

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LAS  
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO  
AL FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y  
MULTIFAMILIARES EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO  
DE LIMA**



**PRESENTADA POR  
DANIEL EDUARDO ALVARADO GONZALES  
GIORGIO ALEXANDER FERNÁNDEZ SERRANO**

**ASESORES  
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA  
ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO**

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

**LIMA – PERÚ  
2022**



**CC BY-NC-SA**

**Reconocimiento – No comercial – Compartir igual**

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**USMP**  
UNIVERSIDAD DE  
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de  
Ingeniería y  
Arquitectura

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LAS  
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL  
FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES EN  
LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA**

**TESIS**

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

**PRESENTADA POR:**

**ALVARADO GONZALES, DANIEL EDUARDO  
FERNÁNDEZ SERRANO, GIORGIO ALEXANDER**

**ASESORES:**

**MAG. OBLITAS SANTA MARÍA, JUAN MANUEL  
MAG. VILLAR GALLARDO, ERNESTO ANTONIO**

**LIMA – PERÚ**

**2022**

Dedicado a mis padres, mis hermanas, mis primos y amigos que me apoyaron y dieron fuerzas para lograr mis objetivos, por siempre levantarme y no dejarme caer, por alentarme y motivarme a seguir.

**Alvarado Gonzales, Daniel Eduardo**

Dedicado a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas. A mis hermanos que estuvieron en todo momento apoyándome y alentándome en este proceso.

**Fernández Serrano, Giorgio Alexander**

Agradezco a Dios y mis padres por darme la oportunidad y guiarme siempre por el buen camino, por todo el apoyo brindado en los buenos y malos momentos.

**Alvarado Gonzales, Daniel Eduardo**

Agradezco a Dios por guiarme a lo largo de mi vida, por haberme dado la fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad; a mi familia, a mis padres, mis hermanos, tíos y amigos que me alentaron en todo momento, sobre todo en los momentos difíciles en los que me animaron a seguir adelante.

**Fernández Serrano, Giorgio Alexander**

## ÍNDICE

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xviii</b>
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Argumentación del problema	3
1.3 Formulación del problema	4
1.4 Objetivos	5
1.5 Justificación e Importancia de la investigación	6
1.6 Impacto potencial de la investigación	6
1.7 Limitaciones	7
1.8 Viabilidad	8



## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

2.1	Antecedentes de la Investigación	9
2.2	Bases teóricas	14
2.4.	Formulación de las hipótesis	45

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

3.1	Diseño metodológico	46
3.2	Definición de variables	47
3.3	Operacionalización de variables	47
3.4	Población y muestra	48
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
3.6.	Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos	50

## **CAPÍTULO IV. DESARROLLO**

4.1	Diseño de mezcla del concreto	52
4.2	Elaboración de probetas patrón y con revestimiento	73
4.3	Exposición al fuego y enfriamiento	78
4.4	Ensayo a compresión, tracción y flexión de probetas	89

## **CAPÍTULO V. RESULTADOS**

5.1	Concreto con mortero	93
5.2	Concreto con mortero con cal	96
5.3	Concreto con monocapa tipo piedra	99

5.4 Comparación de resultados por ensayo	101
<b>CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	
6.1 Contrastación de hipótesis	104
6.2 Contrastación de antecedentes	108
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>111</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>113</b>
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	<b>115</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>120</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Emergencias atendidas entre 2011 – 2022 en Lima, Callao, Ica	2
Tabla 2. Límites de granulometría según el A.S.T.M.....	17
Tabla 3. Dosificación tarrajeo de muros .....	22
Tabla 4. Comportamiento de los materiales en un incendio. ....	31
Tabla 5. Operacionalización de variables .....	47
Tabla 6. Contenido de humedad agregado fino .....	55
Tabla 7. Tamizado de agregado fino .....	56
Tabla 8. Contenido de humedad agregado grueso.....	57
Tabla 9. Tamizado de agregado grueso .....	57
Tabla 10. Peso unitario seco suelto de agregado fino .....	59

Tabla 11. Peso unitario seco suelto de agregado grueso .....	60
Tabla 12. Peso unitario seco compactado de agregado fino .....	61
Tabla 13. Peso unitario seco compactado de agregado grueso .....	61
Tabla 14. Absorción de agregados .....	63
Tabla 15. Peso específico de agregados.....	63
Tabla 16. Propiedades físicas de los agregados .....	63
Tabla 17. Resistencia promedio a la compresión .....	64
Tabla 18. Contenido de aire.....	64
Tabla 19. Asentamiento en relación al tipo de construcción .....	65
Tabla 20. Agua de mezclado y contenido de aire para distintos revenimientos.....	66
Tabla 21. Relación agua-cemento por resistencia.....	67
Tabla 22. Volumen de agregado grueso por volumen de concreto .....	68
Tabla 23. Nomenclatura de probetas a 40 minutos .....	80
Tabla 24. Nomenclatura de probetas a 80 minutos .....	81
Tabla 25. Nomenclatura de probetas a 120 minutos .....	81
Tabla 26. Resultados ensayo a compresión .....	92
Tabla 27. Resultados ensayo a tracción.....	93
Tabla 28. Resistencia ensayo a flexión .....	93
Tabla 29. Resultados con revestimiento tipo mortero .....	93

Tabla 30. Resultados con revestimiento tipo mortero con cal.....	96
Tabla 31. Resultados con revestimiento monocapa tipo piedra.....	99
Tabla 32. Contrastación de hipótesis específica 1.....	105
Tabla 33. Contrastación de hipótesis específica 2.....	106
Tabla 34. Contrastación de hipótesis específica 3.....	107
Tabla 35. Contrastación antecedente internacional.....	108
Tabla 36. Contrastación antecedente nacional.....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Visita técnica Edificio Nicolini .....	2
Figura 2. Diagrama causa-efecto.....	4
Figura 3. Ensayo resistencia a la flexión .....	21
Figura 4. Triángulo de fuego.....	24
Figura 5. Tetraedro de fuego .....	25
Figura 6. Pictograma fuego clase A.....	27
Figura 7. Pictograma fuego clase B.....	28
Figura 8. Pictograma fuego clase C.....	28
Figura 9. Pictograma fuego clase D.....	29
Figura 10. Pictograma fuego clase K.....	29

Figura 11. Pictogramas de clases de fuego.....	30
Figura 12. Alargamiento de los elementos estructurales .....	33
Figura 13. Desprendimiento del concreto .....	33
Figura 14. Colapso de viga .....	34
Figura 15. Colapso de losa .....	34
Figura 16. Relación esfuerzo deformación en el concreto.....	36
Figura 17. Desprendimiento de recubrimiento en losas de concreto .....	37
Figura 18. Incendio en Edificio Nicolini .....	38
Figura 19. Inspección Edificio Nicolini .....	39
Figura 20. Edificio Nicolini siniestrado .....	40
Figura 21. Aplicación de resina epóxica en grietas.....	42
Figura 22. Encamisado de columna .....	42
Figura 23. Reforzamiento de estructura con fibra de carbono .....	43
Figura 24. Incendio compartimental.....	44
Figura 25. Incendio estructural .....	44
Figura 26. Muestra de probetas a estudiar .....	48
Figura 27. Probetas con revestimiento .....	49
Figura 28. Mapa de procesos .....	52
Figura 29. Materiales para la mezcla.....	53
Figura 30. Método de cuarteo para agregados.....	54

Figura 31. Secado al horno de agregado fino.....	55
Figura 32. Tamizado de agregado fino .....	55
Figura 33. Curva granulométrica agregado fino.....	56
Figura 34. Tamizado de agregado grueso .....	57
Figura 35. Curva granulométrica agregado grueso .....	58
Figura 36. Procedimiento agregado grueso para peso unitario .....	59
Figura 37. Procedimiento agregado fino para peso unitario .....	59
Figura 38. Apisonamiento agregado grueso.....	60
Figura 39. Apisonamiento agregado fino .....	61
Figura 40. Agregado fino sumergido.....	62
Figura 41. Agregado grueso sumergido .....	62
Figura 42. Moldes de probetas cilíndricas .....	74
Figura 43. Moldes de probetas rectangulares.....	74
Figura 44. Peso de los materiales .....	75
Figura 45. Dosificación de materiales para mezcla .....	75
Figura 46. Slump de la mezcla .....	76
Figura 47. Probetas cilíndricas y rectangulares .....	76
Figura 48. Revestimiento en probetas cilíndricas .....	77
Figura 49. Revestimiento en probetas rectangulares .....	77
Figura 50. Ordenamiento de probetas .....	78



Figura 51. Soplete de fuego 2” .....	78
Figura 52. Pirómetro fluke.....	79
Figura 53. Parrilla para exposición .....	79
Figura 54. Exposición al fuego probetas cilíndricas.....	82
Figura 55. Medición de temperatura con pirómetro .....	83
Figura 56. Probetas a 40 minutos.....	83
Figura 57. Exposición de probetas con fuego clase A .....	84
Figura 58. Probetas a 80 minutos.....	84
Figura 59. Orden de probetas con EPP .....	85
Figura 60. Exposición y medición de temperatura .....	85
Figura 61. Enfriamiento de testigos .....	86
Figura 62. Medición de cambio de temperatura.....	86
Figura 63. Exposición de vigas.....	87
Figura 64. Soplete y fuego clase A en vigas.....	87
Figura 65. Enfriamiento de viga .....	88
Figura 66. Desprendimiento de revestimiento mortero .....	89
Figura 67. Ensayo a la compresión .....	90
Figura 68. Ensayo a flexión .....	90
Figura 69. Ensayo a compresión .....	91
Figura 70. Variación resistencia compresión con mortero .....	94

Figura 71. Variación resistencia tracción con mortero .....	95
Figura 72. Variación resistencia flexión con mortero .....	95
Figura 73. Gráfico de resultados mortero .....	96
Figura 74. Variación resistencia compresión con mortero con cal.....	97
Figura 75. Variación resistencia tracción con mortero con cal.....	97
Figura 76. Variación resistencia flexión con mortero con cal .....	98
Figura 77. Gráfico resultados de mortero con cal.....	98
Figura 78. Variación resistencia compresión con monocapa piedra.....	99
Figura 79. Variación resistencia tracción con monocapa piedra.....	100
Figura 80. Variación resistencia flexión con monocapa piedra.....	101
Figura 81. Gráfico resultados de monocapa tipo piedra .....	101
Figura 82. Comparativa de compresión.....	102
Figura 83. Comparativa de tracción.....	102
Figura 84. Comparativa de flexión .....	103

## **RESUMEN**

En los últimos años se registró un aumento de incendios en edificios en todo el país, estas edificaciones sufrieron un daño estructural debido a la exposición a altas temperaturas, por ello que se sugirió la alternativa de usar revestimiento en el concreto para conservar sus propiedades mecánicas cuando este es expuesto al fuego de un incendio.

La investigación tiene como objetivo determinar qué tipo de revestimiento presenta mejor comportamiento en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares en la provincia y departamento de Lima. Para lograr el objetivo se empleó una metodología de enfoque cuantitativo, aplicada y de nivel correlacional. Se analizaron los resultados numéricos recolectados de los diferentes ensayos realizados, dentro del desarrollo se tuvieron probetas patrón para determinar la resistencia inicial del concreto al fuego, y luego las probetas con revestimiento fueron expuestas al fuego por 40, 80 y 120 minutos, con el fin evaluarlas por compresión, tracción y flexión.

Como resultado, el revestimiento tipo mortero conservó el 82% la resistencia a la compresión, 75% la resistencia a la tracción y 56% la resistencia a la flexión, siendo el que mejor se comportó y conservó las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego, mejorando las propiedades frente a los demás tipos de revestimientos; es por ello que, al realizar un revestimiento en el concreto, se pudo lograr la conservación de las

propiedades mecánicas de este y se evitó que la edificación sea declarada inhabitable por problemas estructurales después de un incendio.

**Palabras clave:** propiedades mecánicas, revestimientos, ensayos, fuego y quemado.

## **ABSTRACT**

In recent years, there has been an increase in fires in buildings throughout the country, which suffered structural damage due to exposure to high temperatures. Therefore, it was suggested to use concrete coating to preserve concrete mechanical properties when it is exposed to the flames of a fire.

The objective of this research is to determine what type of coating has the best behavior in the mechanical properties of concrete exposed to fire in commercial and multi-family buildings, in the province and department of Lima.

To achieve the objective, a quantitative approach, applied type, and correlational-level methodology was used. The numerical results collected from the different tests carried out were analyzed, within the development, standard specimens were used to determine the initial resistance of concrete to fire, and then the coated specimens were exposed to fire for 40, 80 and 120 minutes, to evaluate them by compression, traction and bending.

As a result, the mortar-type coating retains 82% compressive strength, 75% tensile strength and 56% flexural strength, being the one that performs best and thus preserves the mechanical properties of concrete exposed to fire improving the properties compared to other types of coating. For this reason, when the concrete is coated, the conservation of concrete mechanical properties could be achieved, and it prevents the building from being declared uninhabitable due to structural problems.

**Keywords:** Mechanical properties, coating, tests, compression, traction, vending and burning.

## NOMBRE DEL TRABAJO

**INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIEN  
TO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS  
DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO E  
N**

## AUTOR

**DANIEL EDUARDO ALVARADO GONZAL  
GIORGIO ALEXANDER FERNÁNDEZ SERR  
ANO**

## RECUENTO DE PALABRAS

**20187 Words**

## RECUENTO DE CARACTERES

**105794 Characters**

## RECUENTO DE PÁGINAS

**153 Pages**

## TAMAÑO DEL ARCHIVO

**30.1MB**

## FECHA DE ENTREGA

**Oct 31, 2022 8:15 AM GMT-5**

## FECHA DEL INFORME

**Oct 31, 2022 8:23 AM GMT-5**

● **12% de similitud general**

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

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cross

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



**Biblioteca FIA**

*Patricia Rodríguez Toledo*

Patricia Rodríguez Toledo  
Bibliotecóloga

## **INTRODUCCIÓN**

Esta investigación busca analizar, evaluar y conocer cómo se comporta el revestimiento en el concreto de edificios comerciales y multifamiliares, cuando es expuesto al fuego, mediante un acontecimiento fortuito o accidental como es el caso de un incendio, que a nivel de provincia y departamento de Lima se observa muchos casos en los cuales las edificaciones quedan inhabitables luego de estos sucesos.

El proceso del presente trabajo de investigación tiene como base encuestas, las cuales se realizaron al inicio y fueron encuestados 10 profesionales especializados en la materia, con estudio en Ingeniería estructural y con especialización en inspecciones técnicas de seguridad en edificaciones, los cuales ayudaron a confirmar los problemas existentes y los objetivos a considerar.

Entre los objetivos específicos de la investigación está determinar la influencia del revestimiento tipo mortero con cal en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima, cuya mezcla está compuesta de cemento, arena, cal y agua, es usado en viviendas como en edificios comerciales teniendo propiedades de impermeabilización.



Como segundo objetivo específico está determinar la influencia del revestimiento tipo mortero en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima; cuya mezcla está compuesta por cemento, arena y agua, es usado comúnmente en la mayoría de las edificaciones para luego ser pintadas o darle el acabado de acuerdo con el diseño.

El tercer objetivo específico es determinar la influencia del revestimiento monocapa tipo piedra en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima, cuya mezcla está compuesta por cemento, arena, agua y piedra proyectada, es usado comúnmente en fachadas de especificaciones, con el fin de dar un diseño innovador y se puede adaptar al acabado que buscan los propietarios.

La importancia de esta investigación radica en conocer cómo se comporta el revestimiento y de qué manera apoya a las propiedades del concreto cuando este es expuesto al fuego, para dar una opción a los propietarios o responsables de la construcción, como medida pasiva frente a un incendio; con el fin de que las edificaciones no sufran daños que lleven a consecuencias mayores como ser declaradas inhabitables; para lograr conocer cómo influye los revestimientos en el concreto expuesto al fuego, se desarrolló mediante el estudio de probetas tanto cilíndricas como rectangulares, para lograr con resultados numéricos, determinar cómo varía la resistencia a compresión, tracción y flexión cuando el concreto con revestimiento este expuesto al fuego.

La investigación está compuesta por 6 capítulos; con respecto al primer capítulo, se expone la situación problemática, así como la formulación del problema, objetivos, justificación e importancia, limitaciones y viabilidad. En el segundo capítulo se presentan los antecedentes tanto nacionales como internacionales, los fundamentos teóricos respecto a la investigación sobre los cuales se basará el estudio y la formulación de la hipótesis general y específicas. El tercer capítulo expone el diseño metodológico, detalla la

población y muestra, así como las técnicas e instrumentos para recolección y procesamiento de datos. El cuarto capítulo detalla el desarrollo de la investigación, en el cual se presentan los procesos realizados, así como materiales, tiempos y ensayos de laboratorio. El quinto capítulo presenta los resultados obtenidos de la investigación, siendo analizados y comparados con el fin de tener resultados precisos. En el sexto capítulo se discuten los resultados y se evalúan teniendo en consideración las bases teóricas, antecedentes y criterios para el análisis. Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, fuentes de información y anexos.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

Después de que sucede un incendio, la entidad que se encarga de realizar los estudios para declarar si la edificación es habitable o no, es la Municipalidad del distrito al que pertenece la edificación, y lo hace en base al informe de la Subgerencia de Defensa Civil. No obstante, no es extraño saber que, por falta de recursos, de capacidades o de interés de las instituciones encargadas de la declaración de inhabilitación, e incluso con la anuencia de los propietarios de los predios siniestrados, no se realicen los estudios detallados por parte de un ingeniero perito para determinar la causa del incendio y el estado de la construcción. Este es el problema que actualmente afrontan las edificaciones en las que ocurren incendios en la provincia y el departamento de Lima, y evidencia la falta de investigación en la zona sobre las causas de un siniestro y la situación exacta postsiniestro de una edificación, desconocimiento que puede seguir sumando más pérdidas humanas y materiales a las ya generadas por el fuego.

En ese sentido, en los últimos años se suscitaron incendios en Lima, Callao e Ica que conllevaron a que las edificaciones sufran daños y terminen siendo declaradas inhabitables sin que se haya realizado primero un estudio minucioso de la afectación que sufrió el concreto después de haber estado expuesto al fuego, es decir, sin un conocimiento exacto de

los daños estructurales de los predios siniestrados. En ese sentido, en la Tabla 1 se muestran por trimestre los casos presentados.

Tabla 1. Emergencias atendidas entre 2011 y 2022 en Lima, Callao e Ica

<b>Años</b>	<b>1er Trimestre</b>	<b>2do Trimestre</b>	<b>3er Trimestre</b>	<b>4to Trimestre</b>	<b>TOTAL</b>
<b>2011</b>	16191	15257	15034	15717	<b>62199</b>
<b>2012</b>	16498	14258	14244	15873	<b>60873</b>
<b>2013</b>	15326	15804	18656	18153	<b>67939</b>
<b>2014</b>	18455	18610	19554	20995	<b>77614</b>
<b>2015</b>	21033	19407	17834	17844	<b>76118</b>
<b>2016</b>	21917	18580	17523	17761	<b>75781</b>
<b>2017</b>	16893	15893	16421	15376	<b>64583</b>
<b>2018</b>	15232	16169	17322	16010	<b>64733</b>
<b>2019</b>	16176	14544	15927	16406	<b>63053</b>
<b>2020</b>	16324	5298	7176	9365	<b>38163</b>
<b>2021</b>	8695	8559	9739	11182	<b>38175</b>
<b>2022</b>	10456	6295	0	0	<b>16751</b>

Fuente: Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú (CGBVP), 2022

En el 2017 se registró un incendio de gran magnitud en el popular Edificio Nicolini, el cual tenía un uso comercial. El siniestro que presentó elevadas temperaturas por un tiempo prolongado causó daños severos en la estructura según la Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres. Los estudios concluyeron que el Edificio Nicolini no era habitable después del tiempo que estuvo expuesto al fuego y por la considerable cantidad de agua que recibió la estructura para ser enfriada y controlar el incendio. (El Peruano, 2017)



Figura 1. Visita técnica al Edificio Nicolini

Elaborado por: los autores

El pasado 2 de enero de 2017 ocurrió un incendio en una casona de la Plaza Dos de Mayo. El ente encargado de dictaminar si la vivienda era habitable fue la municipalidad del distrito que cuenta con ingenieros especializados en inspecciones de seguridad en edificaciones, los expertos tras hacer un estudio indicaron que la casona no era habitable porque su estructura está afectada en un 40% por el fuego. (Capital, 2017)

## **1.2 Argumentación del problema**

En la construcción se sabe de todas las propiedades que tiene el concreto y que lo diferencian del resto es la buena resistencia que tiene frente al fuego. El concreto es uno de los materiales que tiene mejor comportamiento al ser expuesto al fuego, sin embargo, cuando el concreto se enfrenta a un incendio, las propiedades mecánicas disminuyen debido al tiempo de exposición y también al choque térmico que pueda suceder al usar un método de enfriamiento, aunque el fuego no es una consideración en el diseño de las edificaciones, hoy se usan métodos contraincendios en las edificaciones, los cuales tienen la función específica de proteger al concreto frente a las altas temperaturas; lo que se busca es considerar los revestimientos en el concreto como un medio de protección pasiva para las edificaciones frente a un incendio.

Esta pesquisa procura determinar qué tipo de revestimiento presenta mejor comportamiento en la conservación de las propiedades mecánicas del concreto cuando este está expuesto al fuego directo, ya que esto simularía como si una edificación se estuviera incendiando. Para el desarrollo y formulación de los problemas existentes en la investigación, se consultó a 10 profesionales especializados en la materia, con estudio en ingeniería estructural, y con especialización en inspecciones técnicas de seguridad en edificaciones; a partir de esta premisa es que se confirmó la información obtenida de la situación problemática que señala las pocas medidas pasivas para poder proteger al concreto ante un incendio en el país, obteniendo de esta forma el tema de investigación, detallado en la Figura 2.

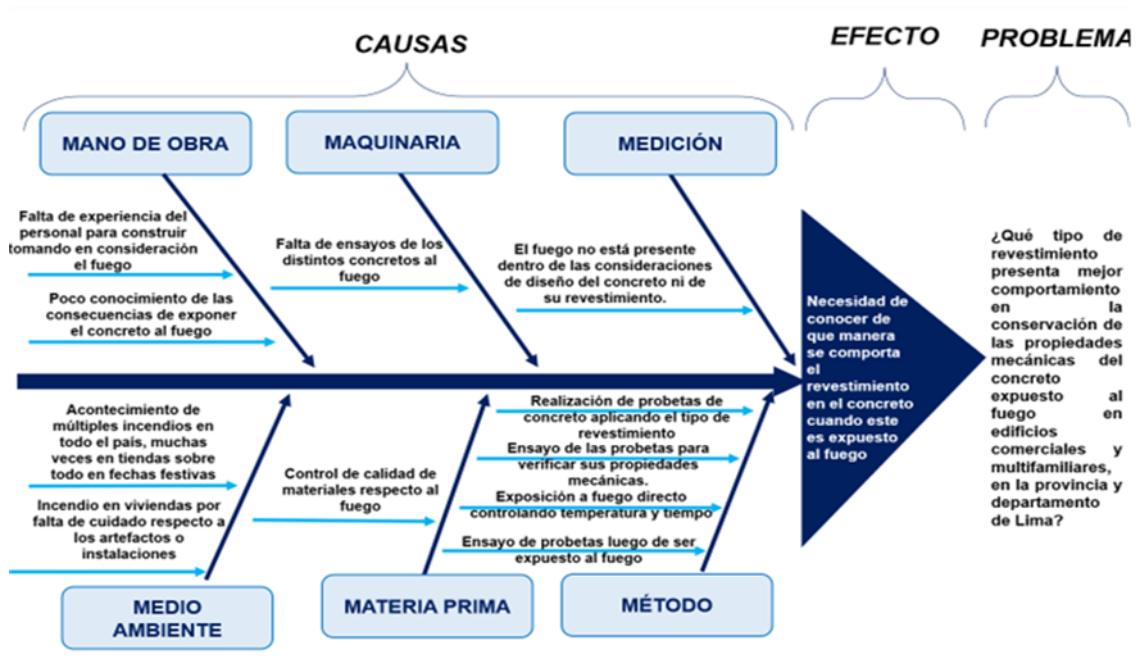


Figura 2. Diagrama causa-efecto

Elaborado por: los autores

### 1.3 Formulación del Problema

#### 1.3.1 Problema General

¿Qué tipo de revestimiento presenta mejor comportamiento en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima?

