



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**AISLANTE RETARDADOR AL FUEGO RELACIONADO A LA  
RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO ESTRUCTURAL  
SOMETIDO A TEMPERATURAS DE 400°C Y 600°C.**

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

**AUTORES:**

Huamani Malpartida Carlos Jorge Luis (0000-0001-9665-4428)

Villarroel Hanco Guillermo (0000-0002-4875-9871)

**ASESOR:**

Mg. Villegas Martínez Carlos Alberto (0000-0002-49268556)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL**

LIMA – PERÚ

2020

## DEDICATORIA

Tesista:

Huamani Malpartida Carlos Jorge  
Luis

En primer lugar, a DIOS, quien me sostuvo mentalmente en todo mi recorrido de mi carrera. Así también a mi PADRE y MADRE quienes me dieron un apoyo incondicional.

Tesista:

Villarroel Hanco Guillermo  
A DIOS, por haberme permitido alcanzar una de mis metas. A cada uno de los integrantes de mi FAMILIA, por brindarme su apoyo en la realización de este trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS, por siempre ser nuestra fortaleza en cada momento de nuestra vida. A nuestros PADRES, por habernos dado la vida y siempre haber sido nuestro apoyo incondicional. A cada uno de los integrantes de nuestra FAMILIA, por brindarnos su apoyo en la realización de este proyecto. A nuestro Asesor Mg. Villegas Martínez Carlos Alberto por su asesoría y colaboración en la ejecución de este proyecto. Al Mg. Choque Flores, por su ayuda y colaboración a lo largo de nuestra carrera.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLA.....	v
ÍNDICE DE FIGURA.....	ix
ÍNDICE DE GRAFICO.....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	22
3.2. Variables y operacionalización.....	23
3.3 Población, muestra y muestreo.....	26
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	29
3.5. Procedimientos .....	30
3.6. Métodos de análisis de datos.....	30
3.7. Aspectos éticos .....	30
IV. RESULTADOS.....	31
V. DISCUSIÓN .....	100
VI. CONCLUSIONES .....	101
VII. RECOMENDACIONES .....	103
REFERENCIAS.....	104
ANEXO.....	111



## ÍNDICE DE TABLA

Tabla N° 1: Límites de granulometría de agregado grueso .....	10
Tabla N° 2: Límites de granulometría de agregado fino .....	10
Tabla N° 3: Rango de temperatura, coloración y daño en el concreto.....	15
Tabla N° 4: Matriz de Operacionalización .....	25
Tabla N° 5: Cantidad de probetas a realizar .....	27
Tabla N° 6: Cantidad de vigas a realizar .....	28
Tabla N° 7: Análisis granulométrico - Agregado fino .....	31
Tabla N° 8: Propiedades físicas - Agregado fino.....	32
Tabla N° 9: Análisis granulométrico - Agregado grueso .....	33
Tabla N° 10: Propiedades físicas - Agregado grueso.....	34
Tabla N° 11: Análisis de ensayo a flexión de viga patrón sin exposición.....	38
Tabla N° 12: Análisis de ensayo a compresión de probeta patrón sin exposición .....	40
Tabla N° 13: Análisis de ensayo a compresión de probeta patrón sin exposición .....	48
Tabla N° 14: Cuadro de resultado de rotura de probetas patrón o sin aislante .....	52
Tabla N° 15: Cuadro de rotura de probetas con 3 capas aislante .....	52
Tabla N° 16: Cuadro de rotura de probetas con 6 capas aislante .....	53
Tabla N° 17: Resistencia obtenida de la rotura de probetas a compresión a una temperatura de 400 °C .....	53
Tabla N° 18: Cuadro de rotura de probetas patrón o sin aislante.....	55
Tabla N° 19: Cuadro de rotura de probetas con 3 capas aislante .....	55
Tabla N° 20: Cuadro de rotura de probetas con 6 capas aislante .....	56
Tabla N° 21: Resistencia obtenida de la rotura de probetas a compresión a una temperatura de 600 °C .....	56
Tabla N° 22: Cuadro de rotura de vigas patrón o sin aislante .....	58
Tabla N° 23: Cuadro de rotura de vigas con 3 capas aislante.....	58
Tabla N° 24: Cuadro de rotura de vigas con 6 capas aislante.....	59
Tabla N° 25: Resistencia obtenida de la rotura de las vigas a flexión a una temperatura de 400 °C .....	59
Tabla N° 26: Cuadro de rotura de vigas patrón o sin aislante .....	61
Tabla N° 27: Cuadro de rotura de vigas con 3 capas aislante.....	61
Tabla N° 28: Cuadro de rotura de vigas con 6 capas aislante.....	62

Tabla N° 29: Resistencia obtenida de la rotura de las vigas a flexión a una temperatura de 600 °C .....	62
Tabla N° 30: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25 minutos a una temperatura de 400 °C	64
Tabla N° 31: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25 minutos a una temperatura de 400 °C .....	64
Tabla N° 32: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25 minutos a una temperatura de 400 °C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.....	65
Tabla N° 33: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión con HSD Tuke..	65
Tabla N° 34: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40 minutos a una temperatura de 400 °C	67
Tabla N° 35: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40 minutos a una temperatura de 400 °C .....	67
Tabla N° 36: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40 minutos a una temperatura de 400°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.....	68
Tabla N° 37: Subconjunto homogéneos de la resistencia a la compresión con HSD .....	68
Tabla N° 38: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60 min a una temperatura 400°C.....	70
Tabla N° 39: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60 min a una temperatura de 400°C.....	70
Tabla N° 40: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60 minutos a una temperatura de 400°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.....	71
Tabla N° 41: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión con HSD Tuke..	71
Tabla N° 42: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25 minutos a una temperatura de 600 °C	73
Tabla N° 43: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25 minutos a una temperatura de 600°C .....	73
Tabla N° 44: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25 minutos a una temperatura de 600°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.....	74

Tabla N° 45: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión con HSD Tuke..	74
Tabla N° 46: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40 minutos a una temperatura de 600°C .	76
Tabla N° 47: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40 minutos a una temperatura de 600°C .....	76
Tabla N° 48: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40 min a una temperatura de 600°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.....	77
Tabla N° 49: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión con HSD Tuke..	77
Tabla N° 50: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 600°C.....	79
Tabla N° 51: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 600°C .....	79
Tabla N° 52: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 600°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.....	80
Tabla N° 53: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión con HSD Tuke..	80
Tabla N° 54: : Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25min a una temperatura de 400°C .....	82
Tabla N° 55: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25min a una temperatura de 400°C .....	82
Tabla N° 56: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25min a una temperatura de 400°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.....	83
Tabla N° 57: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la flexión con HSD Tuke.....	83
Tabla N° 58: Datos estadísticos descriptivos de la Resistencia a la Flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40min a una temperatura de 400°C .....	85
Tabla N° 59: Datos estadísticos Anova de la Resistencia a la Flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40min a una temperatura de 400°C .....	85
Tabla N° 60: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40min a una temperatura de 400°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.....	86
Tabla N° 61: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la flexión con HSD Tuke.....	86

Tabla N° 62: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 400°C.....	88
Tabla N° 63: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 400°C.....	88
Tabla N° 64: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 400°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.....	89
Tabla N° 65: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la flexión con HSD Tuke.....	89
Tabla N° 66: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25min a una temperatura de 600°C.....	91
Tabla N° 67: Datos estadísticos Anova de la Resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25min a una temperatura de 600°C.....	91
Tabla N° 68: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25min a una temperatura de 600°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.....	92
Tabla N° 69: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la flexión con HSD Tuke.....	92
Tabla N° 70: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40min a una temperatura de 600°C.....	94
Tabla N° 71: Datos estadísticos Anova de la Resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40min a una temperatura de 600°C.....	94
Tabla N° 72: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40min a una temperatura de 600°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.....	95
Tabla N° 73: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la flexión con HSD Tuke.....	95
Tabla N° 74: Datos estadísticos descriptivos de la Resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 600°C.....	97
Tabla N° 75: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 600°C.....	97
Tabla N° 76: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 600°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.....	98
Tabla N° 77: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la flexión con HSD Tuke.....	98

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura N° 1 Símbolo del fuego clase A.....	12
Figura N° 2: Símbolo del fuego clase B.....	12
Figura N° 3: Símbolo del fuego clase C .....	13
Figura N° 4: Símbolo del fuego clase D .....	13
Figura N° 5: Símbolo del fuego tipo K .....	14
Figura N° 6: Ejemplo de una viga que fue expuesta al fuego.....	15
Figura N° 7: Ensayo de resistencia a compresión de una probeta cilíndrica.....	17
Figura N° 8: Tipos de fracturas de resistencia a compresión .....	17
Figura N° 9: Representación adecuada de ensayar las vigas a flexión.....	19
Figura N° 10: Pintura esmalte ignifuga retardora al fuego.....	21
Figura N° 11: Elaboración de la mezcla .....	36
Figura N° 12: Elaboración de las vigas patrón .....	37
Figura N° 13: Ensayo a flexión viga patrón sin exposición ni recubrimiento .....	38
Figura N° 14: Ensayo a compresión de probeta patrón sin exposición .....	39
Figura N° 15: Horno artesanal cilíndrico.....	40
Figura N° 16: Detalle del horno artesanal cilíndrico .....	41
Figura N° 17: Termómetro digital infrarrojo UT302C .....	41
Figura N° 18: : Pintura Ignifuga retardadora al fuego (Aislante) .....	42
Figura N° 19: Medidor de Espesor de capa húmeda.....	42
Figura N° 20: Diluyente del aislante .....	43
Figura N° 21: Compresora de aire ( Equipo para pintado) .....	43
Figura N° 22: Verificación del slump .....	44
Figura N° 23: Elaboración masiva .....	45
Figura N° 24: Aplicación del aislante en las probetas y vigas .....	46
Figura N° 25: Medidor de espesor de capa húmeda de muestras de 3 capas .....	46
Figura N° 26: Exposición de probetas y vigas al horno artesanal .....	47
Figura N° 27: Control de temperatura en las muestras expuesta al fuego .....	48
Figura N° 28: Probetas con exposición al fuego.....	49
Figura N° 29: Probetas con exposición al fuego.....	50
Figura N° 30: Vigas con exposición al fuego .....	50
Figura N° 31: Ensayo a flexión .....	51

## ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfica N° 1: Curva de granulometría - Agregado fino.....	32
Gráfica N° 2: Curva de granulometría - Agregado grueso.....	33
Gráfica N° 3: Resistencia a compresión en función del tiempo de exposición y al número de capas.....	54
Gráfica N° 4: Resistencia a compresión en función del tiempo de exposición y al número de capas.....	57
Gráfica N° 5: Resistencia a flexión en función del tiempo de exposición y al número de capas.....	60
Gráfica N° 6: Resistencia a flexión en función del tiempo de exposición y al número de capas.....	63
Gráfica N° 7: Media de la resistencia a la compresión Vs Números de capas .....	66
Gráfica N° 8: Media de la resistencia a la compresión vs números de capas .....	69
Gráfica N° 9: Media de la resistencia a la compresión vs números de capas .....	72
Gráfica N° 10: Media de la resistencia a la compresión vs números de capas .....	75
Gráfica N° 11: Media de la resistencia a la compresión vs números de capas .....	78
Gráfica N° 12: Media de la resistencia a la compresión vs números de capas .....	81
Gráfica N° 13: Media de la resistencia a la flexión vs números de capas .....	84
Gráfica N° 14: Media de la resistencia a la flexión vs números de capas .....	87
Gráfica N° 15: Media de la resistencia a la flexión vs números de capas .....	90
Gráfica N° 16: Media de la resistencia a la flexión vs números de capas .....	93
Gráfica N° 17: Media de la resistencia a la flexión vs números de capas .....	95
Gráfica N° 18: Media de la resistencia a la flexión vs números de capas .....	99

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación sobre el efecto a la resistencia a compresión y flexión de un elemento de concreto recubierto con el aislante retardante expuesto al fuego a una temperatura de 400°C y 600°C, para lo cual se realizó un diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , elaboración y curado de especímenes en laboratorio. Las muestras elaboradas se clasifican en 2 tipos, las no expuestas al fuego y las muestras expuestas al fuego a una temperatura de 400°C y 600°C en un intervalo de tiempo de 25, 40 y 60 minutos recubierto con un aislante retardante ignífugo.

La metodología del diseño que se empleo fue experimental, trabajando con una muestra de 108 testigos, dividiéndose en 3 grupos que son patrón, 3 capas y 6 capas. Los resultados fueron trabajados en un horno cilíndrico donde la temperatura fue controlada por un termómetro infrarrojo laser con certificación ISO 9001 en el distrito de Vitarte – Lima.

Como resultado se tuvo que el concreto a los 28 días de secado fue expuesto a 6 capas con el aislante retardante tiende a perder menos resistencia que el concreto recubierto con 3 capas de aislante retardante expuesto a los 400°C, las muestras expuestas a 600°C tienden a perder resistencia prolongadamente; donde la probeta patrón tiende a perder mayor resistencia, siguiéndolo la muestra de 3 capas y la muestra de 6 capas

Palabras clave: Concreto, cambio, brusco, temperatura, resistencia.

## ABSTRACT

The present research work on the effect of compressive and flexural strength of a concrete element coated with the retardant insulation exposed to fire at a temperature of 400 ° C and 600 ° C, for which a mixture design  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ , preparation and curing of specimens in the laboratory. The processed samples are classified into 2 types, those not exposed to fire and samples exposed to fire at a temperature of 400 ° C and 600 ° C in a time interval of 25, 40 and 60 min coated with a fire retardant retardant insulation.

The design methodology that was used was experimental, working with a sample of 108 controls, divided into 3 standard groups, 3 layers and 6 layers. The results were processed in a cylindrical oven where the temperature was controlled by an infrared laser thermometer with ISO 9001 certification in the Vitarte – Lima district.

As a result, the concrete at 28 days of drying was exposed to 6 layers with the retardant insulation tends to lose less resistance than the concrete covered with 3 layers of retardant insulation exposed to 400 ° C, the samples exposed to 600 ° C tend to lose stamina for a long time; where the standard specimen tends to lose greater resistance, followed by the 3-layer sample and the 6-layer sample

**Keywords: Concrete, change, abrupt, temperature, resistanc**



# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Realidad problemática**

En la actualidad la población está creciendo de manera continua debido a varias razones económicas, sociales y entre otras. Así que gracias a ello la necesidad de la sociedad va creciendo y a la vez también crece la necesidad de nuevas construcciones de viviendas, hospedajes, entretenimiento, centros comerciales entre otros.

En la ingeniería civil tiene que responder ante estas necesidades, ya que abarcamos mucho en el sector de la construcción, debido a que el ámbito laboral es amplio.

Así también, como crece la necesidad de nuevas construcciones de edificaciones, el concreto es uno de los materiales más comercializados a nivel mundial en las edificaciones. Eso quiere decir que en todas las edificaciones vas a encontrar el concreto implementado. Las edificaciones son estructuras diseñadas por los ingenieros civiles, pero también hay que recordar que las estructuras pueden estar expuesto a diferentes eventos y ambientes. Pero ubicándonos en la ciudad, las estructuras están expuestas en los últimos años a incendios, eventos donde se dificulta su control y su propagación haciendo que en poco tiempo la vida de muchas personas esté en peligro, a veces ocasionando la muerte por asfixia, además en la que la estructura se encuentra expuesto a altas temperaturas. En nuestro país ya hubo acontecimientos sobre incendios, donde la estructura ya ha sido expuesta al fuego de manera total o parcial, y siempre se visualiza algunos daños en la estructura. Entre los hechos anteriores tenemos el incendio que ocurrió en centro comercial “Mesa Redonda” en Lima el día 29 de diciembre del 2001, el cual fue un desastre causando muertes y pérdidas económicas. Así también, el 15 de diciembre del 2018, sucedió un incendio en el Cercado de Lima por la cuadra 8 del Jirón Caylloma donde el fuego se propagó hasta el último piso, eso quiere decir que la

estructura estuvo en completa exposición al fuego y al estar expuesto en altas temperaturas el concreto cambio sus características como la resistencia que es una propiedad muy común, ya que casi siempre es una razón de preocupación.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo el aislante retardador al fuego mejoraría su resistencia mecánica del concreto estructural expuesto a altas temperaturas?

### **1.2.2. Problemas específicos**

PE1: ¿Cómo las altas temperaturas disminuirán la resistencia a compresión del concreto que se encuentra recubierto con aislante retardador al fuego?

PE2: ¿Cómo las altas temperaturas disminuirán la resistencia a flexión del concreto que se encuentra recubierto con aislante retardador al fuego?

## **1.3. Justificación del estudio**

Por consiguiente, se justifica que la resistencia del concreto estructural es muy diferente a un concreto estructural expuesto al fuego, debido a que la estructura tiende a perder resistencia cuando se llega al punto crítico de la temperatura alta mínima (300°C). Es importante conocer este tipo de fenómeno para así aumentar nuestro conocimiento del concreto ante eventos de incendio estructural

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

El concreto estructural cubierto con aislante retardador reduciría su resistencia al estar expuesto a altas temperaturas.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

HE1: La resistencia del concreto cubierto con aislante retardador sometido a compresión disminuiría al estar expuesto a altas temperaturas

HE2: La resistencia del concreto cubierto con aislante retardador sometido a flexión disminuiría al estar expuesto a altas temperatura.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar la resistencia mecánica del concreto estructural cubierto con aislante retardador sometido a temperaturas de 400°C y 600°C.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

OE1: Determinar la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  cubierto con 3 y 6 capas de aislante retardador al fuego sometido a temperaturas de 400°C y 600°C.

OE2: Determinar la resistencia a flexión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  cubierto con 3 y 6 capas de aislante retardador al fuego sometido a temperaturas de 400°C y 600°C.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Trabajos previos

#### 2.1.1. Antecedentes Nacionales

Huincho (2017), Realizo una investigación titulada “Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo”, tesis para obtener el título en ingeniería civil, Universidad Nacional de Ingeniería. Siendo el objetivo general determinar el efecto de la alta temperatura directa sobre las propiedades mecánicas del concreto común para la relación que se está investigando, así como su efecto sobre la estructura cuando se eliminan las propiedades expuestas a altas temperatura. La metodología utilizada es desde la preparación del concreto, estado fresco, durante la exposición de las muestras en el horno, generado por combustibles y el uso de un pirómetro en estado endurecido para saber la temperatura expuesta. Finalmente, la relación  $a / c = 0.60$  es mejor que el comportamiento entre la resistencia a la compresión y la exposición al fuego en comparación con otras relaciones  $a/c$ .

Chauca y Cruz (2014), Realizo una investigación titulada “Evaluación del concreto  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  a altas temperaturas”, tesis para obtener el título en ingeniería civil, Universidad Nacional de Santa. Tiene como objetivo general la determinación de la diferencia de resultados de la resistencia a la compresión después de haber sido expuesta a una temperatura de  $400^\circ \text{C}$ ,  $600^\circ \text{C}$  y  $800^\circ \text{C}$ . La metodología utiliza es de tipo de investigación cuasi – experimental. Concluyendo que la consecuencia del fuego en el concreto, el cual se contrae debido a que pierde la humedad, expandiéndose el concreto ocasionando el agrietamiento y descaramiento que expone al acero, además que los tipos de materiales sometidos en la masa del concreto influyen la resistencia al estar expuesto al fuego.

Cobeñas y Janampa (2019), Realizo una investigación titulada “Influencia del proceso de rehidratación de la resistencia del concreto reforzado con fibra de

polipropileno por exposición al fuego directo”, tesis para optar el título en ingeniería civil, Universidad San Martín de Porres. Este trabajo tiene como objetivo principal analizar el impacto de influencia del proceso de rehidratación que hay en el proceso cuando el concreto es reforzado con fibra de polipropileno ante la acción del fuego por medio de la resistencia a compresión. La metodología utilizada en esta investigación es de enfoque cuantitativo, diseño experimental, tipo aplicada y un nivel correlacional. Se concluyó que la fibra de propileno retrasa el efecto spalling que se obtiene debido a la incineración de esta fibra en el interior de concreto lo que genera caminos para la expulsión de los vapores en el interior del elemento.

Aguinaga (2019), “Mitigación de los efectos negativos en el concreto de  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, producidos por las altas temperaturas en la ciudad de Tarapoto”, tesis para optar el título en ingeniería civil, Universidad Nacional San Martín. Esta investigación tiene como objetivo principal generar la reducción de los efectos negativos en el concreto con cumple una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> producidos por las temperaturas ambiente alta que hay en la ciudad de Tarapoto. La metodología utilizada es experimental – explicativa. Se concluye que la mezcla, vaciado y curado ante altas temperaturas se obtiene una temperatura mayor de 32°C, siendo que a los 28 días la resistencia es inferior a la resistencia de diseño, por otro lado, con el uso de agua durante la mezcla se obtuvo buenos resultados ya que se obtuvo concretos con muy buena trabajabilidad y sin llegar a la necesidad de la modificación de la relación de agua/cemento.

Oncoy J. (2018), “Comportamiento de la resistencia del concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> expuesto a cambios bruscos de temperaturas, debido a la extinción de un incendio”, tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Privada César Vallejo. La investigación tiene como objetivo general de determinar los tipos de efectos que originan el cambio brusco de temperatura en una situación de exposición al fuego del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Su enfoque es de tipo cuantitativa y es una investigación experimental. Se concluyó que los efectos

del cambio brusco de temperatura son de carácter negativo, es decir, conforme va aumentando la temperatura la resistencia del concreto va disminuyendo de manera progresiva convirtiendo de un concreto estructural a un concreto simple que ocurre cuando llega a los 550 °C.

### **2.1.2. Antecedentes Internacionales**

Alvarado (2016), “Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego”, tesis para obtener el título en ingeniería civil, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. La investigación tiene como objetivo general el estudio del comportamiento de concreto estructural al estar sometido a las altas temperaturas, debido a que pierde su resistencia proporcionalmente inversa al estar expuesto a las altas temperaturas. La metodología utilizada experimental, descriptivo. Se concluyó que la resistencia a la flexión de cada ensayo disminuye en relación a la temperatura mostrando agrietamiento y figuraciones al momento de estar expuesto a los 700°C, por lo que presenta diferentes efectos como fisuras, agrietamientos y variación de color al momento de ser retirado del horno debido a las extremas temperaturas.

Gómez Zapata (2016), “Análisis experimental de la unión del concreto fraguado y concreto plástico en adherencia estructural. Analizando las variables, edad del concreto y puente de adherencia”, tesis para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá. La investigación tiene como objetivo principal el uso de aditivos en la mezcla de las propiedades del concreto para que tenga una mayor adherencia y fraguado al momento de aplicarlo, como indica la norma Americana ASTM C-1059, (Especificaciones estándares para agentes Látex para unir concreto fraguado con concreto plástico). La metodología utilizada en la investigación es de orden experimental. Se concluyó con que la norma americana no rige con los reglamentos de aplicación para ensayos de aditivos como el fraguado y la adherencia de concreto. Para ellos se utilizó la norma ASTM C-881,

(Especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas).

Manaf (2017) “Hydro-thermo-mechanical behavior of concrete at elevated temperatures. [comportamiento hidro-termo-mecánico del hormigón en elevado temperaturas”, tesis para optar el grado de Doctor en Filosofía, University of Central Florida, Orlando, la investigación tiene como objetivo general el estudio del comportamiento termo mecánico de los miembros de hormigón armado a temperaturas elevadas, y que el autor concluye que, basado en leyes físicas bien establecidas, un muro modelo numérico para simular el efecto de acoplamiento de la transferencia de calor y masa se desarrollaron fenómenos en el hormigón calentado. El modelo utiliza los principales de la termodinámica y las conservaciones. La ecuación diferencial que rige los fenómenos de transporte se derivó y formulo utilizando el finito método de diferencia y recomienda mejor los modelos constituidos de las propiedades térmicas del hormigón a temperaturas elevadas. A diferencia de los modelos existentes que representan solo el tipo de agregado, los modelos desarrollados deben basarse en extensos programas experimentales para tener en cuenta otros factores importantes, tales como, entre otros, el contenido de humedad y mezclar proporción

## **2.2. Generalidades del concreto**

Las propiedades de los agregados del concreto, está compuesto de cemento Portland tipo I, agregado fino, agregado grueso y agua, ya que la misma mezcla forma una masa homogénea, por ende, el concreto llega a su resistencia máxima debido al endurecimiento de los 28 días de la reacción química entre el cemento y agua.

La masa del concreto está establecida por cemento Portland tipo I, agua y aire atrapado de la misma mezcla, ya que siempre está presente al momento del mezclado del concreto.

Rivera G. (2015) comenta que el concreto durable es aquel concreto resistente a las condiciones del servicio utilizado, por ejemplo: agentes atmosféricos, actividad química y consumo. Es muy importante que el concreto persista, sin deterioro con el tiempo, se proyectan las condiciones. La falta de durabilidad puede deberse a la exposición de los medios al concreto o a las causas internas del concreto mismo. Las causas externas pueden ser físicas, químicas o mecánicas; debido a las condiciones climáticas, temperaturas exteriores, gas natural o industrial. El grado de daño causado por estos agentes dependerá principalmente de la calidad de la mezcla del concreto. (pág. 155)

### **2.3. Concreto estructural**

Según RNE indica que el concreto estructural es todo concreto destinado a propósitos estructurales incorporando también al concreto simple y reforzado, así mismo su resistencia mínima no debe estar debajo de 17Mpa, es decir una  $f'c = 173.35 \text{ kg/cm}^2$ .

### **2.4. Propiedades del concreto**

Las propiedades del concreto se dividen en estado fresco y estado endurecido, su estudio analíticamente y la elaboración de ensayos en laboratorios permite mejorar la calidad de concreto en sus propiedades al momento de hacer el mezclado, el transporte del concreto, la colocación de vaciado, la compactación y el curado, hacen que el concreto llegue a su resistencia máxima.

#### **2.4.1. Componentes**

La mezcla de las propiedades del concreto se clasifica por: cemento, agregado fino, agregado grueso, agua y aditivos según la aplicación.

##### **2.4.1.1. Cemento**

###### **Definición:**

El término cemento hace referencia a una mezcla de propiedades compuesta por diferentes elementos como la arcilla, piedra caliza, mineral



de hierro y una mezcla de piedra caliza. El proceso de mezclado se muele añadiendo agua para tener su solidificación mayor.

Rivera G. (2015) manifiesta que el cemento Portland se obtiene pulverizando Portland Clinker con uno o más tipos de sulfato de calcio. Se presta asistencia para mejorar otros productos sin afectar el resultado del cemento, si el registro no afecta las propiedades del hormigón formado. Todos los fabricantes adicionales deben rociarse por separado con Clinker. (pág. 18)

#### **2.4.1.2. Agregados**

Según la Norma NTP 400.011 los agregados son “Un conjunto de partículas originarias de la naturaleza o artificial, que pueden procesarse o elaborarse, está dentro de los límites definidos por NTP. También se les llama áridos.” (2008, pág. 6).

Los agregados son parte de la mezcla del concreto, ya que forman un 75% de la totalidad del concreto.

#### **2.4.2. Clasificación**

En general los agregados se clasifican de varias maneras, pero principalmente en términos de origen, densidad, tamaño, forma y textura. Dependiendo del origen de los agregados según su origen, origen natural o productos industriales. Se define por el agregado grueso y el agregado fino, como se puede visualizar en la Tabla N°1 y Tabla N°2 donde indica los límites de granulometría de agregado grueso y fino.

Tabla N° 1: Límites de granulometría de agregado grueso

MALLA	% QUE PASA
2"	100
1/2"	95 – 100
3/4"	35 – 70
3/8"	10 – 30
Nº4	0 - 5

Fuente: NTP 400.037

Tabla N° 2: Límites de granulometría de agregado fino

MALLA	% QUE PASA
3/8"	100
Nº4	95 – 100
Nº8	80 – 100
Nº16	50 – 85
Nº30	25 – 60
Nº50	10 – 30
Nº100	2 – 10

Fuente: NTP 400.037

### 2.4.1.3. Agua

El agua es el componente principal para la mezcla, ya que da una mayor resistencia. Por lo tanto, este elemento debe de cumplir ciertos porcentajes al momento de hacer la mezcla, sin ocasionar problemas adicionales, sabiendo que ciertos materiales pueden cambiar la resistencia del concreto. Como componente principal de la dosificación de la resistencia del concreto, generalmente suele representa aproximadamente entre 10 y 25% del volumen de concreto recién mezclado, dependiendo del volumen de agregado total utilizado.

## **2.5. Resistencia a la comprensión del concreto**

La resistencia a comprensión del concreto es el método más común usado por los ingenieros para saber la resistencia de las estructuras.

Alvarado (2016) indica que la resistencia a la comprensión se midió en una muestra de probetas cilíndricas de 6"x12" de concreto mediante una máquina de ensayos. La resistencia de concreto se calcula por medio de la rotura dividiendo por el área de la sección portadora y se admite en MPa. (pág. 6)

- Los resultados de los ensayos de rotura de comprensión del concreto generalmente se hacen para saber que las propiedades de la mezcla se encuentren dentro de los parámetros de resistencia específica  $f'_c$ .
- Un ensayo de concreto también se puede usar para controlar de calidad de las propiedades de la mezcla del concreto y también para saber la resistencia final de evaluación del concreto.
- Para saber la resistencia a comprensión concreto por lo menos se debe de hacer el promedio de 3 probetas curadas de la misma manera, y trabajado con la misma cantidad de propiedades que generalmente son sometidas a los 28 días

## **2.6. Clasificación del fuego**

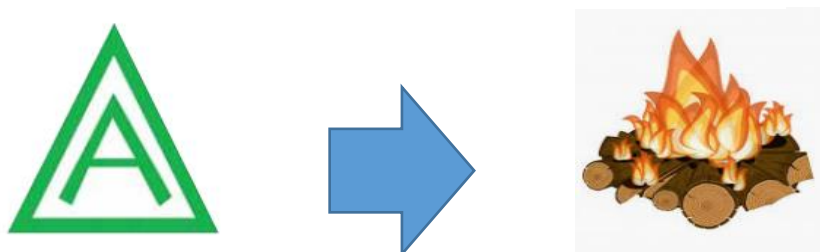
El fuego se clasifica según el grado de temperatura. Tenemos:

### **2.6.1 Clase A**

Se considera clase "A" a los elementos, tales como la madera, papel, basura, etc.

Densa (2017) indica que "las sustancias químicas sólidas son productos de combustión, residuos que contienen carbón en forma de brasas, generalmente orgánicos, como madera, telas, caucho, papel, etc. Este tipo de incendio se clasifica por medio de un triángulo de color verde." (pág. 27). Como se puede ver en la figura N°1.

Figura N° 1 Símbolo del fuego clase A



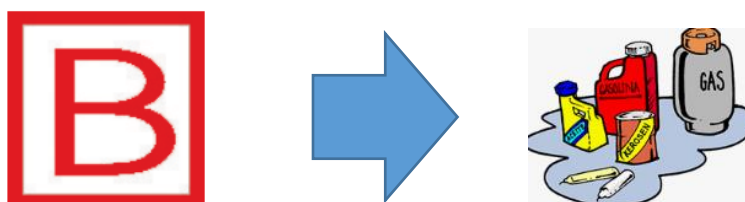
Fuente: Densa (2017)

### 2.6.2. Clase B

Se considera clase "B" cuando son producidos por combustibles polares y no polares.

Densa (2017) manifiesta que "los materiales líquidos inflamables están vinculados a la temperatura del fuego, como; combustibles inflamables, gasolina, aceite, pintura, alcohol, etc. Este tipo de incendio se clasifica por medio de un rectángulo de color rojo". (pág. 27), como se puede ver en la figura N°2.

Figura N° 2: Símbolo del fuego clase B



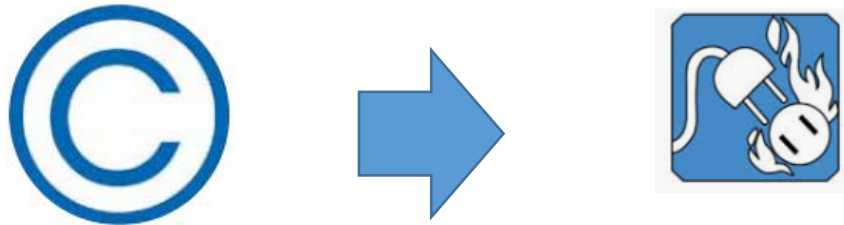
Fuente: Densa (2017)

### 2.6.3. Clase C

Densa (2017) manifiesta que "las sustancias o equipos están conectados a una fuente de energía y se queman debido a sobrecarga energizada,

cortocircuito o falla del equipo. Este tipo de incendio está representado por un círculo de color azul." (pág. 38), según figura N°3.

