J. (2021). *Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios - Huancayo .* Huancayo: Universidad Peruana los Andes .

Construye, P. (2014). Edificio Domeyer. *Peru Construye* , 27- 45.

Cruz, H. (2015). *Caracterizacion fisica y mecanica de hormigon expuesto a temperaturas elevadas mediante el uso de pulso ultrasonico.* Colombia: Universidad Antiquia de Colombia.

Cubas, C., & Nilser, T. (2019). *Correlación entre el esfuerzo de compresión y el módulo de rotura en concretos autocompactantes, utilizando agregados en las canteras Tres Tomas y La Victoria de la region Lambayeque y su aplicación en pavimentos rigidos.* Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo .

De La Cruz , W. R., & Quispe, W. R. (2014). *Influencia de la adicion de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construccion de pistas en la provincia de Huamanga - Ayacucho.* Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.

Escudero, C., & Liliana, C. (2017). *Técnicas y métodos cualitativos para la investigacion científica.* Matalacha - Ecuacor: UTMACH.

Faller, G. (2014). *Analisis de riesgos y fiabilidad estructural ingenieria de fuego Y fiabilidad estructural ingenieria de fuego.* Madrid: Consejo Superior de Investigacion Cientifica.

Gómez, M. (2011). *Diseño Estructural de Edificios Altos Tipo Torre Empleando Concreto de Alta Resistencia.* México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Gonzales, I. (2002). *Hormigon de Alta resistencia.* Bogota: Tesis.

Guardia Civil, E. (2016). *Reporte de incendio en 3 frigorificos y una planta de congelados en Fandicosta .* Vigo : Faro de Vigo.

Guillen Valle, O., Sanchez Camargo, M., & Begazo de Bedolla, L. (2020). *Pasos para elaborar una tesis de tipo correlacional.* Lima: Oscar Rafael Guillen Valle.

Huincho, M. (2017). *Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo.* Lima: Universidad Nacional de Ingenieria .

Hurtado, H., & Chasquero, J. (2019). *Uso del concreto reciclado proviniente de demoliciones para la produccion de afirmado .* Jaén : Universidad Nacional de Jaen.

INDECI. (2001). *Reporte de incendio en Mesa Redonda.* Lima: INDECI.

INDECI. (2002). *Informe de incendio en los interiores de Jokey Plaza.* Lima: INDECI.

INDECI. (2016). *Informe de incendio en la comunidad de shipibo-konibo de Cantagallo.* Rimac: INDECI.

INDECI. (2019). *Reporte complementario N°1844-21/08/2019/COEN-INDECI.* Abancay : INDECI.

INDECI. (2019). *Reporte complementario N°790-21/03/2019 / COEN - INDECI.* Abancay: INDECI.

INDECI. (2020). *Reporte complementario N°930-18/02/2020/COEN-INDECI.* Abancay: INDECI.

INDECI. (2022). *Informe de emergencia N°1210-05/08/2022/COEN-INDECI.* Abancay: INDECI.

INDECI. (2022). *Reporte complementario N°10464-03/12/2022/COEN-INDECI.* Abancay: INDECI.

Jacinto Aquino, J. E. (2021). *Diseño de mezcla de concreto permeable utilizando diferentes porcentajes de agregado fino y aditivos.* Chiclayo: Universidad Catolica Santo Toribio de Mogrovejo.

Liban Abi-Roud, J. (2021). *Diseño, Suministro e Instalación de Sistemas Contra Incendio.* California : Grupo 3S.

Lopez Contreras, J., & Tufino Bernuy, w. (2020). *Relacion agua /cementante para mejorar las propiedades de los concretos fluidos premezclados de alta resistencia.* Lima.

Masias, K. (2018). *Resistencia a la flexion y traccion en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso .* Piura : Universidad de Piura .

Molano Camago, M. C., & Torres Castellano, N. (2017). *Practicas de laboratorio de materiales para obras de ingenieria civil* (primera ed.). Colombia: Escuela Colombiana de Ingenieria.

Morales, A. (2015). *Estudio de concreto de alta durabilidad.* Mexico : Univerdidad Nacional Autonoma de Mexico .

Murillo, J. (2019). *Metodos de investigacion de enfoque experimental .*

Pavez, A. (2011). Comportamiento del hormigon ante incendio . *Revista BIT*, 41-42.

Pedro, L. R., & Sandra, F. (2015). *Metodologia de la investigacion social cuantitativa.* Barcelona: Universidad de Barcelona .

Perez, J., & Romero, J. C. (2014). *Diseño de mezclas de concreto de alta resistencia.* Cusco: Universiad San Antonio Abad del Cusco.

Quiroz, R. (2003). *La Infracción al derecho de autor y el rol de Indecopi en su prevención.* Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos .

Quispe, G. C., & Urrutia, P. (2019). *Diseño de mezclas de concreto estructural F´C=280kg/cm2, F´C=350kg/cm2 y F´C=420kg/cm2 para la construcción de obras civiles con aditivo superplastificante y agregados del distrito de Challhuahuacho, región Apurímac - 2017.* Cusco: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

Rabanal, D. C., & Rafael, A. (2017). *Diseño de un concreto autocompactante.* Pimentel : Universidad Señor de Sipan.

Rabanal, D., & Su Chaqui, A. (2017). *Diseño de un concreto autocompactante .* Pimentel : Universidad Señor de Sipan.

Ramon, A. A. (2018). *Concretos de alto desempeño: Metodos de diseño y su implementacion.* Barranquilla - Mazatlan: Universidad Autonoma de Sinaloa.

Robles Carrero, N. P. (2019). *Estudio de la relación agua/cemento y su influencia en la permeabilidad del concreto 2017.* Pimentel : Universidad Señor de Sipán.

Rodrigez, C. G. (7 de Diciembre de 2019). *Guia Definitiva del Muestreo.* Obtenido de tesis de cero a 100: https://tesisdeceroa100.com/la-guia-definitiva-del-muestreo/

Sampieri, R. (2014). *Metodologia de la Investigacion.* Mexico: Mcgraw - Hill/ Interamericana Editores S.A.

Sousa, A., & Moreno, J. (2010). El efecto de las altas temperaturas sobre la resistencia a la compresion del hormingon, resistencia a la traccion y el modulo de deformacion. *Ibracon Estructures and materials*, 15-20.

Syed, A. (2016). *Informe de incendio en la localidad de Daca Banglades.* Banglades: Departamento de Inspección de Fábricas.

# IX. Anexos

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