#### 1.3.2 Problemas Específicos

¿Cuál es la influencia del revestimiento tipo mortero en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima?

¿Cuál es la influencia del revestimiento tipo mortero con cal en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima?

¿Cuál es la influencia del revestimiento monocapa tipo piedra en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima?

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar qué tipo de revestimiento presenta mejor comportamiento en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Determinar la influencia del revestimiento tipo mortero en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.

Determinar la influencia del revestimiento tipo mortero con cal en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.

Determinar la influencia del revestimiento monocapa tipo piedra en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.

### **1.5 Justificación e Importancia de la investigación**

En el actual proyecto de exploración se realizó un estudio comparativo de 3 tipos de materiales que se usan en el mortero para tarrajeo y se busca comprobar que material es el que mejor se comporta frente al fuego y así determinar las propiedades mecánicas del concreto luego de que ocurra un incendio.

Este estudio tiene una importancia socioeconómica e informativa. Se tiene como objetivo en la parte socioeconómica proponer la mejora del comportamiento del concreto con tipos de tarrajeo a una probable exposición al fuego. En el aspecto informativo servirá para poder tener una base de los posibles daños que pueda sufrir la estructura donde se podrá brindar una asesoría a simple vista teniendo como base los datos obtenidos en nuestro estudio. Los que se beneficiarían de este proyecto serán los propietarios de las edificaciones que por desgracia sufran un incendio ya que con este estudio podríamos orientar si la estructura sigue siendo funcional y si este es el caso se procedería a reforzarla y no simplemente declararla como inhabitable, haciendo que la pérdida de dinero sea menor.

### **1.6 Impacto potencial de la investigación**



### **1.6.1. Impacto teórico**

Al realizar un estudio comparativo en probetas y vigas de concreto con tres diferentes tipos de revestimiento que están expuestos al fuego, se genera una nueva información acerca de la resistencia del concreto expuesto al fuego; respecto al revestimiento que presenta, se adapta a la realidad a través de antecedentes tanto nacionales como internacionales como base del presente estudio. El estudio creará precedentes para futuros estudios y análisis posincendio del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú y Peritos del Colegio de Ingenieros del Perú.

### **1.6.2. Impacto práctico**

La presente investigación beneficia a los propietarios de edificios multifamiliares y comerciales, ya que el riesgo de incendio siempre está latente; sin embargo, al tener un método pasivo como lo es el revestimiento en la estructura de concreto servirá para tener una alternativa la cual apoye a que no pierda sus propiedades mecánicas y que la edificación tenga mayor vida útil. Los resultados de los ensayos servirán para poder tener una visión más clara de la opción por optar al momento de elegir el revestimiento del concreto en una edificación comercial o multifamiliar, también como precedente para un futuro estudio o para el diseño de un edificio multifamiliar o edificio comercial; esto debido a que en la actualidad muchas edificaciones se declaran inhabitables después de un incendio, debido a la poca protección que tienen las estructuras de concreto, con el presente estudio se podría mejorar y que la edificación conserve de mejor manera sus propiedades y su vida útil luego de un incendio.

## **1.7 Limitaciones**

Lo que se busca es implementar conocimiento del tipo de material con el que se revista el concreto pueda mejorar su comportamiento cuando esté frente a un incendio. La limitación que se va a tener en este proyecto de investigación es que solo se usará 3 tipos de revestimientos.

### **1.8 Viabilidad**

En el proceso del proyecto mediante un estudio se pudo obtener un resultado sobre la viabilidad tanto en el tema de la investigación, en la parte práctica y en lo económico. Como se pudo obtener a través del estudio realizado los materiales que se usarán en este proyecto se pueden conseguir en tiendas de materiales de construcción por lo tanto la obtención de estos no será un inconveniente el cual hace que el proyecto sea viable.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

Los estudios que fueron tomados en cuenta para la presente investigación sirvieron como antecedentes

##### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

Según Figueroa y Bello (2018) en su tesis “Evaluación y diagnóstico de la resistencia a compresión y a flexión del concreto simple después de expuesto a 450°C” desarrollado en la Universidad Católica de Colombia, se tuvo como objetivo principal conocer y evaluar el comportamiento del concreto simple respecto a su resistencia a la compresión y flexión cuando es expuesto a una temperatura de 450°C; en este trabajo se dosificó el concreto en la proporción 1:2:2 y se dividió en tres partes, de las cuales una tuvo un aditivo reductor de agua, con el fin de comparar e identificar cómo reacciona el concreto simple expuesto a altas temperaturas y que efecto se genera, fueron evaluadas su resistencia a la compresión y flexión, considerando resultados en condiciones normales, al estar expuesto a altas temperaturas y en presencia del aditivo reductor de agua (EUCON 37).

Según Frías y Moreno (2017) en su trabajo “Análisis de la resistencia a compresión del concreto expuesto a fuego,

elaborado a base de talco industrial como reemplazo parcial del agregado fino” desarrollado en la Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, se realizó un ensayo en el cual se elaboró concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> donde se usó variantes donde el agregado fino fue reemplazado por talco industrial. Se realizaron dos muestras de las cuales se analizaron a los 7 días las primeras muestras usándolos como concreto patrón, luego de ello se procedió al diseño de mezcla en el cual se reemplazó el agregado fino por talco. Se procedió a realizar los ensayos pertinentes en los cuales se determinó que la compresión cuando el concreto tiene un 20% de talco industrial tiene mejor comportamiento frente al fuego, ya que después de la prueba del concreto a 28 días fue sometido al fuego se llegó a determinar que empieza a tener una pérdida a una temperatura de 500C°.

Según Urrego (2021) en su investigación “Efectos del fuego en las estructuras de concreto armado respecto a otros materiales estructurales y la necesidad de los sistemas de protección” desarrollado en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, tuvo como objetivo principal dar a conocer que efectos genera el fuego en las estructuras de las distintas construcciones, ya sean de concreto armado, acero o madera, para poder justificar la importancia de este parámetro respecto al diseño y construcción de las estructuras, dando la relevancia a los sistemas de protección que se requiere respecto al fuego, es por ello, que se evaluó por métodos descriptivos y comparó el comportamiento de los distintos materiales expuestos al fuego, se concluyó que los incendios reducen significativamente la resistencia de los materiales produciendo el colapso en tiempos muy cortos, también que el concreto armado presentó la mejor resistencia al fuego en comparación a los demás materiales pero que se debe tener un sistema de protección contra el fuego.

Según How-Ji, Yi-Lin y Chao-Wei Tang (2020) en su trabajo “Mechanical Properties of Ultra-High Performance Concrete before and after Exposure to High Temperatures”. La investigación realizada en la Universidad Nacional de Chung-Hsing en Taiwán, tuvo como

objetivo principal conocer el comportamiento del concreto UHPC (hormigón de alto rendimiento) expuesto al fuego y observar las propiedades mecánicas del mismo antes y después de un suceso como sería un incendio o al estar expuesto a altas temperaturas, para lo cual se usó un horno eléctrico y exponer el concreto, se revisó sus propiedades mediante la compresión y flexión de probetas, como conclusión se determinó que el concreto UHPC expuesto a temperaturas no disminuye su resistencia a compresión significativamente expuesto a máximo 500°C , pero cuando llega a 600°C si se producen los efectos negativos como la rotura, en caso de la flexión cuando expuesta a 500°C disminuye significativamente.

Según Drzymała, Jackiewicz-Rek, Gałaj y Šukys (2018) en su investigación “Assessment of mechanical properties of high strength concrete (hsc) after exposure to high”, la cual fue realizada por alumnos de la escuela principal de bomberos de Varsovia, de la Universidad Tecnológica de Varsovia y de la Universidad Técnica de Vilnius Gediminas en Lituania, en la cual se tuvo como objetivo evaluar las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia, cuando es expuesto a altas temperaturas, en la cual las pruebas experimentales con la que se determinó el efecto que produce en el concreto las altas temperaturas se representó en una curva tiempo-temperatura. Los más populares son: curva estándar, curva de hidrocarburos, curva de exposición al fuego externo, curva de túnel (que representa el cambio de temperatura durante incendios en túneles) y curva de calentamiento lento. La resistencia al fuego de las estructuras de hormigón, según se determinó en los ensayos, dependió de la tasa de aumento de la temperatura, representada por la curva temperatura-tiempo, como la curva estándar de exposición al fuego utilizada generalmente en todos los ensayos estándar. Otro factor que influyó en los resultados de la prueba es el tiempo de exposición, es decir, el tiempo durante el cual el hormigón se expuso a condiciones que simulan un incendio real; como conclusiones se obtuvo que la exposición a 300 °C aumenta la resistencia a la compresión del hormigón de altas prestaciones en relación con la resistencia inicial determinada a 20 °C, a 450 °C la resistencia a la compresión disminuyó en todos los casos en

relación con el valor determinado después de calentar a 300 °C, el calentamiento a 600 °C redujo la resistencia a la compresión por debajo del valor determinado en probetas no expuestas en todos los casos con la caída máxima al 65%, la exposición del hormigón de alto rendimiento a la temperatura elevada de 300 °C afectó la resistencia a la rotura por tracción del hormigón con aire incorporado y del hormigón reforzado con fibras, mientras que mejoró ligeramente este parámetro en el caso del hormigón de referencia, después de calentar a 450°, también el hormigón de referencia exhibió una disminución de la resistencia a la rotura por tracción , luego del calentamiento a 600 °C, se observó una gran disminución de la resistencia a la tracción.

### **2.1.1 Antecedentes Nacionales**

Según Huincho (2017) en su tesis “Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo” desarrollada en la Universidad Nacional de Ingeniería, en la ciudad de Lima, trabajo en el cual se evaluó la resistencia del concreto a temperaturas altas por suceso del fuego en un concreto patrón (CPO) del cual hizo una variación con respecto a las relaciones de agua-cemento de 0.60, 0.65, 0.70 y también los tiempos sometidos al fuego, se concluyó que la relación a/r de 0.60 es la que mejor se comporta ante la exposición al fuego continuo respecto a las otras relaciones que se aplicaron en él estudió en el cual fueron por diferente tiempo de exposición y distintas temperaturas que alcanzan, presentan las menores pérdidas en la resistencia a la compresión.

Según Castro (2019) en su tesis “Comportamiento del concreto a altas temperaturas con material reciclado: Polvo de caucho y vidrio sódico cálcico” realizada en la Universidad Señor de Sipán, en la ciudad de Chiclayo, se realizó un estudio en el cual se analiza el cambio de agregado fino por materiales como lo son el caucho y vidrio sódico

cálcico en el concreto a temperaturas elevadas, en este caso la variación fue que se le sustituyó el agregado fino por material reciclado como lo son el polvo de caucho y el vidrio sódico. En la investigación se realizó la prueba con dos grupos de probetas de concreto de  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$  y  $280\text{ kg/cm}^2$  con 10,20 y 30 % de sustitución de agregado fino. Se realizó la evaluación a altas temperaturas en tres tiempos determinados, con un curado de 28 días, este estudio se realizó haciendo uso de un horno artesanal, adicionalmente se usó un controlador de tiempo y un termómetro digital. Luego del estudio y las pruebas realizadas se llegó a la conclusión que el material que mejor comportamiento tuvo al estar expuesto a altas temperaturas fue el que contiene un 30% del material de vidrio sódico cálcico en sustitución del agregado fino.

Según Oncoy (2018) en su investigación “Comportamiento de la resistencia del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  expuesto a cambios bruscos de temperaturas, debido a la extinción de un incendio” realizado en la Universidad César Vallejo, en la ciudad de Chiclayo, nos explicó cuáles son los efectos de los cambios bruscos de temperatura en el concreto, el cual mediante un estudio experimental en el que se realizaron 18 probetas las cuales fueron divididas para observar la diferencia que pueda tener la probeta en una temperatura determinada, el cual se realizó en un horno industrial y la temperatura se midió mediante un termómetro infrarrojo laser. Como resultado de los ensayos practicados en laboratorio se obtuvo que el concreto al estar expuesto a  $550^\circ\text{C}$  y enfriado con agua empieza a perder resistencia y está hace que la estructura ya no sea segura sísmicamente.

Según Herrera y Celis (2018) en su tesis “Estudio del Comportamiento de un Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  expuesto al fuego” de la Universidad César Vallejo, en la ciudad de Lima, nos indicó el comportamiento del concreto convencional cuando está expuesto al fuego, dicho estudio se realizó en un laboratorio en el cual se diseñó probetas, las cuales fueron sometidas al fuego para poder determinar los daños que podrá

causar en el concreto, esto intentado simular la presencia de un incendio, basado en los acontecimientos que ocurren en la ciudad, en el ensayo se llegó a la conclusión que el concreto a estar sometido a temperaturas elevadas, esta provocará pérdida en la resistencia y que la estructura esté expuesto a un posible colapso.

Según Cobeñas y Janampa (2019) en su tesis “Influencia del proceso de rehidratación de la Resistencia del concreto reforzado con fibra de polipropileno por exposición al fuego directo” de la Universidad San Martín de Porres, en la ciudad de Lima, se tuvo como objetivo evaluar a detalle el comportamiento de la resistencia del concreto expuesto al fuego cuando este presenta un proceso de rehidratación reforzado con fibra de polipropileno, para lo cual se simuló un incendio, aplicando fuego directo a probetas de concreto con el proceso que se realizó para el estudio, para así monitorear los tiempos y temperaturas a los cuales es expuesto el concreto respecto al fuego y posteriormente evaluar sus resistencia a la compresión, tracción y flexión; se concluyó que la fibra de polipropileno apoya a que la resistencia tenga una mejora frente a la exposición al fuego ya que ayuda retardar el efecto spalling que ocurre en el concreto, ayudando a que se expulse el vapor interno en el concreto; dando otra acotación de que los procesos de enfriamiento en un incendio son perjudiciales para el concreto por el cambio brusco de temperatura.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Concreto**

El concreto se conoce como uno de los materiales de construcción ya que tiene un uso convencional el cual este compuesto por distintos materiales como el cemento, así mismo agregado grueso y agua, estos componentes se mezclan en proporciones adecuadas para obtener un buen comportamiento. Existen algunos casos en los cuales se le añade aditivos para mejorarlo. (Abanto, 1997)



Según Riva (2013) indica que, el concreto debe tener características que cumplan con los requerimientos de la construcción que se va a realizar, es por ello que la selección de los componentes es de suma importancia para que pueda tener un comportamiento adecuado en el cual el concreto pueda tener una trabajabilidad, colocación, resistencia y durabilidad adecuada para el cual está destinado.

La norma E.060 específica que el concreto es una mezcla o combinación de cemento portland o hidráulico, agua, agregados (fino y grueso) y en caso sea necesario el uso de aditivos, los cuales brinden otras características a la mezcla de acuerdo con las consideraciones de diseño.

### **2.2.1.1 Componentes del Concreto**

Para la producción de un concreto de calidad se debe tener en cuenta contar con materiales de buena calidad, asimismo es de suma importancia las proporciones que se van a mezclar sean las correctas para así obtener una buena trabajabilidad del concreto.

#### **a) Cemento**

El cemento portland es un material el cual se suele usar en la construcción y que se adquiere fácilmente, es de color gris y se comercializan en bolsas de 42.5kg. El cemento viene a ser un Clinker molido el cual se prepara mediante elevadas temperaturas que está compuesto por una mezcla que contiene cal, alúmina, fierro y sílice, los cuales se añaden en proporciones determinadas. Las materias que se utiliza en cemento portland suele ser la piedra caliza y arcilla. (Abanto, 1997).

El cemento portland se clasifica cinco tipos los cuales están señalados en la Norma ASTM C-150. Los cuales son:

**a.1)** Tipo I: Es el cemento más común, se usa en la mayoría de las obras, tanto para edificios, viviendas, restaurantes, entre otros, no tiene algún material especial.

**a.2)** Tipo II: Cemento que se usa cuando la edificación está expuesta moderadamente a sulfatos y se requiera calor en la hidratación del concreto.

**a.3)** Tipo III: Cemento que obtiene su resistencia máxima más rápido, ya que la obtiene en 3 días.

**a.4)** Tipo IV: Este tipo de cemento hace que el calor sea bajo en la hidratación de la obra.

**a.5)** Tipo V: Este tipo de cemento tiene la característica principal que presenta alta resistencia a sulfatos, usado cuando el lugar donde se aplicará el material este expuesto ya sea en el suelo o el ambiente.

Según la Norma ASTM C 1157 se presenta las especificaciones para el concreto hidráulico, cemento tipo GU es el cemento común que se usa de manera general en las edificaciones, cemento tipo HE es el cemento que adquiere alta fuerza en menor tiempo, cemento tipo MS es aquel que presente una resistencia a los sulfatos pero de manera moderada, cemento tipo HS presenta resistencia a los sulfatos alta mejor que la del tipo MS, cemento tipo MH presenta respecto al calor de hidratación un comportamiento moderado, cemento tipo LH presenta un calor de hidratación bajo.

## **b) Agregados**

Según Abanto (1997) reveló que, los agregados son materiales que se usan en la construcción para poder complementar la mezcla de concreto y morteros, se recomienda que para que pueda tener un buen comportamiento al mezclarse en un ambiente libre de impurezas que puedan afectar la mezcla y generar un concreto de calidad.

La Norma E.060 específica que existen dos tipos, el agregado fino y el agregado grueso, los cuales se tomaran en cuenta de manera independiente; siendo almacenados con los cuidados respectivos y que no

presenten impurezas ni contaminación; debe ser procesado y transportado de manera que no se pierdan los finos.

### **b.1) Agregado Fino**

Se conoce a los agregados finos como la arena fina, la cual tiene dimensiones reducidas para que puedan pasar por el tamiz 9.5mm (Tabla 2) y así pueda cumplir con la regla establecida, según la Norma E.060 el agregado fino puede ser arena natural o manufacturada, también la combinación entre las dos; debe estar compuesto por partículas limpias que estén compactas y presenten resistencia.

Tabla 2. Límites de granulometría

Tamiz Estándar	Porcentaje que pasa
<b>3/8" 9.5 mm</b>	100
<b>N° 4 4.75 mm</b>	95 a 100
<b>N° 8 2.36 mm</b>	80 a 100
<b>N° 16 1.18 mm</b>	50 a 85
<b>N° 30 600 um</b>	25 a 60
<b>N° 50 300 um</b>	10 a 30
<b>N° 100 150 um</b>	2 a 10

Fuente: Apaza, K. y Ysarbe, J. (2016). "Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y características físicas del concreto patrón"

### **b.2) Agregado grueso**

Se conoce al agregado grueso como un material de construcción que pueden ser grava natural o piedra chancada los cuales quedan retenidos en el tamiz N°4 y cumplen con los limite según norma. (Abanto, 1997)

En la Norma E.060 se especifica también que el agregado grueso consiste en grava natural o triturada, asimismo la combinación de ambas; debe estar libre de contaminación o de sustancias que afecten

su composición, cuando el agregado es triturado las partículas deben ser limpias, angulares, compactas, resistentes y con rugosidad; cuando el agregado es natural debe cumplir con las mismas condiciones solo que pueden ser redondeadas y con superficie lisa.

### **c) Agua**

Según Abanto (1997) señala que el agua que se suele manejar en la construcción es fundamental ya que se usa para la preparación del concreto, debido al agua libre de impurezas es que el concreto va a obtener una buena calidad respecto a la resistencia, trabajabilidad y al entrar en estado endurecido el concreto.

El agua debe cumplir con la NTP 339.088:2014, donde se especifica que el agua usada para la mezcla en el concreto debe ser preferentemente agua potable, no debe presentar sustancias que alteren los agregados o en todo caso ser evaluadas; también se expone que se puede usar agua que no sea potable el agua sea limpia y libre de impurezas que dañen el concreto o el acero de refuerzo que hay en la estructura, también haciendo los ensayos respectivos para que se determine que es factible usar ese tipo de agua.

También es posible usar agua de mar, con la aprobación de la supervisión, pero no se debe usar para mezclas de concreto armado y preesforzado, elementos con fierro galvanizado recubiertos de concreto y en aquellos donde se especifique un acabado que tenga alguna función importante.

#### **2.2.1.2 Propiedades del concreto en estado fresco**

##### **a) Trabajabilidad**

Es el grado de maniobrabilidad del concreto, es decir, la dificultad en menor o mayor medida de su mezclado, transporte, colocación y compactación. Esta propiedad está relacionada con el contenido de aire,

relación agua-cemento, relación que hay entre agregado fino y grueso. Para su medición se realiza el ensayo de “*slump*” el cual sirve para medir el asentamiento de la masa del concreto. (Sánchez, 2001, como se citó en Pacheco, 2017)

#### **b) Temperatura**

Cuando el concreto se encuentra en estado fresco, la temperatura tiene una influencia importante en las propiedades de la mezcla, empezando por el asentamiento y por el contenido de aire que tiene la mezcla. En la actualidad no existe un método con el cual se pueda verificar la temperatura de la mezcla, sin embargo, suelen usar termómetros de bolsillo para hacer este tipo de medición. (Sánchez, 2001, como se citó en Pacheco, 2017)

#### **c) Segregación**

En el concreto, es la separación de sus materiales que se conforman de manera homogénea, por falta de cohesión la distribución de los materiales deja de ser uniforme, lo cual es causado por propiedades en los materiales como la diferencia en tamaño de partículas, mala distribución granulométrica, densidad, mal mezclado, mal vibrado, mal transporte, etc. (Sánchez, 2001, como se citó en Pacheco, 2017)

#### **d) Exudación**

En la Exudación lo que se busca es la separación del agua de la mezcla en el fraguado el cual se divide en diferentes densidades. La exudación tiene formas para poder ser controladas y una de ellas son el uso de aditivos en la mezcla. Existe un método por el cual se mide la exudación el cual esta descrito en la norma ASTM C 232. (Sánchez, 2001, como se citó en Pacheco, 2017)

### **2.2.1.3 Propiedades del concreto en estado endurecido**

#### **a) Impermeabilidad**

Es la capacidad la cual tiene el concreto para evitar que el agua filtre. Hay factores que influyen en esta característica los cuales son la Finura del cemento, como también la cantidad de agua. (Torres, 2004, como se citó en Pacheco, 2017)

#### **b) Durabilidad**

La durabilidad en el concreto endurecido es importante ya que se podrá deducir que tanto puede resistir en la intemperie ya sea por ataques químicos debido a sales, calor y humedad que pueda afectar el estado del concreto. (Torres, 2004, como se citó en Pacheco, 2017)

#### **c) Resistencia Térmica**

El concreto tiene diferentes tipos de diseños y una de las características que se ven reflejados en aquellos diseños serán los de poder resistir tanto a bajas temperaturas, al hielo como al deshielo y altas temperaturas, para ello el concreto se ve afectado al ser expuesto a altas temperaturas, presentando condiciones desfavorables respecto a su resistencia. (Torres, 2004, como se citó en Pacheco, 2017)

#### **d) Resistencia a la compresión**

Es uno de los métodos que se usa para poder determinar el esfuerzo máximo que puede resistir el concreto cuando está sometida a una carga de aplastamiento. Hay muchos factores que van a influir como lo son el tiempo que pueda tener de creado el concreto, la relación agua-cemento, entre otros. (Torres, 2004, como se citó en Pacheco, 2017)

Esta resistencia se puede calcular mediante el ensayo de compresión axial, considerando la norma ASTM C39 y se puede realizar a los 3,7,14,21 y 28

días que es cuando el concreto adquiere su mayor resistencia, para lograr un correcto procedimiento de los ensayos también se debe realizar el curado de las muestras en un recipiente con agua a determinado tiempo y temperatura según especificaciones del ACI.