Figura N° 3: Símbolo del fuego



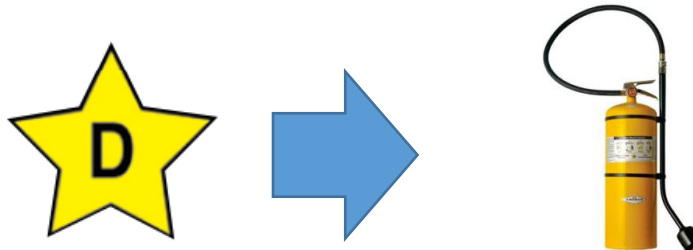
Fuente: Densa (2017)

#### 2.6.4. Clase D

Se considera clase D al elemento que presenten una alta concentración de magnesio, potasio, aluminio, etc.

Densa (2017) "Este es un incendio causado por metales alcalinos (sodio, magnesio, potasio, calcio, etc.), y el peligro radica en una fuerte reacción con el oxígeno". (pág. 39), como se ver en la figura N°4.

Figura N° 4: Símbolo del fuego clase D



Fuente: Densa (2017)

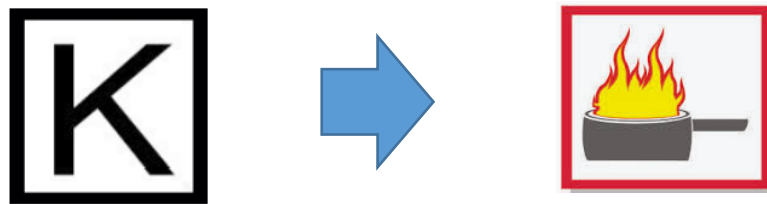
#### 2.6.5. Clase K

Se considera clase K cuando el fuego es producto de aceites ya sea tipo vegetal o animal.

Densa (2017) indica que “esta clase involucra a grasas y aceites presentes en las cocinas de ahí su denominación K = Kitchen (cocina en inglés). Este tipo de incendio está representado por un cuadrado o rectángulo de color negro.” (pág. 39), según la figura N°5.

"Esta categoría se trata de aceites de cocina y, por lo tanto, de ahí viene su denominación K=cocina. Los rectángulos cuadrados o negros son este tipo de fuego".

Figura N° 5: Símbolo del fuego tipo



Fuente: Densa (2017)

## 2.7. Concreto expuesto al fuego

Alvarado (2016) manifiesta que las propiedades del concreto expuesto a las altas temperaturas presentan buenas características lo que propagan que se extienda el calor. Por lo tanto, el concreto tras el aumento de temperatura tiende a perder su resistencia por más mínima que sea mostrando: figuración superficial, grietas, adicionalmente la resistencia de concreto disminuye radicalmente después de estar expuesto a altas temperaturas y su relación al tiempo de exposición al fuego y la temperatura a la que estaba expuesta. (pág. 13)

Un factor importante que determina el comportamiento en el fuego (alta temperatura) es el tipo de material, agregado grueso o agregado fino, ya que afecta en gran medida los cambios que pueden ocurrir después de que el concreto está expuesto a altas temperaturas. Así también se puede ver en la figura N°6 de cómo está el estado de la viga que fue expuesta al fuego.

Figura N° 6: Ejemplo de una viga que fue expuesta al fuego



Fuente: Estudio Del Comportamiento Del Concreto Estructural Expuesto Al Fuego, 2016

## 2.8. Tipos de coloración

El concreto estructural presenta cambios mecánicos y físicos después de estar expuesto a temperaturas mayores de 300°C, ocasionado por la porosidad y microfisuramiento interno en los elementos que conforman el conjunto de propiedades del concreto. El daño del concreto se puede determinar según el rango de temperatura y la coloración superficial de la probeta después de haber estado expuesto a altas temperaturas, según la tabla N°3 donde se detalla claramente la relación entre su coloración y temperatura.

Tabla N° 3: Rango de temperatura, coloración y daño en el concreto

RANGO TEMPERATURA (°C)	COLORACION SUPERFICIAL	DAÑO
0 - 300	Gris natural	Calcinación incipiente: Micro fisuras y mapeo superficial
300 - 600	rosado	Calcinación superficial: Fisuración térmica por alabeo y des carbonatación superficial
600 - 900	Gris claro	Calcinación avanzada: Des carbonatación profunda y perdidas de masa por descascaramiento
> 900	Blanco o amarillo claro	Calcinación muy avanzada: Des carbonatación avanzada y pérdida de masa

Fuente: Estudio Del Comportamiento Del Concreto Estructural Expuesto Al Fuego,  
2016

## **2.9. Ensayo a compresión del concreto**

Este método de prueba se utiliza generalmente para determinar la resistencia a la compresión del concreto de muestras cilíndricas que se han fabricado (preparado) y curadas de acuerdo con las NTP 339.033, como se puede visualizar en la figura N°7. Los resultados de este método de prueba sirven como punto de referencia para el control de calidad del concreto, proporciones, mezclado y operaciones de colocación. Determinar el cumplimiento de las especificaciones; monitoreo para evaluar la efectividad de los aditivos; y usos similares. (NTP 339.034 2015, p.3)

La resistencia a la compresión de las mezclas de concreto, se puede diseñar con una variedad de propiedades mecánicas y durabilidad que cumplan con los requisitos de diseño. La resistencia del concreto para comprender las mediciones de rendimiento que se han empleado al momento de ser diseñada por ingenieros estructurales.

Cobeñas y Janampa (2019) Esta muestra de laboratorio nos muestra que tiene como resultados indicadores que se puede tomar a los 28 días cuando el concreto alcanza su máxima resistencia, las probetas de forma cilíndrica que se encuentra normalizado en la NTP, objeto que sirve para medir la carga por unidad de área que esta normado (ASTM C39), expresa en kg/cm<sup>2</sup> y MPa. (pág. 38)



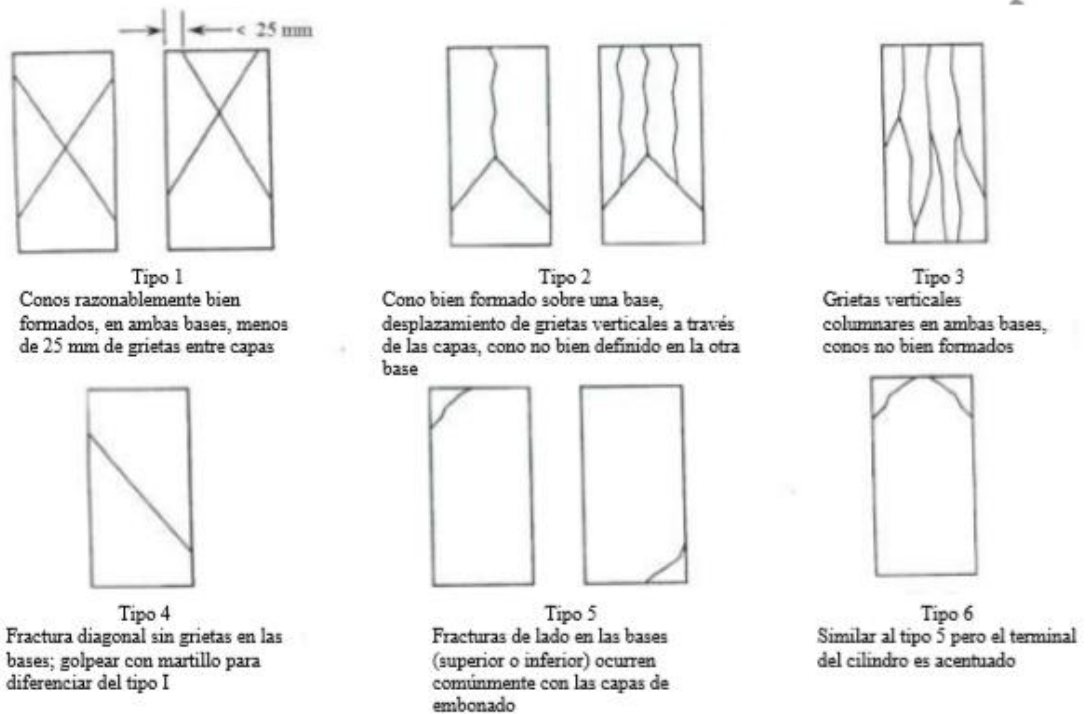
Figura N° 7: Ensayo de resistencia a compresión



Fuente: <https://www.360enconcreto.com/blog/que-hacer-cuando/ensayo-compresion-ensayo-flexion-del-concreto>

Así mismo, al momento de realizar los ensayos a compresión a las probetas cilíndricas, en la Figura N°8 se puede visualizar las posibles fracturas de las probetas al ser ensayadas.

Figura N° 8: Tipos de fracturas de resistencia a compresión



Fuente: Norma técnica peruana 339.034 – 2008

## **2.10. Ensayo a flexión del concreto**

Este método de prueba implica cargar un tercio del haz de luz hasta que se produzca un error. El módulo de rotura de la viga se calcula en función de la ubicación de la falla: en el tercer medio o total, no más del 5% de luz libre. Los resultados se calculan y se proporcionan como el módulo de rotura. La resistencia especificada es diferente si el tamaño de la muestra, la reparación, el nivel de humedad es diferente o si el soporte fue moldeado o cortado al tamaño deseado. (NTP 339.078 2012, p. 6)

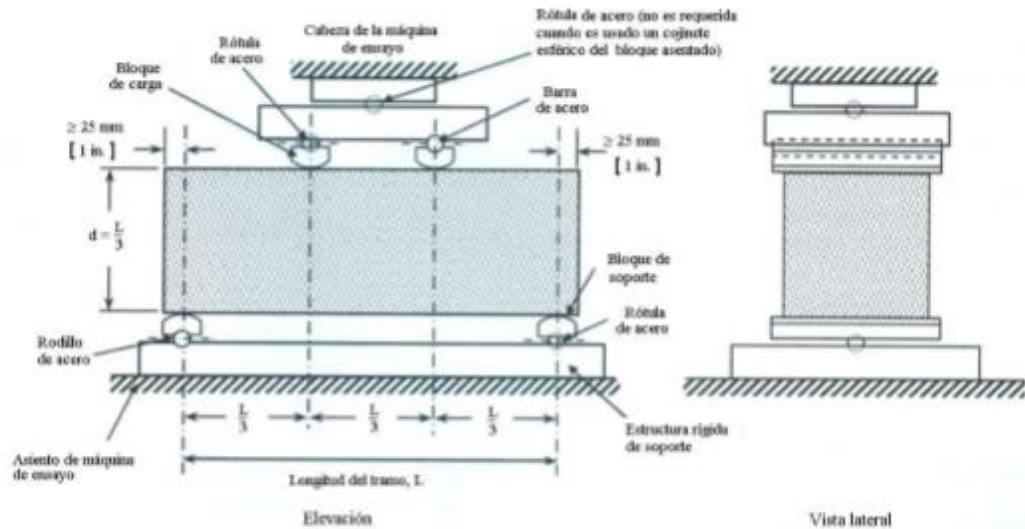
En este tipo de ensayos existe algunos inconvenientes que se presentan debido a su sensible preparación de las propiedades de la mezcla, uso y acciones de curado, las vigas son muy pesadas y si no se manipulan bien, se pueden dañar con pequeñas fisuras debido al transporte de un algún lugar a otro. Por lo que se necesita requerimientos específicos que cumplan con todo esto, para que no haya problemas o alguna falla a la hora del ensayo, siendo lo recomendable elaborarlo en el mismo laboratorio. (pág. 42)

La resistencia de ensayo a flexión se expresa con un módulo de rotura (MR) y es determinado mediante los métodos de acuerdo a las exigencias de la norma NTC 2871

- ASTM C78 (cargados en los puntos tercios)
- ASTM C293 (cargada en el punto medio)

El módulo de rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado. Los materiales específicos son obtenidos por medio de ensayos de laboratorio para los materiales y el estudio de las propiedades de la mezcla, como se muestra en la figura N°9.

Figura N° 9: Representación adecuada de ensayar las vigas a flexión



Fuente: Norma técnica peruana 339.078 – 2012

## 2.11. Aislante retardador al fuego

### 2.11.1. Esmalte ignífugo retardadora al fuego

#### 2.11.1.1. Definición

Anypsa (2016) indica que el aislante retardador al fuego está compuesto con una mezcla de resina alquídica modificado con estireno, bases de solventes aromáticos, pigmentos, aditivos que incluyen en su composición y un factor de porción retardador al fuego. Propiciando una considerable reducción en la intensidad del mismo, al disminuir la concentración del oxígeno circundante.

#### 2.11.1.2. Datos de aplicación

Anypsa (2016) manifiesta que la base o superficie a pintar debe de estar seca sin nada de humedad, libre todo tipo de polvo, para tener una mejora adherencia libre de todo tipo de contaminante que no permita una máxima adherencia entre la pintura y la superficie a pintar.

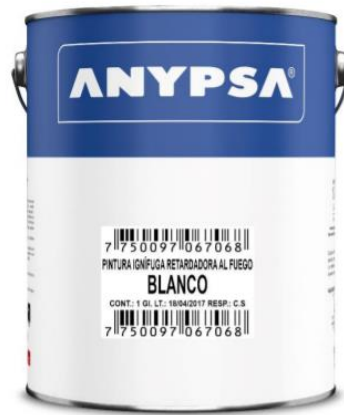
- Para superficies metálicas, se debe aplicar base de zincromato automotriz x10 previo el esmalte ignifugo retardador al fuego
- Para superficies galvanizadas, se debe aplicar etching primer x6 previo el esmalte ignifugo retardador al fuego
- Para superficies de madera, se debe de aplicar base a la piroxilina para madera previo el esmalte ignifugo retardador al fuego
- Para superficies de concreto, se debe aplicar imprimante anypsa previo el esmalte ignifugo retardador al fuego

#### **2.11.1.3. Método de aplicación**

Anypsa (2016) indica que el método de aplicación son las siguientes :

- Una vez que el concreto se encuentre seco y libre de partículas que impidan la adherencia de pegado, se procederá a disolver y/o homogenizar completamente los agregados que componen la mezcla del producto y solvente antes de aplicar “esmalte ignífugo retardador de fuego”, como se muestra en la figura N°10.
- Con la ayuda de un soplete eléctrico se procederá a aplicar de 5 - 6 capas de la pintura para darle un mayor recubrimiento de adherencia. (VER ANEXO)

Figura N° 10: Pintura esmalte ignifuga retardora al fuego



Fuente: Catalogo ANYPSA CORPORATION

### 2.12. Polifosfato de amonio

Según la IPNI – Fuentes de Nutrientes Específicos manifiesta que la polifosfato de amonio es un producto empleado como origen de nutrición fosforada, es decir posee los micronutrientes que pueden necesitar las plantas. Así también los compuestos de polifosfato son utilizados ampliamente como retardantes de fuego. Su función consiste en forma un recubrimiento carbonizada luego de la quema, lo que impide llamas extras.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación**

##### **3.1.1. Tipo de la investigación**

###### **Aplicada**

Baena manifiesta que también es llamada utilitaria y es causado por problemas especiales que requieren soluciones específicas inmediatas y correspondientes. [...]. Se enfoca en formas concretas de implementar teorías generales y se compromete a satisfacer las necesidades de la sociedad y los ciudadanos. (pág. 11)

Dicha investigación es de tipo aplicada, ya que mediante el uso de aislante retardador al fuego se busca proteger y preservar la resistencia mecánica del concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  .

##### **3.1.2. Enfoque de la investigación**

###### **Cuantitativo**

Sampieri dice que la recopilación de datos para la investigación de hipótesis se basa en mediciones numéricas y análisis estadísticos para identificar modelos de comportamiento y probar teorías. (2014, pág. 4).

Es de enfoque cuantitativo ya que se va a confirmar la hipótesis dada mediante el uso de los instrumentos en los distintos ensayos.

##### **3.1.3. Nivel de la investigación**

###### **Correlacional**

Hernández menciona que la presente investigación es de nivel correlacional, siendo que las variables se asocian mediante un patrón el cual es predecible, con el objetivo de reconocer relación y/o grado que se dé entre dos o más variables, el cual puede ser cuantificado y analizado teniendo que podría ser negativa o positiva (2014, p. 93).

### 3.1.4. Diseño de la investigación

#### **Experimental**

Sampieri (2014) Indica que la primera solicitud es un procesamiento deliberado de una o más variables independientes. La variable independiente es la que se considera una causa en relación con la variable; es la primera condición y efecto causado por ser llamada la variable dependiente (en consecuencia).

Implica la manipulación deliberada intencional de variables independientes y dependientes, que pueden implicar una o más de ellas. También analice las variables independientes que causan y las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes que son los efectos.

El diseño de investigación es experimental, ya que estamos manipulando las variables que trabajaremos en este proyecto y se realizara mediante el uso de ensayos de laboratorio para observar el comportamiento de la resistencia mecánica del concreto con aislante retardador al fuego.

## 3.2. Variables y operacionalización

### 3.2.1. Variables

#### **Hipótesis General:**

**Variable Independiente:** Altas temperaturas

**Variable Independiente:** Aislante retardador al fuego

**Variable Dependiente:** Resistencia mecánica del concreto

#### **Hipótesis Especifica 1:**

**Variable Independiente:** Aislante retardador al fuego

**Variable Dependiente:** Resistencia a la compresión

#### **Hipótesis Especificas 2:**

**Variable Independiente:** Aislante retardador al fuego

**Variable Dependiente:** Resistencia a la flexión

### 3.2.2. Definición conceptual

**Variable Independiente 1: Pintura Ignifuga retardador de fuego**

Esmalte de acabado a base de resina alquídica modificado con estireno, solventes aromáticos, ésteres, pigmentos, aditivos especiales que incluyen en su composición un agente retardador al fuego. Propiciando una considerable reducción en la intensidad del mismo, al disminuir la concentración del oxígeno circundante. (Anypsa, 2016)

**Variable Independiente 2: Altas temperaturas**

En general, la temperatura máxima alcanzada con combustibles sólidos no es superior a 800 ° C o 1000 ° C. Con la madera puede alcanzar hasta 1200 ° C, con un combustible líquido que puede alcanzar los 1500 ° C. (Huincho, 2017)

**Variable Dependiente: Resistencia del concreto**

El concreto en estado plástico a un estado sólido se somete al proceso de ajuste e involucra una serie compleja de procesos fisicoquímicos. Las características de diseño de hormigón más importantes se dan después de 28 días de curación al final de esta fase. El material ha alcanzado el 100% de su resistencia, siendo esta propiedad el papel de la relación agua-cemento utilizada en la mezcla, que afecta directamente el comportamiento del elemento. (Alvarado, 2016)

### 3.2.3. Definición operacional

**Variable Independiente: Pintura Ignifuga retardador de fuego**

Para la aplicación del recubrimiento del aislante retardador al concreto, dependerá del tiempo de secado

**Variable Independiente: Altas temperaturas**



Para la medición de la temperatura ambiente se usará un termómetro infrarrojo

**Variable Dependiente: Resistencia del concreto**

Para la medición de resistencia del concreto, se harán pruebas de comprensión y flexión a los 28 días de secado del concreto

Tabla N° 4: Matriz de Operacionalización

<b>MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN</b>		
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES: ALTAS TEMPERATURAS - PINTURA IGNIFUGA RETARDADOR DE FUEGO</b>		
<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>
ALTAS TEMPERATURAS	En general se puede establecer que la temperatura máxima obtenida por los combustibles sólidos no es superior a los 800 °C o 1000°C. Con la madera se puede llegar hasta los 1200°C, con combustibles líquidos se puede llegar hasta los 1500°C. (Huincho, 2017)	Para la medición de ambiente se usará un termómetro infrarrojo para saber el nivel de temperatura a la será expuesta en el horno
PINTURA IGNIFUGA RETARDADOR DE FUEGO	Esmalte de acabado a base de resina alquídica modificado con estireno, solventes aromáticos, ésteres, pigmentos, aditivos especiales que incluyen en su composición un agente retardador al fuego. Propiciando una considerable reducción en la intensidad del mismo, al disminuir la concentración del oxígeno circundante. (Anypsa, 2016)	Para la aplicación del recubrimiento del aislante retardador al concreto , dependerá del tiempo de secado
<b>VARIABLE DEPENDIENTE: RESISTENCIA DEL CONCRETO</b>		
<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>
RESISTENCIA DEL CONCRETO	El concreto pasa de un estado plástico a uno sólido mediante el proceso de fraguado que conlleva una serie de procesos físico-químicos complejos, las características principales de diseño de un hormigón se reflejan después de los 28 días de curado, al término de esta etapa el material ha adquirido el 100% de su resistencia, dicha propiedad está en función de la relación agua-cemento utilizada en la mezcla la misma que influye directamente en el comportamiento del elemento. (Alvarado, 2016)	Para la medición de resistencia del concreto, se harán pruebas de comprensión y flexión a los 28 días de secado del concreto

Fuente: Elaboración propia

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población**

Para realizar un excelente muestreo es conceptualizar la definición de población, que se interpreta en las operaciones estadísticas con la letra mayúscula (N). Es decir, consiste en el conjunto de objetos, hechos o fenómenos que se van a estudiar aplicando las técnicas que se va estudiar. (Ñaupas et al, 2014. p.).

La población de estudio agrupa sobre todo a las estructuras de concreto armado, debido a que cuentan con una resistencia a compresión  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, ya que se sabe que el concreto llega a tener su máxima resistencia a los 28 días. El concreto será expuesto a los cambios bruscos de altas temperaturas. La población definitivamente queda delimitada por el problema y los objetivos de estudio.

- Recubrimiento: Esmalte retardador al fuego
- En la presente investigación se realizarán probetas a una temperatura de 400°C y 600°C en un lapso de tiempo de 25min, 40min y 60min de exposición al fuego.

#### **3.3.2. Muestra**

Una muestra es una representante que reúne las características de un elemento subconjunto del universo o población. (Ñaupas et al, 2014. p.)

Se ha tomado 108 muestras para someterlas a rotura de compresión y flexión, de la cual 36 probetas serán denominadas probetas patrón, serán para comparar la resistencia obtenida del diseño de mezcla en laboratorio. Las probetas serán expuestas a una temperatura ambiente de 400°C y 600° con recubrimiento de 3 capas y 6 capas en un lapso de tiempo de 25min, 40min y 60min de exposición al fuego.

La muestra está conformada por:

- Dosificación del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
- Recubrimiento de 3 capas y 6 capas
- Rotura a compresión y flexión a los 28 días
- Expuesto a un horno a una temperatura de  $400^\circ\text{C}$  y  $600^\circ\text{C}$  en un lapso de tiempo de 25min, 40min y 60min, como se muestra en las siguientes tablas N°5 y N°6

Tabla N° 5: Cantidad de probetas a realizar

PATRON	ROTURA A LOS 28 DIAS		CANT.
	400°C	600°C	
<b>TIEMPO (SIN CAPA)</b>			
25 min	3	3	6
40 min	3	3	6
60 min	3	3	6
<b>TIEMPO (3 CP)</b>			
25 min	3	3	6
40 min	3	3	6
60 min	3	3	6
<b>TIEMPO (6 CP)</b>			
25 min	3	3	6
40 min	3	3	6
60 min	3	3	6
<b>TOTAL DE PROBETAS A COMPRESION</b>			54

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 6: Cantidad de vigas a realizar

PATRON	ROTURA A LOS 28 DIAS		CANT.
	400°C	600°C	
<b>TIEMPO (SIN CAPA)</b>			
25 min	3	3	6
40 min	3	3	6
60 min	3	3	6
<b>TIEMPO (3 CP)</b>			
25 min	3	3	6
40 min	3	3	6
60 min	3	3	6
<b>TIEMPO (6 CP)</b>			
25min	3	3	6
40 min	3	3	6
60 min	3	3	6
<b>TOTAL DE VIGAS A FLEXION</b>			54

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3. Muestreo

Consiste en que el investigador selecciona una muestra, está bajo la responsabilidad a describir los instrumentos que aplicará para obtenerla. A este proceso se le denomina muestreo. Existen dos procedimientos para la extracción de la muestra: Probabilístico o aleatorio y No probabilístico (Palella y Martins, 2012. p. 110).

Para dicho proyecto de investigación, el muestreo es no probabilístico, ya que la elección de la muestra es intencional o criterio personal y se ubica determinado según los investigadores.

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

#### **3.4.1. Técnicas**

En la investigación cuantitativa se pueden ejecutar de diversas formas de técnicas, entre ellas se encuentran las guías de observación, cuestionarios etc. En la investigación cualitativa se ubican técnicas como sesiones, biografías, entrevistas y entre (Hernández, 2014.p. 14).

Para el proyecto de investigación, la técnica de observación es la que se aplicará, ya que seguimos en detalle al procedimiento de prueba para obtener los datos necesarios para el desarrollo del proyecto de investigación.

Se utilizará la técnica de fichaje ya que entre las fichas que se utilizarán tenemos ficha bibliográfica, textual, que nos permite recopilar información y enriquecer el marco teórico de la investigación.

#### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Todos los instrumentos se encuentran relacionadas con las técnicas, estas herramientas ayudan a recopilar información para la investigación (Ñaupas et al, 2014. p. 138)

Se hará uso de formatos de recolección de datos de los ensayos a compresión y flexión. Así también en el diseño de mezcla de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y también un formato de para observar la relación entre tiempo de exposición y variación de respuesta de resistencia promedio.

#### **3.4.3. Validez y confiabilidad**

La validez de un diseño de investigación consiste en el grado de control y posibilidad de generalización que tiene el investigador sobre los resultados que obtiene (Ñaupas et al, 2014. p. 327).

La validación de los instrumentos de recolección de datos fue realizada por tres ingenieros especialistas. Así también, los ensayos se realizarán en un laboratorio certificado de calidad.

### **3.5. Procedimientos**

Por consiguiente, este procedimiento detallará de manera general el proyecto, donde constará de varios pasos a ejecutar para cumplir con nuestras metas y estas son las siguientes :

- 1º. Recopilación de información para la investigación.
- 2º. Tamaño de muestra .
- 3º. Diseño de mezcla patrón 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- 4º. Ensayo de las probetas y vigas .
- 5º. Recubrir las probetas y vigas con una pintura retardante de 3 y 6 capas .
- 6º. Exposición de las probetas y vigas al horno a una temperatura de 400 °C y 600°C.
- 7º. Ensayo de resistencia a compresión y flexión
- 8º. Organización de la recolección de datos .
- 9º. Registrar en la base de datos del Excel .
- 10º. Presentación de datos en tablas y gráficos.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Los datos que serán recopilados a partir de los ensayos de laboratorio que se realizarán serán almacenados en los formatos diseñados en el Excel con el propósito de generar tablas y gráficos como; tiempo de exposición, diseño de mezcla ACI 211, asentamiento del concreto, propiedades a compresión y flexión.

### **3.7. Aspectos éticos**

La presente investigación se inició con el motivo de preservar las estructuras que fueron expuesta a tales temperaturas, con la finalidad que la estructura de una edificación tenga una estabilidad en su resistencia mecánica o no pierda mucho sus propiedades. Así también con la intención de conocer el comportamiento de resistencia mecánica en la exposición al fuego. Los resultados serán obtenidos de un laboratorio certificado para hacer valer la seguridad y veracidad.

## IV. RESULTADOS

Los resultados se obtuvieron en el laboratorio MTL GEOTECNIA S.A.C donde se realizó las diversas tareas como el estudio granulométrico de los agregados fino y grueso, contenido de humedad, peso específico, porcentaje de absorción, peso unitario suelto, peso unitario compactado, diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , elaboración de las muestras como probetas cilíndricas de 4" x 8" y las vigas de 10 cm x 10 cm x 35 cm, ensayo a compresión y ensayo a flexión.

Asi también, se utilizó agregado grueso y agregado fino perteneciente a la cantera Trapiche, y se utilizó cemento Sol tipo I según anexo donde se especifica sus características para el diseño de mezcla.

### 4.1. Estudio de los agregados

Se realizo el análisis granulométrico del agregado fino en base a la NTP 400.012.2018 como se puede apreciar los resultados en la tabla N°7.

Tabla N° 7: Análisis granulométrico - Agregado fino

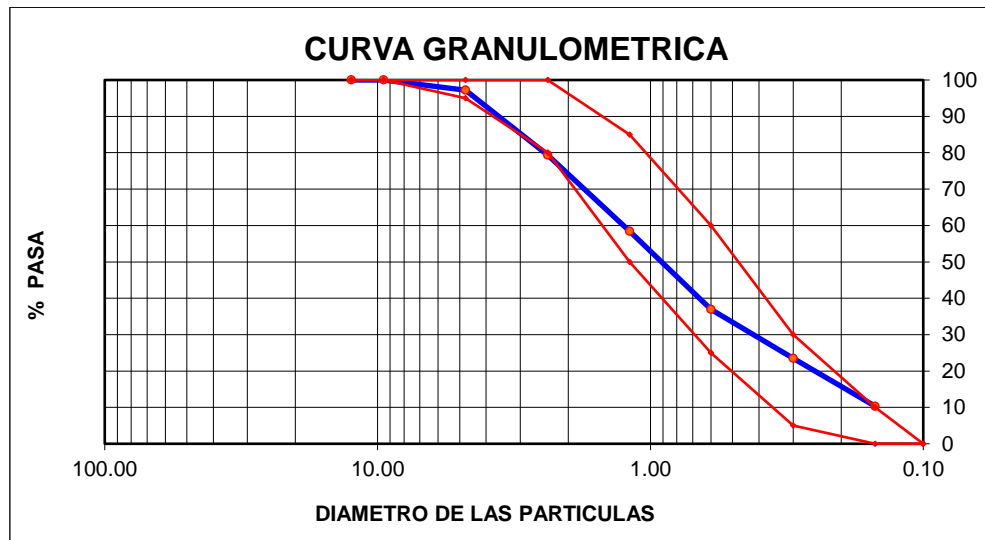
MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS	ESPECIFICACIONES	
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa	ASTM C 33
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.76	17.5	2.8	2.8	97.2	95 - 100
Nº8	2.38	112.5	17.9	20.7	79.3	80 - 100
Nº 16	1.19	131.2	20.9	41.6	58.4	50 - 85
Nº 30	0.60	135.2	21.5	63.1	36.9	25 - 60
Nº 50	0.30	84.2	13.4	76.5	23.5	05 - 30
Nº 100	0.15	82.6	13.2	89.7	10.3	0 - 10
FONDO		64.8	10.3	100.0	0.0	0 - 0

Fuente: Elaboración propia



Por consiguiente, se obtuvo esta curva de granulométrica en base al análisis granulométrico del agregado fino, como se puede visualizar en la gráfica N°1.

Gráfica N° 1: Curva de granulometría - Agregado fino



Fuente: Elaboración propia

Así también, se obtuvo las siguientes propiedades físicas del agregado fino como se puede apreciar en la tabla N°8.

Tabla N° 8: Propiedades físicas - Agregado fino

Módulo de Fineza	3.33
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1681
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1946
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.62
Contenido de Humedad (%)	0.68
Porcentaje de Absorción (%)	1.09

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el análisis granulométrico del agregado grueso en base a la NTP 400.012.2018, como se puede apreciar los resultados en la tabla N°9.