#### e) Resistencia a la tracción

Por lo general el concreto posee muy baja resistencia a la tracción, sin embargo, es importante la tensión respecto al agrietamiento del concreto producida por el cambio de temperatura, la resistencia a la compresión con la resistencia a la tracción tiene una relación directamente proporcional ya que si una disminuye la otra también (Masías, 2018)

#### f) Resistencia a la Flexión

Es uno de los estudios experimentales que se realizan en el laboratorio, el cual consiste en determinar el esfuerzo máximo que puede resistir la viga antes de que presente fisuras, representación en la Figura 3 del ensayo a flexión. (Torres, 2004, como se citó en Pacheco, 2017)

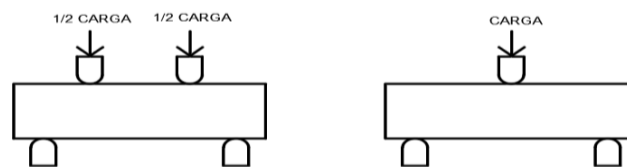


Figura 3. Ensayo resistencia a la flexión

Fuente: Apaza, K. y Ysarbe, J. (2016). “Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y características físicas del concreto patrón”

#### 2.2.1.4 Método de diseño de mezcla

Para lograr un correcto diseño de mezcla se opta por el método según la norma ACI 211, el cual detalla el proceso para diseñar, teniendo en cuenta los ensayos de los agregados a utilizar en la mezcla, para así determinar las cantidades necesarias o proporciones para lograr un concreto con la resistencia necesaria para los

proyectos. En este método se precisa las consideraciones para la elección de relación agua-cemento, se toma la elección del slump de la mezcla, el contenido de aire, los volúmenes absolutos por cada material, el diseño en estado seco, la corrección por humedad de los materiales y así obtener correctamente las cantidades para el diseño.

## 2.2.2 Revestimiento

Es una capa de cierto espesor que se le coloca a las superficies que no son vistas que sirve para darle un mejor acabado, está compuesto de agregado fino, uno o más conglomerantes inorgánicos, agua y aditivo si se requiere.

### 2.2.2.1 Tipos

#### a) Mortero

Según Castillo el mortero está conformado por mezcla entre cemento, arena y agua; existe el mortero para albañilería, el cual se aplica en el asentado de ladrillos y el que se aplicará en la presente investigación que es el mortero para tarrajeo de muros; según Castillo el espesor del mortero en los muros los cuales se va a revestir es de 1.5 cm; respecto a la cantidad de material tanto de cemento y arena fina se usa la dosificación 1:5, como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Dosificación tarrajeo de muros

Proporción	Cemento (bolsa)	Arena Fina (m <sup>3</sup> )
1:5	8.23	1.39

Fuente: Cementos Lima, 2014

#### b) Mortero con cal



Según Cemix (2020), este tipo de mortero tiene como componentes el cemento, cal, arena y agua; tiene como característica que presenta una buena plasticidad al momento de ser aplicada y esto conlleva a que se pueda realizar trabajos artesanales con distinto tipo de acabado, este mortero contiene el agua por un tiempo más prolongado lo que hace que se evite algún tipo de fisuras y concluyendo con un mortero de buena calidad. Es usado para trabajos comunes en la construcción, tanto para muros cargados como no cargados y para los revestimientos, con la propiedad de que son impermeabilizantes.

Las proporciones de este mortero, para revestimientos tanto exteriores como interiores, que es lo que se aplicara en la investigación, es de 1:1:6, respecto a las cantidades que se tiene se detalla la mezcla de 1 de cemento, 1 de cal y 6 de arena; dando como resultados también revestidos de calidad y que sean duraderos.

### **c) Monocapa Tipo Piedra**

Según Propamsa, este tipo de revestimiento con monocapa tipo piedra o con acabado de árido proyectado, tiene la característica de presentar una buena resistencia superficial y ser ideales para ser usados en zonas expuestas a la erosión, la piedra que se usa depende del acabado o vista que se le quiera dar al exterior o interior de los ambientes, para ello se debe preparar el espacio, limpiarlo y eliminando partes que no estén en buen estado; en el caso donde se intercepten diferentes soportes se usara una malla de fibra de vidrio como base para el soporte, luego se aplica el mortero monocapa, en este caso con dosificación 1:5 y posteriormente se le proyecta la piedra escogida con la ayuda de una plancha sin que quede cubierto por el mortero que excede de la mezcla. Este revestimiento se adapta a las necesidades y acabado que se busca en una edificación.

### 2.2.3 Fuego

National Fire Protection Association (NFPA) indica que el fuego es una combustión la cual va a generar una reacción química que se convierte exotérmico es decir que genera luz el cual va a generar calor y humo; combina agentes combustibles como agentes oxidantes con la presencia de calor. Se le llama incendio cuando el fuego se encuentra fuera de control.

A diferencia de Flores y Reyes (2012), Alvarado Aguirre (2016) afirma que, el fuego es una reacción química la cual está conformada por materiales comburentes, combustible y temperatura, los cuales al juntarse producen una reacción de carácter exotérmica en el cual se hace visible la llama del fuego. Se le denomina incendio cuando el fuego pasa a un estado en el cual no se puede controlar. La combustión se genera cuando se juntan tres factores y se le conoce como:

#### a) Triángulo del fuego

El triángulo del fuego (Figura 4) es en el cual se juntan tres factores que son material combustible, oxígeno y temperatura y harán posible que se genere la combustión.

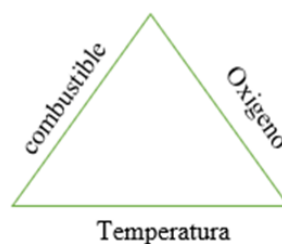


Figura 4. Triangulo de Fuego

Fuente: NFPA, 2009

#### b) Tetraedro del fuego

Se le dice tetraedro del fuego (Figura 5) cuando después de generarse el triángulo del fuego esté genera una reacción en cadena, es decir, que la reacción de calor que se generó será sucesivamente.

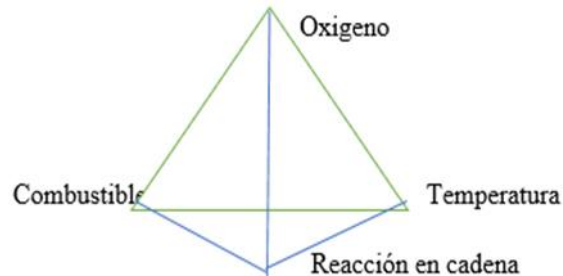


Figura 5. Tetraedro de Fuego

Fuente: NFPA, 2009

### 2.2.3.1 Causas

NFPA explica que la energía de activación de un incendio es química, eléctrica, mecánica y nuclear. Los incendios toman forma cuando fuego esta fuera de control en un ambiente cerrado o abierto y se generan por diversas causas, los cuales son:

#### a) Química:

Existen sustancias que al estar expuestas al aire presentan una reacción de oxidación lo cual genera que la temperatura aumente, por combustión, descomposición o disolución.

#### b) Energía Eléctrica:

Esto es uno de los motivos más comunes de incendios ya que muchas veces es debido a corto circuitos que se generan por un contacto directo de dos cables, también sucede cuando esta sobrecargado el tablero eléctrico y no cuenta con un debido mantenimiento.

#### c) Mecánica:

Recurrente por calor de compresión, cuando existe fricción o se genera chispas de fricción; al generar estas chispas y conteniendo los factores para generar un incendio y que se propague se considera como una de las energías que lo genera.

**d) Nuclear:**

Generado por la fisión del núcleo de algún átomo o por la fusión de los núcleos de distintos átomos, este tipo de incendios presentan grandes daños a la sociedad causando pérdidas materiales como humanas a gran magnitud.

### **2.2.3.2 Tipos de extinción**

NFPA indica que, para que el fuego pueda ser eliminado existen 4 formas para poder extinguir el fuego, los cuales son:

- a) Sofocación:** El factor es el comburente, consiste en eliminar el oxígeno del triángulo del fuego para así impedir que esté se realice y vaya disminuyendo la combustión.
- b) Enfriamiento:** En el cual el factor es el calor, este método de enfriamiento es donde se busca eliminar el calor para así poder eliminar la combustión; se aplica un agente como, por ejemplo, el agua para reducir la energía calórica.
- c) Inhibición:** El factor es la reacción en cadena, consiste en separar un elemento del triángulo del fuego, para así dejar sin efecto la combustión, aplicando inhibidores como polvo químico.
- d) Segregación:** El factor es el combustible, consiste en retirar el paso del combustible o dejar que se queme hasta que se acabe.

### 2.2.3.3 Clasificación de tipos de fuego

La Norma Técnica Peruana NTP 350.021 2012, clasifica al fuego respecto al material combustible que los produce, para ello también especifica símbolos gráficos con los cuales se pueda identificar y hacer uso del extintor para cada caso.

Loza (2009) indica que, es de suma importancia conocer acerca de los tipos de fuego ya que de esto dependerá como se extinguirá cada uno de ellos cuando recién se inician.

#### a) Clase A

Es el tipo de fuego que es producido u originado por materiales solidos que son comunes de encontrar, como madera, el cartón, el papel, la tela, plásticos, entre otros; esta clase de fuego forma brasa y genera residuos; se identifica con un triángulo equilátero que contiene la letra A en mayúscula de color blanco sobre un fondo de color verde, como se presenta en la Figura 6.



Figura 6. Pictograma Fuego Clase A

Fuente: NTP 350.021, 2012

#### b) Clase B

Es el tipo de fuego que es originado por líquidos inflamables como lo son aceites, derivados del petróleo, como es la gasolina, entre otros ejemplos también se tiene a las pinturas, los gases inflamables, lacas; se identifica con un cuadrado que contiene la letra B en mayúscula de color blanco sobre un fondo de color rojo, como se presenta en la Figura 7.



Figura 7. Pictograma Fuego Clase B

Fuente: NTP 350.021, 2012

#### **c) Clase C**

Es el tipo de fuego, que es ocasionado por artefactos eléctricos o sistemas eléctricos, ya sea por malas instalaciones, mala conservación de los equipos, falta de cuidado respecto a la exposición a los sistemas, entre otros; se identifica con un círculo que contiene la letra C en mayúscula de color blanco sobre un fondo de color azul, como se presenta en la Figura 8.



Figura 8. Pictograma Fuego Clase C

Fuente: NTP 350.021, 2012

#### **d) Clase D**

Es el tipo de fuego, que es ocasionado por metales combustibles y sus aleaciones; por ejemplo, el magnesio, titanio, sodio, litio, potasio metálico, entre otros; se identifica con una estrella de cinco puntas que contiene la letra D en mayúscula de color blanco sobre un fondo de color amarillo, como se presenta en la Figura 9.



*Figura 9. Pictograma Fuego Clase D*

Fuente: NTP 350.021, 2012

#### **e) Clase K**

Es el tipo de fuego, que es ocasionado por elementos de la cocina que sean aplicados para cocinar; por ejemplo, los aceites tanto de origen vegetal como animal; se identifica con un hexágono que contiene la letra K en mayúscula de color blanco sobre un fondo de color negro, como se presenta en la Figura 10.



Figura 10. Pictograma Fuego Clase K

Fuente: NTP 350.021, 2012

Estos símbolos están contenidos en cuadros, con el diseño que se identifique cada clase de fuego y el material combustible que lo ocasiona (Figura 11); los

símbolos de blanco y fondo azul indican el uso permitido y los que se crucen con una banda negra sobre el símbolo referirá a que su uso no es permitido.

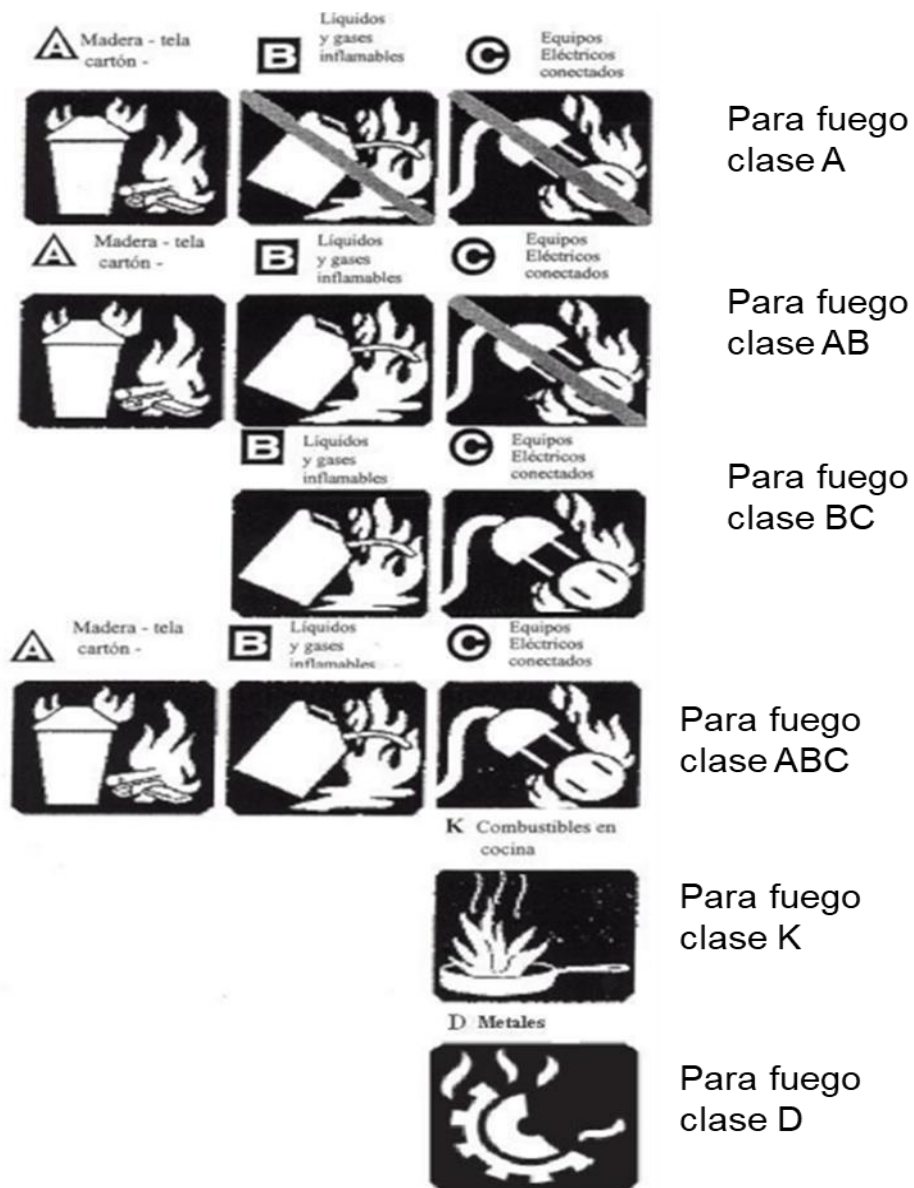


Figura 11. Pictogramas de clases de fuego

Fuente: NTP 350.021, 2012

## 2.2.4 Comportamiento del concreto expuesto al fuego



Según Cordero (2020), se presenta el concreto expuesto al fuego, considerando el acontecimiento de un incendio, el cual determina que es un peligro latente en las edificaciones y que su estudio es de suma importancia para evitar las pérdidas, tanto de la vida humana, como de las estructuras y de los bienes que puedan existir dentro de las edificaciones; estos incendios pueden dañar la estructura desde un simple manchado en los elementos de la edificación, ya sea en los muros, columnas, losas, pero también puede afectar a la estructura de manera irreversible, causando su destrucción total o siendo declarada inhabitable.

Para la construcción en el Perú, se usan distintos materiales como el acero, la madera y el concreto principalmente, se evalúa el comportamiento de estas estructuras mediante los siguientes parámetros: resistencia al fuego sin protección, combustibilidad, contribución de la carga del fuego, conductividad del calor, incorpora protección frente al fuego, posibilidad de reparación después del fuego y protección para los usuarios y los bomberos durante la evacuación; dando valores de muy bajo, bajo, ninguno, alta y muy alta, siendo el concreto el que presenta mejor comportamiento al estar expuesto al fuego, explicado en la Tabla 4.

Tabla 4. Comportamiento de los materiales en un incendio.

	<b>Madera</b>	<b>Acero</b>	<b>Concreto</b>
<b>Resistencia al fuego sin protección</b>	Muy baja	Baja	Alta
<b>Combustibilidad</b>	Alta	Ninguna	Ninguna
<b>Contribución de la carga del fuego</b>	Alta	Ninguna	Ninguna
<b>Conductividad del calor</b>	Baja	Muy alta	Muy baja
<b>Incorpora protección frente al fuego</b>	Muy baja	Baja	Alta
<b>Posibilidad de reparación</b>	Ninguna	Baja	Alta
<b>Protección durante la evacuación</b>	Baja	Baja	Alta

Fuente: Cordero, 2020

Si bien es cierto, respecto a la evaluación del concreto como el que presenta mejor comportamiento como material expuesto

al fuego, entre acero y madera; estos se someten a alteraciones que pueden ser físicas o químicas, lo que va a depender de distintos factores como:

- a)** Temperatura alcanzada: Es la temperatura máxima que puede alcanzar un incendio y a la que va a estar expuesta la estructura.
- b)** Tiempo de exposición: Tiempo el cual dura el incendio, que va a depender de la acción de los involucrados en extinguirlo lo más rápido posible.
- c)** Tiempo de composición
- d)** Tipo de enfriamiento

#### **2.2.4.1 Efectos del fuego en el concreto**

Según Cordero (2020) el fuego afecta al concreto de la siguiente manera:

- a)** Disminución de la resistencia: Esto afecta directamente a la estructura, ya que tiene una resistencia con la cual ha sido diseñada, considerando que al disminuir no será suficiente para que la estructura sea segura y habitable.
- b)** Disminución del módulo de elasticidad: Esto hace que el concreto pierda de manera significativa la propiedad que tiene para deformarse.
- c)** Incremento de deformaciones admisibles: Por norma los elementos estructurales presentan deformaciones admisibles al momento de diseñar, al incrementarse ponen en riesgo a la estructura.
- d)** Alargamiento de la longitud original: Hace que los elementos estructurales se deformen y con ello incrementen su longitud original, como se observa en la Figura 12.



Figura 12. Alargamiento de los elementos estructurales

Fuente: Cordero, 2020

- e) Descomposición del agregado: El concreto compuesto por cemento, agua y agregados, al estar expuesto al fuego hace que estos últimos se descompongan logrando así la pérdida de las propiedades del concreto.
- f) Fisuración y desprendimiento de trozos del concreto: Teniendo en cuenta los efectos anteriores, como consecuencia se tiene el desprendimiento del concreto, siendo fisurado parcialmente o desprendido totalmente (Figura 13).



Figura 13. Desprendimiento del concreto

Fuente: Cordero, 2020

- g)** Problemas de adherencia entre concreto y acero: Una estructura con elementos de concreto armado, presenta el riesgo que acero no se adhiera de manera correcta al concreto y esto hace que no se obtenga las propiedades que se busca al diseñar estos elementos estructurales.
  
- h)** Colapsos: Al ser expuesto al fuego una estructura puede llegar a colapsar, siendo este evento el más peligroso de todos, ya que afecta directamente a la vida humana, representado en la Figura 14 y 15.



Figura 14. Colapso de Viga

Fuente: Cordero, 2020



Figura 15. Colapso de Losa

Fuente: Cordero, 2020

#### **2.2.4.2 Efectos de la temperatura en el concreto**

Según Cordero (2020), la temperatura a la que es expuesta el concreto va a generar diferentes efectos negativos para sus propiedades.

Cuando es expuesto a 100° C el agua capilar procede a evaporarse por el calor, se contrae la pasta compuesta por los elementos del concreto y con ellos se puede presentar la formación de grietas.

Al ser expuesto entre 100 y 300° C el agua capilar se evapora completamente, teniendo una pérdida completa de esta, pero respecto a las propiedades mecánicas del concreto no se aprecia un cambio importante que pueda afectar a la estructura.

Aumentando la temperatura entre los 300 y 400° C ya se puede verificar que la resistencia disminuye de manera considerable, esto hace que el concreto pueda manifestar sus primeras fisuras.

Pasados los 500° C el daño que sufre el concreto es irreversible, se deshidrata la pasta y con esto afecta las propiedades del concreto en estado endurecido.

Cuando la temperatura llega a los 600° C los agregados sufren la expansión, lo que hace que internamente en el concreto se produzcan tensiones y que se disgregue a manera de desprendimiento o colapso.

Luego al estar expuesto entre los 600 y 800°C se pierde totalmente la adherencia entre el concreto y el acero, haciendo que los elementos estructurales no sean funcionales en las edificaciones y logrando que está ya no tenga ninguna utilidad.

El cual se presenta en una curva que detalla la relación que tiene la fuerza de compresión con la deformación respecto a la temperatura expuesta como se muestra en la Figura 16.

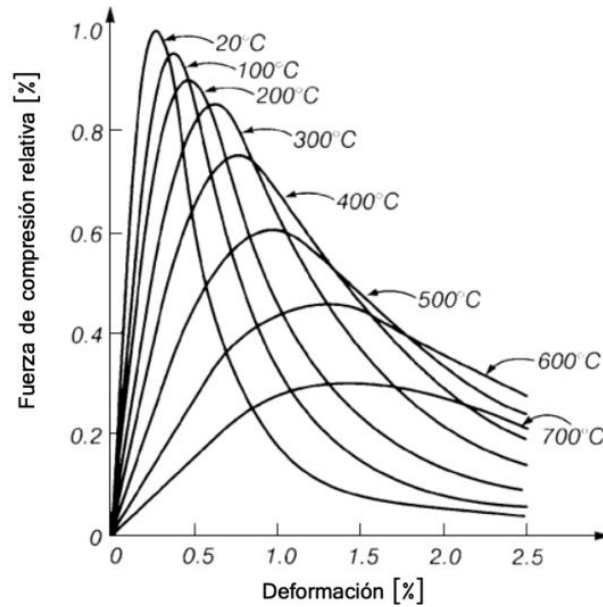


Figura 16. Relación esfuerzo deformación en el concreto

Fuente: Cordero, 2020

#### 2.2.4.3 Cambios de color en el concreto

Según Cordero (2020), la exposición del concreto al fuego presenta cambios de color los cuales dependen de la temperatura a la cual será expuesta.

- a) Color Gris: 200° C
- b) Color rosáceo: 300° C
- c) Color rojo: 300 a 600° C
- d) Color gris con puntos rojizos: 600 a 950° C
- e) Color amarillo anaranjado: 950 a 1000° C
- f) Color amarillo claro: 1000 a 1200° C

### 2.2.4.3 Efecto Spalling

Este efecto que se produce en el concreto, es un proceso por el cual el concreto está expuesto a temperaturas entre 100 y 150° C, que llega a desprenderse; esto porque cuando se incrementa la temperatura, el concreto evapora el agua que tiene en el interior y esto hace que se origine el aumento de presión en la masa densa del concreto, lo cual dificulta el escape del vapor de agua, esta presión al aumentar hace que se produzca un desprendimiento en cadena del recubrimiento del concreto (Figura 17), exponiendo al acero al ambiente, para posteriormente sufrir los daños comunes y así perder su resistencia, logrando la pérdida de seguridad de la edificación.



Figura 17. Desprendimiento de recubrimiento en losas de concreto

Fuente: Cordero, 2020

### 2.2.4.3 Factores de daños en concreto

Según Cordero (2020), hay distintos factores que influyen a que la exposición al fuego del concreto sea más perjudicial y causa mayores daños a las estructuras; en la Figura 18 se presenta el incendio en la galería Nicolini.



Figura 18. Incendio en edificio Nicolini

Elaborado por: los autores, 2018

Teniendo en cuenta esto, propone la naturaleza de los materiales que se almacenan o depositan en las edificaciones y la cantidad, está el ejemplo de los edificios comerciales, los cuales, en galerías, las cuales ofrecen artefactos electrónicos o almacenan materiales combustibles, es una situación la cual afecta a que se produzca un incendio y se intensifique los daños hacia el concreto.



La facilidad del ingreso de corrientes de aire a los ambientes, ya sea que entren por puertas, ventanas, ductos, escaleras, esto ayuda a que el incendio se propague, teniendo en cuenta que el oxígeno es uno de los componentes para que se produzca el fuego.

La acumulación de calor, gracias a la combustión se forman cenizas, lo que genera capas las cuales apoyan a que se ocasionen mayores focos del incendio y se propague.

Otro de los factores a tomar en consideración, es el método de extinción, generalmente el agua con la que los bomberos actúan frente al incendio hace que la estructura también reciba del agua a presión y disminuya su temperatura bruscamente, logrando así lograr mayores daños en la estructura.

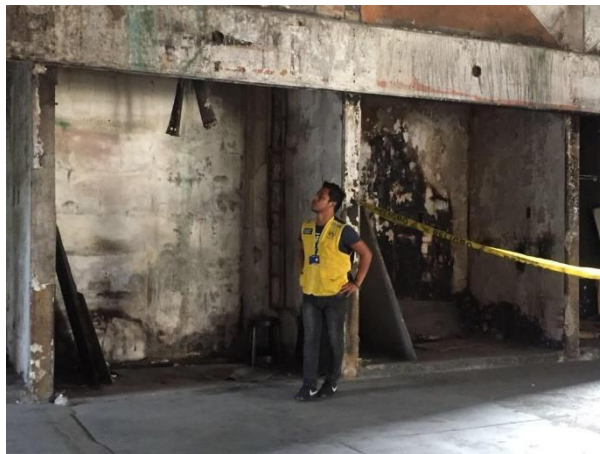


Figura 19. Inspección edificio Nicolini

Elaborado por: los autores, 2018

Cordero (2020) explica que a pesar de los daños que puede sufrir las estructuras cuando son expuestas al fuego, pueden tener una parte de reparación en la cual se los daños se puedan corregir.

Lo primero que se debe hacer, es hacer una evaluación rigurosa de la estructura luego del incidente, esto a cargo de los peritos encargados, donde se debe tener conocimiento de los daños y de las zonas más afectadas.



Figura 20. Edificio Nicolini siniestrado

Elaborado por: los autores, 2018

Se debe realizar una inspección completa, mediante levantamiento, detallando las observaciones en los planos, identificando las áreas o ambientes más afectados por el incendio.

Luego de realizar una correcta inspección, se realiza ensayos con esclerómetro, conocido por ser una prueba no destructiva en la cual se obtiene la resistencia del concreto, en las áreas más dañadas; también se debe tener en cuenta el valor de la resistencia de diseño y la antigüedad que tiene la edificación.

En las losas se evaluará mediante mediciones de frecuencia de vibración, para así comparar los resultados del estado actual, posterior al incendio y resultados obtenidos con métodos analíticos.

Para un correcto análisis, se elaboran modelos matemáticos no lineales, en los cuales se toman en cuenta las variaciones sufridas por las estructuras luego del incendio, respecto a las propiedades elásticas tanto del concreto como del acero, esto en relación al tiempo de exposición, el cual varía de acuerdo a la acción de los responsables de extinguir el fuego, como de la temperatura la cual dependerá también de los factores ambientales y de causa.

Con toda la información recopilada y los análisis respectivos, de ensayos y modelos matemáticos, se plantea una solución respecto al reforzamiento de la estructura mediante un proyecto, el cual presenta diferentes alternativas para que la edificación pueda seguir en uso y no cause daños ni materiales ni humanos a los propietarios.

Posterior al proyecto de reforzamiento, se debe evaluar también un modelo matemático, donde se analizará y se comprobará si se recupera o no la resistencia en los elementos, con la que fueron diseñados y si cumple para que la estructura dañada por el incendio sea segura.

Dentro de las alternativas que se tiene para reforzar la estructura se tiene la aplicación de resina epóxica en las grietas (Figura 21) que se pueden generar en los elementos estructurales cuando son expuestos al fuego, logrando así que los elementos se adhieran y se logre la estabilidad y rigidez en la estructura.



Figura 21. Aplicación de resina epóxica en grietas

Fuente: Cordero, 2020

Otra alternativa de reparación para estructuras afectadas por un incendio es el encamisado de columnas (Figura 22), esto se puede hacer con collarín metálico o también existe la opción de aplicarlo con perfiles y planchas metálicas, luego de ser evaluada la mejor opción, contemplando aspectos tanto estructurales como económicos.



Figura 22. Encamisado de columna

Fuente: Cordero, 2020

Cordero (2020) concluye con una alternativa adicional para la reparación de las estructuras el cual es la aplicación de fibra de carbono a los elementos, lo cual les brinda resistencia la cual se ha perdido durante un incendio; asimismo expone que las estructuras con riesgo a incendio deben tener un refuerzo adicional el cual apoyara a la seguridad y estabilidad de los elementos estructurales, también que el uso del agua como método de extinción del fuego hace que se genere un daño mucho mayor ya que la temperatura varia bruscamente y que para una estructura se considere como reparada tiene que recuperar las capacidades con las que fue diseñada y que tenía antes de ser expuesta al fuego en el caso de un incendio.



Figura 23. Reforzamiento de estructura con fibra de carbono

Fuente: Cordero, 2020

#### **2.2.4.4 Tipos de incendios en edificaciones**

Según la Academia Nacional de Bomberos de Chile (ANB, 2016) hay tipos de incendio de acuerdo a los espacios que afecta en las edificaciones, ya sea compartimental, multicompartimental y estructural que se explicaran a continuación.

- a) Compartimental:** Tipo de incendio en el cual el fuego afecta solo a un ambiente de la edificación ya sea un cuarto o pieza, sin considerar las dimensiones o ubicación del espacio, los productos de la combustión pueden salir del lugar, pero no causan daños en otros ambientes, como se observa en la Figura 24.



Figura 24. Incendio Compartimental

Fuente: ANB, 2016

- b) Multicompartimental:** El incendio afecta a varios ambientes de la edificación, pero no involucra ninguna parte estructural.
- c) Estructural:** El fuego afecta a los elementos estructurales de la edificación causando pérdidas de resistencia y posteriormente el colapso, como se muestra en la Figura 25.

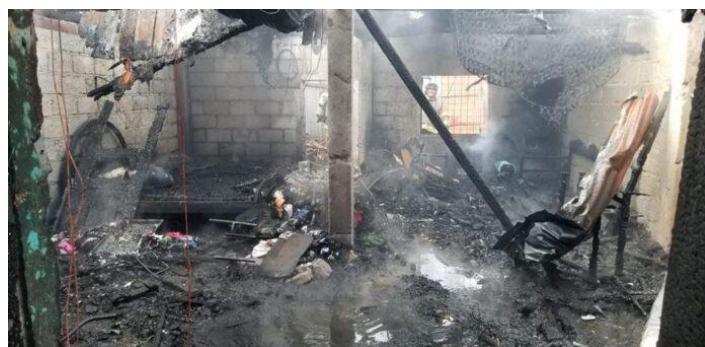


Figura 25. Incendio Estructural

Fuente: ANB, 2016

## **2.4. Formulación de las Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

El revestimiento tipo mortero brindará un mejor comportamiento en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- a) **H1:** El revestimiento tipo mortero conserva de 70 a 85% las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.
- b) **H2:** El revestimiento tipo mortero con cal conserva de 60 a 80% las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.
- c) **H3:** El revestimiento monocapa tipo piedra conserva de 55 a 75% las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño Metodológico**

##### **3.1.1 Enfoque de Investigación**

La presente investigación presenta un enfoque cuantitativo, ya que se recolectará datos numéricos, respecto a la resistencia de los ensayos a compresión, tracción y flexión, para ser comparados en el concreto luego de ser expuesto al fuego y ser revestidos con los distintos tipos de materiales que se plantean en el presente trabajo.

##### **3.1.2 Tipo de Investigación**

La presente investigación será de tipo aplicada, ya que se llevará a cabo eventos experimentales los cuales van a generar un cambio en el comportamiento mecánico del concreto con tipos de tarrajeo, donde se analizará los efectos que se generarán debido a la exposición del fuego y así poder demostrar el objetivo del presente trabajo.

##### **3.1.3 Nivel de Investigación**

La investigación tiene un nivel correlacional en el cual se detallará la relación entre las variables tanto dependiente como



independiente, para lo cual se analizará los resultados recolectados de los diferentes ensayos que se realizaran.

### 3.1.4 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es experimental, ya que se aplicará los distintos revestimientos al concreto que será expuesto al fuego con el propósito de conocer de qué manera actúa e influye en sus propiedades mecánicas.

### 3.2 Definición de Variables

#### a) Variable Dependiente: Propiedades mecánicas

La variable independiente se define como las propiedades del concreto endurecido utilizado en la construcción de edificios o viviendas, se encuentran la resistencia a la compresión, tracción y flexión.

#### b) Variable Independiente: Tipos de revestimientos

Dentro de los tipos de revestimientos que se aplicaran al concreto para darle acabado, luego de su elaboración y darle mejor aspecto al espacio para el cual será destinado determinado ambiente, ya sea una sala, comedor, galería, habitación, entre otros.

### 3.3 Operacionalización de Variables

Tabla 5. Operacionalización de Variables

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Indicador</b>
<b>Propiedades Mecánicas</b>	Resistencia a la compresión del concreto
	Resistencia a la tracción del concreto
	Resistencia a la flexión del concreto
<b>Variable Independiente</b>	<b>Indicador</b>
<b>Tipo de Revestimiento</b>	Mortero con cal

Elaborado por: los autores

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

La población está conformada por un conjunto de probetas con diferentes tipos de revestimiento.

#### **3.4.2 Muestra**

La muestra está compuesta por 54 probetas cilíndricas de 4x8 pulgadas y 15 probetas rectangulares de 15x15x50 cm, de las cuales se tendrá el primer grupo de probetas patrón conformado por 18 probetas cilíndricas que serán ensayadas a compresión y tracción; 6 probetas rectangulares que se serán ensayadas a flexión, a 7,14 y 28 días.



Figura 26. Muestra de probetas a estudiar

Elaborado por: los autores

El siguiente grupo de probetas estará conformado por 12 probetas cilíndricas y 3 probetas rectangulares por tipo de revestimiento, con el que serán expuestas al fuego en tiempos de 40,80 y 120 minutos, finalizado se someterá al proceso de enfriamiento, para luego ser ensayadas a compresión, tracción y flexión.



Figura 27. Probetas con revestimiento

Elaborado por: los autores

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la elaboración de la investigación se usarán las siguientes técnicas:

- a.** Información recopilada de tesis anteriores que hacen referencia a análisis de la exposición del concreto al fuego.
- b.** Visita a laboratorio para realización de mezcla y probetas de acuerdo a norma.
- c.** Soplete de fuego, balón de gas propano, cronómetro, pirómetro digital para exposición de probetas al fuego y medir temperatura, respectivamente; así como equipos de seguridad.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos**

- a. Elaboración de base de datos en programa Excel, así como gráficos de acuerdo a los resultados obtenidos. El procedimiento de la investigación, consta de la elaboración de probetas tanto cilíndricas como rectangulares, todas con el mismo concreto convencional, para lo cual se selecciona los materiales, se realiza el ensayo de los materiales y se hacen los cálculos del diseño de mezcla, posteriormente se realiza la dosificación de probetas, mediante los procedimientos respectivos por norma con el fin de que la mezcla sea uniforme y no presente cangrejas al momento de desencofrar; estas probetas de las cuales se va a tomar probetas patrón que se ensayaran a compresión, tracción y flexión a los 7,14 y 28 días para evaluar la resistencia inicial. Hay otro grupo de probetas que son revestidas con mortero, mortero con cal y monocapa tipo piedra de manera uniforme en cantidad; las cuales serán expuestas al fuego el día 28 que obtienen su mayor resistencia, para la exposición al fuego se hace uso de soplete y de manera para mantener el fuego uniforme, en tiempos de 40, 80 y 120 minutos. Posteriormente se enfría cada grupo de probetas con agua en un tiempo de 30 minutos para lograr el choque térmico y con ello el cambio brusco de temperatura a fin de simular la extinción de un incendio; luego de exponer al fuego se ensayan las probetas correspondientes a compresión, tracción y flexión para ser comparadas con la resistencia inicial del concreto patrón y determinar cuál es el revestimiento que mejor apoya a la conservación de las propiedades mecánicas del concreto.

## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO**

El desarrollo experimental de la investigación está compuesto por 4 etapas, las cuales son el diseño de mezcla de concreto, la elaboración y dosificación de probetas patrón y con revestimiento, la exposición al fuego de las probetas con revestimiento y finalmente los ensayos a compresión, tracción y flexión de probetas; todos los trabajos de laboratorio se realizan en el laboratorio MTL Geotecnia.

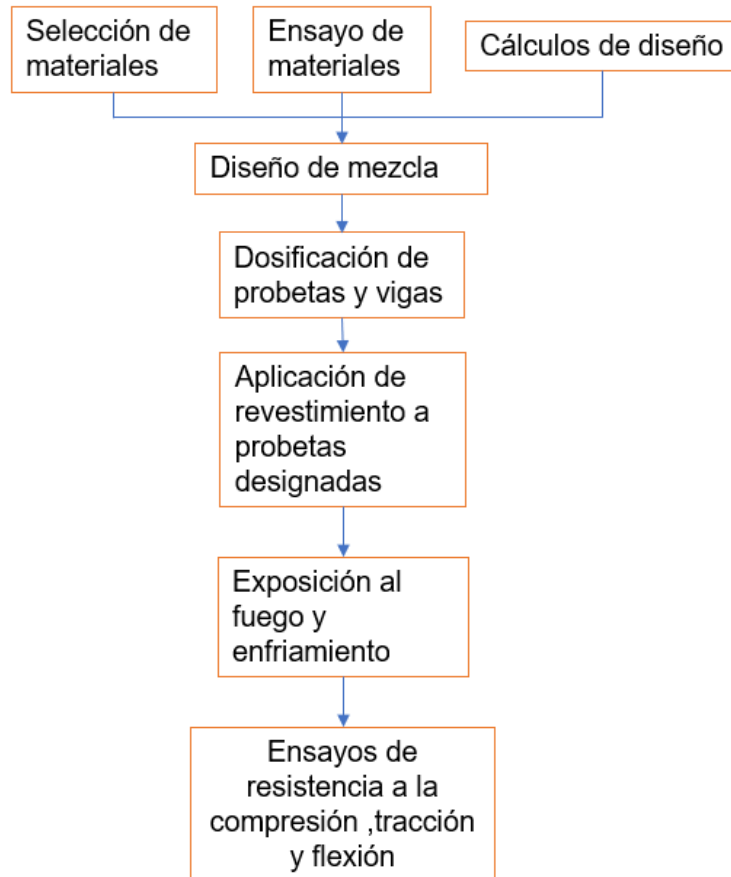


Figura 28. Mapa de procesos

Elaborado por: los autores

## 4.1 Diseño de mezcla del concreto

### 4.1.1 Materiales

Los materiales que conforman el concreto son el cemento, arena gruesa, piedra y agua, para la elección de los materiales se debe tener en cuenta la calidad de los mismos para así lograr un correcto diseño que cumpla con las especificaciones necesarias; el cemento elegido es el Cemento Andino Ultra tipo HS, MH y R anti salitre, ya que es un producto que se ha vuelto muy comercial en los últimos años y los

agregados como la piedra de ½” y la arena gruesa fueron obtenidos de la empresa WC Construcciones, de igual manera los materiales usados para realizar los revestimientos son obtenidos de la misma empresa.

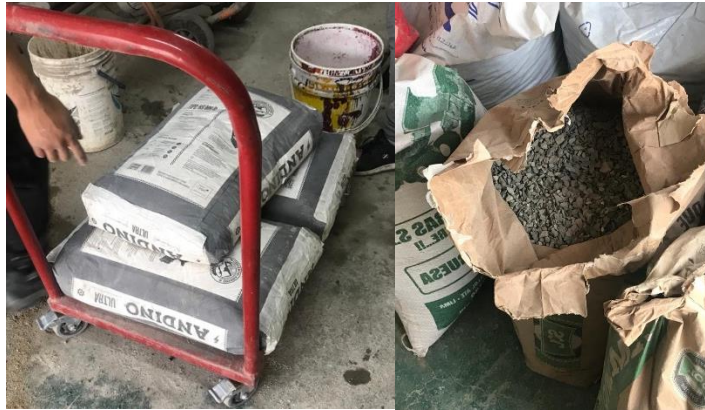


Figura 29. Materiales para la mezcla

Elaborado por: los autores

#### 4.1.2 Ensayos a los agregados

Para elaborar el diseño de mezcla y determinar la cantidad de material a utilizar, se tiene que hacer ensayos de laboratorio a los agregados, los cuales son los siguientes: Granulometría de los agregados, contenido de humedad de los agregados, peso específico y absorción del agregado; peso unitario de los agregados.

Para la selección de la muestra se procedió al método del cuarteo, tanto para el agregado fino como para el agregado grueso.

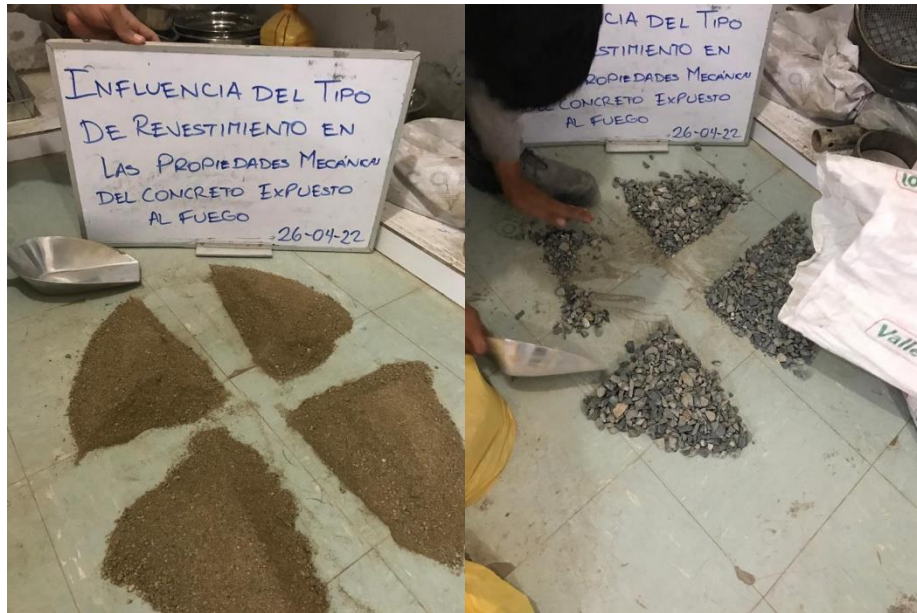


Figura 30. Método de cuarteo para agregados

Elaborado por: los autores

#### 4.1.2.1 Análisis granulométrico de los agregados

##### a) Agregado Fino:

Para el análisis granulométrico del agregado fino se toma en cuenta la norma ASTM C136, en el cual el método de preparación de muestra es secado al horno y tamizado manual.

Para lo cual en laboratorio se tomó los siguientes datos:

El peso inicial húmedo se coloca en un recipiente previamente pesado en la balanza y se registra el valor, ese material se lleva al horno a 110°C; posteriormente se enfría la muestra y se pesa para determinar el valor final, con esto se obtiene el porcentaje de humedad del agregado.



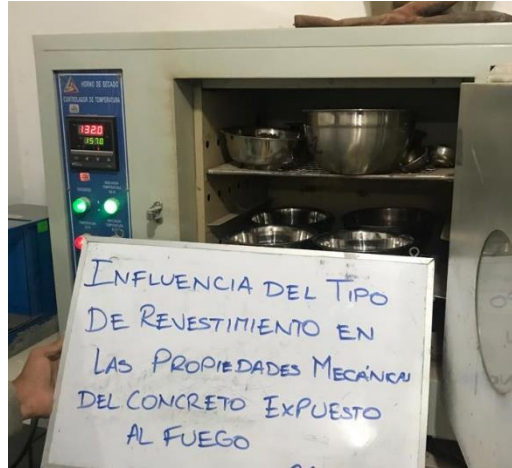


Figura 31. Secado al horno de agregado fino

Elaborado por: los autores

Tabla 6. Contenido de humedad agregado fino

Peso inicial húmedo	<b>554.8 g</b>
Peso inicial seco	545.4 g
Porcentaje de humedad	1.72%

Fuente: Elaboración Propia

El tamizado del agregado fino se realizó con la supervisión de personal capacitado en el laboratorio.



Figura 32. Tamizado de agregado fino

Elaborado por: los autores

Tabla 7. Tamizado de agregado fino

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES (ASTM C33)	
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa	Husos	Arenas
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.76	9.5	1.7	1.7	98.3	95	100
Nº 08	2.38	61.9	11.3	13.1	86.9	80	100
Nº 16	1.19	112.1	20.6	33.6	66.4	50	85
Nº 30	0.60	127.9	23.5	57.1	42.9	25	60
Nº 50	0.30	108.9	20.0	77.1	22.9	5	30
Nº 100	0.15	70.8	13.0	90.0	10.0	0	10
FONDO		54.30	10.0	100.0	0.0		

Elaborado por: los autores

Se obtuvo de estos valores el tamaño máximo nominal y el módulo de fineza.

- Tamaño máximo nominal: Nº 08
- Módulo de fineza: 2.73

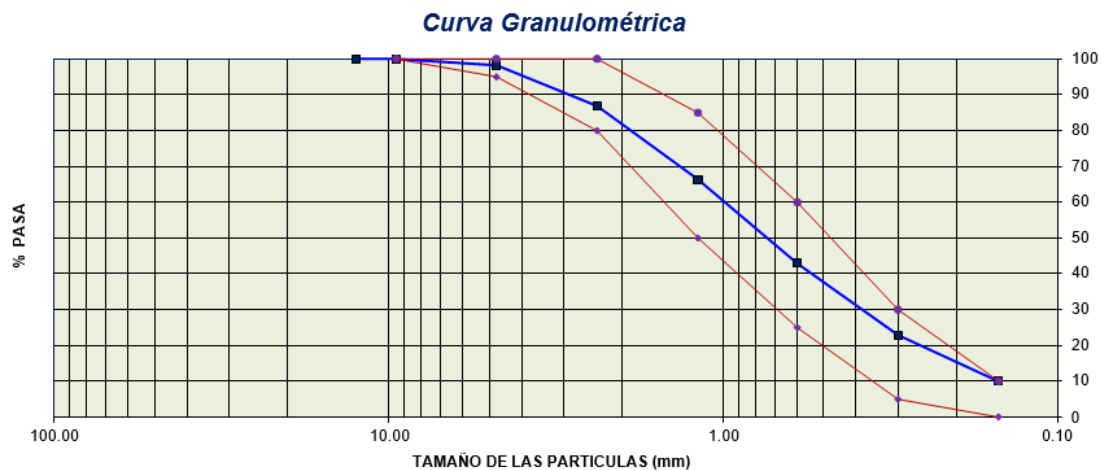


Figura 33. Curva Granulométrica agregado fino

Elaborado por: los autores

### b) Agregado grueso:

Para el análisis granulométrico del agregado fino se tomó en cuenta la norma ASTM C136, en el cual el método de preparación de muestra es secado al horno y tamizado manual.

Para lo cual en laboratorio se tomó los siguientes datos:

Tabla 8. Contenido de humedad agregado grueso

Peso inicial húmedo	<b>2013.1 g</b>
Peso inicial seco	2009.0 g
Porcentaje de humedad	0.20%

Elaborado por: los autores

El tamizado del agregado grueso se realizó también con la supervisión de personal capacitado en el laboratorio.



Figura 34. Tamizado de agregado grueso

Elaborado por: los autores

Tabla 9. Tamizado de agregado grueso

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES (ASTM C33)	
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	Huso #67	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0		

1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/4"	19.05	0.0	0.0	0.0	100.0	90	100
1/2"	12.50	564.8	28.1	28.1	71.9		
3/8"	9.53	727.9	36.2	64.3	35.7	20	55
Nº 04	4.76	699.5	34.8	99.2	0.8	0	10
Nº 08	2.38	12.6	0.6	99.8	0.2	0	5
Nº 16	1.18	0.4	0.0	99.8	0.2		
<b>FONDO</b>		<b>3.8</b>	<b>0.2</b>	<b>100.0</b>	<b>0.0</b>		

Elaborado por: los autores

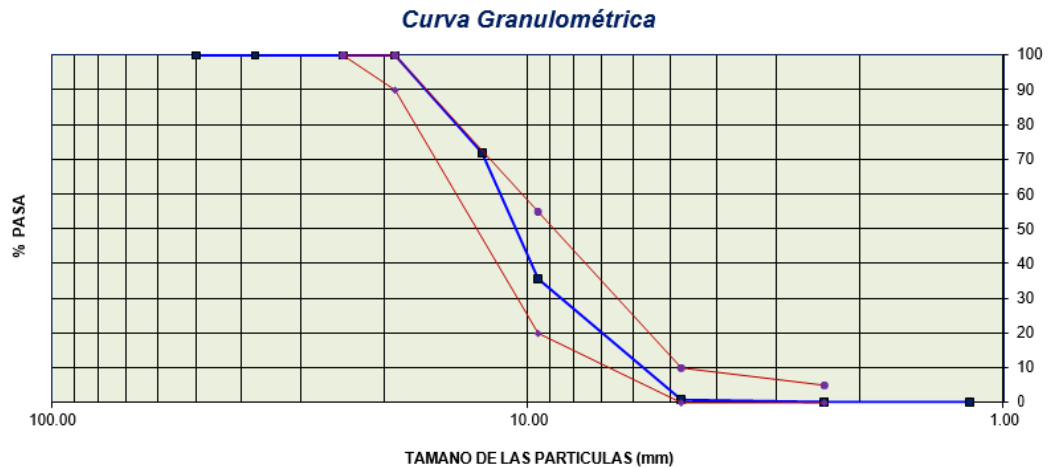


Figura 35. Curva granulométrica agregado grueso

Elaborado por: los autores

Se obtuvo de estos valores el tamaño máximo nominal.