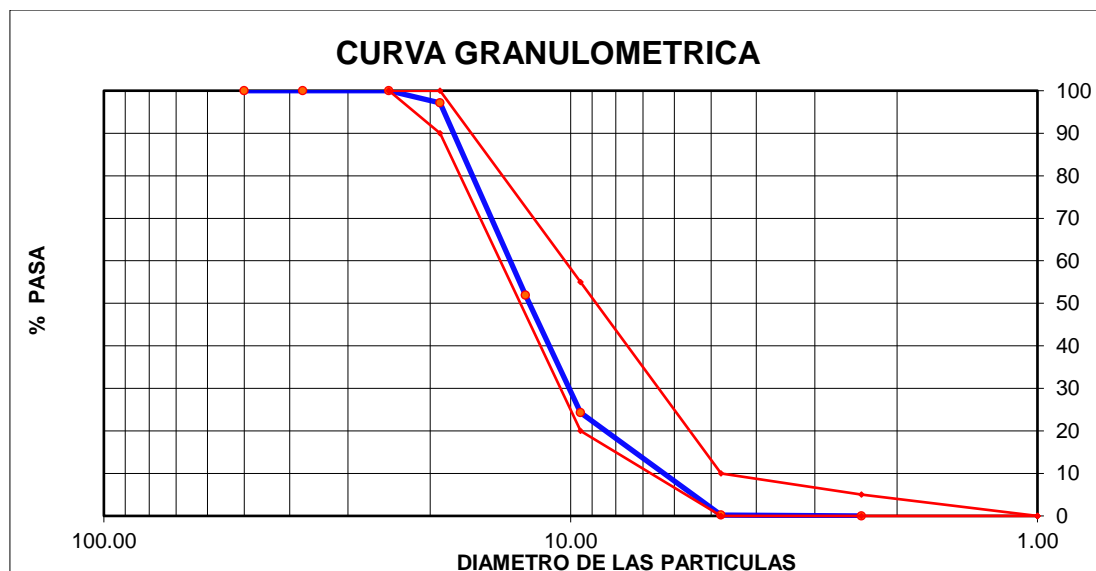
Tabla N° 9: Análisis granulométrico - Agregado grueso

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES
	(mm)	(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
3/4"	19.05	121.5	2.9	2.9	97.1	90 - 100
1/2"	12.50	1,911.0	45.2	48.1	51.9	---
3/8"	9.53	1,168.0	27.6	75.7	24.3	20 - 55
N.º 4	4.76	1,021.0	24.1	99.8	0.2	0 - 10
N.º 8	2.38	8.0	0.2	100.0	0.0	0 - 5
N.º 16	1.18	0.0	0.0	100.0	0.0	
FONDO		2.9	0.1			

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, se obtuvo esta curva de granulométrica en base al análisis granulométrico del agregado grueso, como se puede visualizar en la gráfica N°2.

Gráfica N° 2: Curva de granulometría - Agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Asi también, se obtuvo las siguientes propiedades físicas del agregado grueso se puede apreciar en la tabla N°10.

Tabla N° 10: Propiedades físicas - Agregado grueso

Módulo de Fineza	7.25
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1412
Peso Unitario Compactado(kg/m <sup>3</sup> )	1582
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.67
Contenido de Humedad (%)	0.41
Porcentaje de Absorción (%)	0.98

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2. Diseño de Mezcla ACI 211

Una vez obtenido los datos del estudio de los agregados grueso y fino, se prosiguió con el diseño de mezcla para resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Diseño de Mezcla en base al ACI 211

a. Valores de diseño

Asentamiento	3-4 pulg.
Tamaño máximo nominal	3/4 "
Relación agua cemento	0.603
Agua	218
Total, de aire atrapado %	2.0
Volumen de agregado grueso	0.34

b. Análisis de diseño

Factor cemento	361.250 kg/m <sup>3</sup>	8.5 bls/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del cemento	0.1158m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
volumen absoluto del agua	0.2180m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
volumen absoluto del aire	0.0200m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.354
Volúmenes absolutos de agregados		
Volumen absoluto del agregado fino	0.3100 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.646
Volumen absoluto del agregado grueso	0.3360 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Sumatoria de volúmenes absolutos		1.000

c. Cantidad de materiales m<sup>3</sup> por en peso seco

Cemento	361	kg/m <sup>3</sup>
Agua	218	lt/m <sup>3</sup>
Agregado fino	815	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	911	kg/m <sup>3</sup>
Peso de mezcla	2305	kg/m <sup>3</sup>

d. Corrección por humedad

Agregado fino húmedo	822.6	kg/m <sup>3</sup>
agregado grueso húmedo	911.5	kg/m <sup>3</sup>

e. Contribución de agua de los agregados      %      lts/m<sup>3</sup>

Agregado fino	0.90	7.3
Agregado grueso	0.40	3.6
		11.0
Agua de mezcla corregida		229.0 lts/ m <sup>3</sup>

f. Cantidad de materiales m<sup>3</sup> por en peso húmedo

Cemento	361	kg/m <sup>3</sup>
Agua	229	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino	823	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	911	kg/m <sup>3</sup>
Peso de mezcla	2324	kg/m <sup>3</sup>

g. Cantidad de materiales (52 lt.)

Cemento	18.79	kg
Agua	11.91	lts
Agregado fino	42.78	kg
Agregado grueso	47.40	kg

Proporción en peso  $p^3$  (húmedo)

C	:1.0
A.f	:2.28
A.g	:2.52
H <sub>2</sub> O	:26.96 kg.

Proporción en volumen  $p^3$  (húmedo)

C	:1.0
A.f	:2.28
A.g	:2.54
H <sub>2</sub> O	:26.96 lt.

### 4.3. Elaboración de las muestras de concreto

#### 4.3.1. Verificación del diseño patrón de $f'c = 210 \text{ kg/m}^3$

##### Elaboración de las probetas patrón

Una vez determinada su dosificación en base a su diseño de mezcla, se prosiguió con la elaboración de 3 probetas patrón de 4" x 8" a 7 días sin ser expuesto al fuego ni estar recubierto con aislante ignífuga, con el fin de verificar y tener prueba de su cumplimiento de su diseño de mezcla. Como se puede apreciar en la figura N°11, la tanda donde muestra el mezclado, que interpreta el inicio de nuestra ejecución de proyecto.

Figura N° 11: Elaboración de la mezcla



Fuente: Elaboración propia

## Elaboración de las vigas patrón

Así también, ya determinada su dosificación en base a su diseño de mezcla, se prosiguió con la elaboración de 3 vigas patrón de 10 cm x 10 cm x 35 cm a 7 días sin ser expuesto al fuego ni estar recubierto con aislante ignífuga, con el fin de verificar y tener prueba de su cumplimiento de su diseño de mezcla. Como se puede apreciar en la figura N°12.

Figura N° 12: Elaboración de las vigas patrón



Fuente: Elaboración propia

## Ensayo a la resistencia a flexión

El ensayo de resistencia a flexión está reglamentado en dos tipos, uno es ensayo para cargas a los tercios del tramo de la NTP 339.078 – ASTM 078 y el otro es ensayo para carga en el punto medio del tramo de la NTP 339.079 -ASTM 079. Pero para este proyecto se aplicará el ensayo para cargas a los tercios del tramo de la NTP 339.078 – ASTM 078 a las vigas de 7 días, como se puede apreciar en la figura N°13.

Figura N° 13: Ensayo a flexión viga patrón sin exposición ni recubrimiento



Fuente: Elaboración propia

Asi tambien, se obtuvo los siguientes resultados en el ensayo a flexión a 7 días , como se puede visualizar en la tabla N°11, donde indica que el patrón 01 obtuvo una rotura de 26 kg/cm<sup>2</sup>, patrón 02 obtuvo una rotura de 27 kg/cm<sup>2</sup> y patrón 03 obtuvo una rotura de 24 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla N° 11: Análisis de ensayo a flexión de viga patrón sin exposición

Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad en días	Ubicación de falla	Luz libre	Módulo de rotura
Patrón 01	19/09/2020	26/09/2020	7	3	45	26 kg/cm <sup>2</sup>
Patrón 02	19/09/2020	26/09/2020	7	3	45	27 kg/cm <sup>2</sup>
Patrón 03	19/09/2020	26/09/2020	7	3	45	24 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

## Ensayos a compresión

El ensayo de resistencia a la compresión para este proyecto se aplicará según la NTP 339.034: 2015 para las probetas patrón a 7 días, como se puede apreciar en la figura N°14.

Figura N° 14: Ensayo a compresión de probeta patrón sin exposición



Fuente: MTL Geotecnia

Así también, se obtuvo los siguientes resultados en el ensayo a compresión a 7 días, como se puede visualizar en la tabla N°12, donde indica que el patrón 01 obtuvo una resistencia de 203.1 kg/cm<sup>2</sup>, patrón 02 obtuvo una resistencia de 199.7 kg/cm<sup>2</sup> y patrón 03 obtuvo una resistencia de 205.1 kg/cm<sup>2</sup>.



Tabla N° 12: Análisis de ensayo a compresión de probeta patrón sin exposición

Descripción	Fecha de rotura	Edad en días	Fuerza máxima kgf	Área cm <sup>2</sup>	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	F'c diseño kg/cm <sup>2</sup>	% f'c
Patrón N°1	26/09/2020	7	15951.0	78.5	203.1	210	96.7
Patrón N°2	26/09/2020	7	15681.0	78.5	199.7	210	95.1
Patrón N°3	26/09/2020	7	15756.0	78.5	205.1	210	97.7

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.2. Elaboración del horno y suministro para la aplicación del aislante retardador al fuego

#### Elaboración del horno

Se fabrico un horno cilíndrico con diámetro de 58 cm y cubierto con ladrillo para mantener el calor interno, cuenta con una parrilla de fijada (soldada), que sirve como soporte para las muestras, la parrilla está formada con varillas de acero corrugado de 3/8", además cuenta con una tapa metálica por donde se colocara las muestras y una compuerta en la parte inferior del horno por donde se podrá suministrar el carbón o leña, como se puede apreciar en la figura N°15 y un plano de detalle en la

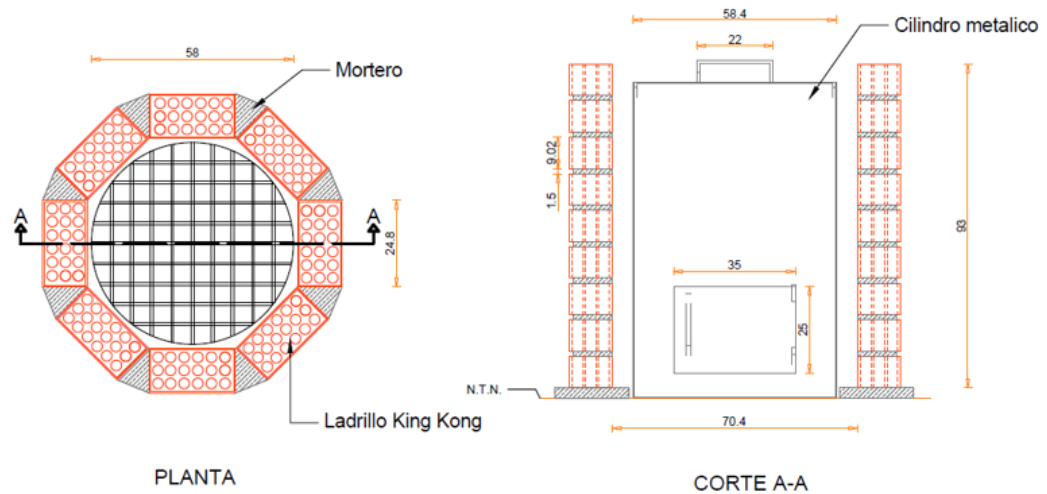
Figura N° 15: Horno artesanal cilíndrico



Fuente: Elaboración propia

Así también, se elaboró un plano del horno artesanal en planta y corte para mayor detalle, como se puede visualizar en la figura N°16.

Figura N° 16: Detalle del horno artesanal cilíndrico



Fuente: Elaboración propia

### Termómetro digital infrarrojo UT302C

Se utilizará un termómetro digital infrarrojo UT302C para el control de temperatura de 400°C y 600°C de las muestras a compresión y flexión, como se muestra en la Figura N°17

Figura N° 17: Termómetro digital infrarrojo UT302C

UT-302C  
UT-303A/C



Fuente: Elaboración propia

## Suministro para la aplicación del aislante retardador al fuego

Se suministró los siguientes para su aplicación a las muestras y estas son:

Esmalte ignifuga, que se aplicará a las muestras de concreto como se puede ver en la figura N°18

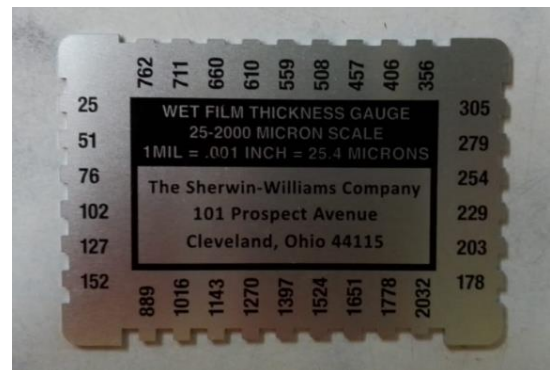
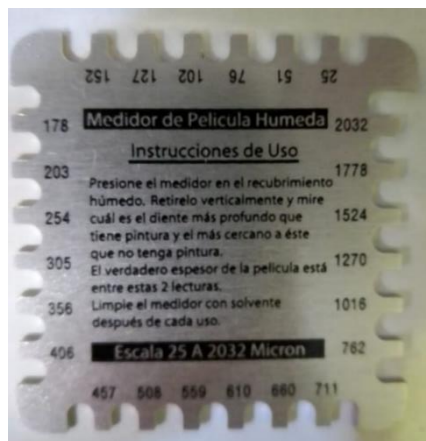
Figura N° 18: : Pintura Ignifuga retardadora al fuego (Aislante)



Fuente: Elaboración propia

Medidor de espesores de capa húmeda, que consistirá en medir el espesor de la capa húmeda al aplicar la pintura a las muestras, como se puede visualizar en la figura N°19

Figura N° 19: Medidor de Espesor de capa húmeda



Fuente: Elaboración propia

Diluyente del aislante, que tendrá como función diluir la pintura para su mejor aplicación y mezcla, se aplicará solo el 25%, es decir 1:4, como se puede visualizar en la figura N°20, así también una compresora de aire operativo para la aplicación de pintura en las muestras de concreto, se puede apreciar en la figura N°21.

Figura N° 20: Diluyente del aislante



Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 21: Compresora de aire ( Equipo para pintado)



### 4.3.3. Elaboración masiva de las muestras con recubrimiento

Se dio comienzo a la elaboración masiva de muestras, tanto probetas como vigas, y se verifico el slump para corroborar su mezclado, como se puede apreciar en la figura N°22.

Figura N° 22: Verificación del slump



Fuente: Elaboración propia

### Elaboración masiva de las probetas

Se empezó con la elaboración masiva de las probetas de 4" x 8" que consta de 54 probetas, que serán elaboradas de acuerdo a la dosificación de nuestro diseño de mezcla de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Como se puede ver en la figura N°22

### Elaboración masiva de las vigas

Se empezó con la elaboración masiva de las vigas de 10 cm x 10 cm x 35 cm que consta de 54 vigas, que serán elaboradas en una parrilla que consta de 54 molde de viga y con una dosificación de acuerdo a nuestro diseño de mezcla de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Como se puede ver en la figura N°23.

Figura N° 23: Elaboración masiva



Fuente: Elaboración propia

### **Aplicación del aislante en las muestras (probetas y vigas)**

Se empezó con la aplicación del producto (aislante retardante) a las muestras, tanto a las probetas como vigas, la aplicación del aislante consiste en aplicar 3 capas y 6 capas a las muestras, según la ficha técnica cada capa debe de tener de 3-4 mils como espesor de capa húmeda, cabe mencionar que el medidor de capa húmeda se mide en “mils”

Estamos considerando un espesor de 9 mils de capa húmeda a las muestras de 3 capas y 18 mils de capa húmeda a las muestras de 6 capas. Como se puede ver en la figura N°24 y N°25.



Figura N° 24: Aplicación del aislante en las probetas y vigas



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 25: Medidor de espesor de capa húmeda de muestras de 3 capas



Fuente: Elaboración propia

### **Se expuso las probetas y vigas al horno artesanal**

Se empezó primero con la colocación de las probetas y vigas patrón al horno en una temperatura de 400°C y 600°C en un lapso de tiempo de 25min, 40min y 60 min, así mismo también se hizo la prueba de las probetas y vigas cubiertas con 3 capas y 6 capas en una temperatura de 400°C y 600°C en un lapso de tiempo de 25min, 40min y 60 min. Como se puede ver en la figura N°26.

Figura N° 26: Exposición de probetas y vigas al horno artesanal



Fuente: Elaboración propia

Se hizo la prueba de temperatura (calor) de 400°C y 600°C a la cual fueron expuestas las probetas y vigas mediante un termómetro digital infrarrojo, así mismo también se utilizó leña o madera como medio de combustible para llegar a dicha temperatura. Como se puede ver en la figura N°27.



Figura N° 27: Control de temperatura en las muestras expuesta al fuego



Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4. Ensayo a compresión y flexión de las muestras masivas

Resultados del ensayo a compresión a 28 días, como se puede visualizar en la tabla N°13, donde indica que el patrón 01 obtuvo una resistencia de 234 kg/cm<sup>2</sup>, patrón 02 obtuvo una resistencia de 230 kg/cm<sup>2</sup> y patrón 03 obtuvo una resistencia de 232 kg/cm<sup>2</sup>, cuyo promedio es 232 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla N° 13: Análisis de ensayo a compresión de probeta patrón sin exposición al fuego

Descripción	Fecha de rotura	Edad en días	Fuerza máxima kgf	Área cm2	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	F'c diseño kg/cm <sup>2</sup>	% f'c
Patrón N°1	26/09/2020	28	15951.0	78.5	234	210	96.7
Patrón N°2	26/09/2020	28	15681.0	78.5	230	210	95.1
Patrón N°3	26/09/2020	28	15756.0	78.5	232	210	97.7

Resultados del ensayo a flexión a 28 días, como se puede visualizar en la tabla N°14, donde indica que el patrón 01 obtuvo una resistencia de 41.5 kg/cm<sup>2</sup>, patrón 02 obtuvo una resistencia de 42 kg/cm<sup>2</sup> y patrón 03 obtuvo una resistencia de 41.5 kg/cm<sup>2</sup>, cuyo promedio es 41.5 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla N° 14: Análisis de ensayo a flexión de probeta patrón sin exposición al fuego

Descripción	Fecha de rotura	Edad en días	Ubicación de falla	Luz libre	Módulo de rotura
Patrón N°1	26/09/2020	28	2	45	41.5kg/cm <sup>2</sup>
Patrón N°2	26/09/2020	28	2	45	42kg/cm <sup>2</sup>
Patrón N°3	26/09/2020	28	2	45	41kg/cm <sup>2</sup>

### Ensayo a compresión a las probetas.

Se realizó el ensayo de cada una de las muestras expuesta a 400 °C y 600°C en un intervalo de tiempo de 25min, 40min y 60 min mediante la máquina de compresión, que ha sido calibrada previamente con los parámetros establecidos. Como se puede visualizar en la figura N°28 y N°29.

Figura N° 28: Probetas con exposición al fuego



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 29: Probetas con exposición al fuego



Fuente: Elaboración Propia.

### **Ensayo a flexión a las vigas.**

Se realizó el ensayo de cada una de las muestras expuesta a 400 °C y 600°C en un intervalo de tiempo de 25min, 40min y 60 min mediante la máquina de flexión, que ha sido calibrada previamente con los parámetros establecidos en la norma de ensayo ASTM C78. Como se puede visualizar en la figura N°30 y N°31.

Figura N° 30: Vigas con exposición al fuego



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 31: Ensayo a flexión



### **Rotura de probetas a compresión expuestas a 400°C**

Se realizó la rotura de 27 probetas expuesta a 400°C con 28 días, está formado por 3 grupos de 9 probetas, está distribuido de la siguiente manera, un grupo sin aislante retardador al fuego y el resto con 3 y 6 capas de aislante retardador al fuego, donde cada grupo está formado 3 probetas con su respectivo tiempo de exposición, de las cuales probeta N°1 es de 25 minutos, probeta N°2 es de 40 minutos y probeta N°3 es de 60 min.

Se obtuvieron los siguientes resultados de la rotura de los grupos, las probetas sin aislante o patrón, donde sus valores promedios son 199.3 kg/cm<sup>2</sup>, 168.5 kg/cm<sup>2</sup> y 158 kg/cm<sup>2</sup>, las probetas con 3 capas de aislante retardador al fuego, donde sus valores son 202.2 kg/cm<sup>2</sup>, 171.2 kg/cm<sup>2</sup> y 163.7 kg/cm<sup>2</sup> y las probetas con 6 capas de aislante retardador al fuego, donde sus valores son 202.2 kg/cm<sup>2</sup>, 171.2 kg/cm<sup>2</sup> y 163.7 kg/cm<sup>2</sup>, como se puede apreciar en la tabla N°14, N°15 y N°16

Tabla N° 15: Cuadro de resultado de rotura de probetas a compresión patrón o sin aislante expuesto a 400°C

Descripción	Fuerza máxima kgf	Área cm <sup>2</sup>	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	f'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	%f'c	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
Probeta N°1	15608.6	78.5	198.7	210.0	94.6	199.3
Probeta N°1	16125.5	78.5	205.3	210.0	97.8	
Probeta N°1	15234.6	78.5	194.0	210.0	92.4	
Probeta N°2	13236.5	78.5	168.5	210.0	80.3	168.5
Probeta N°2	13578.2	78.5	172.9	210.0	82.3	
Probeta N°2	12896.5	78.5	164.2	210.0	78.2	
Probeta N°3	12345.2	78.5	157.2	210.0	74.8	158.0
Probeta N°3	12834.9	78.5	163.4	210.0	77.8	
Probeta N°3	12056.3	78.5	153.5	210.0	73.1	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°16: Cuadro de rotura de probetas a compresión con 3 capas del aislante retardante expuesto a 400°C

Descripción	Fuerza máxima kgf	Área cm <sup>2</sup>	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	f'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	%f'c	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
Probeta N°1	16265.3	78.5	207.1	210.0	98.6	202.2
Probeta N°1	15485.6	78.5	197.2	210.0	93.9	
Probeta N°1	15897.5	78.5	202.4	210.0	96.4	
Probeta N°2	13254.5	78.5	168.8	210.0	80.4	171.2
Probeta N°2	13879.5	78.5	176.7	210.0	84.2	
Probeta N°2	13192.7	78.5	168.0	210.0	80.0	
Probeta N°3	13123.5	78.5	167.1	210.0	79.6	163.7
Probeta N°3	13326.2	78.5	169.7	210.0	80.8	
Probeta N°3	12125.3	78.5	154.4	210.0	73.5	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 17: Cuadro de rotura de probetas a compresión con 6 capas del aislante retardante expuesto a 400°C

Descripción	Fuerza máxima kgf	Área cm <sup>2</sup>	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	f'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	%f'c	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
Probeta N°1	17306.1	78.5	220.3	210.0	104.9	224.2
Probeta N°1	17486.1	78.5	222.6	210.0	106.0	
Probeta N°1	18038.9	78.5	229.7	210.0	109.4	
Probeta N°2	16765.5	78.5	213.5	210.0	101.6	209.0
Probeta N°2	16508.6	78.5	210.2	210.0	100.1	
Probeta N°2	15966.5	78.5	203.3	210.0	96.8	
Probeta N°3	13875.2	78.5	176.7	210.0	84.1	171.0
Probeta N°3	13526.2	78.5	172.2	210.0	82.0	
Probeta N°3	12895.6	78.5	164.2	210.0	78.2	

Fuente: Elaboración Propia

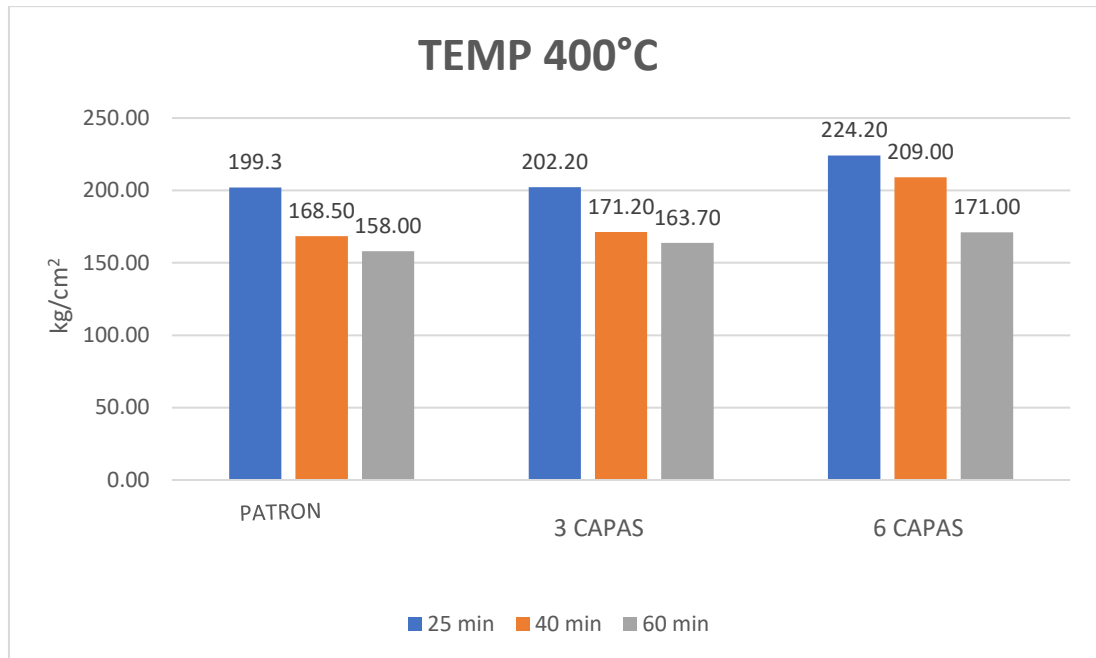
De acuerdo a los resultados obtenidos, las probetas patrón fueron expuestas al horno sin ningún recubrimiento, estos resultados nos servirán para poder comparar la disminución de la resistencia que sufre el concreto al ser expuesto a temperatura de 400°C, según la tabla N°17 se puede apreciar que las probetas recubiertas con 3 capas del aislante retardante tienden a perder mayor resistencia que las probetas cubiertas con 6 capas de aislante retardante, como se puede apreciar también en la gráfica N°3.

Tabla N° 18: Resistencia obtenida de la rotura de probetas a compresión a una temperatura de 400 °C

PROBETAS A COMPRESION	Temperatura °C = 400		
	PATRON	3 CAPAS	6 CAPAS
PATRON (Kg/cm <sup>2</sup> )	232.00	232.0	232.0
25 min	199.30	202.20	224.20
40 min	168.50	171.20	209.00
60 min	158.00	163.70	171.00
Promedio	175.31	179.03	201.40
% de su resistencia	76%	77%	87%
% de perdida	24%	23%	13%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 3: Resistencia a compresión en función del tiempo de exposición y al número de capas



Fuente: Elaboración propia

### Rotura de probetas a compresión expuestas a 600°C

Se realizó la rotura de 27 probetas expuesta a 600°C con 28 días, está formado por 3 grupos de 9 probetas, está distribuido de la siguiente manera, un grupo sin aislante retardador al fuego y el resto con 3 y 6 capas de aislante retardador al fuego, donde cada grupo está formado 3 probetas con su respectivo tiempo de exposición, de las cuales probeta N°1 es de 25 minutos, probeta N°2 es de 40 minutos y probeta N°3 es de 60 min.

Se obtuvieron los siguientes resultados de la rotura de los grupos, las probetas sin aislante o patrón, donde sus valores son 157.7 kg/cm<sup>2</sup>, 132.5 kg/cm<sup>2</sup> y 129.5 kg/cm<sup>2</sup>, las probetas con 3 capas de aislante retardador al fuego, donde sus valores son 164.6 kg/cm<sup>2</sup>, 139.3 kg/cm<sup>2</sup> y 134.8 kg/cm<sup>2</sup> y las probetas con 6 capas de aislante retardador al fuego, donde sus valores son 188.7 kg/cm<sup>2</sup>,

147.4 kg/cm<sup>2</sup> y 137.8 kg/cm<sup>2</sup>, como se puede apreciar en la tabla N°18, N°19 y N°20.

Tabla N° 19: Cuadro de resultado de rotura de probetas a compresión patrón o sin aislante expuesto a 600°C

Descripción	Fuerza máxima kgf	Área cm <sup>2</sup>	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	f'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	%f'c	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
Probeta N°1	11504.2	78.5	146.5	210.0	69.8	157.7
Probeta N°1	12997.2	78.5	165.5	210.0	78.8	
Probeta N°1	12652.2	78.5	161.1	210.0	76.7	
Probeta N°2	10528.5	78.5	134.1	210.0	63.8	132.5
Probeta N°2	10856.5	78.5	138.2	210.0	65.8	
Probeta N°2	9823.5	78.5	125.1	210.0	59.6	
Probeta N°3	9642.2	78.5	122.8	210.0	58.5	129.5
Probeta N°3	10922.3	78.5	139.1	210.0	66.2	
Probeta N°3	9952.2	78.5	126.7	210.0	60.3	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 20: Cuadro de rotura de probetas a compresión con 3 capas del aislante retardante expuesto a 600°C

Descripción	Fuerza máxima kgf	Área cm <sup>2</sup>	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	f'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	%f'c	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
Probeta N°1	13564.5	78.5	172.7	210.0	82.2	164.6
Probeta N°1	12658.5	78.5	161.2	210.0	76.7	
Probeta N°1	12568.6	78.5	160.0	210.0	76.2	
Probeta N°2	10985.5	78.5	139.9	210.0	66.6	139.3
Probeta N°2	11254.5	78.5	143.3	210.0	68.2	
Probeta N°2	10589.5	78.5	134.8	210.0	64.2	
Probeta N°3	10256.5	78.5	130.6	210.0	62.2	134.8
Probeta N°3	11253.2	78.5	143.3	210.0	68.2	
Probeta N°3	10256.5	78.5	130.6	211.0	61.9	

Fuente: Elaboración propia



Tabla N° 21: Cuadro de rotura de probetas a compresión con 6 capas del aislante retardante expuesto a 600°C

Descripción	Fuerza máxima kgf	Área cm <sup>2</sup>	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	f'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	%f'c	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
Probeta N°1	15675.5	78.5	199.6	210.0	95.0	188.7
Probeta N°1	14256.3	78.5	181.5	210.0	86.4	
Probeta N°1	14526.5	78.5	185.0	210.0	88.1	
Probeta N°2	11345.6	78.5	144.5	210.0	68.8	147.4
Probeta N°2	11256.8	78.5	143.3	210.0	68.3	
Probeta N°2	12125.6	78.5	154.4	210.0	73.5	
Probeta N°3	10396.9	78.5	132.4	210.0	63.0	137.8
Probeta N°3	10589.6	78.5	134.8	210.0	64.2	
Probeta N°3	11475.6	78.5	146.1	210.0	69.6	

Fuente: Elaboración propia

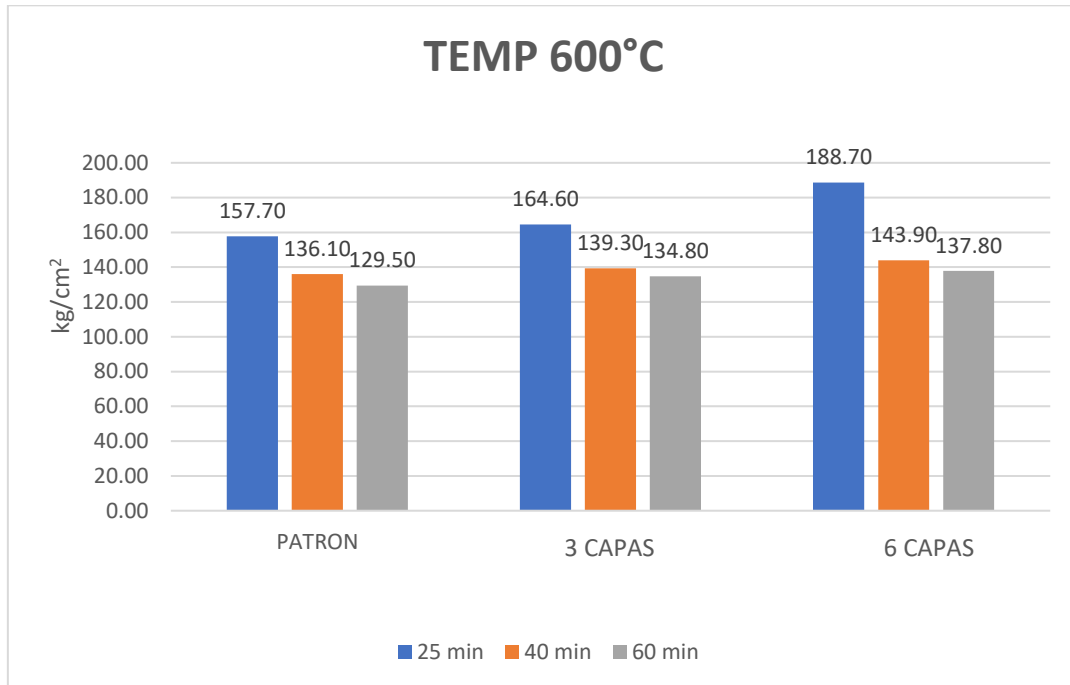
De acuerdo a los resultados obtenidos, las probetas patrón fueron expuestas al horno sin ningún recubrimiento, estos resultados nos servirán para poder comparar la disminución de la resistencia que sufre el concreto al estar expuesto a temperatura de 600°C, según la tabla N°21 se puede apreciar que las probetas recubiertas con 3 capas del aislante retardante tienden a perder mayor resistencia que las probetas cubiertas con 6 capas de aislante retardante, como se puede apreciar en la grafico N°20.