- Tamaño máximo nominal: 1/2"

#### 4.1.2.2 Peso unitario seco suelto de agregado fino y grueso

Para el desarrollo se tomó como base teórica la norma ASTM C29, en la cual se determina el peso de los recipientes, el volumen del molde donde se realiza el estudio (para el agregado fino se usa el recipiente pequeño y para el agregado grueso se usa el recipiente mediano). Luego se llena el recipiente hasta lo máximo posible y con una varilla se nivela o enrasa a la altura del molde.



Figura 36. Procedimiento agregado grueso para peso unitario

Elaborado por: los autores



Figura 37. Procedimiento agregado fino para peso unitario

Elaborado por: los autores

Posteriormente el agregado es pesado en la balanza y se dividió entre el volumen del molde para hallar el peso unitario seco suelto, con lo que se obtiene los siguientes valores:

Tabla 10. Peso unitario seco suelto de agregado fino

1	<b>Peso de la Muestra + Recipiente</b>	<b>kg</b>	<b>6.61</b>
2	Peso del Recipiente	kg	2.36
3	Peso de la Muestra	kg	4.25
4	Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	0.00276
5	<b>Peso Unitario Suelto</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>1538.77</b>

Elaborado por: los autores

Tabla 11. Peso unitario seco suelto de agregado grueso

1	<b>Peso de la Muestra + Recipiente</b>	<b>kg</b>	<b>18.57</b>
2	Peso del Recipiente	kg	<b>5.10</b>
3	Peso de la Muestra	kg	<b>13.47</b>
4	Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	<b>0.00953</b>
5	<b>Peso Unitario suelto</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>1413.81</b>

Elaborado por: los autores

#### 4.1.2.3 Peso unitario seco compactado de agregado fino y grueso

Para el desarrollo se tomó como base teórica la norma ASTM C29, en la cual se determina el peso de los recipientes, el volumen del molde donde se realiza el estudio (para el agregado fino se usa el recipiente pequeño y para el agregado grueso se usa el recipiente mediano) de igual manera que se halla el peso unitario seco suelo. Luego se llena el recipiente en 3 capas y en cada capa se apisona con una varilla con 25 golpes, luego se nivela o enrasa a la altura del molde.



Figura 38. Apisonamiento agregado grueso

Elaborado por: los autores

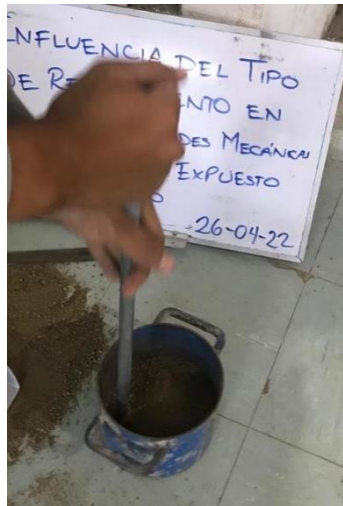


Figura 39. Apisonamiento agregado fino

Elaborado por: los autores

Posteriormente el agregado es pesado en la balanza y se dividió entre el volumen del molde para hallar el peso unitario seco suelto, con lo que se obtiene los siguientes valores:

Tabla 12. Peso unitario seco compactado de agregado fino

1	<b>Peso de la Muestra + Recipiente</b>	<b>kg</b>	<b>7.31</b>
2	Peso del Recipiente	kg	2.36
3	Peso de la Muestra	kg	4.95
4	Volumen del Molde	m <sup>3</sup>	0.00276
5	<b>Peso Unitario Compactado</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1792.39</b>

Elaborado por: los autores

Tabla 13. Peso unitario seco compactado de agregado grueso

1	<b>Peso de la Muestra + Recipiente</b>	<b>kg</b>	<b>19.67</b>
2	Peso del Recipiente	kg	5.10
3	Peso de la Muestra	kg	14.57
4	Volumen del Molde	m <sup>3</sup>	0.00953
5	<b>Peso Unitario Compactado</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1529.23</b>

Elaborado por: los autores

#### 4.1.2.4 Peso específico y absorción de agregado fino y grueso

Para conocer la absorción y el peso específico se usó como base teórica la norma ASTM 127 para agregados gruesos y la norma ASTM 128 para agregados finos; para la cual se sumerge los agregados en agua durante 24 horas.



Figura 40. Agregado fino sumergido

Elaborado por: los autores



Figura 41. Agregado grueso sumergido

Elaborado por: los autores



Luego de cumplir con los tiempos y con las mediciones correspondientes de peso seco, sumergido, saturado superficialmente, del picnómetro, se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 14. Absorción de agregados

<b>Absorción</b>	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado grueso</b>
<b>% Absorción</b>	1.8	0.6

Elaborado por: los autores

Tabla 15. Peso específico de agregados

	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado grueso</b>
<b>Peso específico (gr/cc)</b>	2.63	2.65

Elaborado por: los autores

Ya con todos los ensayos realizados a los materiales, se detalla en el siguiente cuadro las propiedades físicas que se obtuvo de cada uno.

Tabla 16. Propiedades físicas de los agregados

	<b>Und</b>	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado grueso</b>
<b>Peso unitario seco suelto</b>	Kg/m <sup>3</sup>	1538.77	1413.81
<b>Peso unitario seco compactado</b>	Kg/m <sup>3</sup>	1792.39	1529.23
<b>Módulo de Fineza</b>	Pulg.	2.73	-
<b>Tamaño máximo nominal</b>	-	N° 08	1/2"
<b>Contenido de humedad</b>	%	1.72	0.21
<b>Absorción</b>	%	1.8	0.6
<b>Peso Específico</b>	gr/cc	2.63	2.65

Elaborado por: los autores

### 4.1.3 Calculo del diseño de mezcla

#### 4.1.3.1 Resistencia promedio

Debido a que no se tiene datos como la resistencia de probetas y sus controles de calidad, se procedió con este método en el cual con ayuda de la siguiente tabla se determinará la resistencia promedio para el diseño.

Tabla 17. Resistencia promedio a la compresión

<b>F'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>F'cr (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>F'c &lt; 210</b>	F'c + 70
<b>210 &lt; F'c &lt; 350</b>	F'c + 84
<b>F'c &gt; 350</b>	F'c + 98

Fuente: Diseño de mezclas de concreto con agregado grueso del tajo Chopo, 2003

Por lo tanto, buscando una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> se aplicó los valores de la tabla anterior; teniendo como valor de resistencia promedio F'cr = 294 kg/cm<sup>2</sup>

#### 4.1.3.2 Contenido de aire

Para determinar el contenido de aire, se tuvo que tener en cuenta el tamaño máximo nominal del agregado grueso, obtenido del estudio de los materiales, el cual es de 1/2".

Tabla 18. Contenido de aire

<b>Tamaño Máximo Nominal Agregado Grueso</b>	<b>Aire Atrapado (%)</b>
<b>3/8"</b>	3
<b>1/2"</b>	2.5
<b>3/4"</b>	2

<b>1"</b>	1.5
<b>1 1/2"</b>	1
<b>2"</b>	0.5
<b>3"</b>	0.3
<b>4"</b>	0.2

Fuente: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO DEL TAJO CHOPO, 2003, 2002

Por lo tanto, el porcentaje de aire atrapado con un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 1/2" es de 2.50%.

#### 4.1.3.3 Elección de *slump*

Para la elección del *slump* en la mezcla, no se tuvo alguna especificación en el diseño, por lo que para seleccionarlo se tomara en cuenta la siguiente tabla.

Tabla 19. Asentamiento en relación al tipo de construcción

<b>Tipo de Construcción</b>	<b><i>slump</i> (cm)</b>	
	Max.	Min.
<b>Muros, zapatas, cajones de cimentación</b>	7.5	2.5
<b>Muros reforzados y vigas</b>	10	2.5
<b>Columnas estructurales</b>	10	2.5
<b>Losas y pavimentos</b>	7.5	2.5
<b>Concreto masivo</b>	7.5	2.5

Fuente: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO DEL TAJO CHOPO, 2003, 2002

Ya que el concreto de la investigación es de elementos estructurales en edificaciones, tanto horizontal como vertical; se tomó el valor de 10 cm lo cual es equivalente a 4 pulgadas.

#### 4.1.3.4 Agua de mezclado y contenido de aire

Para la estimación de agua en el mezclado se utilizó la tabla del ACI, que está adaptada al valor necesario para la presente investigación, la cual determina la cantidad relacionando el *slump* de la mezcla en relación con el tamaño máximo nominal del agregado grueso y tomando en cuenta si tiene o no aire incluido.

Tabla 20. Agua de mezclado y contenido de aire para distintos revenimientos

<b>Slump</b>	<b>1/2"</b>
<b>Concreto sin aire incluido</b>	
<b>1" a 3"</b>	199
<b>3" a 4"</b>	216
<b>6" a 7"</b>	228
<b>Concreto con aire incluido</b>	
<b>1" a 3"</b>	175
<b>3" a 4"</b>	193
<b>6" a 7"</b>	205

Fuente: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO DEL TAJO CHOPO, 2003, 2002

Considerando el *slump* por el procedimiento anterior de 4", la mezcla del concreto sin aire incorporado, con el tamaño máximo nominal del agregado grueso con valor de 1/2", se determinó que la cantidad de agua de mezcla estimada es de 216 litros por metro cúbico.

#### 4.1.3.5 Relación agua-cemento

Para determinar la relación agua-cemento de la mezcla, se consideró la resistencia promedio del concreto a diseñar con la condicional del aire incluido.

Tabla 21. Relación agua-cemento por resistencia

Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación a/c	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO DEL TAJO CHOPO, 2003, 2002

Teniendo en cuenta la resistencia promedio en el diseño, la cual es de 294 kg/cm<sup>2</sup>, se interpola entre los valores de 300 y 250 kg/cm<sup>2</sup>; por lo que se determinó que la relación agua-cemento para la mezcla es de 0.5584.

#### 4.1.3.6 Cálculo de contenido de cemento

Para hallar la cantidad de contenido de cemento por cada unidad de volumen del concreto, se procedió a operar una división entre la cantidad de agua obtenida y la relación agua-cemento también obtenida anteriormente.

Tuvo como datos:

- Cantidad de agua: 216 lts/m<sup>3</sup>
- Relación agua – cemento: 0.4559

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{\text{Cantidad de agua } \left(\frac{\text{lbs}}{\text{m}^3}\right)}{\text{Relación a/c}} = \frac{216 \left(\frac{\text{lbs}}{\text{m}^3}\right)}{0.5584}$$

**Contenido de cemento = 386.82 kg/m<sup>3</sup>**

#### 4.1.3.7 Contenido de agregado grueso

Para determinar la cantidad de agregado grueso, se utilizó la siguiente fórmula:

$$A. \text{ Grueso (kg)} = \frac{b}{b_0} \times \text{peso unitario compactado}$$

Para determinar el valor  $b/b_0$  se usó la siguiente tabla, la cual relaciona el módulo de fineza del agregado fino con el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Tabla 22. Volumen de agregado grueso por volumen de concreto

Tamaño máximo nominal agregado grueso	Módulo de Fineza			
	2.4	2.6	2.8	3
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53

Fuente: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO DEL TAJO CHOPO, 2003, 2002

Por interpolación, teniendo como datos: el peso unitario compactado del agregado grueso de 1529.23 kg/m<sup>3</sup>, el tamaño máximo nominal del agregado grueso de 1/2" y el módulo de fineza del agregado fino de 2.73; el valor que se obtuvo de la tabla es de 0.557.

Aplicando la fórmula: Agregado grueso =  $\frac{b}{b_0} \times \text{peso unitario compactado}$

$$\text{Agregado grueso} = 0.557 \times 1529.23 \text{ kg/m}^3$$

**Agregado grueso = 851.78 kg/m<sup>3</sup>**

#### 4.1.3.8 Volúmenes absolutos

Para hallar los volúmenes absolutos del cemento, agregado grueso, agregado fino y aire, se dividió el contenido de cada material hallado previamente en el desarrollo entre el peso específico de cada material.

##### a) Cemento:

$$\text{a.1) Volumen de cemento} = \frac{\text{Contenido de cemento (kg)}}{\text{Peso Especifico de cemento (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{a.2) Volumen de cemento} = \frac{386.82 \text{ (kg)}}{3000 \text{ (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Volumen de cemento} = 0.129 \text{ m}^3$$

##### b) Agregado grueso:

$$\text{b.1) Volumen de Agregado grueso} = \frac{\text{Contenido de agregado grueso (kg)}}{\text{Peso Especifico de agregado grueso (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{b.2) Volumen de agregado grueso} = \frac{851.78 \text{ (kg)}}{2650 \text{ (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.3214 \text{ m}^3$$

##### c) Agua:

$$\text{c.1) Volumen de agua} = \frac{\text{Contenido de agua (Its)}}{\text{Peso Especifico de agua(Its/m}^3\text{)}}$$

$$\text{c.2) Volumen de agua} = \frac{216 \text{ (kg)}}{1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Volumen de agua} = 0.216 \text{ m}^3$$

Aire: 2.5%

$$\text{Volumen de aire} = \frac{2.5}{100} = 0.025 \text{ m}^3$$

#### 4.1.3.9 Peso de agregado fino

El volumen del agregado fino se halla restando la unidad de metro cubico en volumen con la sumatoria de los demás componentes como el cemento, agregado grueso, arena y agua, para finalmente obtener el peso del agregado fino con la fórmula siguiente.

$$\text{Agregado Fino} = \text{Peso específico arena (kg/m}^3\text{)} \times \text{volumen (m}^3\text{)}$$

Se tuvo de datos anteriores los volúmenes de cada material.

- Volumen cemento: 0.1294 m<sup>3</sup>
- Volumen agregado grueso: 0.3214 m<sup>3</sup>
- Volumen agua: 0.216 m<sup>3</sup>
- Volumen aire: 0.025 m<sup>3</sup>

Volumen de agregado fino = 1 m<sup>3</sup> – 0.6918 m<sup>3</sup>

Volumen agregado fino = 0.3082 m<sup>3</sup>

Por lo tanto: **Peso de agregado fino = 810.57 kg**

#### 4.1.3.10 Diseño en estado seco

Se presentan las cantidades obtenidas sin alteración de la humedad en los materiales de la mezcla.

- Cemento: 387 kg
- Agregado grueso: 852 kg
- Agregado Fino: 811 kg
- Agua: 216 lts



#### 4.1.3.11 Corrección por humedad

La corrección de humedad en los agregados se obtuvo porque se encuentran expuestos a la misma por la intemperie, por lo cual los pesos pueden variar por la humedad que presentan.

El peso del agregado se halló en relación a la absorción del mismo, el cual se calculó anticipadamente y se determina mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Peso húmedo (kg)} = (\text{Peso seco})\left(1 + \frac{\%W_g}{100}\right)$$

Considerando  $W_g$  como porcentaje de absorción del agregado

##### a) Agregado Fino

- Peso seco: 811 kg

- Absorción: 1.8%

$$\text{Peso húmedo agregado fino(kg)} = (811)\left(1 + \frac{1.8\%}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo agregado fino(kg)} = 825 \text{ kg}$$

##### b) Agregado Grueso

- Peso seco: 852 kg

- Absorción: 0.60%

$$\text{Peso húmedo agregado fino(kg)} = (852)\left(1 + \frac{0.60\%}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo agregado fino(kg)} = 857 \text{ kg}$$

#### 4.1.3.12 Aporte de agua a la mezcla

Para detallar el aporte de agua la cual va a ser afectada por la humedad de los agregados y la capacidad de absorción de los mismos

Al estar secos al aire absorberán agua y su relación a/c disminuirá; caso contrario; al tener presencia de humedad aporta agua al mezclado y con ello la relación a/c aumenta. Por eso se hace un ajuste al agua en relación con los agregados con la siguiente fórmula:

$$\text{Agua en agregado} = (\text{Peso agregado seco}) \left( \frac{\%Wg - \%af}{100} \right)$$

Considerando  $Wg$  como porcentaje de absorción del agregado y  $af$  la humedad del mismo.

##### a) Agregado Fino

- Peso seco: 811 kg
- Absorción: 1.8%
- Humedad: 1.72%

$$\text{Agua en agregado fino(kg)} = (811) \left( \frac{1.8 - 1.72}{100} \right)$$

$$\text{Agua en agregado fino(kg)} = 0.6488\text{kg}$$

##### b) Agregado Grueso

- Peso seco: 852 kg
- Absorción: 0.60 %

- Humedad: 0.21 %

$$\text{Agua en agregado grueso(kg)} = (852) \left( \frac{0.60-0.21}{100} \right)$$

$$\text{Agua en agregado grueso(kg)} = 3.3228 \text{ kg}$$

Por lo tanto, al sumar ambas cantidades y corregir con el agua en la mezcla, se determina la cantidad de agua efectiva que se halla de la cantidad de agua estimada con el aporte de agua de agregados lo cual es igual a 220 lts.

#### **4.1.3.13 Proporciones de diseño**

Finalmente, se presentaron las proporciones finales de diseño del concreto, expresado en kilogramos por unidad de volumen.

- Cemento: 387 kg
- Agregado grueso: 857 kg
- Agregado Fino: 825 kg
- Agua: 220 lts

#### **4.2 Elaboración de probetas patrón y con revestimiento**

La elaboración de probetas patrón y con revestimientos cilíndricas que se realizaron son en total 54, se elaboraron en moldes de 4 x 8 pulgadas, de las cuales 18 son probetas patrón y a 36 se les aplicó revestimiento; para la elaboración de probetas rectangulares (vigas) que son en total 15 se elaboraron en moldes de 15x15x50 cm, de las cuales 6 son probetas patrón y a 9 se les aplica revestimientos.



Figura 42. Moldes de probetas cilíndricas

Elaborado por: los autores



Figura 43. Moldes de probetas rectangulares

Elaborado por: los autores

Para la dosificación se recurrió al diseño de mezcla con sus cantidades respectivas de cada material y se pesa respecto al trompo de mezclado para tener las proporciones necesarias.



Figura 44. Peso de los materiales

Elaborado por: los autores



Figura 45. Dosificación de materiales para mezcla

Elaborado por: los autores

Luego de mezclados los materiales en el concreto, se realiza la medición o comprobación del *slump*, el cual debe dar de acuerdo con el diseño de mezcla de 4".



Figura 46. slump de la mezcla

Elaborado por: los autores

Se procedió a la dosificación de probetas tanto cilíndricas como rectangulares, para lo cual se hace el varillado y golpeo respectivo, con el fin de que se distribuya la mezcla uniformemente en los moldes, para posteriormente proceder con el curado.



Figura 47. Probetas cilíndricas y rectangulares

Elaborado por: los autores

Respecto a la aplicación de revestimientos, los cuales son mortero: con dosificación 1:5; mortero con cal con dosificación 1:1:6 y monocapa tipo piedra para el cual se usa la dosificación 1:5 y la piedra

proyectada es de tamaño 1/4", en la aplicación de esta piedra va a depender de acuerdo al acabado que se le quiera dar a los elementos que se revisten y con los diseños que se busque; la cantidad de probetas cilíndricas por tipo de revestimiento son 12 y de probetas rectangulares por tipo de revestimiento son 3.



Figura 48. Revestimiento en probetas cilíndricas

Elaborado por: los autores



Figura 49. Revestimiento en probetas rectangulares

Elaborado por: los autores



### 4.3 Exposición al fuego y enfriamiento

Las herramientas utilizadas para la exposición al fuego de las probetas son el soplete de fuego con salida de 2 pulgadas, acompañado de gas propano cuya cantidad necesaria es de 3 balones; cronómetro para la medición del tiempo a exponer; pirómetro digital marca Fluke 566 IR para la medición de la temperatura a la que se exponen las probetas con el beneficio de que se mide por láser y con una distancia de medición de 12 metros aproximadamente, con el apoyo de una parrilla metálica donde se apoyan los testigos para mayor seguridad del lugar donde se realiza el quemado y para el proceso de enfriamiento el uso de un depósito para la aplicación de agua y almacenamiento.



Figura 50. Ordenamiento de probetas

Elaborado por: los autores



Figura 51. Soplete de fuego 2"

Elaborado por: los autores





Figura 52. Pirómetro Fluke  
Elaborado por: los autores



Figura 53. Parrilla para exposición  
Elaborado por: los autores

Para el quemado de las probetas cilíndricas se expuso en grupos de 12 probetas, conformados por 4 probetas de cada revestimiento, las cuales se ensayan 2 a compresión y 2 a tracción; procedimiento el cual se realiza en tiempos de 40, 80 y 120 minutos; para las probetas rectangulares se expuso en grupos de 3 vigas, una viga por cada tipo de revestimiento en los mismos intervalos de tiempo de las probetas cilíndricas.

Para ello se les dio la siguiente nomenclatura a las probetas, para facilitar el ordenamiento y los ensayos en laboratorio respecto a la compresión, tracción y flexión.

Tabla 23. Nomenclatura de probetas a 40 minutos

<b>Compresión - 40 minutos</b>		
<b>Mortero</b>	<b>Mortero con Cal</b>	<b>Monocapa tipo piedra</b>
C-1	C-7	C-13
C-2	C-8	C-14
<b>Tracción – 40 minutos</b>		
<b>Mortero</b>	<b>Mortero con Cal</b>	<b>Monocapa tipo piedra</b>
T-1	T-7	T-13
T-2	T-8	T-14
<b>Flexión – 40 minutos</b>		
<b>Mortero</b>	<b>Mortero con Cal</b>	<b>Monocapa tipo piedra</b>
F-1	F-4	F-7

Elaborado por: los autores

Tabla 24. Nomenclatura de probetas a 80 minutos

<b>Compresión - 80 minutos</b>		
<b>Mortero</b>	<b>Mortero con Cal</b>	<b>Monocapa tipo piedra</b>
C-3	C-9	C-15
C-4	C-10	C-16
<b>Tracción – 80 minutos</b>		
<b>Mortero</b>	<b>Mortero con Cal</b>	<b>Monocapa tipo piedra</b>
T-3	T-9	T-15
T-4	T-10	T-16
<b>Flexión – 80 minutos</b>		
<b>Mortero</b>	<b>Mortero con Cal</b>	<b>Monocapa tipo piedra</b>
F-2	F-5	F-8

Elaborado por: los autores

Tabla 25. Nomenclatura de probetas a 120 minutos

<b>Compresión - 120 minutos</b>		
<b>Mortero</b>	<b>Mortero con Cal</b>	<b>Monocapa tipo piedra</b>
C-5	C-11	C-17
C-6	C-12	C-18
<b>Tracción – 120 minutos</b>		
<b>Mortero</b>	<b>Mortero con Cal</b>	<b>Monocapa tipo piedra</b>
T-5	T-11	T-17
T-6	T-12	T-18
<b>Flexión – 120 minutos</b>		
<b>Mortero</b>	<b>Mortero con Cal</b>	<b>Monocapa tipo piedra</b>
F-3	F-6	F-9

Elaborado por: los autores

Se procedió a exponer al fuego los testigos, para ello se aplica el fuego directo con el soplete y para mantener el fuego buscando uniformidad para todos los testigos, se aplica también la exposición a material combustible como la madera, por lo cual se expone en la mitad del tiempo indicado también a fuego clase A; esto debido a que se busca simular un incendio de la manera más precisa posible, lo que quiere decir que cuando una edificación se incendia no necesariamente lo que origina el incendio es el único agente causante sino también los mismos factores que estén presentes en el lugar, producirán que aumente la magnitud del incendio.

La temperatura registrada por el pirómetro digital en todos los tiempos de exposición osciló entre los 470°C y 520°C, para posteriormente ser puestos a enfriar en agua por 30 minutos, con el fin de representar la acción de los bomberos al extinguir un incendio, logrando así un cambio brusco de temperatura la cual al ser medida en los testigos está en un intervalo de 30°C a 45°C.



Figura 54. Exposición al fuego probetas cilíndricas

Elaborado por: los autores



Figura 55. Medición de temperatura con pirómetro

Elaborado por: los autores



Figura 56. Probetas a 40 minutos

Elaborado por: los autores





Figura 57. Exposición de probetas con fuego clase A

Elaborado por: los autores



Figura 58. Probetas a 80 minutos

Elaborado por: los autores



Figura 59. Orden de probetas con EPP

Elaborado por: los autores



Figura 60. Exposición y medición de temperatura

Elaborado por: los autores



Figura 61. Enfriamiento de testigos

Elaborado por: los autores



Figura 62. Medición de cambio de temperatura

Elaborado por: los autores





Figura 63. Exposición de vigas

Elaborado por: los autores



Figura 64. Soplete y fuego clase A en vigas

Elaborado por: los autores



Figura 65. Enfriamiento de viga

Elaborado por: los autores

Luego de enfriar por 30 minutos los testigos se observa cambios en los revestimientos; al primer grupo se observa ciertas fisuras en los revestimientos, en mayor proporción en el mortero simple; en el segundo grupo ya se observa mayor presencia de fisuras en los tres tipos de revestimiento y también el manchado de los mismos por la exposición al fuego; finalmente en los testigos expuestos a mayor tiempo en el tercer grupo se observa el desprendimiento de los revestimientos o un agrietamiento considerable, incluso en dos probetas con mortero simple se desprende totalmente el revestimiento.



Figura 66. Desprendimiento de revestimiento mortero

Elaborado por: los autores

#### **4.4 Ensayo a compresión, tracción y flexión de probetas**

Los ensayos en las probetas de concreto se realizan de la siguiente manera; para las probetas patrón, se ensaya a 7,14 y 28 días: 3 probetas a compresión, 3 probetas a tracción y 2 vigas a flexión en cada día. Para las probetas con revestimiento se ensaya a los 28 días luego de haber alcanzado su máxima resistencia; para cada tipo de revestimiento se ensaya 2 probetas a compresión, 2 a tracción y 1 viga a flexión para el tiempo de 40 minutos; 2 probetas a compresión, 2 a tracción y 1 viga a flexión para el tiempo de 80 minutos; 2 probetas a compresión, 2 a tracción y 1 viga a flexión para el tiempo de 120 minutos.

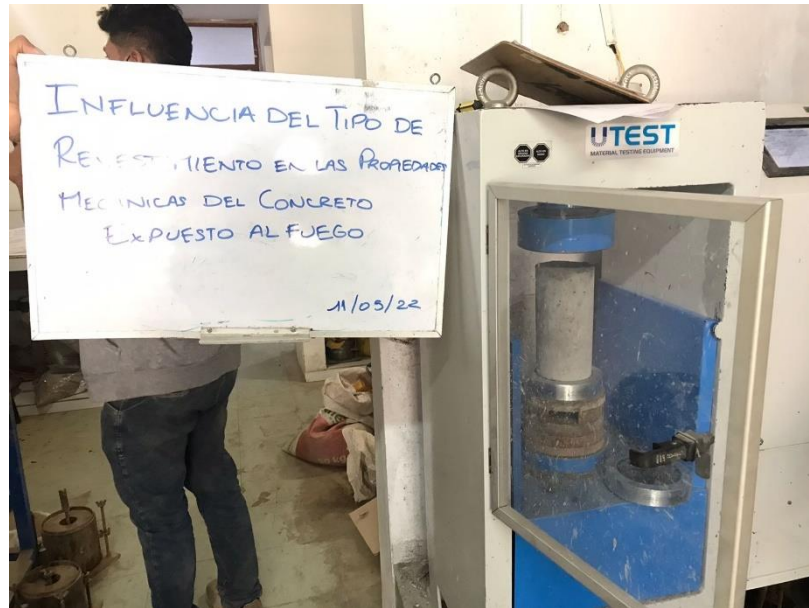


Figura 67. Ensayo a la compresión

Elaborado por: los autores



Figura 68. Ensayo a flexión

Elaborado por: los autores





Figura 69. Ensayo a compresión

Elaborado por: los autores

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS

Para la evaluación de la influencia de los revestimientos en las propiedades mecánicas del concreto y ver cuanto porcentaje varía luego de ser expuesto al fuego y enfriado, simulando un incendio; primero se determinó la resistencia del concreto patrón, el cual se ha ensayado a compresión, tracción y flexión a los 7,14 y 28 días, resultados que se presentan en las siguientes tablas; para el diseño de mezcla se tomó un diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup>, que al ser diseñado se requiere una resistencia promedio de 294 kg/cm<sup>2</sup>, pero que por calidad de materiales y por el cemento utilizado que tiene como característica un mejor desempeño respecto a la resistencia, se espera obtener un valor más elevado.

Tabla 26. Resultados ensayo a compresión

<b>Resistencia a 7 días</b>
268.07 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a 14 días</b>
294.63 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a 28 días</b>
351.3 kg/cm <sup>2</sup>

Elaborado por: los autores

Tabla 27. Resultados ensayo a tracción

<b>Resistencia a 7 días</b>
23.67 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a 14 días</b>
29 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a 28 días</b>
32 kg/cm <sup>2</sup>

Elaborado por: los autores

Tabla 28. Resistencia ensayo a flexión

<b>Resistencia a 7 días</b>
39.97 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a 14 días</b>
47.31 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a 28 días</b>
52.14 kg/cm <sup>2</sup>

Elaborado por: los autores

Los resultados siguientes son del concreto expuesto al fuego luego de adquirir su resistencia máxima a los 28 días, de acuerdo a los tiempos de exposición.

### 5.1 Concreto con mortero

Para el concreto con mortero expuesto al fuego y enfriado se obtuvo los siguientes resultados en compresión, tracción y flexión.

Tabla 29. Resultados con revestimiento tipo mortero

<b>40 minutos</b>	<b>80 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
-------------------	-------------------	--------------------

<b>Compresión</b>		
384.58 kg/cm <sup>2</sup>	321.88 kg/cm <sup>2</sup>	287.67 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Tracción</b>		
34.97 kg/cm <sup>2</sup>	29.94 kg/cm <sup>2</sup>	23.93 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Flexión</b>		
46.22 kg/cm <sup>2</sup>	30.86 kg/cm <sup>2</sup>	28.82 kg/cm <sup>2</sup>

Elaborado por: los autores

En la compresión se observó un pequeño incremento de la resistencia cuando es expuesto a 40 minutos para finalmente conservar el 82% de la resistencia inicial, luego de estar expuesto a 120 minutos equivalente a 2 horas.

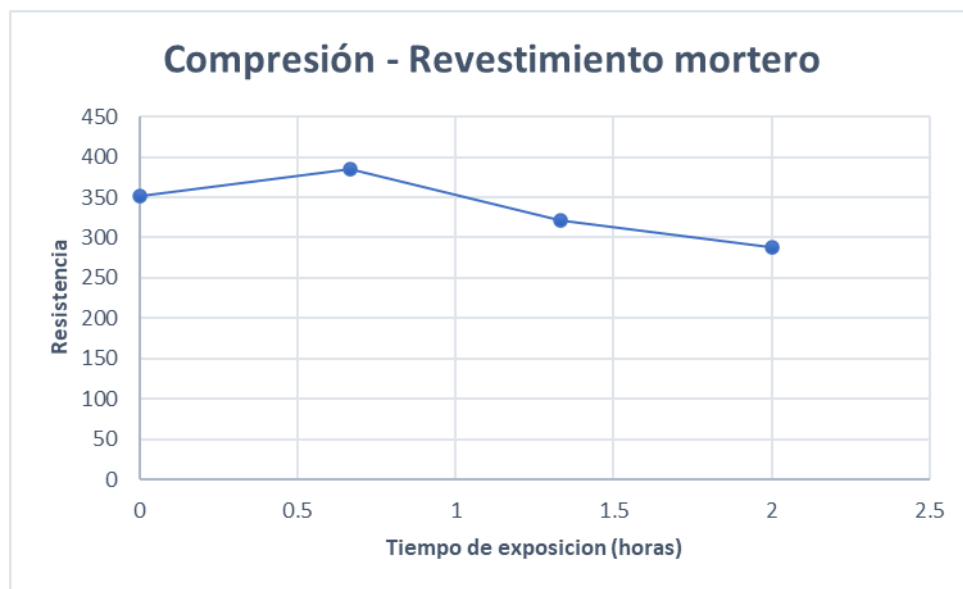


Figura 70. Variación resistencia compresión con mortero

Elaborado por: los autores

En la tracción se observó un pequeño incremento de la resistencia cuando es expuesto a 40 minutos para finalmente conservar el 75% de la resistencia inicial, luego de estar expuesto a 120 minutos equivalente a 2 horas.



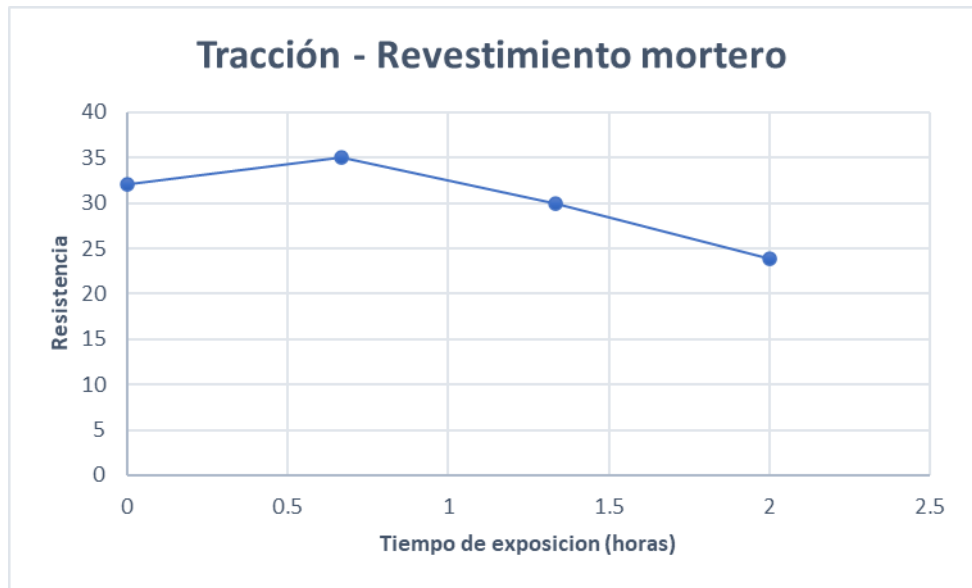


Figura 71. Variación resistencia tracción con mortero

Elaborado por: los autores

En la flexión se observó un decremento constante de la resistencia para finalmente conservar el 56% de la resistencia inicial, luego de estar expuesto a 120 minutos equivalente a 2 horas.



Figura 72. Variación resistencia flexión con mortero

Elaborado por: los autores

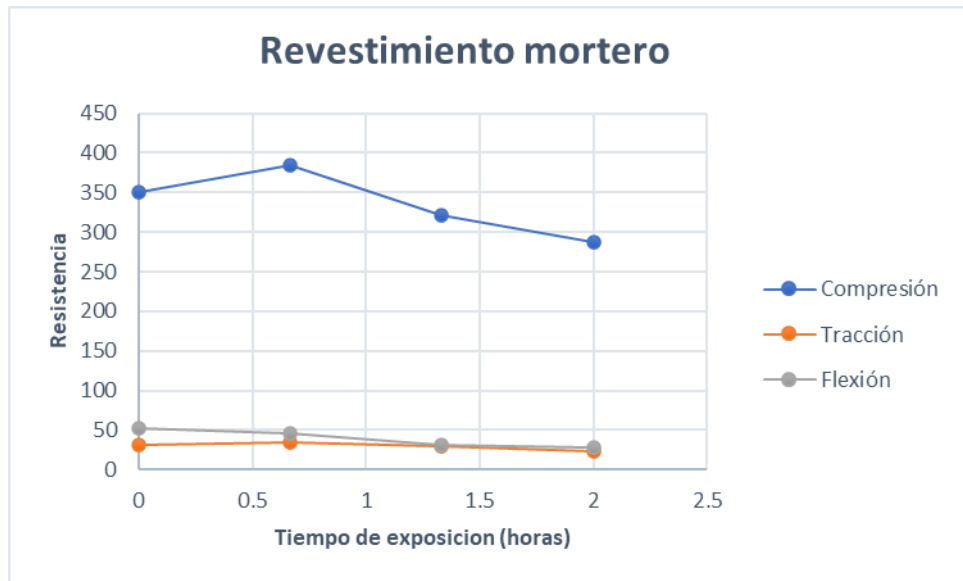


Figura 73. Gráfico de resultados mortero

Elaborado por: los autores

## 5.2 Concreto con mortero con cal

Para el concreto con mortero con cal expuesto al fuego y enfriado se obtuvo los siguientes resultados en compresión, tracción y flexión.

Tabla 30. Resultados con revestimiento tipo mortero con cal

<b>40 minutos</b>	<b>80 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
<b>Compresión</b>		
360.83 kg/cm <sup>2</sup>	314.29 kg/cm <sup>2</sup>	257.03 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Tracción</b>		
26.03 kg/cm <sup>2</sup>	23.90 kg/cm <sup>2</sup>	19.24 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Flexión</b>		
30.73 kg/cm <sup>2</sup>	30.18 kg/cm <sup>2</sup>	20.80 kg/cm <sup>2</sup>

Elaborado por: los autores

En la compresión se observó un pequeño incremento de la resistencia cuando es expuesto a 40 minutos para finalmente

conservar el 74% de la resistencia inicial, luego de estar expuesto a 120 minutos equivalente a 2 horas.

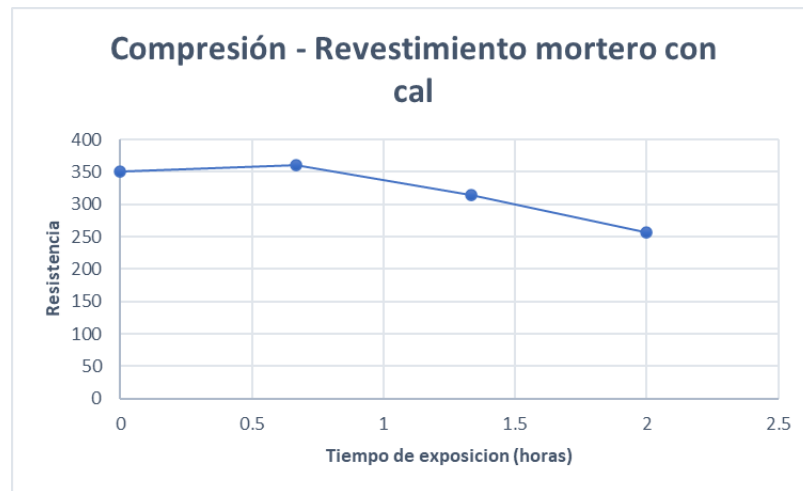


Figura 74. Variación resistencia compresión con mortero con cal

Elaborado por: los autores

En la tracción se observó un decremento constante de la resistencia para finalmente conservar el 61% de la resistencia inicial, luego de estar expuesto a 120 minutos equivalente a 2 horas.



Figura 75. Variación resistencia tracción con mortero con cal

Elaborado por: los autores

En la flexión se observó un decremento constante de la resistencia para finalmente conservar el 40% de la resistencia inicial, luego de estar expuesto a 120 minutos equivalente a 2 horas.

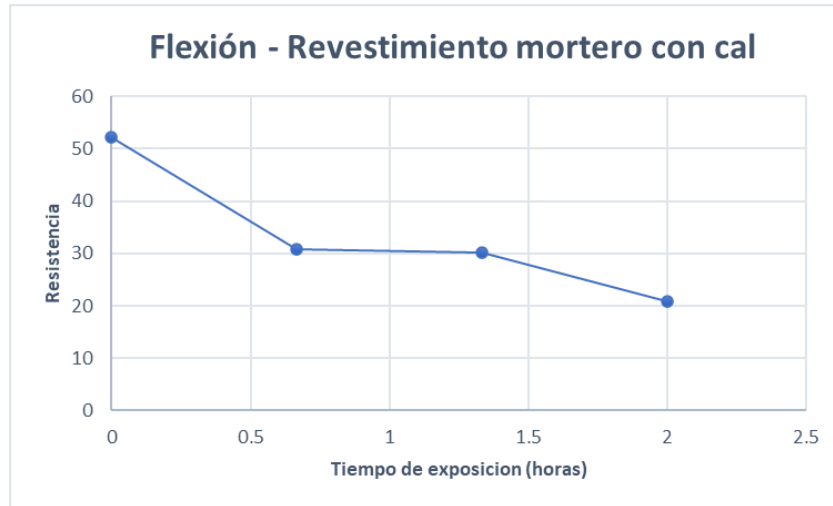


Figura 76. Variación resistencia flexión con mortero con cal

Elaborado por: los autores

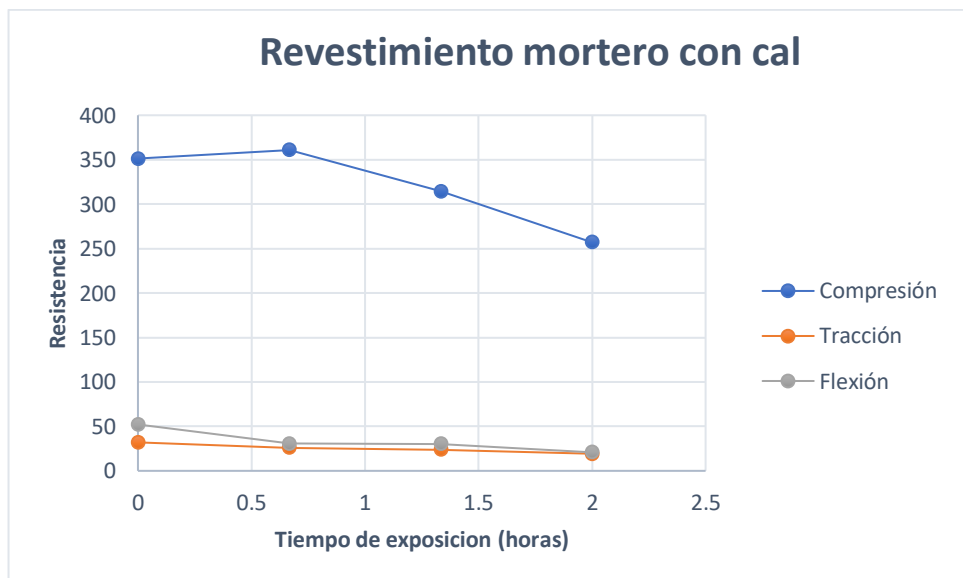


Figura 77. Gráfico resultados de mortero con cal

Elaborado por: los autores

### 5.3 Concreto con monocapa tipo piedra

Para el concreto con monocapa tipo piedra expuesto al fuego y enfriado se obtuvo los siguientes resultados en compresión, tracción y flexión.

Tabla 31. Resultados con revestimiento monocapa tipo piedra

40 minutos	80 minutos	120 minutos
<b>Compresión</b>		
353.36 kg/cm <sup>2</sup>	314.02 kg/cm <sup>2</sup>	255.80 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Tracción</b>		
28.73 kg/cm <sup>2</sup>	25.75 kg/cm <sup>2</sup>	22.92 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Flexión</b>		
38.61 kg/cm <sup>2</sup>	25.15 kg/cm <sup>2</sup>	23.52 kg/cm <sup>2</sup>

Elaborado por: los autores

En la compresión se observó un pequeño incremento de la resistencia cuando es expuesto a 40 minutos para finalmente conservar el 73% de la resistencia inicial, luego de estar expuesto a 120 minutos equivalente a 2 horas.

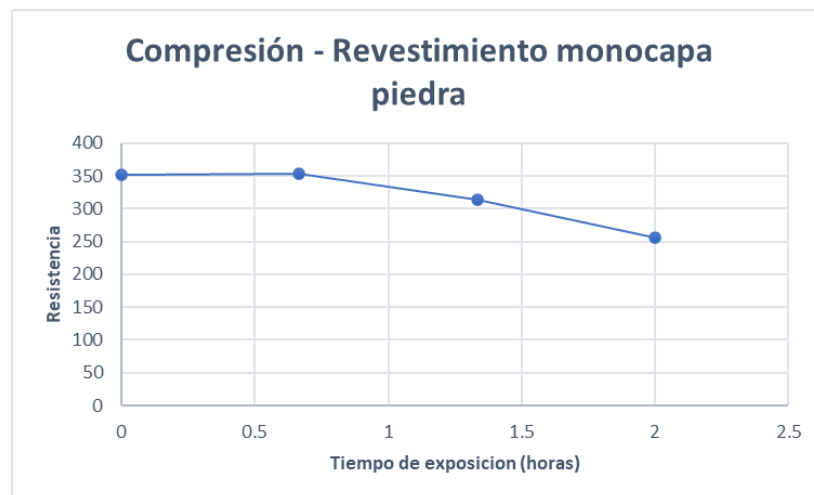


Figura 78. Variación resistencia compresión con monocapa piedra

Elaborado por: los autores

En la tracción se observó un decremento constante de la resistencia para finalmente conservar el 72% de la resistencia inicial, luego de estar expuesto a 120 minutos equivalente a 2 horas.

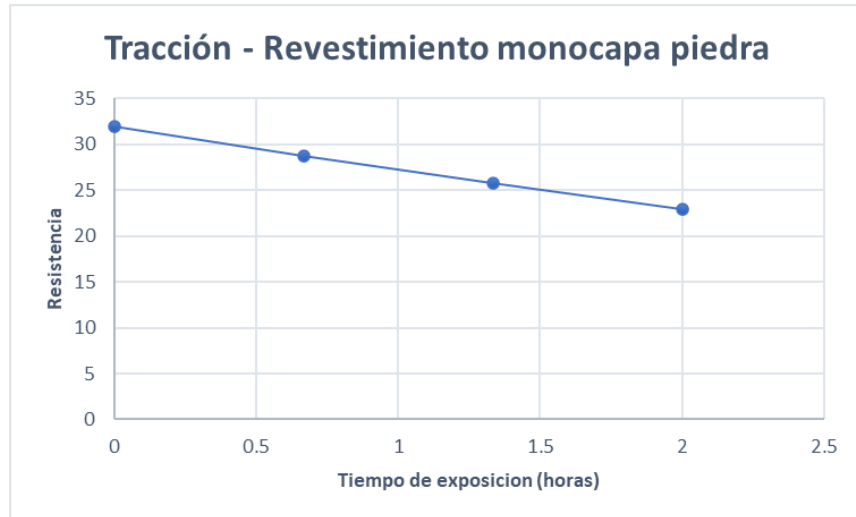


Figura 79. Variación resistencia tracción con monocapa piedra

Elaborado por: los autores

En la flexión se observó un decremento constante de la resistencia para finalmente conservar el 45% de la resistencia inicial, luego de estar expuesto a 120 minutos equivalente a 2 horas.