Tabla N° 22: Resistencia obtenida de la rotura de probetas a compresión a una temperatura de 600 °C

PROBETAS A COMPRESION	Temperatura °C :600°		
	PATRON	3 CAPAS	6 CAPAS
PATRON (Kg/cm <sup>2</sup> )	232.0	232.0	232.0
25 min	157.70	164.60	188.70
40 min	132.50	139.30	147.40
60 min	129.50	134.80	137.80
Promedio	139.90	146.23	156.80
% de su resistencia	61%	63%	68%
% de perdida	39%	37%	32%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 4: Resistencia a compresión en función del tiempo de exposición y al número de capas



Fuente: Elaboración propia

### Rotura de vigas a flexión expuestas a 400°C

Se realizó la rotura de 27 vigas expuestas a 400°C con 28 días, está formado por 3 grupos de 9 vigas, está distribuido de la siguiente manera, un grupo sin aislante retardador al fuego y el resto con 3 y 6 capas de aislante retardador al fuego, donde cada grupo está formado 3 vigas con su respectivo tiempo de exposición, de las cuales probeta N°1 es de 25 minutos, probeta N°2 es de 40 minutos y probeta N°3 es de 60 min.

Se obtuvieron los siguientes resultados de la rotura de los grupos, las vigas sin aislante o patrón, donde sus valores son 33.04 kg/cm<sup>2</sup>, 31.55 kg/cm<sup>2</sup> y 27.50 kg/cm<sup>2</sup>, las vigas con 3 capas de aislante retardador al fuego, donde sus valores son 34.68 kg/cm<sup>2</sup>, 32.53 kg/cm<sup>2</sup> y 29.59 kg/cm<sup>2</sup>

, 139.3 kg/cm<sup>2</sup> y 134.8 kg/cm<sup>2</sup> y las probetas con 6 capas de aislante retardador al fuego, donde sus valores son 37.75 kg/cm<sup>2</sup>, 35.81 kg/cm<sup>2</sup> y 32.79 kg/cm<sup>2</sup>, como se puede apreciar en la tabla N°22, N°23 y N°24

Tabla N° 23: Cuadro de resultado de rotura de probetas a flexión patrón o sin aislante expuesto a 400°C

Descripción	Dimensiones de la viga				Carga Máxima (kg-f)	Módulo de Rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg -f/cm <sup>2</sup>
	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Luz entre apoyos (m)			
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	988.3	29.65	33.04
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	1120.2	33.61	
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	1195.7	35.87	
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	1015.5	30.47	31.55
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	1125.4	33.76	
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	1014.3	30.43	
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	852.3	25.57	27.50
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	917.6	27.53	
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	979.9	29.40	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 24: Cuadro de rotura de probetas a flexión con 3 capas del aislante retardante expuesto a 400°C

Descripción	Dimensiones de la viga				Carga Máxima (kg-f)	Módulo de rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg -f/cm <sup>2</sup>
	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Luz entre apoyos (m)			
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	1055.2	31.66	34.68
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	1158.2	34.75	
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	1254.1	37.62	
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	1098.2	32.95	32.53
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	1034.2	31.03	
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	1121.0	33.63	
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	1098.1	32.94	29.59
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	902.5	27.08	
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	958.2	28.75	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25: Cuadro de rotura de probetas a flexión con 6 capas del aislante retardante expuesto a 400°C

Descripción	Dimensiones de la viga				Carga Máxima (kg-f)	Módulo de rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg -f/cm <sup>2</sup>
	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Luz entre apoyos (m)			
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	1262.3	37.87	37.75
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	1223.5	36.71	
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	1289.2	38.68	
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	1254.3	37.63	35.81
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	1168.2	35.05	
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	1158.6	34.76	
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	1098.2	32.95	32.79
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	1025.3	30.76	
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	1155.2	34.66	

Fuente: Elaboración propia

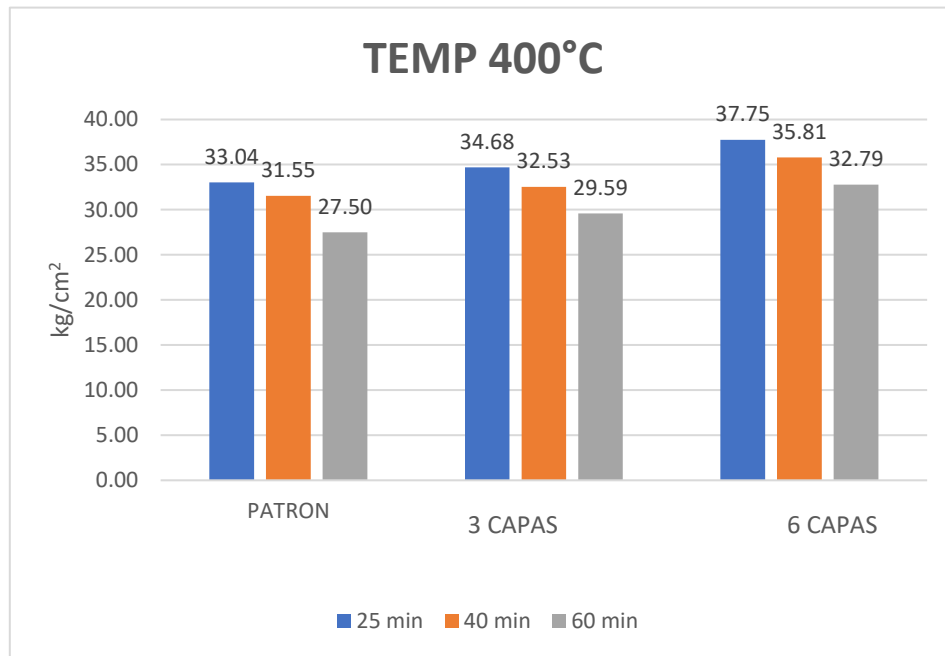
De acuerdo los resultados obtenidos, las vigas patrón fueron expuestas al horno sin ningún recubrimiento, estos resultados nos servirán para poder comparar la disminución de la resistencia que sufre el concreto gracias al estar a temperatura de 400°C, según la tabla N°25 se puede apreciar que las vigas recubiertas con 3 capas del aislante retardante tienden a perder mayor resistencia que las vigas cubiertas con 6 capas de aislante retardante, como se puede apreciar en la gráfica N°24.

Tabla N° 26: Resistencia obtenida de la rotura de las vigas a flexión a una temperatura de 400 °C

VIGAS A FLEXION	Temperatura °C = 400		
	PATRON	3 CAPAS	6 CAPAS
PATRON (Kg/cm <sup>2</sup> )	41.30	41.30	41.30
25 min	33.04	34.68	37.75
40 min	31.55	32.53	35.81
60 min	27.50	29.59	32.79
Promedio	30.70	32.27	35.45
% de su resistencia	74%	78%	86%
% de perdida	26%	22%	14%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 5: Resistencia a flexión en función del tiempo de exposición y al número de capas



Fuente: Elaboración propia

### Rotura de vigas a flexión expuestas a 600°C

Se realizó la rotura de 27 vigas expuesta a 600°C con 28 días, está formado por 3 grupos de 9 vigas, está distribuido de la siguiente manera, un grupo sin aislante retardador al fuego y el resto con 3 y 6 capas de aislante retardador al fuego, donde cada grupo está formado 3 vigas con su respectivo tiempo de exposición, de las cuales probeta N°1 es de 25 minutos, probeta N°2 es de 40 minutos y probeta N°3 es de 60 min.

Se obtuvieron los siguientes resultados de la rotura de los grupos, las vigas sin aislante o patrón, donde sus valores son 23.30 kg/cm<sup>2</sup>, 21.22 kg/cm<sup>2</sup> y 18.57 kg/cm<sup>2</sup>, las vigas con 3 capas de aislante retardador al fuego, donde sus valores son 24.63 kg/cm<sup>2</sup>, 23.73 kg/cm<sup>2</sup> y 21.63 kg/cm<sup>2</sup> y las probetas con 6 capas de

aislante retardador al fuego, donde sus valores son 28 kg/cm<sup>2</sup> , 25.07 kg/cm<sup>2</sup> y 22.30 kg/cm<sup>2</sup>, como se puede apreciar en la tabla N°26, N°27 y N°28.

Tabla N° 27: Cuadro de resultado de rotura de probetas a flexión patrón o sin aislante expuesto a 600°C

Descripción	Dimensiones de la viga				Carga Máxima (kg-f)	Módulo de rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg -f/cm <sup>2</sup>
	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Luz entre apoyos (m)			
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	778.3	23.35	23.30
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	809.1	24.27	
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	742.3	22.27	
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	701.6	21.05	21.22
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	731.2	21.94	
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	689.3	20.68	
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	616.5	18.50	18.57
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	595.3	17.86	
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	645.3	19.36	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 28: Cuadro de rotura de probetas a flexión con 3 capas del aislante retardante expuesto a 600°C

Descripción	Dimensiones de la viga				Carga Máxima (kg-f)	Módulo de rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg -f/cm <sup>2</sup>
	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Luz entre apoyos (m)			
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	802.5	24.08	24.63
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	836.1	25.08	
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	824.2	24.73	
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	788.2	23.65	23.73
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	755.6	22.67	
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	829.1	24.87	
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	712.2	21.37	21.63
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	698.2	20.95	
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	752.3	22.57	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 29: Cuadro de rotura de probetas a flexión con 6 capas del aislante retardante expuesto a 600°C

Descripción	Dimensiones de la viga				Carga Máxima (kg-f)	Módulo de rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg -f/cm <sup>2</sup>
	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Luz entre apoyos (m)			
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	923.2	27.70	28.00
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	950.2	28.51	
Viga N°1	0.35	0.1	0.1	0.3	926.2	27.79	
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	854.2	25.63	25.07
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	812.5	24.38	
Viga N°2	0.35	0.1	0.1	0.3	840.2	25.21	
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	728.2	21.85	22.30
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	796.2	23.89	
Viga N°3	0.35	0.1	0.1	0.3	705.2	21.16	

Fuente: Elaboración propia

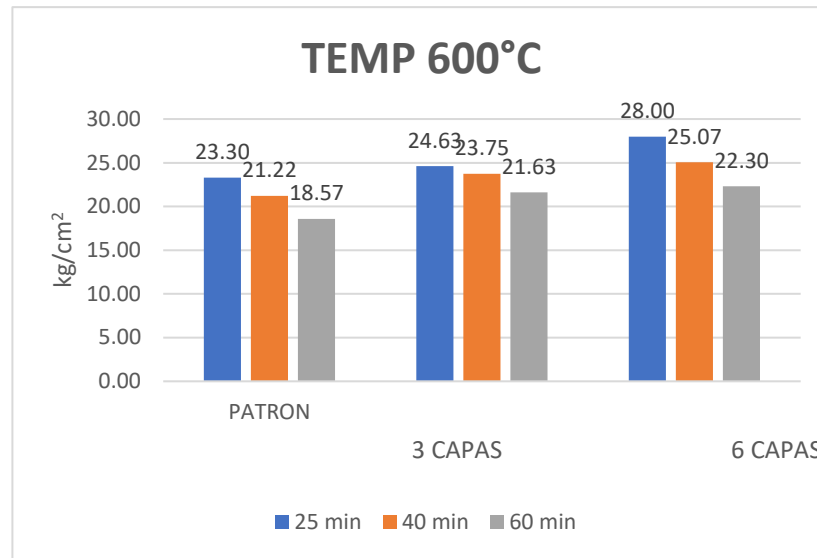
De acuerdo a los resultados obtenidos, las vigas patrón fueron expuestas al horno sin ningún recubrimiento, estos resultados nos servirán para poder comparar la disminución de la resistencia que sufre el concreto gracias al estar expuesto a temperatura de 600°C ,según la tabla N°29 se puede apreciar que las vigas recubiertas con 3 capas del aislante retardante tienden a perder mayor resistencia que las vigas cubiertas con 6 capas de aislante retardante, como se puede apreciar en la gráfica N°28.

Tabla N° 30: Resistencia obtenida de la rotura de las vigas a flexión a una temperatura de 600 °C

VIGAS A FLEXION	Temperatura °C :600°		
	PATRON	3 CAPAS	6 CAPAS
PATRON (Kg/cm <sup>2</sup> )	41.30	41.30	41.30
25 min	23.30	24.63	28.00
40 min	21.22	23.75	25.07
60 min	18.57	21.63	22.30
Promedio	21.03	23.34	25.12
% de su resistencia	51%	57%	61%
% de perdida	49%	43%	39%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 6: Resistencia a flexión en función del tiempo de exposición y al número de capas



Fuente: Elaboración propia

## Resultados Estadísticos

### Análisis estadístico de la resistencia a compresión en un intervalo de 25 min a una temperatura de 400°C

#### Hipótesis específica 1

En esta sección se muestra los resultados estadísticos respecto a la hipótesis específica 1 por medio del análisis de varianza de un factor (ANOVA) con la prueba Post Hoc Tukey, fijando un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5%; los resultados establecidos se visualizarán en las siguientes tablas:



Tabla N° 31: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25 minutos a una temperatura de 400 °C

**Descriptivos**

Resultados de compresión

Descripción	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P a 25 min	3	199.3333	5.67656	3.27736	185.2320	213.4347	194.00	205.30
3 Capas a 25 min	3	202.2333	4.95210	2.85910	189.9316	214.5350	197.20	207.10
6 Capas a 25 min	3	224.2000	4.90000	2.82902	212.0277	236.3723	220.30	229.70
Total	9	208.5889	12.60362	4.20121	198.9009	218.2769	194.00	229.70

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°32: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25 minutos a una temperatura de 400 °C

**ANOVA de un factor**

Resultados de compresión

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1109.296	2	554.648	20.604	.002
Intra-grupos	161.513	6	26.919		
Total	1270.809	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra los resultados de ANOVA de un factor que indican que hay disparidad y efecto positivo de la resistencia a la compresión de acuerdo al número de capas expuestas a 400°C; es decir, que es significativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla N° 33: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25 minutos a una temperatura de 400 °C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Resultados de compresión

HSD de Tukey

(I) Diseño de mezcla	(J) Diseño de mezcla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P a 25 min	3CC a 25 min	-2.90000	4.23626	.781	-15.8980	10.0980
	6CC a 25 min	-24.86667*	4.23626	.003	-37.8647	-11.8686
3CC a 25 min	P a 25 min	2.90000	4.23626	.781	-10.0980	15.8980
	6CC a 25 min	-21.96667*	4.23626	.005	-34.9647	-8.9686
6CC a 25 min	P a 25 min	24.86667*	4.23626	.003	11.8686	37.8647
	3CC a 25 min	21.96667*	4.23626	.005	8.9686	34.9647

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra la comparación múltiple de los porcentajes de las muestras cubiertas con el aislante retardante en función a la temperatura, el cual indican que hay disparidad entre los grupos. Por los resultados se puede analizar que la variable independiente tiene un significativo efecto respecto a la variable dependiente

Tabla N°34: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión con HSD Tuke

### Resultados de compresión

HSD de Tukey

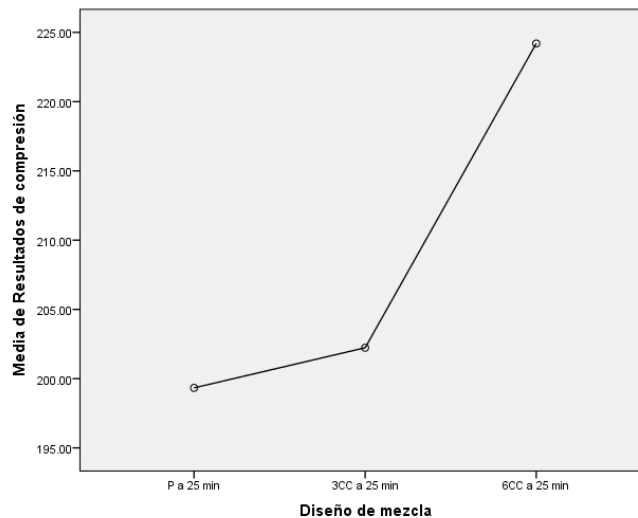
Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
P a 25 min	3	199.3333	224.2000
3CC a 25 min	3	202.2333	
6CC a 25 min	3		
Sig.		.781	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Usa el tamaño muestra de la media armónica = 3.000

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 7: Media de la resistencia a la compresión Vs Números de capas



Fuente: Elaboración propia

El resultado del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia de las muestras dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia entre las medias de resistencia a compresión a los 28 días en un intervalo de tiempo tuvo una importante diferencia respecto al número capas del aislante retardante como recubrimiento del concreto. Según la condición múltiple del Tukey los datos obtenidos de la resistencia a compresión de los 3 tipos de muestras expuesto a 400°C son estadísticamente diferentes entre sí. Según la tabla N°33 la muestra que demostró tener menor pérdida de resistencia estadística en función a la resistencia a compresión fue la muestra 6 capas, siguiéndole la muestra 3 capas y por último la muestra patrón

### **Análisis estadístico de la resistencia a compresión en un intervalo de 40 min a una temperatura de 400°C**

En esta sección se muestra los resultados estadísticos respecto al número de capas del aislante retardante en un intervalo de 40 min por medio del análisis de varianza de un factor (ANOVA) con la prueba Post Hoc Tukey, fijando un nivel de confianza de

95% y un nivel de significancia de 5% ( $p$ -valor  $< 0.05$ ); los resultados obtenidos se visualizarán en las siguientes tablas:

Tabla N° 35: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40 minutos a una temperatura de 400 °C

### Descriptivos

#### Resultados de compresión

Descripción	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P a 40 min	3	168.5333	4.35010	2.51153	157.7271	179.3396	164.20	172.90
3CC a 40 min	3	171.1667	4.80867	2.77629	159.2213	183.1121	168.00	176.70
6CC a 40 min	3	209.0000	5.20481	3.00500	196.0705	221.9295	203.30	213.50
Total	9	182.9000	20.04408	6.68136	167.4928	198.3072	164.20	213.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 36: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40 minutos a una temperatura de 400 °C

### ANOVA de un factor

#### Resultados de compresión

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3075.847	2	1537.923	66.734	.000
Intra-grupos	138.273	6	23.046		
Total	3214.120	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla los resultados de ANOVA de un factor muestran que hay disparidad y efecto positivo de la resistencia a la compresión de acuerdo al número de capas expuestas a 400°C; es decir, que es significativa y se rechaza la hipótesis nula

Tabla N° 37: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40 minutos a una temperatura de 400°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Resultados de compresión

HSD de Tukey

(I) Diseño de mezcla	(J) Diseño de mezcla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P a 40 min	3CC a 40 min	-2.63333	3.91966	.788	-14.6599	9.3932
	6CC a 40 min	-40.46667*	3.91966	.000	-52.4932	-28.4401
3CC a 40 min	P a 40 min	2.63333	3.91966	.788	-9.3932	14.6599
	6CC a 40 min	-37.83333*	3.91966	.000	-49.8599	-25.8068
6CC a 40 min	P a 40 min	40.46667*	3.91966	.000	28.4401	52.4932
	3CC a 40 min	37.83333*	3.91966	.000	25.8068	49.8599

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra la comparación múltiple de los porcentajes de las muestras cubiertas con el aislante retardante en función a la temperatura, el cual indican que hay disparidad entre los grupos. Por los resultados se puede analizar que la variable independiente tiene un significativo efecto respecto a la variable dependiente.

Tabla N° 38: Subconjunto homogéneos de la resistencia a la compresión con HSD

### Resultados de compresión

HSD de Tukey

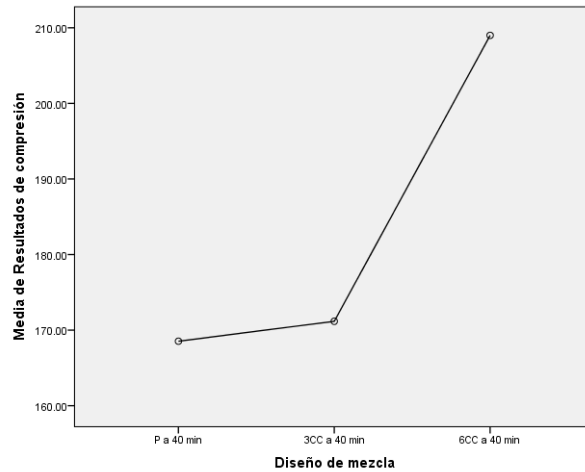
Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
P a 40 min	3	168.5333	209.0000
3CC a 40 min	3	171.1667	
6CC a 40 min	3		
Sig.		.788	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestra de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 8: Media de la resistencia a la compresión vs números de capas



Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia de las muestras realizada dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia entre las medias de resistencia a compresión a los 28 días en un intervalo de tiempo tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferencias capas del aislante retardante como recubrimiento del concreto. Según la categoría múltiple del Tukey los datos obtenidos de la resistencia a compresión de los 3 tipos de muestras expuesto a 400°C son estadísticamente diferentes entre sí. Según la tabla N°37 la muestra que demostró tener menor pérdida de resistencia estadística en función a la resistencia a compresión fue la muestra 6 capas, siguiéndole la muestra 3 capas y por último la muestra patrón.

### **Análisis estadístico de la resistencia a compresión en un intervalo de 60 min a una temperatura de 400°C**

En esta sección se muestra los resultados estadísticos respecto al número de capas del aislante retardante en un intervalo de 60 min por medio del análisis de varianza de un factor (ANOVA) con la prueba Post Hoc Tukey, fijando un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5% ( $p\text{-valor} < 0.05$ ); los resultados obtenidos se visualizarán en las siguientes tablas:

Tabla N° 39: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60 min a una temperatura 400°C

**Descriptivos**

Resultados de compresión

Descripción	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P a 60 min	3	158.0333	5.00233	2.88810	145.6068	170.4598	153.50	163.40
3CC a 60 min	3	163.7333	8.18678	4.72664	143.3962	184.0704	154.40	169.70
6CC a 60 min	3	171.0333	6.33114	3.65529	155.3059	186.7608	164.20	176.70
Total	9	164.2667	8.05481	2.68494	158.0752	170.4581	153.50	176.70

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 40: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60 min a una temperatura de 400°C

**ANOVA de un factor**

Resultados de compresión

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	254.780	2	127.390	2.892	.132
Intra-grupos	264.260	6	44.043		
Total	519.040	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla los resultados de ANOVA de un factor muestra que hay disparidad y efecto positivo de la resistencia a la compresión de acuerdo al número de capas expuestas a 400°C; es decir, que es significativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla N°41: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60 minutos a una temperatura de 400°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Resultados de compresión

#### HSD de Tukey

(I) Diseño de mezcla	(J) Diseño de mezcla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P a 60 min	3CC a 60 min	-5.70000	5.41869	.575	-22.3260	10.9260
	6CC a 60 min	-13.00000	5.41869	.116	-29.6260	3.6260
3CC a 60 min	P a 60 min	5.70000	5.41869	.575	-10.9260	22.3260
	6CC a 60 min	-7.30000	5.41869	.423	-23.9260	9.3260
6CC a 60 min	P a 60 min	13.00000	5.41869	.116	-3.6260	29.6260
	3CC a 60 min	7.30000	5.41869	.423	-9.3260	23.9260

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra la comparación múltiple de los porcentajes de las muestras cubiertas con el aislante retardante en función a la temperatura, el cual indican que hay disparidad entre los grupos. Por los resultados se puede analiza que la variable independiente tiene un significativo efecto respecto a la variable dependiente.

Tabla N° 42: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión con HSD Tuke

#### HSD de Tukey<sup>a</sup>

Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
P a 60 min	3	158.0333
3CC a 60 min	3	163.7333
6CC a 60 min	3	171.0333
Sig.		.116

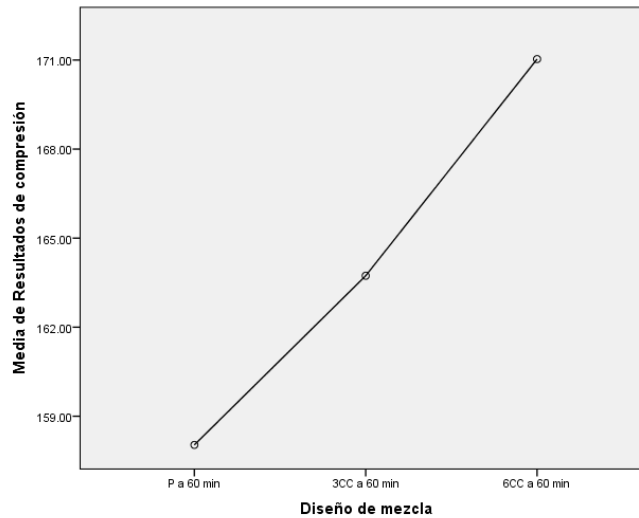
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia



Gráfica N° 9: Media de la resistencia a la compresión vs números de capas



Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido de la varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia de las muestras realizadas dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia entre las medias de resistencia a compresión a los 28 días en un intervalo de tiempo tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferencias capas del aislante retardante como recubrimiento del concreto. Según la categoría múltiple del Tukey los datos obtenidos de la resistencia a compresión de los 3 tipos de muestras expuesto a 400°C son estadísticamente diferentes entre sí. Según la tabla N°41 la muestra que demostró tener menor pérdida de resistencia estadística en función a la resistencia a compresión fue la muestra 6 capas, siguiéndole la muestra 3 capas y por último la muestra patrón

### **Análisis estadístico de la resistencia a compresión en un intervalo de 25 min a una temperatura de 600°C**

En esta sección se muestra los resultados estadísticos respecto al número de capas del aislante retardante en un intervalo de 25 min a una T 600°C por medio del análisis de varianza de un factor (ANOVA) con la prueba Post Hoc Tukey, fijando un nivel de

confianza de 95% y un nivel de significancia de 5% ( $p$ -valor  $< 0.05$ ); los resultados obtenidos se visualizarán en las siguientes tablas:

Tabla N° 43: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25 minutos a una temperatura de 600 °C

### Descriptivos

#### Resultados de compresión

Descripción	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P a 25 min	3	157.7000	9.94585	5.74224	132.9931	182.4069	146.50	165.50
3CC a 25 min	3	164.6333	7.01166	4.04818	147.2154	182.0513	160.00	172.70
6CC a 25 min	3	188.7000	9.60052	5.54286	164.8510	212.5490	181.50	199.60
Total	9	170.3444	16.08098	5.36033	157.9835	182.7054	146.50	199.60

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 44: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25 minutos a una temperatura de 600°C

### ANOVA de un factor

#### Resultados de compresión

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1588.276	2	794.138	9.916	.013
Intra-grupos	480.507	6	80.084		
Total	2068.782	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla los resultados de ANOVA de un factor muestra que hay disparidad y efecto positivo de la resistencia a la compresión de acuerdo al número de capas expuestas a 600°C; es decir, que es significativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla N° 45: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25 minutos a una temperatura de 600°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Resultados de compresión

HSD de Tukey

(I) Diseño de mezcla	(J) Diseño de mezcla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P a 25 min	3CC a 25 min	-6.93333	7.30682	.632	-29.3527	15.4860
	6CC a 25 min	-31.00000*	7.30682	.013	-53.4193	-8.5807
3CC a 25 min	P a 25 min	6.93333	7.30682	.632	-15.4860	29.3527
	6CC a 25 min	-24.06667*	7.30682	.038	-46.4860	-1.6473
6CC a 25 min	P a 25 min	31.00000*	7.30682	.013	8.5807	53.4193
	3CC a 25 min	24.06667*	7.30682	.038	1.6473	46.4860

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra la comparación múltiple de los porcentajes de las muestras cubiertas con el aislante retardante en función a la temperatura, el cual indican que hay disparidad entre los grupos. Por los resultados se puede analizar que la variable independiente tiene un significativo efecto respecto a la variable dependiente

Tabla N° 46: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión con HSD Tuke

### Resultados de compresión

HSD de Tukey

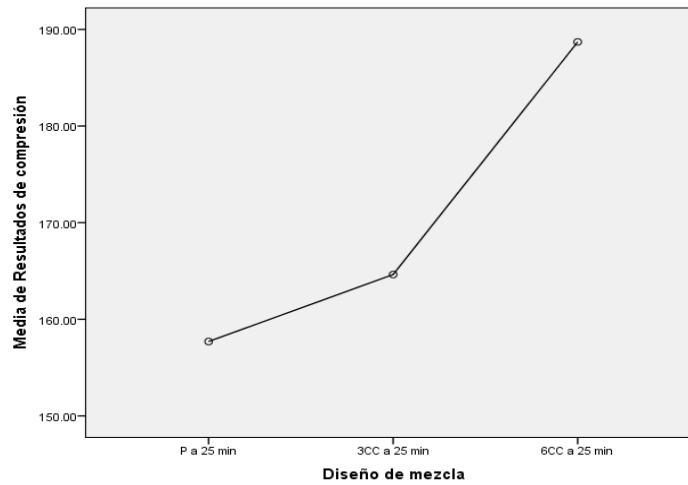
Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
P a 25 min	3	157.7000	188.7000
3CC a 25 min	3	164.6333	
6CC a 25 min	3		
Sig.		.632	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 10: Media de la resistencia a la compresión vs números de capas



Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia de las muestras realizadas dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia entre las medias de resistencia a compresión a los 28 días en un intervalo de tiempo tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferencias capas del aislante retardante como recubrimiento del concreto. Según la categoría múltiple del Tukey los datos obtenidos de la resistencia a compresión de los 3 tipos de muestras expuesto a 600°C son estadísticamente diferentes entre sí. Según la tabla N°45 la muestra que demostró tener menor pérdida de resistencia estadística en función a la resistencia a compresión fue la muestra 6 capas, siguiéndole la muestra 3 capas y por último la muestra patrón

### **Análisis estadístico de la resistencia a compresión en un intervalo de 40 min a una temperatura de 600°C**

En esta sección se muestra los resultados estadísticos respecto al número de capas del aislante retardante en un intervalo de 40 min a una temperatura de 600°C por medio del análisis de varianza de un factor (ANOVA) con la prueba Post Hoc Tukey, fijando

un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5% ( $p$ -valor  $< 0.05$ ); los resultados obtenidos se visualizarán en las siguientes tablas:

Tabla N° 47: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40 minutos a una temperatura de 600°C

**Descriptivos**

Resultados de compresión

Descripción	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P a 40 min	3	132.4667	6.70099	3.86882	115.8205	149.1129	125.10	138.20
3CC a 40 min	3	139.3333	4.27824	2.47004	128.7056	149.9611	134.80	143.30
6CC a 40 min	3	147.4000	6.09180	3.51710	132.2671	162.5329	143.30	154.40
Total	9	139.7333	8.18428	2.72809	133.4423	146.0243	125.10	154.40

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 48: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40 minutos a una temperatura de 600°C

**ANOVA de un factor**

Resultados de compresión

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intra-grupos	200.633	6	Inter-grupos	335.227	2
Total	535.860	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla los resultados de ANOVA de un factor muestra que hay disparidad y efecto positivo de la resistencia a la compresión de acuerdo al número de capas expuestas a 600°C; es decir, que es significativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla N° 49: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40 min a una temperatura de 600°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Resultados de compresión

HSD de Tukey

(I) Diseño de mezcla	(J) Diseño de mezcla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P a 40 min	3CC a 40 min	-6.86667	4.72150	.375	-21.3535	7.6202
	6CC a 40 min	-14.93333*	4.72150	.045	-29.4202	-.4465
3CC a 40 min	P a 40 min	6.86667	4.72150	.375	-7.6202	21.3535
	6CC a 40 min	-8.06667	4.72150	.277	-22.5535	6.4202
6CC a 40 min	P a 40 min	14.93333*	4.72150	.045	.4465	29.4202
	3CC a 40 min	8.06667	4.72150	.277	-6.4202	22.5535

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra la comparación múltiple de los porcentajes de las muestras cubiertas con el aislante retardante en función a la temperatura, el cual indican que hay disparidad entre los grupos. Por los resultados se puede analizar que la variable independiente tiene un significativo efecto respecto a la variable dependiente

Tabla N° 50: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión con HSD Tuke

**Resultados de compresión**

HSD de Tukey

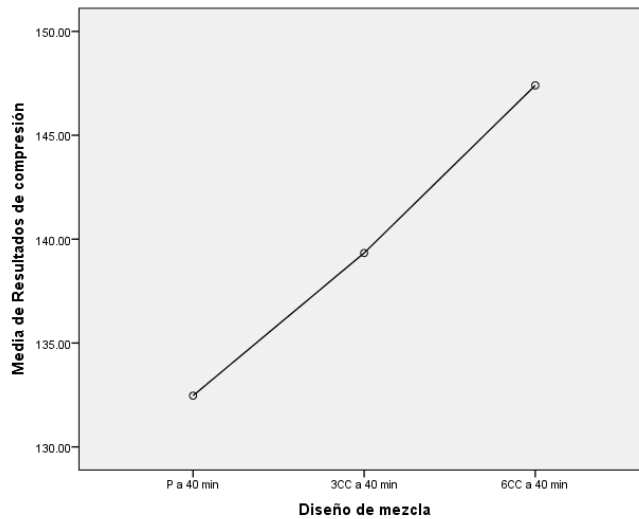
Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
P a 40 min	3	132.4667	
3CC a 40 min	3	139.3333	139.3333
6CC a 40 min	3		147.4000
Sig.		.375	.277

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestra de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 11: Media de la resistencia a la compresión vs números de capas



Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia de las muestras realizadas dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia entre las medias de resistencia a compresión a los 28 días en un intervalo de tiempo tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferencias capas del aislante retardante como recubrimiento del concreto. Según la categoría múltiple del Tukey los datos obtenidos de la resistencia a compresión de los 3 tipos de muestras expuesto a 600°C son estadísticamente diferentes entre sí. Según la tabla N°49 la muestra que demostró tener menor pérdida de resistencia estadística en función a la resistencia a compresión fue la muestra 6 capas, siguiéndole la muestra 3 capas y por último la muestra patrón

### **Análisis estadístico de la resistencia a compresión en un intervalo de 60 min a una temperatura de 600°C**

En esta sección se muestra los resultados estadísticos respecto al número de capas del aislante retardante en un intervalo de 60 min a una temperatura 600°C por medio del análisis de varianza de un factor (ANOVA) con la prueba Post Hoc Tukey, fijando un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5% ( $p$ -valor  $< 0.05$ ); los resultados obtenidos se visualizarán en las siguientes tablas:

Tabla N° 51: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 600°C

### Descriptivos

#### Resultados de compresión

Descripción	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P a 60 min	3	129.5333	8.51136	4.91404	108.3899	150.6767	122.80	139.10
3CC a 60 min	3	134.8333	7.33235	4.23333	116.6188	153.0479	130.60	143.30
6CC a 60 min	3	137.6333	7.40023	4.27252	119.2502	156.0165	132.40	146.10
Total	9	134.0000	7.61150	2.53717	128.1493	139.8507	122.80	146.10

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 52: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la compresión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 600°C

### ANOVA de un factor

#### Resultados de compresión

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	101.540	2	50.770	.842	.476
Intra-grupos	361.940	6	60.323		
Total	463.480	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla los resultados de ANOVA de un factor muestra que hay disparidad y efecto positivo de la resistencia a la compresión de acuerdo al número de capas expuestas a 600°C; es decir, que es significativa y se rechaza la hipótesis nula.