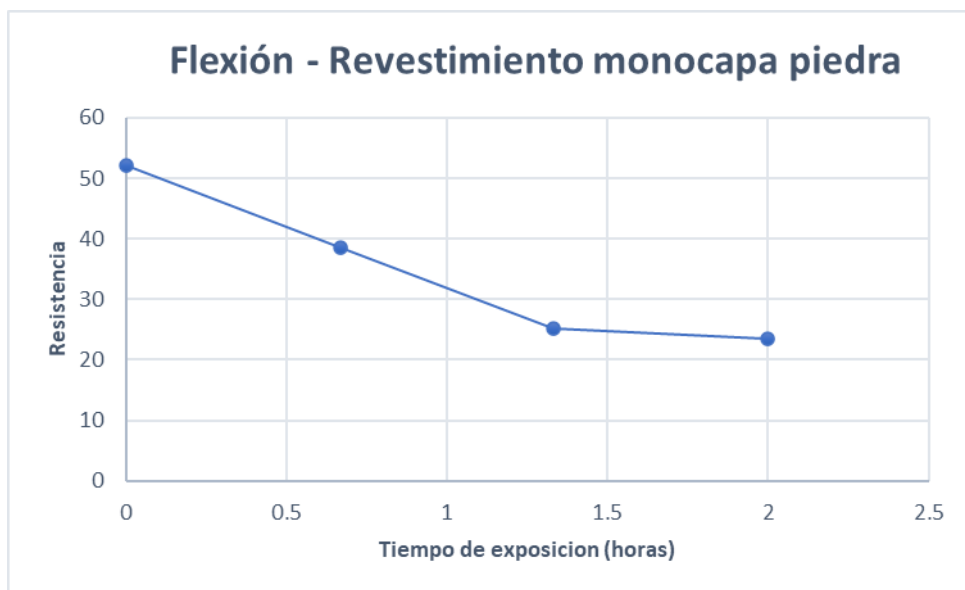


Figura 80. Variación resistencia flexión con monocapa piedra

Elaborado por: los autores

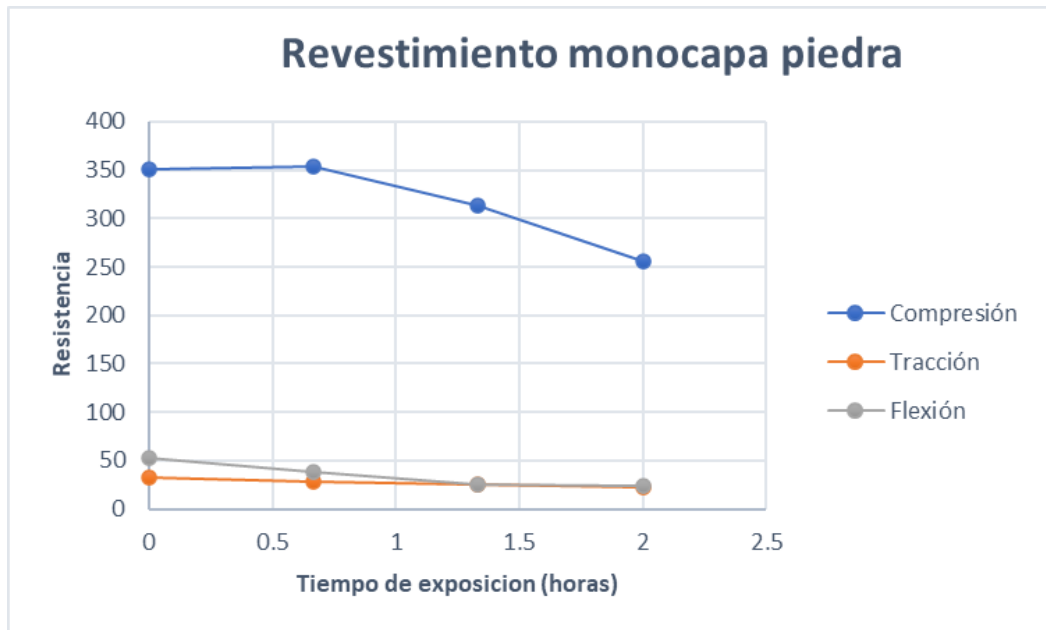


Figura 81. Gráfico resultados de monocapa tipo piedra

Elaborado por: los autores

#### 5.4 Comparación de resultados por ensayo

En el estudio de la resistencia a la compresión de los tres revestimientos estudiados, el que presentó mayor conservación de la resistencia es el tipo mortero, seguido por el mortero con cal y finalmente el monocapa tipo piedra, siendo la diferencia de estos últimos de 1%.

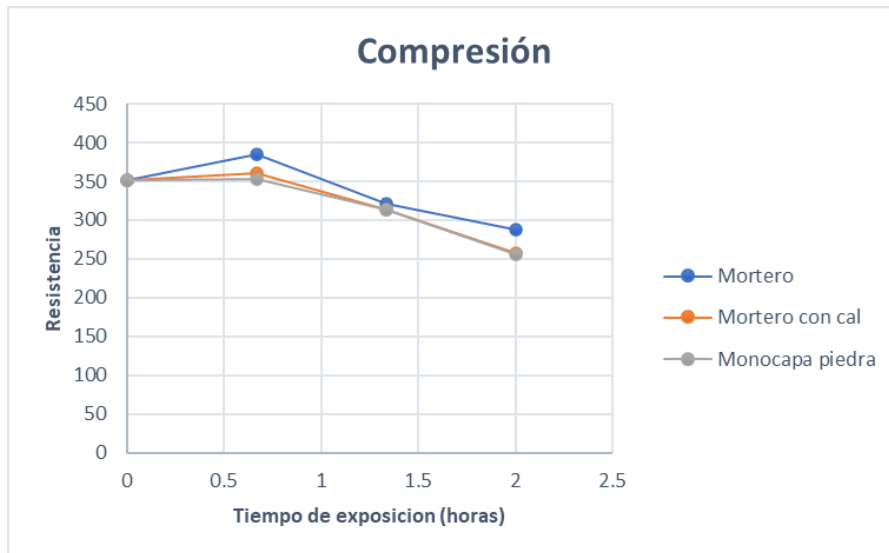


Figura 82. Comparativa de compresión

Elaborado por: los autores

En el estudio de la resistencia a la tracción de los tres revestimientos estudiados, el que presentó mayor conservación de la resistencia es el tipo mortero, seguido por el monocapa tipo piedra y finalmente el mortero con cal.

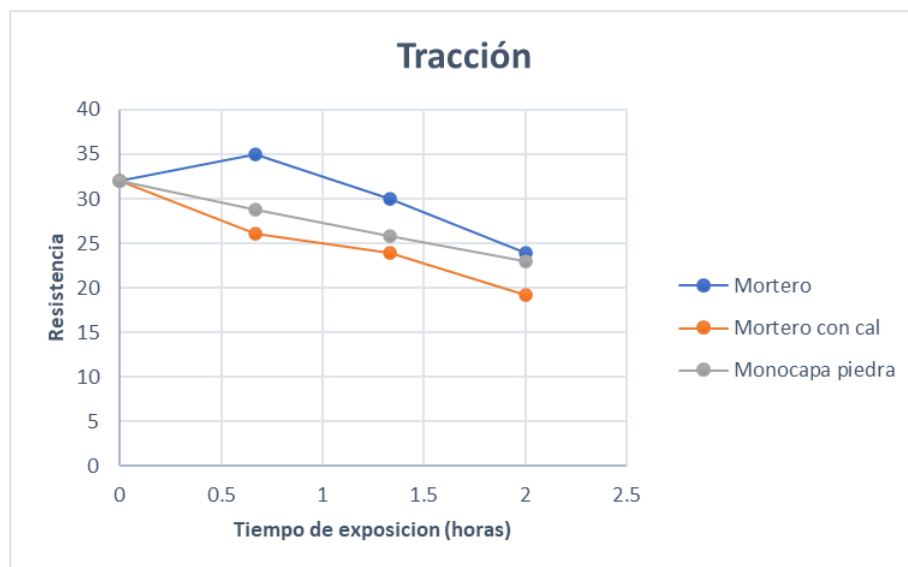


Figura 83. Comparativa de tracción

Elaborado por: los autores



En el estudio de la resistencia a la flexión de los tres revestimientos estudiados, el que presentó mayor conservación de la resistencia es el tipo mortero, seguido por el monocapa tipo piedra y finalmente el mortero con cal.

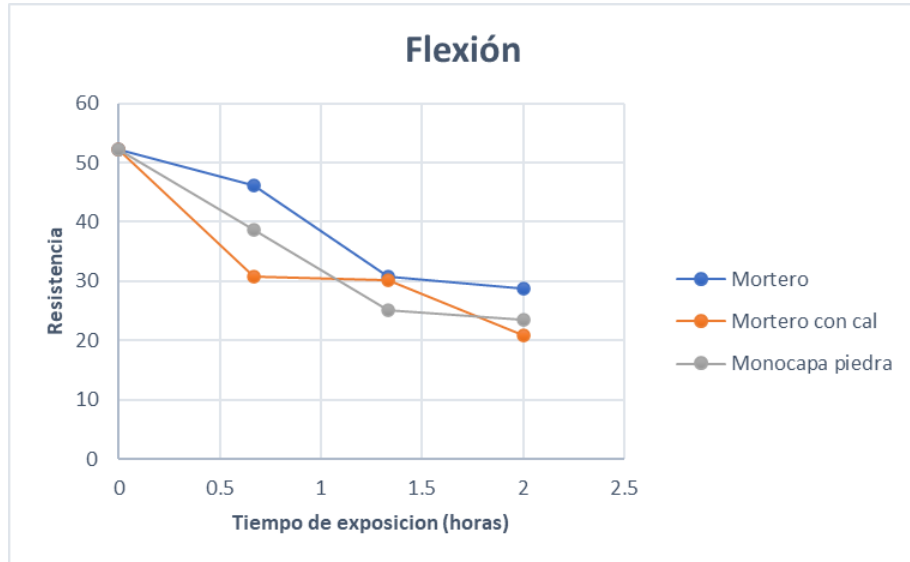


Figura 84. Comparativa de flexión

Elaborado por: los autores

## **CAPÍTULO VI**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **6.1 Contrastación de Hipótesis**

##### **6.1.1 Contrastación de hipótesis general**

La hipótesis general de la investigación fue:  
El revestimiento tipo mortero brindará un mejor comportamiento en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.

En el desarrollo de la investigación, donde se le aplicó revestimientos a las probetas de concreto para ser expuestas al fuego simulando un incendio y luego sufrir un cambio brusco de temperatura mediante el enfriamiento; con los resultados que se obtuvo de la resistencia a compresión, tracción y flexión, se compara la influencia de los siguientes revestimientos: mortero, mortero con cal y monocapa tipo piedra en el concreto expuesto al fuego y se determina que el mortero es el que ayuda a conservar mejor las propiedades mecánicas del concreto, por lo que se valida la hipótesis.

### 6.1.2 Contrastación de hipótesis específicas

**H1:** El revestimiento tipo mortero conservó de 70 a 85% las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.

Los resultados obtenidos del concreto con revestimiento tipo mortero expuesto al fuego, dan una visión real de cómo se comporta el concreto en el lapso de dos horas, para lo cual la resistencia a la compresión se conserva en 82%, la resistencia a la tracción se conserva en 75% y la resistencia a la flexión se conserva en 44%, todo respecto a la resistencia inicial; se validó la hipótesis respecto a la compresión y tracción, pero se descartó respecto a la flexión.

Tabla 32. Contrastación de hipótesis específica 1

<b>Hipótesis Específica</b>	<b>Métodos aplicados</b>	<b>Resultados Obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
El revestimiento tipo mortero conserva de 70 a 85% las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.	Resistencia a la compresión Resistencia a la tracción Resistencia a la flexión	La resistencia a la compresión se conserva en 82%, la resistencia a la tracción se conserva en 75% y la resistencia a la flexión se conserva en 56% respecto a la resistencia inicial del concreto.	Se valida la hipótesis específica 1 respecto a la compresión y tracción, pero en la flexión se descarta debido a que no está en el rango previsto.

Elaborado por: los autores

**H2:** El revestimiento tipo mortero con cal conservó de 60 a 80% las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.

Se validó la hipótesis en los resultados a compresión y tracción, pero es nula respecto a la flexión, ya que los resultados obtenidos del concreto con revestimiento tipo mortero con cal expuesto al fuego, dan una visión real de cómo se comporta el concreto en el lapso de dos horas, para lo cual la resistencia a la compresión se conserva en 74%, la resistencia a la tracción se conserva en 61% y la resistencia a la flexión se conserva en 40%, todo respecto a la resistencia inicial.

Tabla 33. Contratación de hipótesis específica 2

<b>Hipótesis Específica</b>	<b>Métodos aplicados</b>	<b>Resultados Obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
El revestimiento tipo mortero con cal conserva de 60 a 80% las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.	Resistencia a la compresión Resistencia a la tracción Resistencia a la flexión	La resistencia a la compresión se conserva en 74%, la resistencia a la tracción se conserva en 61% y la resistencia a la flexión se conserva en 40% respecto a la resistencia inicial del concreto.	Se valida la hipótesis específica 2 respecto a la compresión y tracción, pero en la flexión se descarta debido a que no está en el rango previsto.

Elaborado por: los autores

**H3:** El revestimiento monocapa tipo piedra conserva de 55 a 75% las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.

Se validó la hipótesis en los resultados a compresión y tracción, pero es nula respecto a la flexión, ya que los resultados obtenidos del concreto con revestimiento monocapa tipo piedra expuesto al fuego, dan una visión real de cómo se comporta el concreto en el lapso de dos horas, para lo cual la resistencia a la compresión se conserva en 73%, la resistencia a la tracción se conserva en 72% y la resistencia a la flexión se conserva en 45%, todo respecto a la resistencia inicial.

Tabla 34. Contrastación de hipótesis específica 3

<b>Hipótesis Específica</b>	<b>Métodos aplicados</b>	<b>Resultados Obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
El revestimiento monocapa tipo piedra conserva de 55 a 75% las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.	Resistencia a la compresión Resistencia a la tracción Resistencia a la flexión	La resistencia a la compresión se conserva en 73%, la resistencia a la tracción se conserva en 72% y la resistencia a la flexión se conserva en 45% respecto a la resistencia inicial del concreto.	Se valida la hipótesis específica 3 respecto a la compresión y tracción, pero en la flexión se descarta debido a que no está en el rango previsto.

Elaborado por: los autores

## 6.2 Contrastación de Antecedentes

### 6.2.1 Contrastación de antecedentes internacionales

Drzymała, Jackiewicz-Rek, Gałaj y Šukys (2018) en su investigación “Assessment of mechanical properties of high strength concrete (hsc) after exposure to high”, se evalúa el concreto de alta resistencia, en el cual resalta el incremento de la resistencia cuando se expone a una temperatura en valor promedio a 300°C y una pérdida considerable cuando es expuesto a más de 600°C;

Se validó la investigación ya que al ser expuesta a temperaturas con valores cercanos también presenta el incremento de resistencia a la compresión en los primeros minutos, que no es un aumento considerable en la compresión pero que, valida el estudio, de igual manera con la tracción, en la cual va en disminución de acuerdo al tiempo y temperatura expuesto.

Tabla 35. Contrastación Antecedente Internacional

<b>Antecedente Internacional</b>	<b>Métodos aplicados</b>	<b>Resultados Obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
Drzymała, Jackiewicz-Rek, Gałaj y Šukys (2018) en su investigación “Assessment of mechanical properties of high strength concrete (hsc) after exposure to high”	Resistencia a la compresión Resistencia a la tracción	La resistencia a compresión a temperatura de 300°C presenta un aumento, cuando alcanza los 600°C ya sufren pérdidas considerables hasta un 65%, respecto a la tracción después de los 450°C ya presenta fisuras y pérdida	Se valida la investigación ya que a poca temperatura en poco lapso de tiempo el concreto adquiere resistencia y al ser expuesto a mayores temperaturas pierde sus propiedades considerablemente tanto a compresión como a tracción.

---

considerable de  
resistencia.

---

Elaborado por: los autores

### 6.2.2 Contratación de antecedentes nacionales

Cobeñas y Janampa (2019) en su tesis “Influencia del proceso de rehidratación de la Resistencia del concreto reforzado con fibra de polipropileno por exposición al fuego directo”, aplicaron fibra de polipropileno y exponen al fuego a compresión, tracción y flexión en temperaturas no mayores a los 450°C en lapsos de tiempo de 2 y 3 horas, lo cual comparan con su concreto patrón en cual pierde resistencia de 32% a compresión, 42% a tracción y 68% a flexión.

Se validó la investigación y la importancia del revestimiento, ya que se logra porcentajes en algunos casos mucho menores a la pérdida de resistencia en el concreto convencional obtenido por Cobeñas y Janampa, incluso siendo las probetas con revestimiento expuestas a mayor temperatura.

Tabla 36. Contratación Antecedente Nacional

<b>Antecedente Nacional</b>	<b>Métodos aplicados</b>	<b>Resultados Obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
Cobeñas y Janampa (2019) en su tesis “Influencia del proceso de rehidratación de la Resistencia del concreto reforzado con fibra de polipropileno por exposición al fuego directo”	Resistencia a la compresión Resistencia a la tracción Resistencia a la flexión	La resistencia a compresión, tracción y flexión de concreto patrón a temperatura de 450°C en 2 horas disminuye en 32% a compresión, 42% a tracción y 68% a flexión	Se valida la investigación ya que, a temperatura mayor en igual tiempo, el concreto con revestimiento presenta un mejor desempeño en cuanto a porcentajes de pérdida de resistencia, resaltando así la importancia de los revestimientos como

---

medida de  
protección.

---

Elaborado por: los autores



## CONCLUSIONES

1. El concreto con revestimiento tipo mortero es el que mejor se comportó respecto a las propiedades mecánicas del concreto cuando es expuesto al fuego, presentando porcentajes mejores a las del tipo mortero con cal y monocapa tipo piedra, resultados que también sirven para confirmar el apoyo que le da el revestimiento al concreto en caso de que ocurra un incendio y se pueda usar como medida pasiva frente a este acontecimiento.
2. El revestimiento mortero cuando se expuso al fuego conservó el 82% de la resistencia a la compresión, el 75% de la resistencia a la tracción y el 56% de la resistencia a la flexión del concreto, en un tiempo de dos horas de exposición, siendo este el que presentó mejor desempeño en la conservación de las propiedades mecánicas del concreto cuando sirve como medida de protección.
3. El revestimiento mortero con cal cuando estuvo expuesto al fuego conservó el 74% de la resistencia a la compresión, el 61% de la resistencia a la tracción y el 40% de la resistencia a la flexión del concreto, en un tiempo de dos horas de exposición, siendo el revestimiento que menos

apoyó al concreto en caso de ser expuesto al fuego, pero aun así se considera que apoyó y sirvió como medida de protección.

4. El revestimiento monocapa tipo piedra cuando estuvo expuesto al fuego conservó el 73% de la resistencia a la compresión, el 72% de la resistencia a la tracción y el 45% de la resistencia a la flexión del concreto, en un tiempo de dos horas de exposición. En compresión presentó un valor similar al mortero con cal, pero en los demás ensayos tuvo mejor comportamiento, sirviendo como medida de protección, y en caso de ser necesario puede ser una segunda opción respecto al revestimiento tipo mortero.

## RECOMENDACIONES

1. Evaluar más tipos de revestimientos usados en edificaciones para dar a conocer en su totalidad cómo se comportan frente a un incendio, y que estos sean prácticos de aplicar, con acabados que se adapten a los diseños.
2. Realizar un estudio de exposición al fuego del concreto con revestimientos en tiempos más prolongados, con exposición equilibrada a altas temperaturas y frente a las distintas clases de fuego que existen.
3. Realizar un estudio de las dosificaciones y espesores en los revestimientos con los que se logre un mejor desempeño frente a la exposición al fuego de las propiedades mecánicas del concreto.
4. Implementar normas de protección pasiva para las edificaciones que presentan peligro a exposición al fuego mediante un incendio, como galerías comerciales, departamentos con instalaciones de gas, entre otros.
5. Analizar la influencia del revestimiento en los muros de albañilería confinada cuando estén expuesto al fuego, para así evaluar la capacidad

portante o resistencia de dicho elemento, detallando dimensiones del muro, así como tipo de ladrillo y juntas.

6. Elevar la presente investigación como precedente para poder realizar diferentes estudios y ensayos para determinar la carga del fuego en las estructuras, y así poder tener una referencia a la hora de diseñar una edificación considerando la carga que genera el fuego.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

Abanto Castillo, F. (1997). Tecnología del Concreto. Lima: San Marcos E.I.R.L.

Academia Nacional de Bomberos de Chile (ANB, 2016). Guía de autoinstrucción N°1: El fuego y los incendios. Primera edición. [https://www.anb.cl/documentos\\_sitio/81229\\_4\\_Guia\\_Fuego.pdf](https://www.anb.cl/documentos_sitio/81229_4_Guia_Fuego.pdf)

Alvarado,G. (2016). Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego. [Tesis de Grado]. Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23040/1/Tesis%201013%20-%20Alvarado%20Aguirre%20Giovanni%20Josu%C3%A9.pdf>

Apaza, K. y Ysarbe, J. (2016). Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y características físicas del concreto patrón. [Tesis de Grado]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/620542/apaza\\_ik.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/620542/apaza_ik.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

RPP Capital (2 de enero de 2017). Municipalidad de Lima declara inhabitable casona afectada por incendio. <https://rpp.pe/lima/actualidad/video-municipio-de-lima-declara-inhabitable-casona-incendiada-en-plaza-dos-de-mayo-noticia-1020685>

Castro, D. (2019). Comportamiento del concreto a altas temperaturas con material reciclado: Polvo de caucho y vidrio sódico cálcico. [Tesis de Grado]. Universidad Señor de Sipán. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6091?show=full>

Castillo, R. Tabla de dosificaciones y equivalencias para la construcción (2014). Lima: Cementos Lima. [https://www.academia.edu/22438766/Dosificacion\\_y\\_Equivalencias\\_en\\_la\\_construccion](https://www.academia.edu/22438766/Dosificacion_y_Equivalencias_en_la_construccion)

Cemix. (2020). Tipos de mortero en la construcción. Monterrey: Cemix. <https://www.cemix.com/tipos-de-mortero-en-la-construccion/>

Chen, H., Yi-Lin, Y. y Chao-Wei T. (2020). Mechanical Properties of Ultra-High Performance Concrete before and after Exposure to High Temperatures Materials. <https://doi.org/10.3390/ma13030770>

Cobeñas, J. y Janampa, C. (2019). Influencia del proceso de rehidratación en la resistencia del concreto reforzado con fibra de polipropileno por exposición al fuego directo. [Tesis de Grado]. Universidad San Martín de Porres. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/5202>

Cordero, A. (2020). Incendios en estructuras de concreto armado. Colegio de Ingenieros del Perú. <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2020/agosto/portal/ing-alfonso-cordero-incendios-en-estructuras-de-concreto-armado.pdf>

El Peruano. (25 de junio de 2017). Piden declarar inhabitable Galería Nicolini por Incendio. <https://elperuano.pe/noticia/57013-piden-declarar-inhabitable-galeria-nicolini-por-incendio>

Drzymala, T., Jackiewicz-Rek, W., Gałaj, J. y Šukys, R. (2018). Assessment of mechanical properties of high strength concrete (HSC) after exposure to high temperature. Journal of Civil Engineering and Management. <https://doi.org/10.3846/jcem.2018.457>

Flores, P. y Reyes, M (2012). Evaluación del efecto del mortero sobre la Resistencia del concreto a compresión al someterlo al fuego. [Tesis de Grado]. Universidad de Carabobo. <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/5007/pflores.pdf?sequence=1>

Figuroa, D. y Bello, J (2018). Evaluación y diagnóstico de la resistencia a compresión y a flexión del concreto simple después de expuesto a 450°C. [Tesis de Grado]. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16408/1/TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Frías, A. y Moreno, D, (2017). Análisis de la resistencia a compresión del concreto expuesto a fuego, elaborado a base de talco industrial como remplazo parcial del agregado fino. [Tesis de Grado]. Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26855>

Herrera, V. y Celis, J (2018). Estudio del Comportamiento de un Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  expuesto al fuego. [Tesis de Grado]. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34730>

Huicho, E. (2017). Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo. [Tesis de Grado]. Universidad Nacional de Ingeniería. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/6158>

Loza Cevallos, V. (2009). Plan de Emergencia Contra Incendios Del Hospital Pediátrico Baca Ortiz. "Tesis de grado para la obtención del grado de Master en Seguridad, Salud y Ambiente". Universidad San Francisco de Quito, Quito. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1093/1/94477.pdf>

Masías, K. (2018). Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso. [Tesis de Grado]. Universidad de Piura, Perú

[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3484/ICl\\_254.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3484/ICl_254.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

NFPA: National Fire Protection Association (2009). Manual de protección contra incendios. Quinta edición, Massachusetts E.U.A

Oncoy, J. (2018). Comportamiento de la resistencia del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  expuesto a cambios bruscos de temperaturas, debido a la extinción de un incendio. (Tesis de Grado). Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27365>

Pacheco, L. (2017). Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. [Tesis de Grado]. Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua. [http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/ujcm/226/Luis\\_TrabajoDeSuficienciaProfesional\\_titulo\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/ujcm/226/Luis_TrabajoDeSuficienciaProfesional_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Propamsa. (2020). Sistema de aplicación y acabado monocapa piedra. Barcelona: Grupo Cementos Molins. <https://www.propamsa.es/soluciones/sistemas-aplicacion-y-acabado-monocapa-piedra/>

Solano Ortega, M. (2003). Diseño de mezclas de concreto con agregado grueso del tajo chopo. Instituto Tecnológico de Costa Rica. [Tesis de Grado]. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2688/Informe\\_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2688/Informe_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rivva López, E. (2013). Diseño de Mezclas. Lima: ICG.