Tabla N° 53: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 600°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Resultados de compresión

HSD de Tukey

(I) Diseño de mezcla	(J) Diseño de mezcla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P a 60 min	3CC a 60 min	-5.30000	6.34157	.696	-24.7577	14.1577
	6CC a 60 min	-8.10000	6.34157	.456	-27.5577	11.3577
3CC a 60 min	P a 60 min	5.30000	6.34157	.696	-14.1577	24.7577
	6CC a 60 min	-2.80000	6.34157	.900	-22.2577	16.6577
6CC a 60 min	P a 60 min	8.10000	6.34157	.456	-11.3577	27.5577
	3CC a 60 min	2.80000	6.34157	.900	-16.6577	22.2577

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra la comparación múltiple de los porcentajes de las muestras cubiertas con el aislante retardante en función a la temperatura, el cual indican que hay disparidad entre los grupos. Por los resultados se puede interpretar que la variable independiente tiene un significativo efecto respecto a la variable dependiente.

Tabla N° 54: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión con HSD Tuke

**Resultados de compresión**

HSD de Tukey<sup>a</sup>

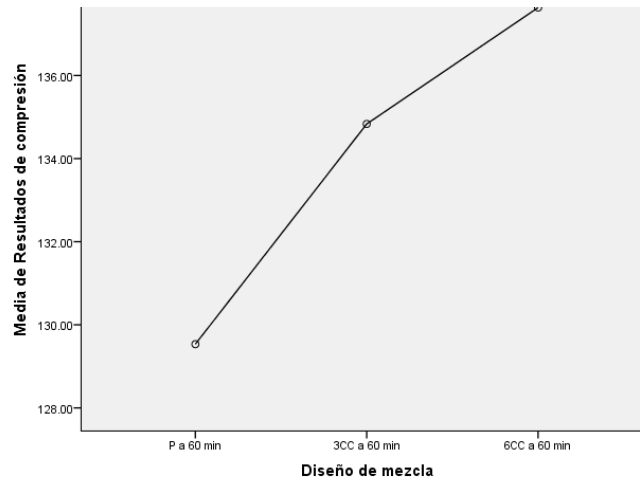
Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
P a 60 min	3	129.5333
3CC a 60 min	3	134.8333
6CC a 60 min	3	137.6333
Sig.		.456

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 12: Media de la resistencia a la compresión vs números de capas



Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia de las muestras realizadas dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia entre las medias de resistencia a compresión a los 28 días en un intervalo de tiempo tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferencias capas del aislante retardante como recubrimiento del concreto. Según la categoría múltiple del Tukey los datos obtenidos de la resistencia a compresión de los 3 tipos de muestras expuesto a 600°C son estadísticamente diferentes entre sí. Según la tabla N°53 la muestra que demostró tener menor pérdida de resistencia estadística en función a la resistencia a compresión fue la muestra 6 capas, siguiéndole la muestra 3 capas y por último la muestra patrón.

### Resultados Estadísticos

#### **Análisis estadístico de la resistencia a flexión en un intervalo de 25 min a una temperatura de 400°C**

##### Hipótesis específica 2

En esta sección se muestra los resultados estadísticos respecto al número de capas del aislante retardante en un intervalo de tiempo de 25min a una temperatura de 400°C por medio del análisis de varianza de un factor (ANOVA) con la prueba Post Hoc

Tukey, fijando un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5% (p-valor < 0.05); los resultados obtenidos se visualizarán en las siguientes tablas:

Tabla N° 55: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25min a una temperatura de 400°C

**Descriptivos**

Resultados de flexión

Descripción	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P a 25 min	3	33.0433	3.14848	1.81778	25.2221	40.8646	29.65	35.87
3CC a 25 min	3	34.6767	2.98068	1.72089	27.2723	42.0811	31.66	37.62
6CC a 25 min	3	37.7533	.99017	.57167	35.2936	40.2130	36.71	38.68
Total	9	35.1578	3.03878	1.01293	32.8220	37.4936	29.65	38.68

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 56: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25min a una temperatura de 400°C

**ANOVA de un factor**

Resultados de flexión

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	34.318	2	17.159	2.603	.154
Intra-grupos	39.556	6	6.593		
Total	73.873	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla los resultados de ANOVA de un factor muestra que hay disparidad y efecto positivo de la resistencia a la flexión de acuerdo al número de capas expuestas a 400°C; es decir, que es significativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla N° 57: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25min a una temperatura de 400°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Resultados de flexión

HSD de Tukey

(I) Diseño de mezcla	(J) Diseño de mezcla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P a 25 min	3CC a 25 min	-1.63333	2.09644	.728	-8.0658	4.7991
	6CC a 25 min	-4.71000	2.09644	.141	-11.1425	1.7225
3CC a 25 min	P a 25 min	1.63333	2.09644	.728	-4.7991	8.0658
	6CC a 25 min	-3.07667	2.09644	.369	-9.5091	3.3558
6CC a 25 min	P a 25 min	4.71000	2.09644	.141	-1.7225	11.1425
	3CC a 25 min	3.07667	2.09644	.369	-3.3558	9.5091

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra la comparación múltiple de los porcentajes de las muestras cubiertas con el aislante retardante en función a la temperatura, el cual indican que hay disparidad entre los grupos. Por los resultados se puede analizar que la variable independiente tiene un significativo efecto respecto a la variable dependiente.

Tabla N° 58: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la flexión con HSD Tukey

**Resultados de flexión**

HSD de Tukey<sup>a</sup>

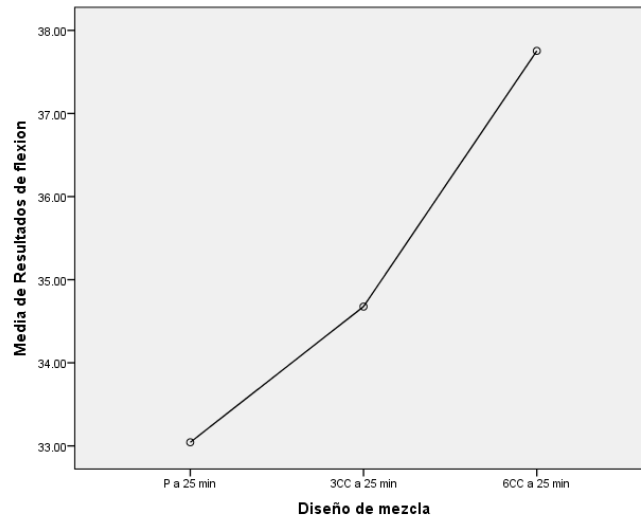
Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
P a 25 min	3	33.0433
3CC a 25 min	3	34.6767
6CC a 25 min	3	37.7533
Sig.		.141

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestra de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 13: Media de la resistencia a la flexión vs números de capas



Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia de las muestras realizadas dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia entre las medias de resistencia a flexión a los 28 días en un intervalo de tiempo tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferencias capas del aislante retardante como recubrimiento del concreto. Según la categoría múltiple del Tukey los datos obtenidos de la resistencia a flexión de los 3 tipos de muestras expuesto a 400°C son estadísticamente diferentes entre sí. Según la tabla N°57 la muestra que demostró tener menor pérdida de resistencia estadística en función a la resistencia a flexión; la muestra 6 capas, siguiéndole la muestra 3 capas y por último la muestra patrón

### **Análisis estadístico de la resistencia a flexión en un intervalo de 40 min a una temperatura de 400°C**

En esta sección se muestra los resultados estadísticos respecto al número de capas del aislante retardante en un intervalo de tiempo de 40min a una temperatura de 400°C por medio del análisis de varianza de un factor (ANOVA) con la prueba Post Hoc Tukey, fijando un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5% (p-valor < 0.05); los resultados obtenidos se visualizarán en las siguientes tablas:

Tabla N° 59: Datos estadísticos descriptivos de la Resistencia a la Flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40min a una temperatura de 400°C

**Descriptivos**

Resultados de flexión

Descripción	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P a 40 min	3	31.5533	1.91113	1.10339	26.8058	36.3009	30.43	33.76
3C a 40 min	3	32.5367	1.34838	.77849	29.1871	35.8862	31.03	33.63
6CC a 40 min	3	35.8133	1.57995	.91218	31.8885	39.7381	34.76	37.63
Total	9	33.3011	2.39230	.79743	31.4622	35.1400	30.43	37.63

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 60: Datos estadísticos Anova de la Resistencia a la Flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40min a una temperatura de 400°C

**ANOVA de un factor**

Resultados de flexión

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	29.851	2	14.926	5.620	.042
Intra-grupos	15.934	6	2.656		
Total	45.785	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla los resultados de ANOVA de un factor muestra que hay disparidad y efecto positivo de la resistencia a la flexión de acuerdo al número de capas expuestas a 400°C; es decir, que es significativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla N° 61: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40min a una temperatura de 400°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Resultados de flexión

HSD de Tukey

(I) Diseño de mezcla	(J) Diseño de mezcla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P a 40 min	3CC a 40 min	-.98333	1.33056	.751	-5.0659	3.0992
	6CC a 40 min	-4.26000*	1.33056	.042	-8.3425	-.1775
3CC a 40 min	P a 40 min	.98333	1.33056	.751	-3.0992	5.0659
	6CC a 40 min	-3.27667	1.33056	.107	-7.3592	.8059
6CC a 40 min	P a 40 min	4.26000*	1.33056	.042	.1775	8.3425
	3CC a 40 min	3.27667	1.33056	.107	-.8059	7.3592

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra la comparación múltiple de los porcentajes de las muestras cubiertas con el aislante retardante en función a la temperatura, el cual indican que hay disparidad entre los grupos. Por los resultados se puede analizar que la variable independiente tiene un significativo efecto respecto a la variable dependiente.

Tabla N° 62: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la flexión con HSD Tukey

**Resultados de flexión**

HSD de Tukey

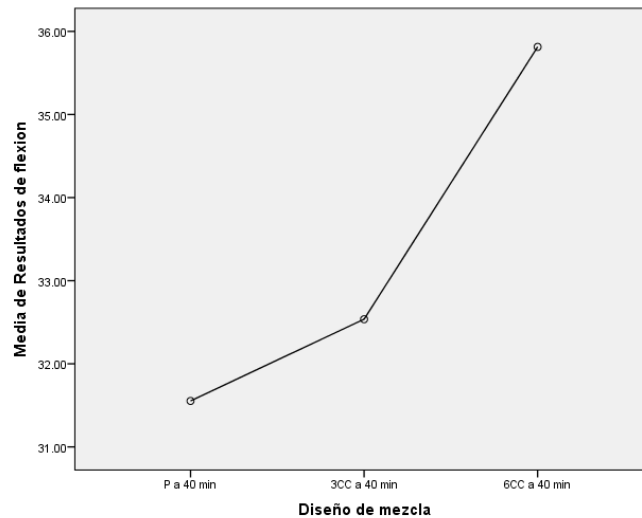
Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
P a 40 min	3	31.5533	
3CC a 40 min	3	32.5367	32.5367
6CC a 40 min	3		35.8133
Sig.		.751	.107

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 14: Media de la resistencia a la flexión vs números de capas



Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia de las muestras realizadas dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia entre las medias de resistencia a flexión a los 28 días en un intervalo de tiempo tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferencias capas del aislante retardante como recubrimiento del concreto. Según la categoría múltiple del Tukey los datos obtenidos de la resistencia a flexión de los 3 tipos de muestras expuesto a 400°C son estadísticamente diferentes entre sí. Según la tabla N°61 la muestra que demostró tener menor pérdida de resistencia estadística en función a la resistencia a flexión; la muestra 6 capas, siguiéndole la muestra 3 capas y por último la muestra patrón

#### **Análisis estadístico de la resistencia a compresión en un intervalo de 60 min a una temperatura de 400°C**

En sección se muestra resultados estadísticos respecto al número de capas del aislante retardante en un intervalo de tiempo de 60min a una temperatura de 400°C por medio del análisis de varianza de un factor (ANOVA) con la prueba Post Hoc



Tukey, fijando un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5% (p-valor < 0.05); los resultados obtenidos se visualizarán en las siguientes tablas:

Tabla N° 63: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 400°C

**Descriptivos**  
Resultados de flexión

Descripción	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P a 60 min	3	27.5000	1.91518	1.10573	22.7424	32.2576	25.57	29.40
3CC a 60 min	3	29.5900	3.01896	1.74300	22.0905	37.0895	27.08	32.94
6CC a 60 min	3	32.7900	1.95492	1.12867	27.9337	37.6463	30.76	34.66
Total	9	29.9600	3.07814	1.02605	27.5939	32.3261	25.57	34.66

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 64: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 400°C

**ANOVA de un factor**  
Resultados de flexión

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	42.592	2	21.296	3.848	.084
Intra-grupos	33.207	6	5.535		
Total	75.800	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla los resultados de ANOVA de un factor muestra que hay disparidad y efecto positivo de la resistencia a la flexión de acuerdo al número de capas expuestas a 400°C; es decir, que es significativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla N° 65: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 400°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Resultados de flexión

HSD de Tukey

(I) Diseño de mezcla	(J) Diseño de mezcla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P a 60 min	3CC a 60 min	-2.09000	1.92086	.555	-7.9837	3.8037
	6CC a 60 min	-5.29000	1.92086	.074	-11.1837	.6037
3CC a 60 min	P a 60 min	2.09000	1.92086	.555	-3.8037	7.9837
	6CC a 60 min	-3.20000	1.92086	.292	-9.0937	2.6937
6CC a 60 min	P a 60 min	5.29000	1.92086	.074	-.6037	11.1837
	3CC a 60 min	3.20000	1.92086	.292	-2.6937	9.0937

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra la comparación múltiple de los porcentajes de las muestras cubiertas con el aislante retardante en función a la temperatura, el cual indican que hay disparidad entre los grupos. Por los resultados se puede analizar que la variable independiente tiene un significativo efecto respecto a la variable dependiente.

Tabla N° 66: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la flexión con HSD Tukey

**Resultados de flexión**

HSD de Tukey<sup>a</sup>

Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
P a 60 min	3	27.5000
3CC a 60 min	3	29.5900
6CC a 60 min	3	32.7900
Sig.		.074

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

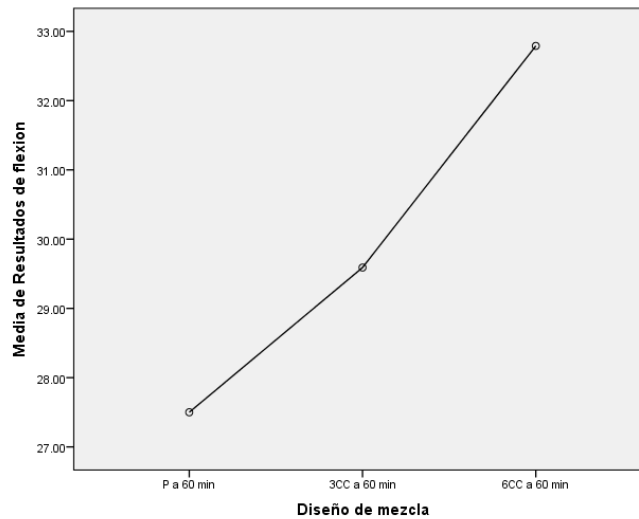
a. Usa el tamaño muestra de la media armónica = 3.000.

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestra de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 15: Media de la resistencia a la flexión vs números de capas



Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia de las muestras realizadas dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia entre las medias de resistencia a flexión a los 28 días en un intervalo de tiempo tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferencias capas del aislante retardante como recubrimiento del concreto. Según la categoría múltiple del Tukey los datos obtenidos de la resistencia a flexión de los 3 tipos de muestras expuesto a 400°C son estadísticamente diferentes entre sí. Según la tabla N°65 la muestra que demostró tener menor pérdida de resistencia estadística en función a la resistencia a flexión; la muestra 6 capas, siguiéndole la muestra 3 capas y por último la muestra patrón

### **Análisis estadístico de la resistencia a compresión en un intervalo de 25 min a una temperatura de 600°C**

En esta sección se muestra los resultados estadísticos respecto al número de capas del aislante retardante en un intervalo de tiempo de 25min a una temperatura de 600°C por medio del análisis de varianza de un factor (ANOVA) con la prueba Post Hoc Tukey, fijando un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5% ( $p$ -valor  $< 0.05$ ); los resultados obtenidos se visualizarán en las siguientes tablas:

Tabla N° 67: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25min a una temperatura de 600°C

**Descriptivos**

Resultados de flexión

Descripción	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P a 25 min	3	23.2967	1.00107	.57797	20.8099	25.7835	22.27	24.27
3CC a 25 min	3	24.6300	.50744	.29297	23.3694	25.8906	24.08	25.08
6CC a 25 min	3	27.7900	.72000	.41569	26.0014	29.5786	27.07	28.51
Total	9	25.2389	2.10682	.70227	23.6194	26.8583	22.27	28.51

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 68: Datos estadísticos Anova de la Resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25min a una temperatura de 600°C

**ANOVA de un factor**

Resultados de flexión

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	31.953	2	15.977	26.957	.001
Intra-grupos	3.556	6	.593		
Total	35.509	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla los resultados de ANOVA de un factor muestra que hay disparidad y efecto positivo de la resistencia a la flexión de acuerdo al número de capas expuestas a 400°C; es decir, que es significativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla N° 69: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 25min a una temperatura de 600°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Resultados de flexión

HSD de Tukey

(I) Diseño de mezcla	(J) Diseño de mezcla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P a 25 min	3CC a 25 min	-1.33333	.62858	.165	-3.2620	.5953
	6CC a 25 min	-4.49333*	.62858	.001	-6.4220	-2.5647
3CC a 25 min	P a 25 min	1.33333	.62858	.165	-.5953	3.2620
	6CC a 25 min	-3.16000*	.62858	.006	-5.0887	-1.2313
6CC a 25 min	P a 25 min	4.49333*	.62858	.001	2.5647	6.4220
	3CC a 25 min	3.16000*	.62858	.006	1.2313	5.0887

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra la comparación múltiple de los porcentajes de las muestras cubiertas con el aislante retardante en función a la temperatura, el cual indican que hay disparidad entre los grupos. Por los resultados se puede analizar que la variable independiente tiene un significativo efecto respecto a la variable dependiente

Tabla N° 70: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la flexión con HSD Tukey

**Resultados de flexión**

HSD de Tukey<sup>a</sup>

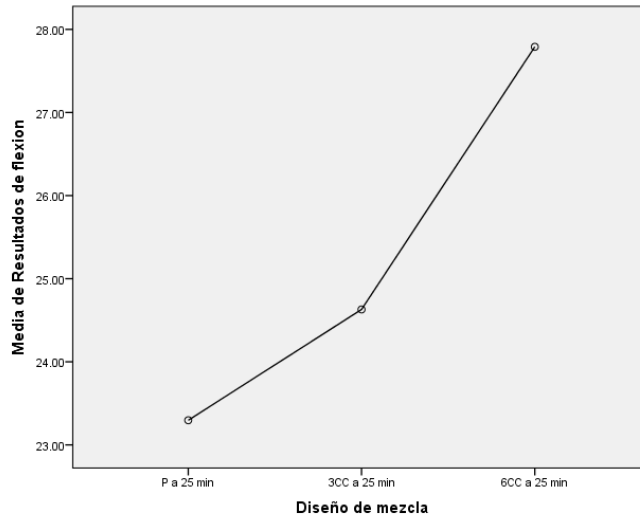
Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
P a 25 min	3	23.2967	27.7900
3CC a 25 min	3	24.6300	
6CC a 25 min	3		
Sig.		.165	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 16: Media de la resistencia a la flexión vs números de capas



Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia de las muestras realizadas dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia entre las medias de resistencia a flexión a los 28 días en un intervalo de tiempo tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferencias capas del aislante retardante como recubrimiento del concreto. Según la categoría múltiple del Tukey los datos obtenidos de la resistencia a flexión de los 3 tipos de muestras expuesto a 600°C son estadísticamente diferentes entre sí. Según la tabla N°69 la muestra que demostró tener menor pérdida de resistencia estadística en función a la resistencia a flexión; la muestra 6 capas, siguiéndole la muestra 3 capas y por último la muestra patrón

### **Análisis estadístico de la resistencia a flexión en un intervalo de 40 min a una temperatura de 600°C**

En esta parte sección se muestra los resultados estadísticos respecto al número de capas del aislante retardante en un intervalo de tiempo de 40min a una temperatura de 600°C por medio del análisis de varianza de un factor (ANOVA) con la prueba Post

Hoc Tukey, fijando un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5% ( $p$ -valor  $< 0.05$ ); los resultados obtenidos se visualizarán en las siguientes tablas:

Tabla N° 71: Datos estadísticos descriptivos de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40min a una temperatura de 600°C

### Descriptivos

#### Resultados de flexión

Descripción	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P a 40 min	3	21.2233	.64764	.37391	19.6145	22.8322	20.68	21.94
3CC a 40 min	3	23.7300	1.10218	.63634	20.9920	26.4680	22.67	24.87
6CC a 40 min	3	25.0733	.63611	.36726	23.4932	26.6535	24.38	25.63
Total	9	23.3422	1.83671	.61224	21.9304	24.7540	20.68	25.63

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 72: Datos estadísticos Anova de la Resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40min a una temperatura de 600°C

### ANOVA de un factor

#### Resultados de flexión

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	22.910	2	11.455	16.855	.003
Intra-grupos	4.078	6	.680		
Total	26.988	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla los resultados de ANOVA de un factor muestra que hay disparidad y efecto positivo de la resistencia a la flexión de acuerdo al número de capas expuestas a 400°C; es decir, que es significativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla N° 73: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 40min a una temperatura de 600°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Resultados de flexión

HSD de Tukey

(I) Diseño de mezcla	(J) Diseño de mezcla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P a 40 min	3CC a 40 min	-2.50667*	.67311	.023	-4.5720	-.4414
	6CC a 40 min	-3.85000*	.67311	.003	-5.9153	-1.7847
3CC a 40 min	P a 40 min	2.50667*	.67311	.023	.4414	4.5720
	6CC a 40 min	-1.34333	.67311	.194	-3.4086	.7220
6CC a 40 min	P a 40 min	3.85000*	.67311	.003	1.7847	5.9153
	3CC a 40 min	1.34333	.67311	.194	-.7220	3.4086

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra la comparación múltiple de los porcentajes de las muestras cubiertas con el aislante retardante en función a la temperatura, el cual indican que hay disparidad entre los grupos. Por los resultados se puede analizar que la variable independiente tiene un significativo efecto respecto a la variable dependiente

Tabla N° 74: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la flexión con HSD Tukey

**Resultados de flexión**

HSD de Tukey<sup>a</sup>

Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
P a 40 min	3	21.2233	
3CC a 40 min	3		23.7300
6CC a 40 min	3		25.0733
Sig.		1.000	.194

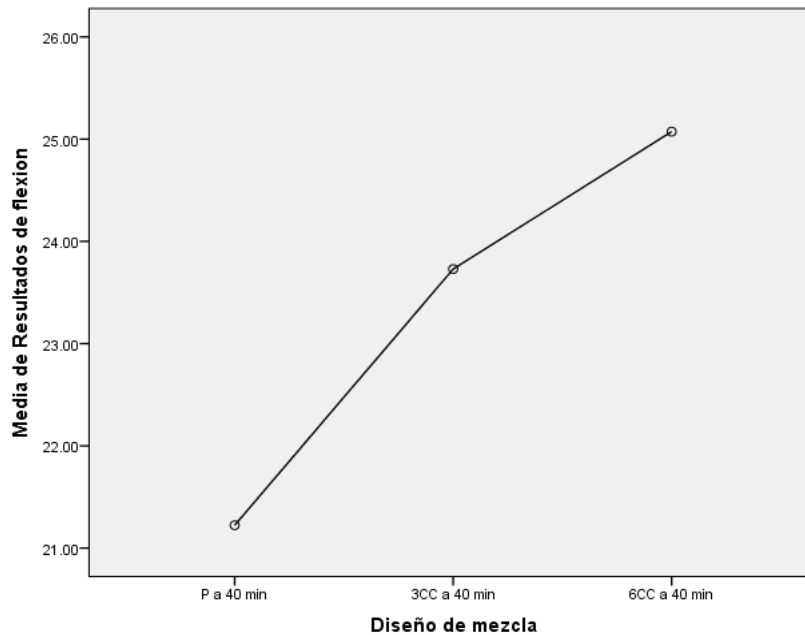
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 17: Media de la resistencia a la flexión vs números de capas





Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia de las muestras realizadas dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia entre las medias de resistencia a flexión a los 28 días en un intervalo de tiempo tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferencias capas del aislante retardante como recubrimiento del concreto. Según la categoría múltiple del Tukey los datos obtenidos de la resistencia a flexión de los 3 tipos de muestras expuesto a 600°C son estadísticamente diferentes entre sí. Según la tabla N°73 la muestra que demostró tener menor pérdida de resistencia estadística en función a la resistencia a flexión; la muestra 6 capas, siguiéndole la muestra 3 capas y por último la muestra patrón

### **Análisis estadístico de la resistencia a flexión en un intervalo de 60 min a una temperatura de 600°C**

En esta sección se muestra los resultados estadísticos respecto al número de capas del aislante retardante en un intervalo de tiempo de 60min a una temperatura de 600°C por medio del análisis de varianza de un factor (ANOVA) con la prueba Post Hoc

Tukey, fijando un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5% (p-valor < 0.05); los resultados obtenidos se visualizarán en las siguientes tablas:

Tabla N° 75: Datos estadísticos descriptivos de la Resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 600°C

**Descriptivos**  
Resultados de flexión

Descripción	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P a 60 min	3	18.5733	.75268	.43456	16.7036	20.4431	17.86	19.36
3CC a 60 min	3	21.6300	.84071	.48539	19.5416	23.7184	20.95	22.57
6CC a 60 min	3	22.3000	1.41954	.81957	18.7737	25.8263	21.16	23.89
Total	9	20.8344	1.94477	.64826	19.3396	22.3293	17.86	23.89

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 76: Datos estadísticos Anova de la resistencia a la flexión cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 600°C

**ANOVA de un factor**  
Resultados de flexión

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	23.680	2	11.840	10.802	.010
Intra-grupos	6.577	6	1.096		
Total	30.257	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla los resultados de ANOVA de un factor muestra que hay disparidad y efecto positivo de la resistencia a la flexión de acuerdo al número de capas expuestas a 400°C; es decir, que es significativa y se rechaza la hipótesis nula

Tabla N° 77: Comparaciones múltiples de los porcentajes de las muestras cubierto con aislante retardante en un intervalo de 60min a una temperatura de 600°C respecto a la variable dependiente con prueba de Post Hoc.

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Resultados de flexión

HSD de Tukey

(I) Diseño de mezcla	(J) Diseño de mezcla	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P a 60 min	3CC a 60 min	-3.05667*	.85485	.027	-5.6796	-.4338
	6CC a 60 min	-3.72667*	.85485	.011	-6.3496	-1.1038
3CC a 60 min	P a 60 min	3.05667*	.85485	.027	.4338	5.6796
	6CC a 60 min	-.67000	.85485	.726	-3.2929	1.9529
6CC a 60 min	P a 60 min	3.72667*	.85485	.011	1.1038	6.3496
	3CC a 60 min	.67000	.85485	.726	-1.9529	3.2929

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra la comparación múltiple de los porcentajes de las muestras cubiertas con el aislante retardante en función a la temperatura, el cual indican que hay disparidad entre los grupos. Por los resultados se puede analizar que la variable independiente tiene un significativo efecto respecto a la variable dependiente

Tabla N° 78: Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la flexión con HSD Tukey

**Resultados de flexión**

HSD de Tukey<sup>a</sup>

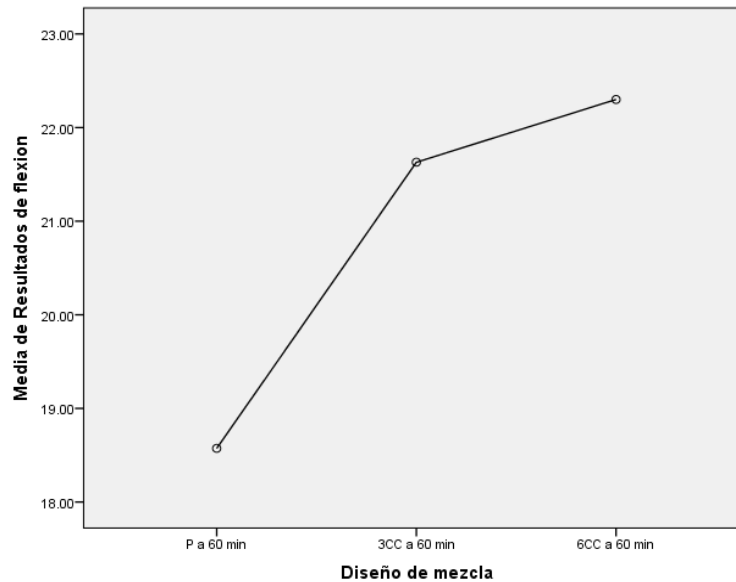
Diseño de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
P a 60 min	3	18.5733	
3CC a 60 min	3		21.6300
6CC a 60 min	3		22.3000
Sig.		1.000	.726

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 18: Media de la resistencia a la flexión vs números de capas



Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia de las muestras realizadas dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia entre las medias de resistencia a flexión a los 28 días en un intervalo de tiempo tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferencias capas del aislante retardante como recubrimiento del concreto. Según la categoría múltiple del Tukey los datos obtenidos de la resistencia a flexión de los 3 tipos de muestras expuesto a 600°C son estadísticamente diferentes entre sí. Según la tabla N°77 la muestra que demostró tener menor pérdida de resistencia estadística en función a la resistencia a flexión; la muestra 6 capas, siguiéndole la muestra 3 capas y por último la muestra patrón

## V. DISCUSIÓN

- Los resultados obtenidos por otros autores mencionados en el marco teórico, nos permitirán ratificar los resultados obtenidos en esta tesis.
- Según Chauca y Cruz, determinan que el concreto expuesto a altas temperaturas son insignificantes, cuando están expuesto a una temperatura menor de 300°C.

En nuestro caso las muestras expuestas a 400°C cubiertas con 6 capas del aislante retardaste tienden a perder resistencia, se obtuvo una resistencia promedio de 201 kg/cm<sup>2</sup> que equivale a una pérdida de 13% de su diseño patrón

- Según Oncoy, determina que el concreto expuesto a altas temperaturas tiende a perder resistencia a partir de los 350°C aproximadamente en 5kg/cm<sup>2</sup>.

Para ello en nuestro caso el concreto tiende a perder resistencia cuando está expuesto a los 400°C cubierto con 6 capas del aislante retardante tienden a perder resistencia, se obtuvo una resistencia promedio de 201 kg/cm<sup>2</sup> que equivale a una pérdida de 13% de su diseño patrón

- Por último, el concreto cuando está expuesto a 600°C tiende a perder su resistencia, se obtuvo una resistencia promedio de 141.1 kg/cm<sup>2</sup> que equivale una pérdida de 39% de su diseño patrón a tal punto que la estructura deja de ser viable debido al cambio brusco que sufrió al ser expuesto a altas temperaturas. Es preciso señalar que la resistencia mínima del concreto estructural según nuestra RNE E.060 es de 17 MPa o 175 kg/cm<sup>2</sup>.

## VI. CONCLUSIONES

- El concreto estructural es un concreto que cumple como aislante térmico de muy buenas características, sin embargo, ante exposiciones prolongadas de tiempo a temperaturas altas, su comportamiento presenta alteraciones y modificaciones en su estructura interna y externa, pero cubierto con aislante se pudo reducir la cantidad de pérdida que se esperaba.
- De acuerdo a los resultados obtenidos de la rotura a compresión del diseño de mezcla a los 28 días. Se obtuvo como resultado una resistencia de 232 kg/cm<sup>2</sup> (Diseño patrón).
- El ensayo a compresión de las probetas expuesta a 400°C se obtuvo los siguientes resultados, las probetas patrón sin capas obtuvo una resistencia promedio de 176.2 kg/cm<sup>2</sup> que equivale una pérdida de 24% de su diseño patrón, las probetas de 3 capas obtuvo una resistencia promedio de 179.3kg/cm<sup>2</sup> que equivale una pérdida de 23% de su diseño patrón y las probetas de 6 capas obtuvo una resistencia promedio de 201 kg/cm<sup>2</sup> que equivale a una pérdida de 13% de su diseño patrón , y las probetas expuesta a 600°C se obtuvo los siguientes resultados, las probetas patrón sin capas obtuvo una resistencia promedio de 141.1 kg/cm<sup>2</sup> que equivale una pérdida de 39% de su diseño patrón, las probetas de 3 capas obtuvo una resistencia promedio de 146.2 kg/cm<sup>2</sup> que equivale una pérdida de 37% de su diseño patrón y las probetas de 6 capas obtuvo una resistencia promedio de 156.8 kg/cm<sup>2</sup> que equivale a una pérdida de 32% de su diseño patrón la resistencia del concreto a compresión reduce su porcentaje de pérdida al aumento de capa aislante.
- El ensayo a flexión de las vigas expuesta a 400°C se obtuvo los siguientes resultados, las vigas patrón sin capas obtuvo una resistencia promedio de 30.7 kg/cm<sup>2</sup> que equivale una pérdida de 26% de su diseño patrón, las vigas de 3 capas obtuvo una resistencia promedio de 32.3 kg/cm<sup>2</sup> que equivale una pérdida de 22% de su diseño patrón y las vigas de 6 capas obtuvo una resistencia promedio de 35.5 kg/cm<sup>2</sup> que equivale a una pérdida de 14% de su diseño patrón y las vigas

expuesta a 600°C se obtuvo los siguientes resultados, las vigas patrón sin capas obtuvo una resistencia promedio de 21. kg/cm<sup>2</sup> que equivale una pérdida de 49% de su diseño patrón, las vigas de 3 capas obtuvo una resistencia promedio de 23.3 kg/cm<sup>2</sup> que equivale una pérdida de 43% de su diseño patrón y las vigas de 6 capas obtuvo una resistencia promedio de 25. kg/cm<sup>2</sup> que equivale a una pérdida de 39% de su diseño patrón, la resistencia del concreto a flexión reduce su porcentaje de perdida al aumento de capa aislante.

## VII. RECOMENDACIONES

- Disponer de dispositivos que controlen la temperatura interna de la estructura en caso de incendios y así poder determinar si la estructura alcanza los 600°C o más, así como otros dispositivos como: extinguidores, cortafuegos, etc.
- Se recomienda construir adecuadamente la edificación teniendo en cuenta todos los aspectos para obtener la resistencia de diseño de todos los elementos estructurales
- En esta investigación solo se ha trabajado con una de las formas para aislar o proteger al concreto con un aislante retardante al fuego y así prolongar que la estructura no pierda resistencia prolongadamente al estar expuesta a altas temperaturas.



## REFERENCIAS

1. AGUINAGA G. Mitigación de los efectos negativos en el concreto de  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, producidos por las altas temperaturas en la ciudad de Tarapoto. Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Tarapoto – Perú. 2019
2. ALVARADO G. Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego. Trabajo experimental previo a la obtención del título de ingeniero civil. Ambato – Ecuador. 2016.
3. CHAUCA D., CRUZ M. Evaluación del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a altas temperaturas. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Chimbote – Perú. 2014
4. COBEÑAS J., JANAMPA C. Influencia del proceso de rehidratación de la resistencia del concreto reforzado con fibra de polipropileno por exposición al fuego directo. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Lima – Perú. 2019
5. CUELLAR Loaiza, Julio y SEQUEIROS Arone, Walker. Influencia del curado en la resistencia a la compresión del concreto preparado con cemento portland tipo i y cemento puzolánico tipo ip en la ciudad de Abancay – Apurímac. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Abancay-Apurímac-Perú. 2017
6. Densa (2017) Seguridad contra incendios. Edición 2017. Buenos Aires – Argentina
7. GOMEZ J. Análisis experimental de la unión del concreto fraguado y concreto plástico en adherencia estructural analizando las variables, edad del concreto y puente de adherencia. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Bogotá. 2016
8. HUINCHO M. Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Lima – Perú. 2017.

9. J. Ardila, L. Díaz. Evaluación de las propiedades físicas de concreto sin refuerzo afectado por fuego mediante microscopía óptica y E.N.D. BSc. Thesis, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. 2013. pp. 1-95.
10. LOPES Perales, PUENTE Ornelas, ALONSO, Guzmán HERNANDEZ, Desgadillo Guerra & TRUJILLO Álvarez. Concreto sustentable expuestos a altas temperaturas. Universidad Autónoma de Nuevo León, FIME-CIDET
11. LOPEZ E., MAMANI J. Influencia del nanosílice y superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de puno Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Puno – Peru. 2017.
12. LOYA L. Evaluación de la resistencia a la compresión del curado de concreto en obra y laboratorio, en el distrito de Yanacancha. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Pasco – Perú. 2017
13. MEZA Calderón, Erick. Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto armado expuesto al fuego en intervalos de tiempos, Lambayeque. 2018. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Pimentel – Perú. 2019
14. ONCOY J. 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 para optar el título profesional de ingeniero civil. Chiclayo – Perú. 2018
15. OROZCO, M., AVILA Y., RESTREPO S. y PARODY A. Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los factores relevantes de la industria del hormigón. Universidad de la costa, Barranquilla. Colombia.
16. TORRES Ronald, MARTINEZ Valentina, GARCIA Raíza, ROJAS Luis y RODRIGUEZ Enrique. Jornada de investigación JIFI 2018. Estudio de propiedades mecánicas del concreto sometido a los efectos de altas temperaturas. Universidad centros de Venezuela. 2018

17. HERNANDEZ, Roberto; FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill, 2014. 613 pp. ISBN: 978 607 15 0291 9.
18. SAMPIERI H. Metodología de la investigación. 6ta EDICION, México. 2014
19. CRUZ Hernandez, Ricardo Alfredo; ZAPATA Orduz, Luis Eduardo; QUINTERO Ortiz, Luz Amparo and HERRERA OrtiZ, Julián Orlando. Physical and mechanical characterization of concrete exposed to elevated temperatures by using ultrasonic pulse velocity. Rev.fac.ing.univ. Antioquia [online].2015,n.75,pp.108-129. ISSN:0120-6230. <http://dx.doi.org/10.17533/udea.redin.n75a12>.
20. A. Masood, F. Soltanzadeh, A. Baqui, M. Shariq. Compressive strength of normal and high strength concrete with polypropylene fibers at elevated temperature. Proceedings of the International Conference on Advances in Civil, Structural and Environmental Engineering (ACSEE). Zurich, Switzerland.2013.pp.37-43.
21. R. Solís, E. Moreno. Evaluation of concrete made with crushed limestone aggregate base on ultrasonic pulse velocity. Construction and Building Materials. Vol. 22. 2008. pp. 1225-1231.
22. R. Jenkins. "Nondestructive testing – An evaluation tool". Concrete International. Vol. 7. 1985. pp. 22-26.
23. F. Pacheco, J. Castro. "Influence of physical and geometrical properties of granite and limestone aggregates on the durability of a C20/25 strength class concrete". Construction and Building Materials. Vol. 20. 2006. pp. 1079-1088.
24. E. Whitehurst. Evaluation of concrete from sonic tests. American Concrete Institute (ACI) Monograph N.º 2, ACT. Detroit, USA. 1966. pp. 94.
25. German Institute for Standardization. DIN EN 206-1:2001-07 [in English]: Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity.

- Standard, German Institute for Standardization (DIN). Berlin, Germany. 2001. pp. 1-5.
26. J. Bogas, M. Gomes, A. Gomes. "Compressive strength evaluation of structural lightweight concrete by non-destructive ultrasonic pulse velocity method". *Ultrasonics*. Vol. 53. 2013. pp. 962-972.
  27. L. Phan, N. Carino. "Effects of test conditions and mixture proportions on behaviour of high-strength concrete exposed to high temperatures". *ACI Materials Journal*. Vol. 99. 2002. pp. 54-66.
  28. L. Phan, N. Carino. "Review of mechanical properties of HSC at elevated temperature". *Journal of Materials in Civil Engineering*. Vol. 10. 1998. pp. 58-64.
  29. M. Saad, S. Abo, G. Hanna, M. Kotkakat. "Effect of temperature on physical and mechanical properties of concrete containing silica fume". *Cement and Concrete Research*. Vol. 26. 1996. pp. 669-675.
  30. W. Courge, A. Krom, W. Peleen. "Advanced finite element reliability analysis". *The Structural Engineer*. Vol.82.2004.pp.33-36.
  31. Y. Chan, G. Peng, K. Chan. "Comparison between high strength concrete and normal strength concrete subjected to high temperature". *Materials and Structures*. Vol. 29. 1996. pp. 616-619.
  32. A. Neville. *Properties of Concrete*. 4th ed. Ed. Longman. London, UK. 1995. pp. 844.
  33. C. Eamon, E. Jensen. "Reliability analysis of RC beams exposed to fire". *ASCE Journal of Structural Engineering*. Vol.139.2013.pp.212-230.
  34. European Committee for Standardization. EN 1991-1-2 Eurocode 1: Actions on Structures – Part 1-2: General Actions-Actions on Structures Exposed to Fire. European Standard, European Committee for Standardization.Brussels,Belgium.2002.pp.1-61.

35. Z. Guo, X. Shi. Experiment and Calculation of Reinforced Concrete at Elevated Temperatures. 1st ed. Ed. Butterworth-Heinemann. Waltham, USA. 2011. pp. 2-16.
36. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. NTC 4325. Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para la determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto. Norma Técnica Colombiana, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Bogotá, Colombia. 1997. pp. 1-32
37. International Organization for Standardization. ISO 834-1: 1999. Fire Resistance Tests-Elements of Building Construction. Standard, International Organization for Standardization (ISO). USA. 1999. pp. 1-25.
38. ACI.318-19. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. USA: American Concrete Institute, 2019. 628 pp.

ISBN: 9781641950565

39. ASTM C39/C39M-09a. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. USA: American Society for Testing and Materials, 2009. 7 pp.
40. ASTM C78/C78M-18b. Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). USA: American Society for Testing and Materials, 2018. 5 pp.
41. ASTM C127-15. Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. USA: American Society for Testing and Materials, 2015. 5 pp.
42. ASTM C128-15. Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. USA: American Society for Testing and Materials, 2015. 6 pp.

43. ASTM C136/C136M-14. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. USA: American Society for Testing and Materials, 2014. 5 pp.
44. ASTM C143/C143M-15a. Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. USA: American Society for Testing and Materials, 2015. 4 pp.
45. ASTM International. ASTM E119-05a. Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials. Standard, ASTM International. West Conshohocken, USA. 2005. pp. 1-35.
46. ASTM International. ASTM C470. Standard Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically. Standard, ASTM International. West Conshohocken, USA. 2008. pp. 1-4.
47. ASTM International. ASTM C39. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Standard, ASTM International. West Conshohocken, USA. 2012. pp. 1-7.
48. Norma Técnica Peruana 339.034. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Perú, 2008. 18 pp.
49. Norma Técnica Peruana 339.035. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. Perú, 2009. 13 pp.
50. Norma Técnica Peruana 339.078. CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. Perú, 2012. 14 pp.
51. Norma Técnica Peruana 339.183. CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. Perú, 2018, 29 pp.

52. Norma Técnica Peruana 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Perú, 2018. 18 pp.
53. Norma Técnica Peruana 400.017. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. Perú, 2016. 18 pp.
54. Norma Técnica Peruana 400.021. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Perú, 2018. 12 pp.
55. Norma Técnica Peruana 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Perú, 2018. 25 pp.
56. Norma Técnica Peruana 400.037. AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. 2014, 26 pp.
57. Fuentes de Nutrientes Específicas [en línea] No. Estados Unidos: Polifosfato  
Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/0D2D851649D0F67585257BBA0059A466/\\$FILE/NSS-ES-02.pdf](http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/0D2D851649D0F67585257BBA0059A466/$FILE/NSS-ES-02.pdf)

# ANEXOS



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

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b>		Código	FOR-LTC-CON-038						
	<b>RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO</b>		Revisión	1						
	<b>(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)</b>		Aprobado	CC-MTL						
			Fecha	19/11/2020						
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b>										
<b>NTP 339.078 - ASTM C78</b>										
REFERENCIA SOLICITANTE	DATOS DE LABORATORIO									
TESTS	Huamán Mijangos, Carlos Jorge Luis / Vilaverde Hincapié, Guillerme Adhiera retardador a fugo relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400°C y 600°C									
LOCALIZACIÓN	Dentro de Lima		Fecha de ensayo: 12/11/2020							
<b>A) INFORMACIÓN GENERAL:</b>										
TIPO DE MEZCLA: <u>CONCRETO SIMPLE 210 KG/CM3 - 28 DÍAS</u>										
DESCRIPCIÓN: <u>VIGA 36x18x10 cm. PATRÓN SIN QUEMAR</u>										
<b>B) DATA DE ENSAYO:</b>										
No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Identificación	P 542-1	P 542-2	P 542-3	4	5	6	7	8	9	10
Altura "H" (mm)	100.0	100.8	100.0							
Ancho "b" (mm)	100.0	100.8	100.0							
Distancia entre apoyos "L" (mm)	300.0	300.0	300.0							
Carga Máxima (kgf)	1288.3	1406.4	1325.8							
Posición de Fractura	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio							
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "a" (mm)	-	-	-							
Modulo de Rotura (kgf/cm²)	41.95	42.16	40.07							PROMEDIO 41.30
FORMULAS	Dentro del Tercio Medio		Fuera del Tercio Medio < 3%		Fuera del Tercio Medio > 3%					
	$R = PL/bd^2$		$R = \frac{3Pn}{bd^2}$		Descartado					
<p style="text-align: center;">Estrucutura de preparación de ensayo</p>					<p style="text-align: center;">Vista Frontal del ensayo</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b> * 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/cm².										
Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:				
<p style="text-align: center;">Jefe de Laboratorio</p>			<p style="text-align: center;">Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p>			<p style="text-align: center;">Control de Calidad MTL GEOTECNIA</p>				



## ANEXOS

**Título:** Aislante retardador al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400°C y 600°C

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
AISLANTE RETARDADOR AL FUEGO RELACIONADO A LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO ESTRUCTURAL SOMETIDO A TEMPERATURAS DE 400°C Y 600°C						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE N°01</b>	400°C Y 600°C	Temperatura (°C)	<b>ENFOQUE</b>
¿Cómo el aislante retardador al fuego mejoraría su resistencia mecánica del concreto estructural expuesto a altas temperaturas?	Determinar la resistencia mecánica del concreto estructural cubierto con aislante retardador sometido a temperaturas de 400°C y 600°C	El concreto estructural cubierto con aislante retardador reduciría su resistencia al estar expuesto a altas temperaturas.	Altas temperaturas			Cuantitativo
			<b>VARIABLE INDEPENDIENTE N°02</b>	Recubrimiento de 3 c y 6 capas	Mills	<b>METODO</b>
			Aislante retardador al fuego			Correlacional
<b>PROBLEMA ESPECIFICO 1</b>	<b>OBJETIVO ESPECIFICO 1</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICO 1</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>	Diseño de mezcla f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>DISEÑO:</b>
¿Cómo las altas temperaturas disminuirán la resistencia a compresión del concreto que se encuentra recubierto con aislante retardador al fuego?	Determinar la resistencia a compresión del concreto fc 210 cubierto con 3 y 6 capas de aislante retardador al fuego sometido a temperaturas de 400°C y 600°C	La resistencia del concreto cubierto con aislante retardador sometido a compresión disminuiría al estar expuesto a altas temperaturas	Resistencia mecánica a la flexión			Experimental
						<b>POBLACION</b>
						Concreto recubierto con pintura ignifuga expuesto a
<b>PROBLEMA ESPECIFICO 2</b>	<b>OBJETIVO ESPECIFICO 2</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICO 2</b>				<b>MUESTRA</b>
¿Cómo las altas temperaturas disminuirán la resistencia a flexión del concreto que se encuentra recubierto con aislante retardador al fuego?	Determinar la resistencia a flexión del concreto fc 210 cubierto con 3 y 6 capas de aislante retardador al fuego sometido a temperaturas de 400°C y 600°C	La resistencia del concreto cubierto con aislante retardador sometido a flexión disminuiría al estar expuesto a altas temperatura.	Resistencia mecánica a la flexión		Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	112
						<b>MUESTREO</b>
						No probabilístico

## ANEXOS:

### Elaboración masiva de muestras



### Aplicación del aislante en las probetas y vigas



## Exposición de probetas y vigas al horno artesanal



## Control de temperatura en las muestras expuesta al fuego



## ANEXOS

Viga patrón expuesta  
a 400°C a 25min



Viga patrón expuesta  
a 400°C a 25 min a



Viga patrón expuesta  
a 400°C a 25 min



Viga patrón expuesta  
a 400°C a 40 min



Viga patrón expuesta  
a 400°C a 40 min



Viga patrón expuesta  
a 400°C a 40 min





Viga patrón expuesta a 400°C a 60 min



Viga patrón expuesta a 400°C a 60 min



Viga patrón expuesta a 400°C a 60 min



Viga 3 capas expuesta a 400°C a 25 min



Viga 3 capas expuesta a 400°C a 25 min



Viga 3 capas expuesta a 400°C a 25 min



Viga 3 capas expuesta a 400°C a 40 min



Viga 3 capas expuesta a 400°C a 40 min



Viga 3 capas expuesta a 400°C a 40 min



Viga 3 capas expuesta a 400°C a 60 min



Viga 3 capas expuesta a 400°C a 60 min



Viga 3 capas expuesta a 400°C a 60 min



Viga 6 capas expuesta  
a 400°C a 25 min



Viga 6 capas expuesta  
a 400°C a 25 min



Viga 6 capas expuesta  
a 400°C a 25 min



Viga 6 capas expuesta  
a 400°C a 40 min



Viga 6 capas expuesta  
a 400°C a 40 min



Viga 6 capas expuesta  
a 400°C a 40 min





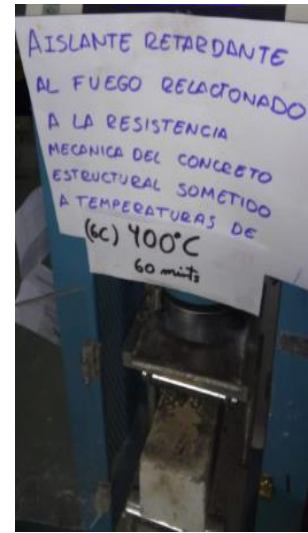
Viga 6 capas expuesta a 400°C a 60 min



Viga 6 capas expuesta a 400°C a 60 min



Viga 6 capas expuesta a 400°C a 60 min



Viga patrón expuesta a 600°C a 25 min



Viga patrón expuesta a 600°C a 25 min



Viga patrón expuesta a 600°C a 25 min





Viga patrón expuesta a 600°C a 60 min



Viga patrón expuesta a 600°C a 60 min



Viga patrón expuesta a 600°C a 60 min



Viga 3 capas expuesta a 600°C a 25 min



Viga 3 capas expuesta a 600°C a 25 min



Viga 3 capas expuesta a 600°C a 25 min



Viga 3 capas expuesta a 600°C a 60 min



Viga 3 capas expuesta a 600°C a 60 min



Viga 3 capas expuesta a 600°C a 60 min



Viga 6 capas expuesta a 600°C a 25 min



Viga 6 capas expuesta a 600°C a 25 min



Viga 6 capas expuesta a 600°C a 25 min



Viga 6 capas expuesta a 600°C a 40 min



Viga 6 capas expuesta a 600°C a 40 min



Viga 6 capas expuesta a 600°C a 40 min



Diseño mezcla a los 28 días



Diseño mezcla a los 28 días



Diseño mezcla a los 28 días



probeta patrón expuesta a 400°C



probeta patrón expuesta a 400°C



probeta patrón expuesta a 400°C





probeta patrón  
expuesta a 400°C



probeta patrón  
expuesta a 400°C



probeta patrón  
expuesta a 400°C



probeta patrón  
expuesta a 400°C



probeta patrón  
expuesta a 400°C



probeta patrón  
expuesta a 400°C



# ANEXOS

## Instrumento de recolección de datos

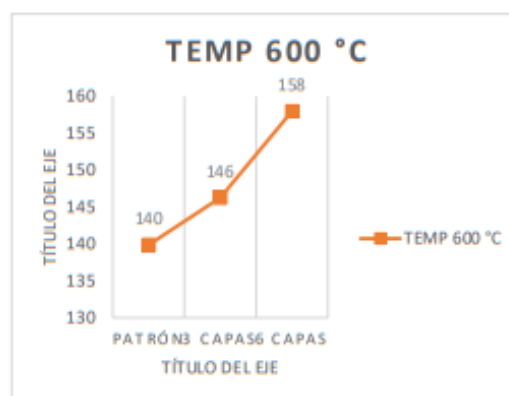
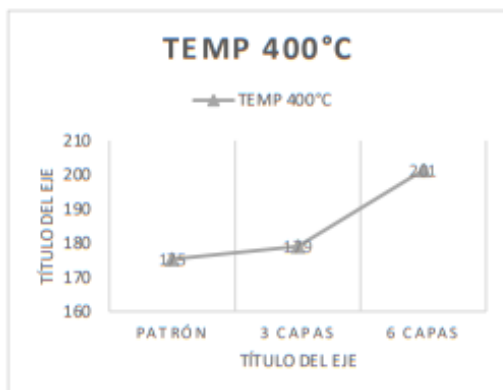
<b>Título de Investigación:</b>	<b>AISLANTE RETARDADOR AL FUEGO RELACIONADO A LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO ESTRUCTURAL SOMETIDO A TEMPERATURAS DE 400°C Y 600°C.</b>	
---------------------------------	--	---

Autores: HUAMANI MALPARTIDA Carlos Jorge Luis / VILLARROEL HANCCO Guillermo  
 Lugar: Los Olivos- Lima -Perú  
 Fecha: 22/10/2020

Probetas	Temperatura °C = 400			Temperatura °C :600°		
	Patrón	3 Capas	6 Capas	Patrón	3 Capas	6 Capas
Diseño Patrón (Kg/cm2)	232.00	232.00	232.00	232.00	232.00	232.00
Resistencia Promedia de 25 min	199.34	202.23	224.22	157.68	164.64	188.69
Resistencia Promedia de 40 min	168.54	171.15	208.98	132.45	139.33	147.39
Resistencia Promedia de 60 min	158.04	163.72	171.03	129.52	134.82	137.77
Promedio	175.31	179.03	201.41	139.88	146.26	157.95
% de su resistencia	76%	77%	87%	60%	63%	68%
% de perdida	24%	23%	13%	40%	37%	32%

Probetas	Resistencia
Patrón	175
3 Capas	179
6 Capas	201

Probetas	Resistencia
Patrón	140
3 Capas	146
6 Capas	158



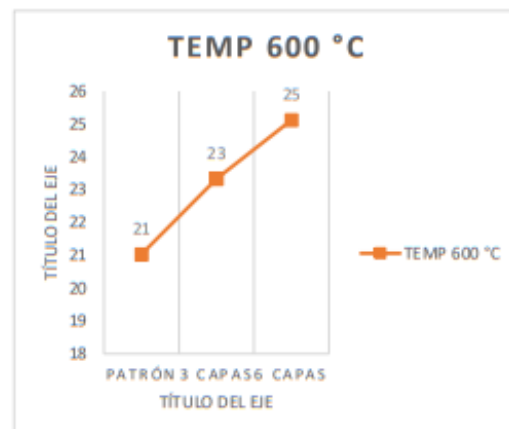
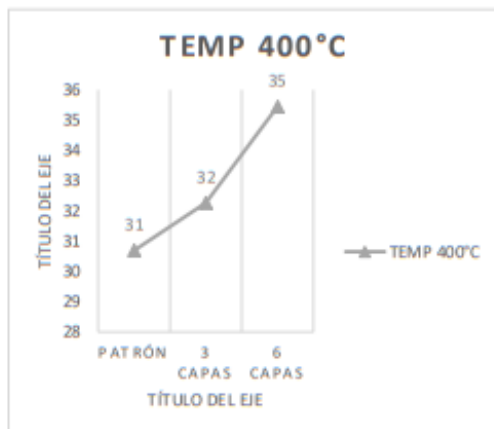
<b>Título de Investigación:</b>	<b>ASLANTE RETARDADOR AL FUEGO RELACIONADO A LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO ESTRUCTURAL SOMETIDO A TEMPERATURAS DE 400°C Y 600°C.</b>	
---------------------------------	---	---

Autores: HUAMANI MALPARTIDA Carlos Jorge Luis / VILLARROEL HANCCO Guillermo  
Lugar: Los Olivos- Lima -Perú  
Fecha: 22/10/2020

Vigas	Temperatura °C = 400			Temperatura °C :600°		
	Patrón	3 Capas	6 Capas	Patrón	3 Capas	6 Capas
Diseño Patrón (Kg/cm2)	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30
Resistencia Promedia de 25 min	33.04	34.68	37.75	23.30	24.63	28.00
Resistencia Promedia de 40 min	31.55	32.53	35.81	21.22	23.73	25.07
Resistencia Promedia de 60 min	27.50	29.59	32.79	18.57	21.63	22.30
Promedio	30.70	32.27	35.45	21.03	23.33	25.12
% de su resistencia	74%	78%	86%	51%	56%	61%
% de perdida	26%	22%	14%	49%	44%	39%

Viga	Resistencia
Patrón	31
3 Capas	32
6 Capas	35

Viga	Resistencia
Patrón	21
3 Capas	23
6 Capas	25



## Propiedades del concreto a compresión a los 28 días

<b>Título de Investigación:</b>	<b> AISLANTE RETARDADOR AL FUEGO RELACIONADO A LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO ESTRUCTURAL SOMETIDO A TEMPERATURAS DE 400°C Y 600°C.</b>	
---------------------------------	---	---

**Autores:** HUAMANI MALPARTIDA Carlos Jorge Luis / VILLARROEL HANCCO Guillermo  
**Lugar:** Los Olivos- Lima -Perú  
**Fecha:** 22/10/2020