Urrego, M. (2021). Efectos del fuego en las estructuras de concreto armado respecto a otros materiales estructurales y la necesidad de los sistemas de protección. [Tesis de Grado]. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/1968/Efectos%20del%20fuego%20en%20las%20estructuras%20de%20concreto%20armado%20respecto%20a%20otros%20materiales%20estructurales%20y%20la%20>




necesidad%20de%20los%20sistemas%20de%20protecci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Matriz de consistencia	121
Anexo 2: Certificados de ensayo de laboratorio	122

# MATRIZ DE CONSISTENCIA

 <b>USMP</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura					
<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>					
<b>INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES, EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA</b>					
Elaborado por: Giorgio Alexander Fernández Serrano Daniel Eduardo Alvarado Gonzales					
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicador	Metodología
Problema central	Objetivo general	Hipótesis general	Variable dependiente		Diseño
¿Qué tipo de revestimiento presenta mejor comportamiento en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima?	Determinar que tipo de revestimiento presenta mejor comportamiento en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima	El revestimiento tipo mortero brindará un mejor comportamiento en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.	Propiedades mecánicas	Cálculo de la resistencia a la compresión del concreto	Tipo de Investigación: Cuantitativa
					Nivel de Investigación: Aplicada
					Diseño de Investigación: Diseño experimental
Problemas secundarios	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			Muestra
¿Cuál es la influencia del revestimiento tipo mortero en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima?	Determinar la influencia del revestimiento tipo mortero en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima	El revestimiento tipo mortero conserva de 70 a 85% las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.		Cálculo de la resistencia a la tracción del concreto por compresión diametral	La muestra está compuesta por 54 probetas cilíndricas de 4x8 pulg. y 15 probetas rectangulares de 15x50x50 cm, a las cuales se les aplicará los tipos de revestimiento para luego ser ensayadas.
				Cálculo de la resistencia a la flexión del concreto	
¿Cuál es la influencia del revestimiento tipo mortero con cal en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima?	Determinar la influencia del revestimiento tipo mortero con cal en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima	El revestimiento tipo mortero con cal conserva de 60 a 80% las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.	Variable independiente	Indicador	Instrumentos
			Tipo de revestimiento	Mortero con cal	Programa Excell Soplete de fuego Pímetro digital
¿Cuál es la influencia del revestimiento monocapa tipo piedra en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima?	Determinar la influencia del revestimiento monocapa tipo piedra en las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima	El revestimiento monocapa tipo piedra conserva de 55 a 75% las propiedades mecánicas del concreto expuesto al fuego en edificios comerciales y multifamiliares, en la provincia y departamento de Lima.			Mono capa tipo piedra
				Mortero	El procedimiento será tener probetas patrón como parámetro inicial, para luego a las demás probetas aplicarles los distintos tipos de revestimiento, con el propósito de posteriormente exponerlas al fuego. Finalmente después de ser quemadas serán sometidas a los ensayos a compresión, tracción y flexión.

# CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



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

[www.mtlgeotecniasac.com](http://www.mtlgeotecniasac.com)

informes@mtlgeotecniasac.com

<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b>	Código: FOR-LAB-CON-MT-01
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CINLÍDRICO</b>	Revisión: 3
	Aprobado: CC-MTL
	Fecha: 04/05/2022

<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b>	
ASTM C39 - NTP 338.034	
<b>PROYECTO</b>	: INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO EN EDIFICIOS
<b>SOLICITANTE</b>	: COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES, EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA*
<b>UBICACIÓN</b>	: Casco Alvarado Gonzales
<b>EXPEDIENTE N°</b>	: Lima, Perú
<b>Centers</b>	: ..
<b>Materia</b>	: Pruebas de concreto de 10 cm x 20 cm
<b>N° Muestra</b>	: Indicado
<b>Aprobado por:</b>	GCM
<b>Ensayado por:</b>	GCM
<b>Fecha de ensayo:</b>	04/05/2022

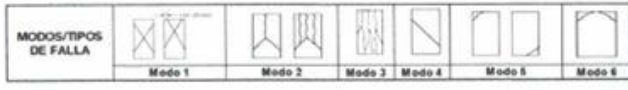
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>
ASTM C39 - NTP 338.034

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Tipo de muestra: Moldeado  
 Clasificación: -  
 Resistencia de Diseño: 210 Ag/cm<sup>2</sup>  
 Velocidad de carga: 2.55 Ag/cm<sup>2</sup>s

**B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPEROS	FECHA DE VINCULO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	LD	AREA mm <sup>2</sup>	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 a 6)	F.C. E/D	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F <sub>o</sub> Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F <sub>o</sub>
Fuego 14	27/04/2022	4/05/2022	7	2.0	78.5	18691.1	5	1.00	238.0	210.0	113.3
Fuego 08	27/04/2022	4/05/2022	7	2.0	78.5	21587.2	2	1.00	275.0	210.0	130.9
Fuego 53	27/04/2022	4/05/2022	7	2.0	78.5	22871.9	2	1.00	291.2	210.0	138.7



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

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

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código	FORM-LAB-CON-001/E1
		Revisión	1
		Aprobado	DC-MTL
		Fecha	20/10/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C09 - NTP 309.004			
PROYECTO	INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES, EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA*		
SOLICITANTE	Dra. Alvarado Godara		
UBICACIÓN	Lima, Perú		
EXPEDIENTE N°	-		
Cantón	-		Aprobado por: DCM
Materia	Pruebas de concreto de 10 cm x 20 cm		Empleado por: DCM
N° Muestras	Indicada		Fecha de ensayo: 11/05/2022
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b> ASTM C09 - NTP 309.004			

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Tipo de muestra: Moldado  
 Clasificación: -  
 Resistencia de Diseño: 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 Velocidad de carga: 2.55 kg/cm<sup>2</sup>/s

**B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:**

EDIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE SACADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	LD	AREA cm <sup>2</sup>	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 a 6)	F/C (1/3)	ESPESOR (kg/cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% F <sub>c</sub>
FUEGO - 5	27/04/2022	11/05/2022	14	2.0	78.5	22168.3	5	1.00	282.3	210.0	134.4
FUEGO - 18	27/04/2022	11/05/2022	14	2.0	78.5	26064.2	5	1.00	319.1	210.0	152.0
FUEGO - 26	27/04/2022	11/05/2022	14	2.0	78.5	22168.7	5	1.00	282.5	210.0	134.5



**OBSERVACIONES:**

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

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

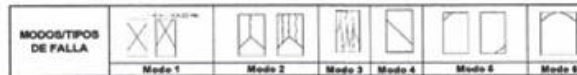
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código:	FORMACIÓN 261.01
		Revisión:	2
		Aprobado:	CC-MTL
		Fecha:	26/05/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C09 - NTP 338.034			
PROYECTO	"INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA"		
SOLICITANTE	Doris Alvarado Gonzalez		
UBICACIÓN	Lima, Perú		
EXPEDIENTE N°	-		
Centros	Material		Aprobado por: SICM
N° Muestra	Pruebas de concreto de 10 cm x 20 cm (cubierto)		Ensayado por: SICM
		Fecha de ensayo: 25/05/2022	
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b> ASTM C09 - NTP 338.034			

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Tipo de muestra: Moldado  
 Descripción: \_\_\_\_\_  
 Resistencia de Diseño: 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 Velocidad de carga: 2.55 kg/cm<sup>2</sup>/s

**B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPROBADA	FECHA DE VINCULO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	LD	AREA mm <sup>2</sup>	FUERZA RAJADA kgf	Modo de falla (1 a 6)	F.L. L/D	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F <sub>i</sub> Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F <sub>i</sub>
FUEGO	27/04/2022	25/05/2022	28	2.0	78.5	26502.0	5	1.00	337.4	210.0	160.7
FUEGO	27/04/2022	25/05/2022	28	2.0	78.5	29183.8	3	1.00	371.6	210.0	176.9
FUEGO	27/04/2022	25/05/2022	28	2.0	78.5	27093.4	5	1.00	345.0	210.0	164.3



**OBSERVACIONES:**

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

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

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código	FOR-LAB-COR-001.01
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	26/05/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C39 - NTP 339.034			
PROYECTO	"INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES, EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA"		
SOLOCIANTE	César Alejandro González		
UBICACIÓN	Lima, Perú		
EXPEDIENTE N°	-		
Cantón	-		
Materia	Probetas de concreto de 10 cm x 20 cm		Aprobado por: GCM
N° Muestra	Indicado		Ensayado por: GCM Fecha de ensayo: 26/05/2022
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b> ASTM C39 - NTP 339.034			

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Tipo de muestra: Moldeado  
 Clasificación: -  
 Resistencia de Diseño: 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 Velocidad de carga: 2.55 kg/cm<sup>2</sup>/s

**B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPERÓN	FECHA DE VACADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	LD	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	FUERZA MÁXIMA (kgf)	Modo de falla (1 a 6)	F.C. (1.0)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% F <sub>c</sub>
FUEGO 1	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	29795.6	5	1.00	379.4	210	180.7
FUEGO 2	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	30621.6	2	1.00	389.9	210	185.7
FUEGO 3	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	25635.3	2	1.00	326.4	210	155.4
FUEGO 4	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	24931.7	5	1.00	317.4	210	151.2
FUEGO 5	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	23636.6	5	1.00	301.0	210	143.3
FUEGO 6	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	21556.5	5	1.00	274.5	210	130.7
FUEGO 7	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	26746.7	5	1.00	340.5	210	162.2
FUEGO 8	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	29938.4	2	1.00	381.2	210	181.5
FUEGO 9	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	26666.2	2	1.00	339.5	210	161.7
FUEGO 10	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	22708.7	5	1.00	289.1	210	137.7
FUEGO 11	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	21291.3	2	1.00	271.1	210	129.1
FUEGO 12	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	19088.8	5	1.00	243.0	210	115.7
FUEGO 13	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	26124.7	2	1.00	332.6	210	158.4
FUEGO 14	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	25387.8	2	1.00	324.2	210	154.4
FUEGO 15	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	24717.5	2	1.00	314.7	210	149.9
FUEGO 16	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	24615.6	5	1.00	313.4	210	149.2
FUEGO 17	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	19394.7	5	1.00	246.9	210	117.6
FUEGO 18	27/04/2022	26/05/2022	29	2.0	78.5	20791.7	2	1.00	264.7	210	126.1



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

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
	MTL GEOTECNIA S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos Elmer Moreno Huaman C.I.P. N° 27490	MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-128
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO CILÍNDRICO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

TEBIS	*INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES, EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA*		
SOLICITANTE	Daniel Alvarado Gonzales	REALIZADO POR :	GCM
CÓDIGO	-	REVISADO POR :	GCM
UBICACIÓN	Lima, Perú	FECHA DE ENSAYO :	Indicada
FECHA DE EMISIÓN	4/05/2022	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	-		
Presentación	Diseño Patrón		
F <sub>c</sub> de diseño	210 kg/cm <sup>2</sup>		

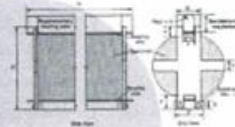
RESISTENCIA A LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C495

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM <sup>2</sup> )
Fuego 34 - H	27/04/2022	4/05/2022	7 días	10	6987.0	21 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego 32 - H	27/04/2022	4/05/2022	7 días	10	6679.2	21 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego 20 - H	27/04/2022	4/05/2022	7 días	10	9004.1	29 kg/cm <sup>2</sup>

OBSERVACIONES:

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

© MTC 2008 - 04\*



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto, Asfalto Eduardo Moreno Huamani Ingeniero Civil C. P. N. 21098	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

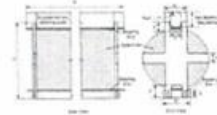


LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO		Código	AE-FO-128
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO CILÍNDRICO		Versión	01
			Fecha	20-04-2018
			Página	1 de 1
TEMA	"INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES, EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA"			
SOLICITANTE	Daniel Alvarado Gonzales		REALIZADO POR :	GCM
CÓDIGO	-		REVISADO POR :	GCM
UBICACIÓN	Lima, Perú		FECHA DE ENSAYO :	Indicado
FECHA DE EMISIÓN	11/05/2022		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	-			
Presentación	Diseño Patrón			
F <sub>c</sub> de diseño	210 kg/cm <sup>2</sup>			

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

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM <sup>2</sup> )
Fuego 13	27/04/2022	11/05/2022	14 días	10	906.9	29 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego 20	27/04/2022	11/05/2022	14 días	10	900.1	31 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego 49	27/04/2022	11/05/2022	14 días	10	928.9	29 kg/cm <sup>2</sup>

© ASTM C496 - 04<sup>1</sup>



OBSERVACIONES:

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

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

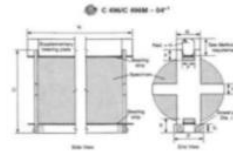
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO		Código	AE-FO-125	
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO CILÍNDRICO			Versión	01
				Fecha	30-04-2018
				Página	1 de 1
TESIS	: "INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES, EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA"				
SOLICITANTE	: Daniel Alvarado Gonzales	REALIZADO POR :	GCM		
CÓDIGO	: --	REVISADO POR :	GCM		
UBICACIÓN	: Lima, Perú	FECHA DE ENSAYO :	Indicado		
FECHA DE EMISIÓN	: 25/05/2022	TURNO :	Diurno		
Tipo de muestra	: -				
Presentación	: Diseño Patón				
Fc de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>				

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

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM <sup>2</sup> )
Fuego	27/04/2022	25/05/2022	28 días	10	10187.0	32 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego	27/04/2022	25/05/2022	28 días	10	11142.03	35 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego	27/04/2022	25/05/2022	28 días	10	9024.5	29 kg/cm <sup>2</sup>

OBSERVACIONES:

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



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Esteban Moreno Huamani Ingeniero Civil P. N. 21468 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-125
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO CILÍNDRICO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

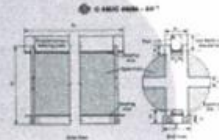
<b>TEMA</b>	"INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES, EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA"		
<b>SOLICITANTE</b>	Daniel Alvarado Gonzalez	<b>REALIZADO POR</b>	GCM
<b>CÓDIGO</b>	---	<b>REVISADO POR</b>	GCM
<b>UBICACIÓN</b>	Lima, Perú	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	Indicada
<b>FECHA DE EMISIÓN</b>	26/05/2022	<b>TURNO</b>	Duero
<b>Tipo de muestra</b>	--		
<b>Presentación</b>	: Doble Patrón		
<b>Po de diseño</b>	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

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

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM <sup>2</sup> )
Fuego T1	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	12073.8	38 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T2	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	9962.7	32 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T3	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	9638.4	31 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T4	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	9228.5	29 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T5	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	8096.0	26 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T6	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	7005.5	22 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T7	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	9299.8	30 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T8	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	7097.3	23 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T9	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	7566.1	24 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T10	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	7565.1	24 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T11	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	8567.5	18 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T12	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	8567.0	21 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T13	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	7974.2	25 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T14	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	10125.8	32 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T15	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	7362.8	24 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T16	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	8841.0	28 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T17	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	7525.5	24 kg/cm <sup>2</sup>
Fuego T18	27/04/2022	26/05/2022	29 días	10	8913.7	22 kg/cm <sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

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



Elaborado por:  <b>Jefe de Laboratorio</b>	Revisado por:  <b>Ingeniero de Suelos y Pávimentos</b>	Aprobado por:  <b>CONTROL DE CALIDAD MTL GEOTECNIA</b>
---	---	--

informes@mtlgeotecniasac.com

**CERTIFICADO DE ENSAYO**  
**RESISTENCIA DE FLEXIÓN DEL CONCRETO**  
**(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)**

Código:	FORLAB-CON-003.01
Revisión:	0
Aprobado:	CC-MTL
Fecha:	01/11/2021

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
**NTP 339.078 - ASTM C78**

REFERENCIA : Ensayo de Tesis en Laboratorio  
SOLICITANTE : Daniel Alvarado Gonzales  
TESIS : INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA\*  
LOCALIZACIÓN : Lima, Perú  
Fecha de ensayo: 04/05/2022

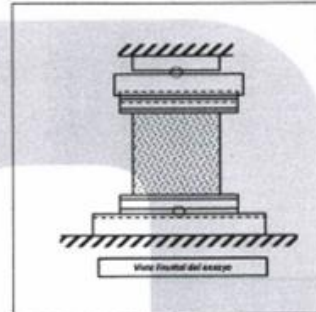
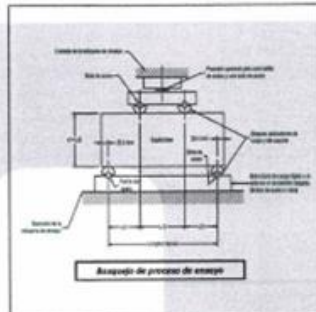
**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 210 KG/CM<sup>3</sup>  
DESCRIPCIÓN: Resistencia a la flexión del concreto a los 7 días

**B) DATA DE ENSAYO:**

No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Identificación	VIGA FUEGO 4	VIGA FUEGO 5	-						
Altura "h" (mm)	150.0	150.0	-						
Ancho "b" (mm)	150.0	150.0	-						
Distancia entre apoyos "L" (mm)	450.0	450.0	-						
Carga Máxima (kg-f)	3048.9	2946.9	-						
Posición de Flexión	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	-						
Distancia entre la rótula y el apoyo más cercano "a" (mm)	-	-	-						
Módulo de Rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	40.65	39.29	-						
	PROMEDIO			PROMEDIO				PROMEDIO	
	39.97								

FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio <5%	Fuera del Tercio Medio > 5%
	$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3Pa}{bd^2}$	Descartado



OBSERVACIONES:  
\* Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.  
\* El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido; el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm<sup>2</sup>.

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



<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b>		Código	FOR-LAB-CON-003.01
<b>RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO</b>		Revisión	3
<b>(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)</b>		Aprobado	CC-WTL
		Fecha	01/12/21

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
**NTP 339.078 - ASTM C78**

REFERENCIA: Ensayo de Tesis en Laboratorio  
SOLICITANTE: Daniel Alvarado Gonzales  
TESIS: "INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA"  
LOCALIZACIÓN: Lima, Perú Fecha de ensayo: 11/05/2022

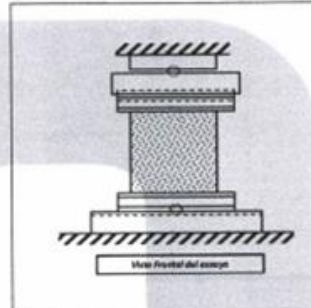
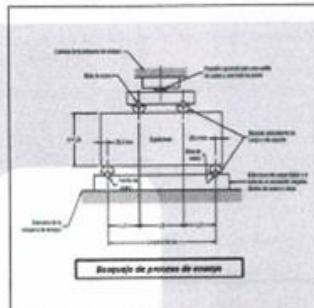
**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 210 KG/CM<sup>3</sup>  
DESCRIPCIÓN: Resistencia a la flexión del concreto a los 14 días.

**B) DATA DE ENSAYO:**

Nº de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Identificación	VIGA FUEGO 4	VIGA FUEGO 5	-						
Alcance "h" (mm)	150.0	150.0	-						
Ancho "b" (mm)	150.0	150.0	-						
Distancia entre apoyos "l" (mm)	450.0	450.0	-						
Carga Máxima (kg-f)	3426.2	3670.9	-						
Posición de Fractura	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio							
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "x" (mm)	-	-	-						
Módulo de Ruptura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	45.68	48.95	-						
	PROMEDIO								
	47.31								

FORMULAS	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio <math>\leq 5\%</math>	Fuera del Tercio Medio > 5%
	$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3Pa}{bd^2}$	Descartado



**OBSERVACIONES:**  
\* Prohíbese la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.  
\* El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido; el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm<sup>2</sup>.

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

**CERTIFICADO DE ENSAYO**  
**RESISTENCIA DE FLEXIÓN DEL CONCRETO**  
**(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)**

Código	FOR-LAB-CON-003.01
Revisión	0
Aprobado	CC-MTL
Fecha	8/11/2021

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
**NTP 339.078 - ASTM C78**

REFERENCIA : Ensayo de Tesis en Laboratorio  
SOLICITANTE : Daniel Alvarado González  
TESIS : "INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES. EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA"  
LOCALIZACIÓN : Lima, Perú Fecha de ensayo: 28/06/2022

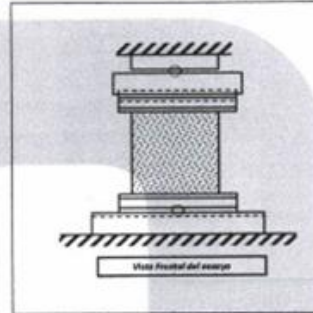
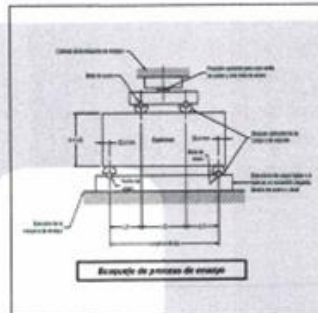
**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 210 KG/CM<sup>3</sup>  
DESCRIPCIÓN: Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días

**B) DATA DE ENSAYO:**

No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Identificación	VIGA FUEGO 4	VIGA FUEGO 5	-							
Altura "h" (mm)	150.0	150.0	-							
Ancho "b" (mm)	150.0	150.0	-							
Distancia entre apoyos "l" (mm)	450.0	450.0	-							
Carga Máxima (kg-f)	3856.4	3854.7	-							
Posición de Fractura	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	-							
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "r" (mm)	-	-	-							
Módulo de Ruptura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	52.75	51.53	-							
	PROMEDIO			PROMEDIO			PROMEDIO			
	52.14			-			-			

FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio < 5%	Fuera del Tercio Medio > 5%
	$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3Pa}{bd^2}$	Descartado



**OBSERVACIONES:**  
\* Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.  
\* El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido, el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm<sup>2</sup>.

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

Informes@mtlgeotecniasac.com	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b>	Código	FOR-LAB-CON-003.01
	<b>RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO</b>	Revisión	0
	<b>(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)</b>	Aprobado	CC-MTL
		Fecha	8/11/2021

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
**NTP 339.078 - ASTM C78**

REFERENCIA : Ensayo de Tesis en Laboratorio  
SOLICITANTE : Daniel Alvarado Gonzalez  
TESIS : INFLUENCIA DEL TIPO DE REVESTIMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO EN EDIFICIOS COMERCIALES Y MULTIFAMILIARES EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA\*  
LOCALIZACIÓN : Lima, Perú Fecha de ensayo: 27/05/2022

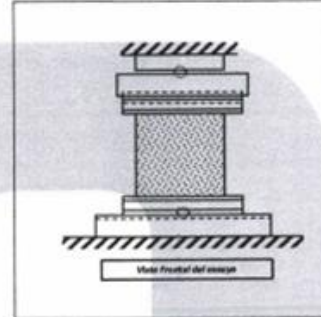
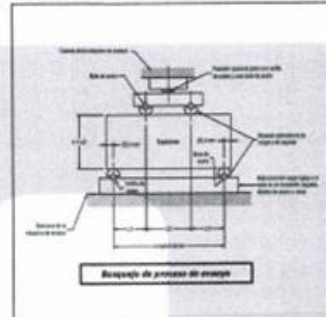
**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 210 KG/CM2  
DESCRIPCIÓN: Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días

**B) DATA DE ENSAYO:**

No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Identificación	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8	F-9
Altura "h" (mm)	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Ancho "b" (mm)	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Distancia entre apoyos "L" (mm)	450	450	450	450	450	450	450	450	450
Carga Máxima (kg-f)	3467.0	2314.7	2161.8	2304.5	2283.7	1590.1	2895.9	1806.4	1754.1
Posición de Fractura	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "a" (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Módulo de Rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	46.23	30.86	28.62	30.73	30.18	20.80	38.81	25.15	23.62

FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio < 5%	Fuera del Tercio Medio > 5%
	$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3Pa}{bd^2}$	Descartado



**OBSERVACIONES:**  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.  
\* El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido; el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm<sup>2</sup>.

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