Descripción	Cant.	Concreto (kg/cm2)	Exposición al fuego		Tiempo (min)	N°Capas	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad en días	Fuerza máxima kgf	Área cm2	Esfuerzo kg/cm2	f'c Diseño kg/cm2	%f'c	Promedio kg/cm2
			400°C	600°C											
Probeta N°1	1	210	X		25	0	23/09/2020	21/10/2020	28	15008.6	78.5	198.7	210.0	94.6	199.3
Probeta N°2	1	210	X		25	0	23/09/2020	21/10/2020	28	16125.5	78.5	205.3	210.0	97.8	
Probeta N°3	1	210	X		25	0	23/09/2020	21/10/2020	28	15234.6	78.5	194.0	210.0	92.4	
Probeta N°1	1	210	X		40	0	23/09/2020	21/10/2020	28	13236.5	78.5	168.5	210.0	80.3	168.5
Probeta N°2	1	210	X		40	0	23/09/2020	21/10/2020	28	13578.2	78.5	172.9	210.0	82.3	
Probeta N°3	1	210	X		40	0	23/09/2020	21/10/2020	28	12896.5	78.5	164.2	210.0	78.2	
Probeta N°1	1	210	X		60	0	23/09/2020	21/10/2020	28	12345.2	78.5	157.2	210.0	74.6	158.0
Probeta N°2	1	210	X		60	0	23/09/2020	21/10/2020	28	12834.9	78.5	163.4	210.0	77.8	
Probeta N°3	1	210	X		60	0	23/09/2020	21/10/2020	28	12056.3	78.5	153.5	210.0	73.1	
Probeta N°1	1	210		X	25	0	23/09/2020	21/10/2020	28	11504.2	78.5	146.5	210.0	69.8	157.7
Probeta N°2	1	210		X	25	0	23/09/2020	21/10/2020	28	12997.2	78.5	165.5	210.0	78.8	
Probeta N°3	1	210		X	25	0	23/09/2020	21/10/2020	28	12652.2	78.5	161.1	210.0	76.7	
Probeta N°1	1	210		X	40	0	23/09/2020	21/10/2020	28	10528.5	78.5	134.1	210.0	63.8	132.5
Probeta N°2	1	210		X	40	0	23/09/2020	21/10/2020	28	10856.5	78.5	138.2	210.0	65.8	
Probeta N°3	1	210		X	40	0	23/09/2020	21/10/2020	28	9823.5	78.5	125.1	210.0	59.6	
Probeta N°1	1	210		X	60	0	23/09/2020	21/10/2020	28	9642.2	78.5	122.8	210.0	58.5	129.5
Probeta N°2	1	210		X	60	0	23/09/2020	21/10/2020	28	10922.3	78.5	139.1	210.0	66.2	
Probeta N°3	1	210		X	60	0	23/09/2020	21/10/2020	28	9952.2	78.5	126.7	210.0	60.3	
Probeta N°1	1	210	X		25	3	23/09/2020	21/10/2020	28	15255.3	78.5	207.1	210.0	98.6	202.2
Probeta N°2	1	210	X		25	3	23/09/2020	21/10/2020	28	15485.6	78.5	197.4	210.0	93.9	
Probeta N°3	1	210	X		25	3	23/09/2020	21/10/2020	28	15897.6	78.5	202.4	210.0	96.4	
Probeta N°1	1	210	X		40	3	23/09/2020	21/10/2020	28	13254.5	78.5	168.8	210.0	80.4	171.2
Probeta N°2	1	210	X		40	3	23/09/2020	21/10/2020	28	13879.5	78.5	176.7	210.0	84.2	
Probeta N°3	1	210	X		40	3	23/09/2020	21/10/2020	28	13192.7	78.5	168.0	210.0	80.0	
Probeta N°1	1	210	X		60	3	23/09/2020	21/10/2020	28	13123.5	78.5	167.1	210.0	79.6	163.7
Probeta N°2	1	210	X		60	3	23/09/2020	21/10/2020	28	13326.2	78.5	169.7	210.0	80.8	
Probeta N°3	1	210	X		60	3	23/09/2020	21/10/2020	28	12125.3	78.5	154.4	210.0	73.5	
Probeta N°1	1	210		X	25	3	23/09/2020	21/10/2020	28	13564.5	78.5	172.7	210.0	82.2	164.6
Probeta N°2	1	210		X	25	3	23/09/2020	21/10/2020	28	12658.5	78.5	161.2	210.0	76.7	
Probeta N°3	1	210		X	25	3	23/09/2020	21/10/2020	28	12568.6	78.5	160.0	210.0	76.2	
Probeta N°1	1	210		X	40	3	23/09/2020	21/10/2020	28	10985.5	78.5	139.9	210.0	66.6	139.3
Probeta N°2	1	210		X	40	3	23/09/2020	21/10/2020	28	11254.5	78.5	143.3	210.0	68.2	
Probeta N°3	1	210		X	40	3	23/09/2020	21/10/2020	28	10589.5	78.5	134.8	210.0	64.2	
Probeta N°1	1	210		X	60	3	23/09/2020	21/10/2020	28	10256.5	78.5	130.6	210.0	62.2	134.8
Probeta N°2	1	210		X	60	3	23/09/2020	21/10/2020	28	11253.2	78.5	143.3	210.0	68.2	
Probeta N°3	1	210		X	60	3	23/09/2020	21/10/2020	28	10256.5	78.5	130.6	211.0	61.9	
Probeta N°1	1	210	X		25	6	23/09/2020	21/10/2020	28	17306.1	78.5	220.3	210.0	104.9	224.2
Probeta N°2	1	210	X		25	6	23/09/2020	21/10/2020	28	17486.1	78.5	222.6	210.0	106.0	
Probeta N°3	1	210	X		25	6	23/09/2020	21/10/2020	28	18038.9	78.5	229.7	210.0	109.4	
Probeta N°1	1	210	X		40	6	23/09/2020	21/10/2020	28	16765.5	78.5	213.5	210.0	101.6	209.0
Probeta N°2	1	210	X		40	6	23/09/2020	21/10/2020	28	16508.6	78.5	210.2	210.0	100.1	
Probeta N°3	1	210	X		40	6	23/09/2020	21/10/2020	28	15966.5	78.5	203.3	210.0	96.8	
Probeta N°1	1	210	X		60	6	23/09/2020	21/10/2020	28	13875.2	78.5	176.7	210.0	84.1	171.0
Probeta N°2	1	210	X		60	6	23/09/2020	21/10/2020	28	13526.2	78.5	172.2	210.0	82.0	
Probeta N°3	1	210	X		60	6	23/09/2020	21/10/2020	28	12895.6	78.5	164.2	210.0	78.2	
Probeta N°1	1	210		X	25	6	23/09/2020	21/10/2020	28	15675.5	78.5	199.6	210.0	95.0	188.7
Probeta N°2	1	210		X	25	6	23/09/2020	21/10/2020	28	14256.3	78.5	181.5	210.0	86.4	
Probeta N°3	1	210		X	25	6	23/09/2020	21/10/2020	28	14526.5	78.5	185.0	210.0	88.1	
Probeta N°1	1	210		X	40	6	23/09/2020	21/10/2020	28	11345.6	78.5	144.5	210.0	68.8	147.4
Probeta N°2	1	210		X	40	6	23/09/2020	21/10/2020	28	11256.8	78.5	143.3	210.0	68.3	
Probeta N°3	1	210		X	40	6	23/09/2020	21/10/2020	28	12125.6	78.5	154.4	210.0	73.5	
Probeta N°1	1	210		X	60	6	23/09/2020	21/10/2020	28	10396.9	78.5	132.4	210.0	63.0	137.8
Probeta N°2	1	210		X	60	6	23/09/2020	21/10/2020	28	10589.6	78.5	134.8	210.0	64.2	
Probeta N°3	1	210		X	60	6	23/09/2020	21/10/2020	28	11475.6	78.5	146.1	210.0	69.6	



# Propiedades del concreto a flexión a los 28 días

<b>Título de Investigación:</b>	<b>AISLANTE RETARDADOR AL FUEGO RELACIONADO A LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO ESTRUCTURAL SOMETIDO A TEMPERATURAS DE 400°C Y 600°C.</b>	
---------------------------------	--	---

**Autores:** HUAMANI MALPARTIDA Carlos Jorge Luis / VILLARROEL HANCCO Guillermo  
**Lugar:** Los Olivos- Lima -Perú  
**Fecha:** 22/10/2020

Descripción	Cant.	Concreto (kg/cm <sup>2</sup> )	Exposición al fuego		Tiempo (min)	N°Capas	Fecha de vacado	Fecha de rotura	Dimensiones de la viga				Carga Máxima (kg-f)	Módulo de Rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	Posición de Fractura	Promedio kg/m <sup>2</sup>
			400 °C	600 °C					Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Luz entre apoyos				
Viga N° 1	1	210	X		25	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	988.3	29.65	Dentro del tercio medio	33.04
Viga N° 2	1	210	X		25	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1320.2	33.61	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X		25	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1195.7	35.97	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X		40	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1015.5	31.47	Dentro del tercio medio	31.55
Viga N° 2	1	210	X		40	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1525.4	33.70	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X		40	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1014.3	30.43	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X		60	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	852.3	25.57	Dentro del tercio medio	27.50
Viga N° 2	1	210	X		60	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	957.6	27.53	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X		60	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	979.9	29.40	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	25	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	778.3	23.35	Dentro del tercio medio	23.30
Viga N° 2	1	210	X	X	25	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	809.1	24.27	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	25	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	742.3	22.27	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	40	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	701.6	21.05	Dentro del tercio medio	21.22
Viga N° 2	1	210	X	X	40	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	731.2	21.94	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	40	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	688.3	20.68	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	60	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	616.5	18.50	Dentro del tercio medio	18.57
Viga N° 2	1	210	X	X	60	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	595.3	17.86	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	60	0	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	645.3	19.39	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	25	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1055.2	31.56	Dentro del tercio medio	34.68
Viga N° 2	1	210	X	X	25	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1598.2	34.75	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	25	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1254.1	37.62	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	40	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1080.2	32.95	Dentro del tercio medio	32.53
Viga N° 2	1	210	X	X	40	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1034.2	31.03	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	40	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1121.0	33.63	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	60	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1080.1	32.94	Dentro del tercio medio	29.59
Viga N° 2	1	210	X	X	60	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	902.5	27.08	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	60	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	958.2	28.75	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	25	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	802.5	24.08	Dentro del tercio medio	24.63
Viga N° 2	1	210	X	X	25	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	836.1	25.08	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	25	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	824.2	24.73	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	40	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	788.2	23.65	Dentro del tercio medio	23.73
Viga N° 2	1	210	X	X	40	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	755.6	22.67	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	40	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	829.1	24.87	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	60	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	712.2	21.37	Dentro del tercio medio	21.63
Viga N° 2	1	210	X	X	60	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	698.2	20.95	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	60	3	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	752.3	22.57	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	25	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1262.3	37.87	Dentro del tercio medio	37.75
Viga N° 2	1	210	X	X	25	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1223.5	36.71	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	25	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1289.2	38.68	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	40	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1254.3	37.62	Dentro del tercio medio	35.81
Viga N° 2	1	210	X	X	40	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1188.2	35.05	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	40	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1598.6	34.76	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	60	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1098.2	32.95	Dentro del tercio medio	32.79
Viga N° 2	1	210	X	X	60	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1025.3	30.76	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	60	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	1555.2	34.66	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	25	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	923.2	27.70	Dentro del tercio medio	28.00
Viga N° 2	1	210	X	X	25	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	950.2	28.51	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	25	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	926.2	27.79	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	40	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	854.2	25.53	Dentro del tercio medio	25.07
Viga N° 2	1	210	X	X	40	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	812.5	24.38	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	40	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	840.2	25.21	Dentro del tercio medio	
Viga N° 1	1	210	X	X	60	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	728.2	21.85	Dentro del tercio medio	22.30
Viga N° 2	1	210	X	X	60	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	796.2	23.89	Dentro del tercio medio	
Viga N° 3	1	210	X	X	60	6	23/09/2020	21/10/2020	0.35	0.1	0.1	0.3	705.2	21.16	Dentro del tercio medio	

# ANEXOS



## Ficha Técnica

### CEMENTO SOL

#### Descripción:

- Es un Cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.

#### Beneficios:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- Buena trabajabilidad.

#### Usos:

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.
- Shotcrete y grout.

#### Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

#### Formato de Distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



## Recomendaciones

#### Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

#### Manipulación:

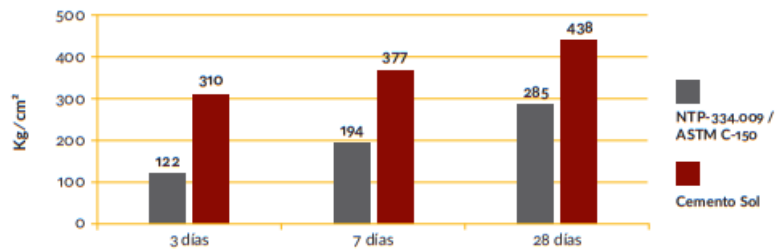
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

#### Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno.

## Requisitos mecánicos

Comparación resistencias NTP-334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol



## Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	310	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	377	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	438	Mínimo 285*
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	1.92	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	11.9	No específica
C <sub>3</sub> S	%	54.2	No específica
C <sub>3</sub> A	%	10.1	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	9.7	No específica

\*Requisito opcional

# ANEXOS

## UNI-T®

# Calibration Certificate

Product Code: Description:

UT302C

Personnel Tester

Serial Number:

\_\_\_\_\_

- Threshold settings prior to calibration:

This is a new calibration there are no previous calibration values.

- Calibration of this instrument is hereby certified to be within the published specification as shown below:

---

Function	Input Adjust	Reading Range	Space
TEMP	645.0°C	635.7 ~ 654.3°C	15CM
	75.0°C	69 ~ 81°C	1140CM

---

- The instrument is calibrated against standards traceable to CE standards.
- Details of reference equipment used:  
Calibration FLUKE 4181      Serial Number: B55264
- Certificate of reference equipment:  
Issue Date:      Certificate Number: RGW201800657

Certificate Number:

QCD/T/4181/002

Date:

4 DEC 2018

Signed:



Name: Beata Yin  
Title: Quality Supervisor

# ANEXOS 5



## FORMATO DE COTIZACIÓN DE ENSAYOS

COT. Nº 170-LEM-20

REFERENCIA	Solicitado presencialmente el 06/07/2020
SOLICITANTE	---
ATENCIÓN	GUILLERMO
TESIS	AISLANTE RETARDANTE AL FUEGO RELACIONADO A LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO ESTRUCTURAL, SOMETIDO A TEMPERATURAS DE 400° Y 600°, LIMA 2020*
UBICACIÓN	Lima
FECHA	San Martín de Porres, 06 de Julio de 2020

### EJECUCIÓN DE ENSAYOS EN LABORATORIO

IDM	CONCEPTO	NORMA	UND.	CANT	PARCIAL	SUBTOTAL	
1.0	<b>ENSAYOS EN LABORATORIO DE CONCRETO</b>						
1.1	Diseño de mezcla fc 210 kg/cm2 (incluyen ensayos físicos de los agregados: granulometría, pesos unitarios, pesos específicos, absorción).+ 02 vigas	AO 211	Und	1	S/.	300.00	
1.2	Dosificación probetas 4x8 pulg (Patrón) incluye moldeo, curado, slump.	---	Und	54	S/.	810.00	
1.3	Ensayo de compresión de testigos	ASTM C39	Und	54	S/.	648.00	
1.4	Dosificación vigas 10x10x35 cm (Patrón) incluye moldeo, curado, slump.	---	Und	54	S/.	810.00	
1.5	Ensayo de flexión	ASTM C42	Und	54	S/.	648.00	
1.6	Materiales (200 kg de a. fino, 200 kg de a. grueso y 2 bolsas de cemento)	---	Und	1	S/.	100.00	
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>S/.</b>	<b>3,116.00</b>
					S/.	<b>3,100.00</b>	

#### NOTAS / ANOTACIONES:

- \* Validez de oferta 30 días desde su emisión
- \* El cliente debe proporcionar la información necesaria para la emisión de los certificados de ensayo

#### FORMA DE PAGO:

- 50% adelante para comenzar los trabajos
- 50% a la entrega de los resultados.

#### CUENTAS DE PAGO:

CTA CORRIENTE BANCO CONTINENTAL  
 AHORROS SOLES: 0011-0752-0200099965  
 AHORROS DOLARES: 0011-0200099965-32  
 CCI BANCO CONTINENTAL: 011-752-000200099965-32

MTL GEOTECNIA S.A.C.  
 RUC: 20600375262

**DANY COTO TRUJILLO**  
 GERENTE COMERCIAL





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

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	C.C.MTL
		Fecha	16/03/2020

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
 ASTM C39-07 / NTP 33.80.34-11

REFERENCIA SOLICITANTE TESTES	Datos de laboratorio Huamán Mapariño, Carlos Jorge Luis / Wilmer Henao, Guillermo
UBICACIÓN	Al frente del área de trabajo relacionado a la resistencia mecánica de concreto estructural sometido a temperatura de 400 °C y 600 °C Distrito de Lima Fecha de emisión: 12/11/2020

Tipo: Desarrollo de curvas de tensión-deformación

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	Fc Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% Fc
Patrón1	23/06/20	21/10/20	28	1800.0	76.5	234.3	210.0	111.6
Patrón2	23/06/20	21/10/20	28	1804.0	76.5	235.9	210.0	109.5
Patrón3	23/06/20	21/10/20	28	1846.0	76.5	241.3	210.0	115.6

PROMEDIO	237.2	210.0	116.6
DESEMPEÑO	1.9	6.0	1.9

**EQUIPO DE ENSAYO**

Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0,1 kN

**OBSERVACIONES:**

- No se observaron fallas atípicas en las roturas
- El ensayo fue realizado con probetas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura.
- Prohíbase la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C. Santiago Contreras Astarán 	Aprobado por: MTL GEOTECNIA S.A.C. 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2019

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

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Huamani Maspartida Carlos Jorge Luis / Villarreal Hanco Guillermo
<b>TESIS</b>	: Asistente retardante al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400°C y 600°C
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima <span style="float: right;">Fecha de ensayo: 19/09/2020</span>

f <sub>c</sub> 210 kg/cm <sup>2</sup>							
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>	
CEMENTO SOL TIPO I	3.12						
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.63	2.94	0.9	1.8	1499.0		1750.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.71	6.78	0.1	0.5	1492.0		1624.0

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

<b>A)</b>	<b>VALORES DE DISEÑO</b>						
	1 ASENTAMIENTO			3-4	in		
	2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			3/4"			
	3 RELACION AGUA CEMENTO			0.003			
	4 AGUA			218			
	5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0			
	6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.34			
<b>B)</b>	<b>ANÁLISIS DE DISEÑO</b>						
	<b>FACTOR CEMENTO</b>		361.250	Kg/m <sup>3</sup>	8.6		Bla/m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto del cemento			0.1158	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
	Volumen absoluto del Agua			0.2180	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		0.354
	<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>						
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3100	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		0.646
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3360	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
	<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>						1.000
<b>C)</b>	<b>CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>						
	CEMENTO			361	Kg/m <sup>3</sup>		
	AGUA			218	L/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO FINO			815	Kg/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO GRUESO			911	Kg/m <sup>3</sup>		
	<b>PESO DE MEZCLA</b>			2305	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>D)</b>	<b>CORRECCION POR HUMEDAD</b>						
	AGREGADO FINO HUMEDO			822.6	Kg/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			911.5	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>E)</b>	<b>CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>						
	AGREGADO FINO			0.90	%	7.3	Lts/m <sup>3</sup>
	AGREGADO GRUESO			0.40	%	3.6	Lts/m <sup>3</sup>
	<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>					11.0	Lts/m <sup>3</sup>
						229.0	Lts/m <sup>3</sup>
<b>F)</b>	<b>CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>						
	CEMENTO			361	Kg/m <sup>3</sup>		
	AGUA			229	Lts/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO FINO			823	Kg/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO GRUESO			911	Kg/m <sup>3</sup>		
	<b>PESO DE MEZCLA</b>			2324	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>G)</b>	<b>CANTIDAD DE MATERIALES (62 lt.)</b>						
	CEMENTO			18.79	Kg		
	AGUA			11.91	Lts		
	AGREGADO FINO			42.78	Kg		
	AGREGADO GRUESO			47.40	Kg		
	<b>PROPORCION EN PESO p3 (húmedo)</b>						
	C			1.0			
	A.F			2.28			
	A.G			2.52			
	H2o			26.96 Kg			
	<b>PROPORCION EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>						
	C			1.0			
	A.F			2.28			
	A.G			2.54			
	H2o			26.96 LT.			

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 Jefe de Laboratorio	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

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

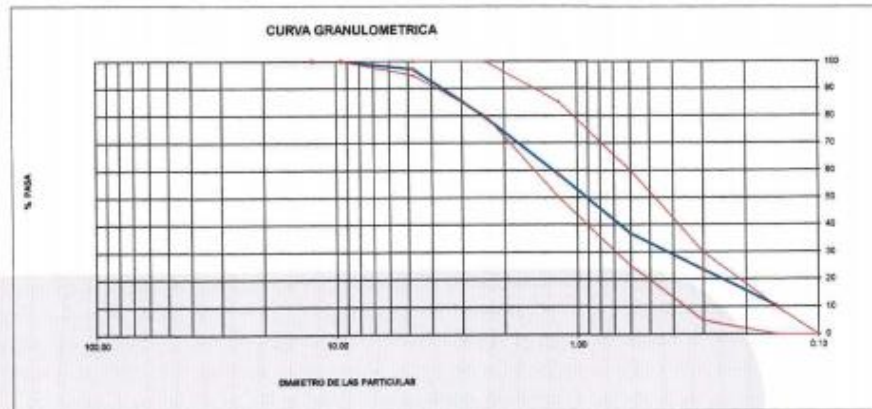
**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
ASTM C136

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Huamani Majpartida Carlos Jorge Luis / Villarreal Hancoco Guillermo
<b>TESIS</b>	: Aditivo retardante al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400°C y 600°C

<b>UBICACIÓN</b>	: Lima	<b>Fecha de ensayo:</b>	16/09/2020
------------------	--------	-------------------------	------------

<b>MATERIAL</b>	: Agregado fino	<b>CANTERA:</b>	TRAPICHE
<b>PESO INICIAL HUMEDO (g)</b>	833.5	<b>% W</b>	0.9
<b>PESO INICIAL SECO (g)</b>	826.0	<b>MF</b>	2.94

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C 33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.75	17.5	2.8	2.8	97.2	95 - 100
Nº8	2.38	112.0	17.9	20.7	79.3	85 - 100
Nº16	1.19	131.2	20.9	41.6	58.4	90 - 95
Nº30	0.60	135.2	21.5	63.1	36.9	25 - 55
Nº60	0.30	84.2	13.4	76.5	23.5	05 - 35
Nº100	0.15	82.6	13.2	89.7	10.3	0 - 15
FONDO		64.8	10.3	100.0	0.0	0 - 0



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

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





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

www.mtlgeotecniasac.com

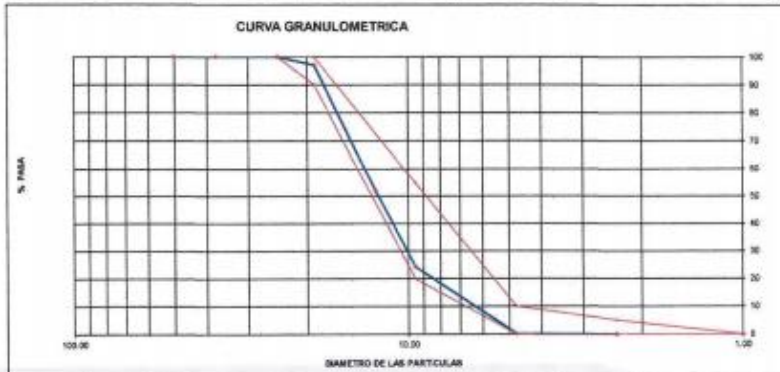
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO	Código	FOR-LTC-AG-002
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
 ASTM C136

REFERENCIA : Datos de laboratorio  
 SOLICITANTE : Huamani Melgarida Carlos Jorge Luis / Villarreal Hanco Guillermo  
 TESIS : Asistente retardante al frago relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400°C y 600°C  
 UBICACIÓN : Lima Fecha de ensayo: 15/09/2020

MATERIAL : AGREGADO GRUESO CANTERA: TRAPICHE  
 PESO INICIAL HUMEDO (g) : 4,235.00 % W = 0.1  
 PESO INICIAL SECO (g) : 4,232.40 MF = 6.73

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO (g)	RETENIDO (%)	% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUBO #87
				Retenido	Pasa	
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"	24.80	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	19.00	121.5	2.9	2.9	97.1	95 - 100
1/2"	12.50	1,911.0	45.2	45.1	51.9	
3/8"	9.50	1,188.0	27.6	75.7	24.3	20 - 55
Nº 4	4.75	1,031.0	24.1	99.8	0.2	0 - 10
Nº 6	2.38	0.0	0.2	100.0	0.0	0 - 5
Nº 16	1.18	0.0	0.0	100.0	0.0	
FONDO		2.9	0.1			



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

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

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

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
ASTM C29

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Huamaní Malperitida Carlos Jorge Luis / Villarreal Franco Guillermo
<b>TESIS</b>	: Asistente retardante al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400°C y 600°C
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima <span style="float: right;">Fecha de ensayo: 18/09/2020</span>

<b>MATERIAL</b>	: AGREGADO GRUESO	<b>CANTERA:</b>	TRAPICHE
-----------------	-------------------	-----------------	----------


  

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3		
1	Peso de la Muestra + Molde	g	30642	30612	30625
2	Peso del Molde	g	9900	9800	9800
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	20642	20812	20825
4	Volumen del Molde	cc	13950	13950	13950
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.494	1.492	1.491
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>		g/cc	1.492		

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3		
1	Peso de la Muestra + Molde	g	32434	32460	32471
2	Peso del Molde	g	9900	9800	9800
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	22534	22660	22671
4	Volumen del Molde	cc	13950	13950	13950
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.623	1.625	1.625
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		g/cc	1.624		

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

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 21098	 MTL GEOTECNIA SAC <b>CONTROL DE CALIDAD</b>
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

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

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS**  
ASTM C29

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio	<b>Fecha de ensayo:</b>	19/09/2020
<b>SOLICITANTE</b>	: Huaman/ Malperida Carlos Jorge Luis / Villarreal Hanco Guillermo		
<b>TESIS</b>	: Aislante retardante al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400°C y 600°C		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima		

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

<b>MUESTRA N°</b>	M - 1	M - 2	M - 3
-------------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	8524	6495	6485
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4161	4132	4122
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.506	1.497	1.493

<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>	g/cc	1.499
--------------------------------------	------	-------

<b>MUESTRA N°</b>	M - 1	M - 2	M - 3
-------------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	7328	7285	7301
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4965	4922	4938
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.799	1.783	1.789

<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	g/cc	1.790
--	------	-------

**OBSERVACIONES:**

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

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

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS	Código	FOR-LAB-MS-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM C127

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio	<b>Fecha de ensayo:</b>	15/08/2020
<b>SOLICITANTE</b>	: Huaman/ Maipartida Carlos Jorge Luis / Villarroel Hanco Guillermo		
<b>TESIS</b>	: Alante retardante al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400°C y 600°C		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima		

**MATERIAL** : AGREGADO ORUEBO **CANTERA** : TRAPICHE

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	A	g	1541.0	1587.0	1564.0
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca	B	g	2436.0	2508.0	2472.0
3	Peso muestra Seca	C	g	2424.0	2496.0	2460.0
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A		g/cc	2.72	2.72	2.72
5	Peso específico de masa = C/B-A		g/cc	2.71	2.71	2.71
6	Peso específico aparente = C/C-A		g/cc	2.75	2.75	2.75
7	Absorción de agua = (B - C)/C * 100		%	0.5	0.5	0.5

**OBSERVACIONES:**

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

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Ingeniero Civil Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C. P. N. 27969	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA





# ANEXOS 6



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

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/03/2020

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
 ASTM C39-07 / NTP 359.034-11

REFERENCIA	Datos de laboratorio
SOLICITANTE	Hospitales Mejillones, Carlos Jorge Luis / Villarreal Marcos, Guillermo
TESIS	Asamblea rectoral del fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400 °C y 800 °C
UBICACIÓN	Districto de Lima <span style="float: right;">Fecha de emisión: 12/11/2020</span>

Tipo: Prueba de concreto 210 kgf/cm<sup>2</sup>, 3 ejes a 400 °C

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kgf/cm <sup>2</sup>	F <sub>c</sub> Diseño kgf/cm <sup>2</sup>	% F <sub>c</sub>
3C-400° C-1 25 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1626.2	78.5	207.1	210.0	98.6
3C-400° C-2 25 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1508.5	78.5	192.2	210.0	91.5
3C-400° C-3 25 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1580.5	78.5	202.4	210.0	96.4
<b>PROMEDIO</b>						200.2	210.0	95.3
<b>DESIACIÓN</b>						4.9	5.0	5.9

3C-400° C-1 40 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1324.5	78.5	168.8	210.0	80.4
3C-400° C-2 40 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1367.5	78.5	174.2	210.0	82.9
3C-400° C-3 40 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1510.7	78.5	192.5	210.0	91.7
<b>PROMEDIO</b>						178.5	210.0	84.9
<b>DESIACIÓN</b>						5.1	5.0	5.1

3C-400° C-1 60 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1310.9	78.5	167.1	210.0	79.6
3C-400° C-2 60 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1326.2	78.5	169.7	210.0	80.8
3C-400° C-3 60 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1235.3	78.5	157.4	210.0	74.9
<b>PROMEDIO</b>						164.7	210.0	78.0
<b>DESIACIÓN</b>						5.3	5.0	5.3

**EQUIPO DE ENSAYO**  
 Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 MN

- OBSERVACIONES:**
- No se observaron fallas atípicas en las roturas
  - El ensayo fue realizado con probetas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura
  - Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

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

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-005
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/03/2020

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
ASTM C39-07 / NTP 359.634-11

REFERENCIA	- Datos de laboratorio
SOLICITANTE	- Huaman Majarike, Carlos Jorge Lora / Viterrol Mancos, Guillermo
TESTES	- Asiente referenciado al Asaje relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400 °C y 600 °C
UBICACIÓN	- Distrito de Lima <span style="float: right;">Fecha de emisión: 15/11/2020</span>

Tipo: - Prueba de concreto 250 kg/cm<sup>2</sup>, 2 ceros, a 800 °C

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F <sub>o</sub> Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F <sub>o</sub>
3C-800° C-1 25 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1094.5	78.5	177.7	210.0	82.2
3C-800° C-2 25 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1068.5	78.5	151.3	210.0	70.7
3C-800° C-3 25 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1258.5	78.5	160.0	210.0	76.2
PROMEDIO						164.8	210.0	78.4
DISPERSION						7.7	0.0	7.7

3C-800° C-1 40 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1085.5	78.5	138.3	210.0	65.8
3C-800° C-2 40 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1124.5	78.5	143.3	210.0	68.2
3C-800° C-3 40 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1308.5	78.5	168.0	210.0	84.2
PROMEDIO						134.3	210.0	66.2
DISPERSION						6.1	0.0	6.1

3C-800° C-1 60 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1056.5	78.5	134.6	210.0	62.2
3C-800° C-2 60 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1120.2	78.5	143.3	210.0	68.2
3C-800° C-3 60 mm	23/09/2020	21/10/2020	28	1328.5	78.5	170.6	210.0	81.3
PROMEDIO						154.8	210.0	73.2
DISPERSION						6.4	0.0	6.4

**EQUIPO DE ENSAYO**  
Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

**OBSERVACIONES:**  
 \* No se observaron fallas atípicas en las roturas.  
 \* El ensayo fue realizado con probetas de 10 cm de diámetro y 30 cm de altura.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C. P. N° 214968	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-008
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/03/2020

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	Código de laboratorio
SOLICITANTE	Huamán Mujartida, Carlos Jorge Luis / Villarreal Hancock, Guillermo
TESTS	Aislante retardador al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400 °C y 600 °C
UBICACIÓN	Districto de Lima <span style="float: right;">Fecha de emisión: 12/11/2020</span>

Tipo: Prueba de concreto 210 kN/m<sup>2</sup>, 4 casos a 400 °C

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	Fc Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% Fc
EC-400° C-1 25 min	20/09/2020	21/10/2020	20	1700.1	78.5	216.3	210.0	104.9
EC-400° C-2 25 min	20/09/2020	21/10/2020	20	1746.1	78.5	222.6	210.0	106.0
EC-400° C-3 25 min	20/09/2020	21/10/2020	20	1630.9	78.5	207.8	210.0	99.4

PROMEDIO	216.3	210.0	104.9
DISPERSIÓN	4.2	6.0	4.2

EC-400° C-1 40 min	20/09/2020	21/10/2020	20	1676.5	78.5	213.6	210.0	101.6
EC-400° C-2 40 min	20/09/2020	21/10/2020	20	1608.8	78.5	204.9	210.0	98.1
EC-400° C-3 40 min	20/09/2020	21/10/2020	20	1586.5	78.5	202.1	210.0	96.8

PROMEDIO	208.9	210.0	98.8
DISPERSIÓN	4.8	6.0	4.8

EC-400° C-1 60 min	20/09/2020	21/10/2020	20	1307.2	78.5	166.5	210.0	84.1
EC-400° C-2 60 min	20/09/2020	21/10/2020	20	1300.2	78.5	165.6	210.0	82.0
EC-400° C-3 60 min	20/09/2020	21/10/2020	20	1286.6	78.5	163.9	210.0	79.2

PROMEDIO	165.0	210.0	81.4
DISPERSIÓN	7.3	6.0	7.3

**EQUIPO DE ENSAYO**  
 Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

**OBSERVACIONES:**  
 \* No se observaron fallas atípicas en las roturas.  
 \* El ensayo fue realizado con probetas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos, Cimentación, Asfalto  Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 10406	Aprobado por: 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	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/03/2020

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
ASTM C19-07 / NTP 330.834-11

REFERENCIA	Delos de laboratorio		
SOLICITANTE	Huancra Maestros, Carlos Jorge Luis / Villarreal Maricon, Guillermo		
FECHA	Asistente relacionado al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400 °C y 800 °C		
UBICACIÓN	Distrito de Lima	Fecha de emisión:	12/11/2020

Tipo: ...Prueba de concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>, 8 meses a 800 °C

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	Fu Deseo kg/cm <sup>2</sup>	% Fc
EC-800° C-1 25 mts	23/09/2020	21/10/2020	28	15615.5	78.5	198.8	210.0	93.9
EC-800° C-2 25 mts	23/09/2020	21/10/2020	28	14256.3	78.5	181.5	210.0	86.4
EC-800° C-3 25 mts	23/09/2020	21/10/2020	28	14026.5	78.5	178.6	210.0	84.1

PROMEDIO	182.7	210.0	89.8
DISPERSION	3.8	0.8	0.8

EC-800° C-1 40 mts	23/09/2020	21/10/2020	28	11040.8	78.5	140.5	210.0	66.8
EC-800° C-2 40 mts	23/09/2020	21/10/2020	28	11026.8	78.5	140.3	210.0	66.3
EC-800° C-3 40 mts	23/09/2020	21/10/2020	28	11050.8	78.5	140.4	210.0	66.5

PROMEDIO	140.9	210.0	66.4
DISPERSION	0.8	0.8	0.8

EC-800° C-1 60 mts	23/09/2020	21/10/2020	28	10306.8	78.5	131.4	210.0	62.5
EC-800° C-2 60 mts	23/09/2020	21/10/2020	28	10086.8	78.5	128.5	210.0	61.2
EC-800° C-3 60 mts	23/09/2020	21/10/2020	28	11470.8	78.5	146.1	210.0	69.5

PROMEDIO	127.8	210.0	58.9
DISPERSION	10.0	0.8	10.0

EQUIPO DE ENSAYO  
Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:  
\* No se observaron fallas atípicas en las muestras.  
\* El ensayo fue realizado con probetas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura.  
\* Permitida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

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



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

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-006
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/03/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS  
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	- Dato de laboratorio
SOLICITANTE	- Huaman Melpartita, Carlos Jorge Luis / Villeroel Franco, Guillermo
TEST	- Asiente retardador al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperatura de 400 °C y 600 °C
UBICACIÓN	- Distrito de Lima <span style="float: right;">Fecha de emisión: 10/11/2020</span>

Tipo: Prueba de concreto 210 según Patrón a 400 °C

IDENTIFICACIÓN DE ESPÉCIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F <sub>o</sub> Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F <sub>o</sub>
P-400° C-1 25 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1908.6	76.5	198.7	210.0	94.6
P-400° C-2 25 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1635.5	76.5	213.8	210.0	87.8
P-400° C-3 25 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1524.5	76.5	199.1	210.0	94.8

PROMEDIO	184.4	210.0	95.2
DISPERSIÓN	3.5	0.2	3.5

P-400° C-1 40 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1236.5	76.5	161.6	210.0	80.2
P-400° C-2 40 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1678.2	76.5	219.3	210.0	104.3
P-400° C-3 40 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1286.5	76.5	168.2	210.0	79.2

PROMEDIO	169.8	210.0	80.3
DISPERSIÓN	6.1	0.2	6.1

P-400° C-1 60 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1245.2	76.5	162.8	210.0	77.6
P-400° C-2 60 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1264.9	76.5	164.1	210.0	77.8
P-400° C-3 60 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1050.3	76.5	137.3	210.0	65.4

PROMEDIO	134.0	210.0	63.8
DISPERSIÓN	6.2	0.2	6.2

EQUIPO DE ENSAYO  
 Capacidad máxima 250 000 Lb. dividido de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:  
 \* No se observaron fallas atípicas en las roturas  
 \* El ensayo fue realizado con probetas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura.  
 \* 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 de Materiales	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos y Pavimentos Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C. P. N. 216966	Aprobado por: MTL GEOTECNIA S.A.C CONTROL DE CALIDAD
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/03/2020

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
ASTM C39-07 / NTP 308.634-11

<b>REFERENCIA</b>	Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	Huamán Márquez, Carlos Jorge Luis / Villarreal Mercado, Guillermo		
<b>YESO</b>	Asiente retardador al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400° C y 800° C		
<b>UBICACIÓN</b>	Districto de Lima	Fecha de emisión:	12/11/2020

Tipo: / Prueba de concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>, Prueba a 800° C

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	AREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	Po Diseño kg/cm <sup>2</sup>	N.F.v
P-800° C-1 20 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1154.2	76.5	146.5	210.0	69.8
P-800° C-2 20 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1287.2	76.5	168.3	210.0	79.8
P-800° C-3 20 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1262.2	76.5	164.9	210.0	76.7

<b>PROMEDIO</b>	148.3	163.8	78.1
<b>DISPERSION</b>	12.1	6.9	12.1

P-800° C-1 40 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1028.5	76.5	134.6	210.0	62.8
P-800° C-2 40 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1068.5	76.5	139.7	210.0	65.8
P-800° C-3 40 min	23/09/2020	21/10/2020	28	802.5	76.5	104.9	210.0	50.6

<b>PROMEDIO</b>	134.6	131.8	66.9
<b>DISPERSION</b>	2.9	6.9	2.9

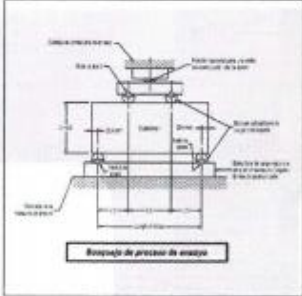
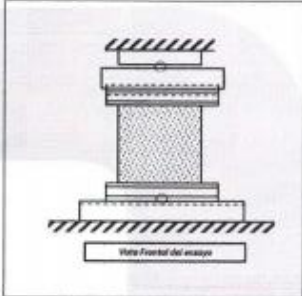


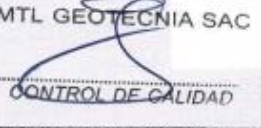
P-800° C-1 80 min	23/09/2020	21/10/2020	28	954.2	76.5	124.8	210.0	58.5
P-800° C-2 80 min	23/09/2020	21/10/2020	28	1022.3	76.5	133.7	210.0	62.3
P-800° C-3 80 min	23/09/2020	21/10/2020	28	982.2	76.5	128.4	210.0	60.3

<b>PROMEDIO</b>	128.8	129.8	61.1
<b>DISPERSION</b>	12.8	6.6	12.8

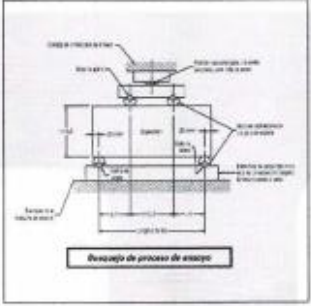
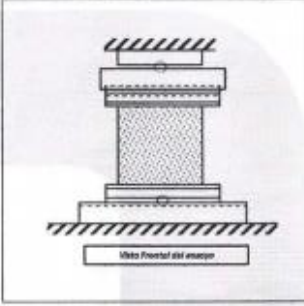


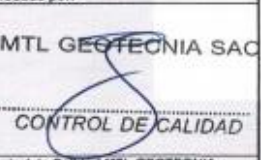
**EQUIPO DE ENSAYO**  
Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

**OBSERVACIONES:**  
 \* No se observaron fallas atípicas en las roturas.  
 \* Si ensayo fue realizado con probetas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

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

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b> <b>RESISTENCIA DE FLEXIÓN DEL CONCRETO</b> <b>(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)</b>		Código	FOR-TC-COR-438						
			Revisión	1						
			Aprobado	CC-MTL						
			Fecha	16/11/2025						
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> <b>NTP 338.078 - ASTM C78</b>										
REFERENCIA SOLICITANTE TESIS	DATOS DE LABORATORIO Alumnos: Moberniza, Carlos Jorge Luna / Villacres Hercezo, Guillermo Asignatura: Resistencia al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperatura de 400° C y 600° C									
LOCALIZACIÓN	Centro de Lima		Fecha de ensayo: 12/11/2020							
<b>A) INFORMACIÓN GENERAL:</b>  TIPO DE MEZCLA: CONCRETO SIMPLE 210 kg/cm <sup>3</sup> - 28 DÍAS DESCRIPCIÓN: VIGA 35x10x10 cm, PATRÓN A 600 °C										
<b>B) DATA DE ENSAYO:</b>										
No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Identificación	P 600 °C - 1 25 min	P 600 °C - 2 25 min	P 600 °C - 3 25 min	P 600 °C - 1 40 min	P 600 °C - 2 40 min	P 600 °C - 3 40 min	P 600 °C - 1 60 min	P 600 °C - 2 60 min	P 600 °C - 3 60 min	
Alura "h" (mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Ancho "b" (mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Distancia entre apoyos "l" (mm)	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	
Carga Máxima (kgf)	778.3	609.1	742.3	701.6	731.2	689.3	816.6	585.3	645.3	
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 "f" (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Módulo de Ruptura (kg/cm <sup>2</sup> )	23.36	24.27	22.27	21.95	21.94	20.00	19.50	17.66	19.38	
	PROMEDIO			PROMEDIO			PROMEDIO			
	23.36			21.92			18.57			
FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio $R = PL/bd^2$			Fuera del Tercio Medio < 5% $R = \frac{3Pu}{bd^2}$			Fuera del Tercio Medio > 5% Descartado			
 <p>Esquema de preparación de ensayo</p>					 <p>Vista Frontal del ensayo</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b> * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calificación 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				



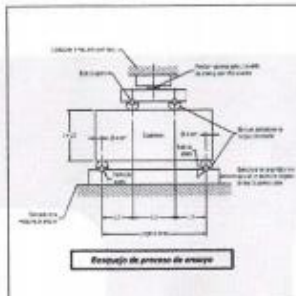
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b>		Código	FOR-LTC-CDW-438						
	<b>RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO</b>		Revisión	1						
	<b>(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)</b>		Aprobada	CC-MTL						
			Fecha	16/11/2020						
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b>										
<b>NTP 339.078 - ASTM C78</b>										
REFERENCIA SOLICITANTE	DATOS DE LABORATORIO									
TESS	Número de muestra: Carlos Jorge Luis / Muestra número: Suderim									
	Asiente retardador al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400 °C y 600 °C									
LOCALIZACIÓN	Ciudad de Lima	Fecha de ensayo:	13/11/2020							
<b>A) INFORMACIÓN GENERAL:</b>										
TIPO DE MEZCLA: CONCRETO SIMPLE 219 KG/CM <sup>3</sup> - 28 DÍAS										
DESCRIPCIÓN: VIGA 35x10x10 cm, PATRÓN A 400 °C										
<b>B) DATA DE ENSAYO:</b>										
No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Identificación	P 400 °C - 1 25 min	P 400 °C - 2 25 min	P 400 °C - 3 25 min	P 400 °C - 1 40 min	P 400 °C - 3 40 min	P 400 °C - 3 40 min	P 400 °C - 1 50 min	P 400 °C - 2 60 min	P 400 °C - 3 60 min	
Área "A" (mm <sup>2</sup> )	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Área "A" (mm <sup>2</sup> )	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Distancia entre apoyos "L" (mm)	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
Carga última (kg-f)	988.3	1120.2	1195.7	1015.5	1125.4	1014.3	852.3	917.6	979.9	
Posición de Flexión	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	Dentro del tercio medio
Distancia entre la Flexión y el apoyo más cercano "a" (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Módulo de Ruptura (kg/cm <sup>2</sup> )	29.65	33.61	35.67	30.47	33.76	30.43	25.97	27.53	29.40	
	PROMEDIO			PROMEDIO			PROMEDIO			
	33.04			31.55			27.56			
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			
 <p>Diagrama de proceso de ensayo</p>					 <p>Vista Frontal del ensayo</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b>										
* 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 está 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>							

<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b> <b>RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO</b> <b>(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)</b>	Código Revisión Aprobado Fecha	FOR-LTC-CON-038 1 CC-MTL 10/11/2020							
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> <b>NTP 339.078 - ASTM C78</b>										
<b>REFERENCIA SOLICITANTE TESIS</b>	<b>DATOS DE LABORATORIO</b> Muestras Mabeberida, Carlos Jorge Luis / Universidad Nacional, Guadalupe Asiema retardador al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperatura de 400° C y 600° C									
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Dentro de Lima		<b>Fecha de ensayo:</b> 10/11/2020							
<b>A) INFORMACIÓN GENERAL:</b>										
<b>TIPO DE MEZCLA:</b> CONCRETO SIMPLE 210 KG/CM3 - 28 DÍAS										
<b>DESCRIPCIÓN:</b> VIGA 35x15x10 cm, PATRÓN SIN QUEMAR										
<b>B) DATA DE ENSAYO:</b>										
No de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Identificación	P 040-1	P 040-2	P 040-3	4	5	6	7	8	9	10
Altura "H" (mm)	100.0	100.8	100.0							
Ancho "b" (mm)	100.0	100.8	100.0							
Distancia entre apoyos "L" (mm)	300.0	300.0	300.0							
Carga Máxima (kgf)	1388.3	1405.4	1335.8							
Punto de Flexura	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio							
Distancia entre la flexura y el apoyo más cercano "L" (mm)	-	-	-							
Módulo de Rotura (kgf/cm2)	41.95	42.16	40.07							<b>PROMEDIO</b> 41.20

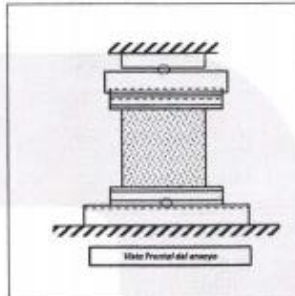
  

	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio < 5%	Fuera del Tercio Medio > 5%
<b>FÓRMULAS</b>	$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3P_0}{bdL}$	Descartado






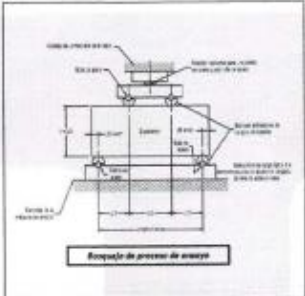
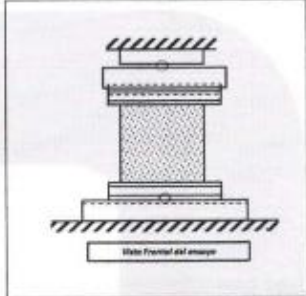


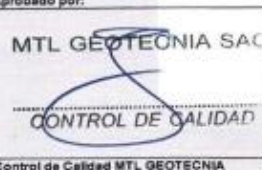
**Preparación de probeta de ensayo**

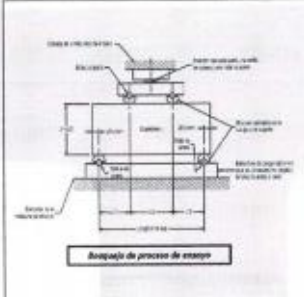
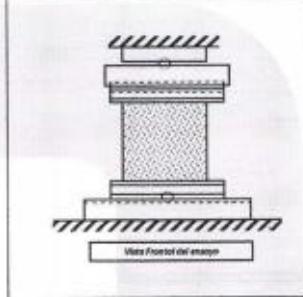





**Módulo Prorreal del ensayo**

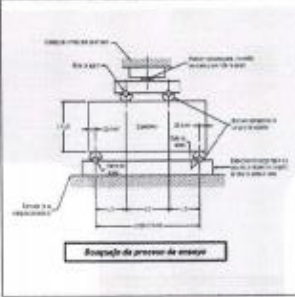
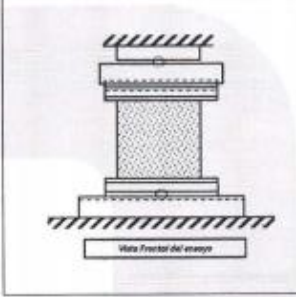



**OBSERVACIONES:**  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.  
 \* El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido; el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm2.

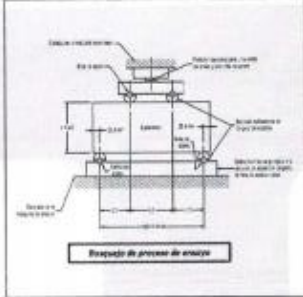
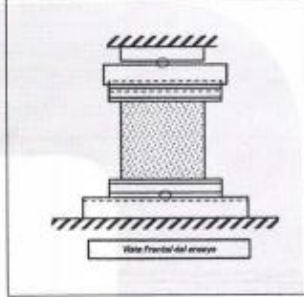



<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 Jefe de Laboratorio	 <b>MTL GEOTECNIA S.A.C</b> Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> <b>CONTROL DE CALIDAD</b> Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-4-TC-COR-038						
	RESISTENCIA DE FLEXIÓN DEL CONCRETO		Revisión	1						
	(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)		Aprobado	CC-MTL						
			Fecha	18/11/2020						
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> NTP 339.078 - ASTM C78										
REFERENCIA SOLICITANTE	DATOS DE LABORATORIO									
TEST	Huamán Maberón, Carlo Jorge Luis / Villancor Herico, Guillermo									
LOCALIZACIÓN	Asistente investigador al Sugej relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 300 °C y 500 °C									
	Dentro de Lima			Fecha de ensayo:						
12/11/2020										
A) INFORMACIÓN GENERAL:										
TIPO DE MEZCLA: CONCRETO SIMPLE 210 KG/CM <sup>3</sup> - 28 DÍAS										
DESCRIPCIÓN: VIGA 35x15x15 cm. 8 CAPAS A 500 °C										
B) DATA DE ENSAYO:										
No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Identificación	8C - 300 °C - 1	9C - 300 °C - 2	8C - 300 °C - 3	8C - 300 °C - 4	8C - 300 °C - 5	8C - 300 °C - 6	8C - 300 °C - 7	8C - 300 °C - 8	8C - 300 °C - 9	8C - 300 °C - 10
Altera "f" (mm)	25 mm	25 mm	25 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
Ancho "b" (mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Distancia entre apoyos "l" (mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Distancia entre la flexura y el apoyo más cercano "a" (mm)	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
Carga Máxima (kg-f)	923.2	950.2	926.2	884.2	812.5	840.2	728.2	786.2	785.2	
Posición de Flexura	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	Dentro del tercio medio
Distancia entre la flexura y el apoyo más cercano "a" (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Módulo de Ruptura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	27.70	28.51	27.79	25.83	24.38	25.21	21.85	23.88	21.10	
	PROMEDIO			PROMEDIO			PROMEDIO			
	28.00			25.07			22.30			
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			
 <p>Configuración de proceso de ensayo</p>					 <p>Vista Frontal del ensayo</p>					
OBSERVACIONES:										
* Prohíbe 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 está 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>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO (VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)</b>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Código</td><td>FOR-LYC-CON-438</td></tr> <tr><td>Revisión</td><td>1</td></tr> <tr><td>Aprobado</td><td>CC-BFL</td></tr> <tr><td>Fecha</td><td>18/11/2020</td></tr> </table>	Código	FOR-LYC-CON-438	Revisión	1	Aprobado	CC-BFL	Fecha	18/11/2020
Código	FOR-LYC-CON-438									
Revisión	1									
Aprobado	CC-BFL									
Fecha	18/11/2020									
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 339.078 - ASTM C78</b>										
<b>REFERENCIA SOLICITANTE</b>	<b>DATOS DE LABORATORIO</b> Alameda Mabeñites, Carlos Jorge Luis / Miravalles Nazco, Guillermo Asiente interesado al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 400 °C y 600 °C									
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Distrito de Lima <span style="float: right;">Fecha de ensayo: 12/11/2020</span>									
<b>A) INFORMACIÓN GENERAL:</b>										
<b>TIPO DE MEZCLA:</b> CONCRETO SIMPLE 210 KG/CM <sup>3</sup> - 28 DIAS <b>DESCRIPCIÓN:</b> VIGA 35x18x10 cm, 6 CAPAS A 400 °C										
<b>B) DATA DE ENSAYO:</b>										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatura	90 - 400 °C	90 - 400 °C	90 - 400 °C	90 - 400 °C	90 - 400 °C	90 - 400 °C	90 - 400 °C	90 - 400 °C	90 - 400 °C	90 - 400 °C
Identificación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alura "h" (mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ancho "b" (mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Distancia entre apoyos "l" (mm)	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
Carga Máxima (kg-f)	1282.3	1223.5	1289.2	1254.3	1188.2	1158.0	1098.2	1025.3	1155.2	
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 "x" (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Módulo de Rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	37.87	36.71	38.88	37.83	35.95	34.76	32.95	30.76	34.65	
	PROMEDIO			PROMEDIO			PROMEDIO			
	37.75			35.81			32.79			
<b>FÓRMULAS</b>	Dentro del Tercio Medio			Fuera del Tercio Medio < 5%			Fuera del Tercio Medio > 5%			
	$R = PL/bd^2$			$R = \frac{3Pa}{bd^2}$			Descartado			
 <p style="text-align: center;">Preparación de proceso de ensayo</p>					 <p style="text-align: center;">Vista Frontal del ensayo</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b>										
* 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 está en unidades de kg-f/cm <sup>2</sup> .										
<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>								
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>								



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b>		Código	FOR-TC-CON-338						
	<b>RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO</b>		Revisión	1						
	<b>(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)</b>		Aprobado	CC-MTL						
			Fecha	10/11/2020						
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b>										
<b>NTP 329.078 - ASTM C78</b>										
REFERENCIA SOLICITANTE	DATOS DE LABORATORIO									
TEST	Huancayo, Huancayo, Calle Jorge Luis / Mariscal Huancayo, Guillermo									
LOCALIZACIÓN	Atalaya retobador al fuego relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperaturas de 600 °C y 650 °C									
	Dentro de Casa			Fecha de ensayo: 12/11/2020						
<b>A) INFORMACIÓN GENERAL:</b>										
TIPO DE MEZCLA: CONCRETO SIMPLE 210 KG/CM <sup>3</sup> - 28 DÍAS										
DESCRIPCIÓN: VIGA 35x10x10 cm, 3 CAPAS A 600 °C										
<b>B) DATA DE ENSAYO:</b>										
No de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Identificación	30 - 600 °C - 1	30 - 600 °C - 2	30 - 600 °C - 3	30 - 600 °C - 4	30 - 600 °C - 5	30 - 600 °C - 6	30 - 600 °C - 7	30 - 600 °C - 8	30 - 600 °C - 9	30 - 600 °C - 10
Alura "h" (mm)	25 mm	25 mm	25 mm	40 mm	40 mm	40 mm	80 mm	80 mm	80 mm	80 mm
Ancho "b" (mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Distancia entre apoyos "l" (mm)	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
Carga Máxima (kgf)	882.5	895.1	824.2	788.2	755.6	829.1	712.2	598.2	752.3	
Flexión de Flexión	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	Dentro del tercio medio
Distancia entre la flexura y el apoyo más cercano "l'" (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Módulo de Rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )	24.08	23.08	24.73	23.85	22.67	24.87	21.07	20.95	22.57	
	PROMEDIO			PROMEDIO			PROMEDIO			
	24.63			23.79			21.83			
FORMULAS	Dentro del Tercio Medio			Fuera del Tercio Medio <5%			Fuera del Tercio Medio > 5%			
	$R = PL/bd^2$			$R = \frac{3Pa}{bd^2}$			Descartado			
 <p style="text-align: center;">Esquema de preparación de ensayo</p>					 <p style="text-align: center;">Vista Frontal del ensayo</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b>										
* 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:						
 JEFE DE LABORATORIO	 MTL GEOTECNIA S.A.C Ingeniero de Suelos y Pavimentos			 MTL GEOTECNIA S.A.C CONTROL DE CALIDAD						

<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b> <b>RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO</b> <b>(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)</b>	Código: FOR.LC-CON-038								
		Revisión: 1								
		Aprobado: CC-MTL								
		Fecha: 16/11/2023								
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> <b>NTP 339.078 - ASTM C78</b>										
<b>REFERENCIA SOLICITANTE</b>										
DATOS DE LABORATORIO Huamán Mapariño, Carlos Jorge Luis / Vialón Maricó, Guillermo Asistente investigador al cargo relacionado a la resistencia mecánica del concreto estructural sometido a temperatura de 400 °C y 600 °C										
<b>LOCALIZACIÓN</b>										
Código de línea:		Fecha de ensayo: 12/11/2023								
<b>A) INFORMACIÓN GENERAL:</b>										
TIPO DE MEZCLA: CONCRETO SIMPLE 215 kg/m <sup>3</sup> - 28 DÍAS										
DESCRIPCIÓN: VIGA 350x100 cm, 3 CAPAS A 400 °C										
<b>B) DATA DE ENSAYO:</b>										
No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Identificación	30 - 400 °C - 1	30 - 400 °C - 2	30 - 400 °C - 3	30 - 400 °C - 1	30 - 400 °C - 2	30 - 400 °C - 3	30 - 400 °C - 1	30 - 400 °C - 2	30 - 400 °C - 3	
Altura "h" (mm)	25 mm	25 mm	25 mm	40 mm	40 mm	40 mm	60 mm	60 mm	60 mm	
Ancho "b" (mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Distancia entre apoyos "l" (mm)	190.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Carga Máxima (kgf)	1055.2	1158.2	1254.1	1088.2	1034.2	1121.0	1096.1	902.8	858.2	
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 "x" (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	31.85	34.75	37.62	32.95	31.03	33.83	32.94	27.28	28.75	
	PROMEDIO			PROMEDIO			PROMEDIO			
	34.85			32.53			29.58			
<b>FÓRMULAS</b>	Dentro del Tercio Medio			Fuera del Tercio Medio <5%			Fuera del Tercio Medio > 5%			
	$R = PL/bd^2$			$R = \frac{3Pu}{bl^2}$			Descartado			
 <p style="text-align: center;">Esquema de proceso de ensayo</p>					 <p style="text-align: center;">Vista Frontal del ensayo</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b>										
* 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 está en unidades de kg-f/cm <sup>2</sup> .										
<b>Elaborado por:</b>			<b>Revisado por:</b>				<b>Aprobado por:</b>			
										
Jefe de Laboratorio			Ingeniero de Suelos y Pavimentos				Control de Calidad MTL GEOTECNIA			

## ANEXOS 8



# ANEXOS 9



Código: F - 39  
Ver. 03 / Rev. 03  
Fecha: 02/11/2016

## PINTURA IGNÍFUGA RETARDADORA AL FUEGO

### 1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

#### PRODUCTO

Es una pintura de acabado a base de resina alquídica modificado con estireno, solventes aromáticos, ésteres, pigmentos, aditivos especiales que incluyen en su composición un agente retardante de fuego.

#### TIPO

Alquídico modificado con estireno.

#### USOS Y RECOMENDACIONES

Recomendado para ser usado como recubrimiento para aislarlo y protegerlo de la acción del fuego en superficies de acero, madera, concreto, en ambientes interiores y exteriores, tanto en instalaciones industriales como en lugares públicos (supermercados, cines, teatros, centros comerciales, discotecas, almacenes, etc.)

#### COLOR

Blanco.

#### ACABADO

Mate.

### 2. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

#### SÓLIDOS POR PESO %

69 - 75

#### DENSIDAD (Kg/Gl)

5.83 - 6.00

#### VISCOSIDAD

78 - 105 KU a 25 °C, al momento de envasado.

### 3. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

#### GENERAL

Es una Pintura Ignífuga de acabado que contiene en su formulación agentes retardadores de fuego que se distinguen por su habilidad de interferir en la propagación del fuego, propiciando una considerable reducción en la intensidad del mismo, al disminuir la concentración del oxígeno circundante.



### 4. DATOS DE APLICACIÓN

#### PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

La superficie por pintar debe estar seca, libre de polvo, grasa, óxido, pintura mal adherida y todo tipo de contaminantes.

Desaparecer cualquier rastro de óxido mediante el uso de Acondicionador para Metales X1, y un eficiente lijado.

Para Superficies Metálicas se debe aplicar Base Zincromato Automotriz X10 previo a la Pintura Ignífuga Retardadora al Fuego.

Para Superficies Galvanizadas se debe aplicar Etching Primer X6 previo a la Pintura Ignífuga Retardadora al Fuego.

Para Superficies de Madera se debe aplicar Base a la Piroxilina para Madera previo a la Pintura Ignífuga Retardadora al Fuego.

Para Superficies de Concreto se debe aplicar Imprimante Anypsa previo a la Pintura Ignífuga Retardadora al Fuego.

#### MÉTODO DE APLICACIÓN

**Equipo de aplicación:** Soplete convencional.

**Tipo de sustrato:** Metal, madera, concreto.

**Diluyente:** Disolvente Ignífuga Retardadora de Fuego.

#### Preparación de mezcla

**Soplete:** Un máximo de 25 % de diluyente.

**Nota:** Homogenizar completamente la mezcla del producto y solvente antes de aplicar.

#### PRECAUCIONES AL APLICAR

No aplique en condiciones de alta humedad o de lluvia inminente en exteriores.

No mezcle este producto con pinturas de otro tipo o marca.

#### TIEMPO DE SECADO

Secado tacto (minutos) : 30

Secado duro (horas) : 12

Repintado (horas) : 4 - 6

#### Espesor recomendado de película húmeda por capa

3 - 4 mils

#### Espesor recomendado de película seca por capa

1.5 - 2 mils

**ANYP SA CORPORATION S.A.**  
R.U.C. N° 20600346149

Car. Chilón Trapiche Mza. SiN Lote. 69 Urb. Los Huertos de Tungasuca Lima - Lima - Carabaylita  
www.anypsa.com.pe venta@anypsa.com.pe Telf.: (51-1)613-9090 Fax: (51-1)613-9091





Código: F - 39  
Ver. 03 / Rev. 03  
Fecha: 02/11/2016



## **RENDIMIENTO TEÓRICO**

41 m<sup>2</sup>/Gl.

Los cálculos de rendimiento no incluyen pérdidas por variación del espesor, mezclados inadecuados, aplicación inadecuada, irregularidades de la superficie o porosidad.

## **5. MANEJO DEL PRODUCTO**

### **ALMACENAMIENTO**

Se garantiza buena estabilidad en almacenamiento por 12 meses, si se almacenan bajo techo en lugares frescos y secos, después de su uso manténgase bien cerrado y fuera del alcance de los niños.

### **CUIDADOS ESPECIALES**

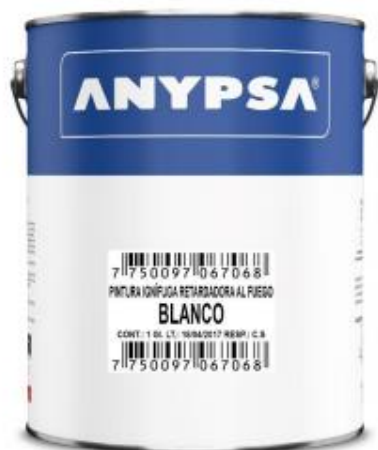
Aplíquese en lugares ventilados, utilice los equipos de seguridad como: guantes, máscara, lentes, ropa adecuada.

## **6. LIMITACIONES DEL PRODUCTO**

No aplica.

## **7. PRESENTACIÓN DEL ENVASE**

Envase de hojalata de 1 Gl (3,785 L.)



## **8. IMPORTANTE**

### **ADVERTENCIA LEGAL**

Todos los datos, información y diseño contenidos en este documento bajo ninguna circunstancia podrán ser alterados. La contra versión a esta advertencia constituirá delito(s) severamente sancionado(s) por las leyes vigentes.

**ANYP SA CORPORATION S.A.**  
R.U.C. N° 20600346149

Car: Chillón Trapiche Mza. S/N Lote. 69 Urb. Los Huertos de Tungasuca Lima - Lima - Carabaylla  
www.anypsa.com.pe venta@anypsa.com.pe Telf.: (51-1)613-9090 Fax: (51-1)613-9091

## FICHA TÉCNICA

Pantalla	LCD con iluminación, 32 × 29 mm	
Temperatura, °C	diapasón	-32°C ~ 650°C
	precisión	±1.8°C or ±1.8%
	resolución	0.1
Repetibilidad	±0.5°C o ±0.5%	
Resolución óptica (D:S)	20:1	
Potencia de láser	longitud de ondas 630-670 nm	
Alimentación	USB o batería de 9 V (NEDA 1604, 6F22 o 006P)	
Dimensiones, mm	169 × 138 × 53	
Peso, g	270	

## Termómetro infrarrojo

**UT-302C**  
**UT-303A/C**



## ANEXOS

---

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

NTP 339.035  
2009

---

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145  
Lima, Perú

---

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

CONCRETE. Standard test method for measure slump of Portland cement concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 143/C143-2008 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2009-12-23  
3ª Edición

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 400.012  
2013 (revisada el 2018)**

---

Dirección de Normalización - INACAL  
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

---

**AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado  
fino, grueso y global**

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

**2018-06-27  
3ª Edición**

PRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL



---

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

---

NTP 339.034  
2015

Dirección de Normalización - INACAL  
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

---

## CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

Concrete Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C 39/C 39M:2015 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2015-12-22  
4ª Edición

**CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo**

CONCRETE. Standard test method for flexural strength of concrete using simple beam with third-point loading

2012-09-26  
3ª Edición



Designation: C39/C39M – 09a

## Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C39/C39M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

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

### 1. Scope\*

1.1 This test method covers determination of compressive strength of cylindrical concrete specimens such as molded cylinders and drilled cores. It is limited to concrete having a density in excess of 800 kg/m<sup>3</sup> [50 lb/ft<sup>3</sup>].

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Means should be provided to contain concrete fragments during sudden rupture of specimens. Tendency for sudden rupture increases with increasing concrete strength and it is more likely when the testing machine is relatively flexible. The safety precautions given in the **Manual of Aggregate and Concrete Testing** are recommended.)*

1.4 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:<sup>2</sup>

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved Dec. 15, 2009. Published February 2010. Originally approved in 1921. Last previous edition approved in 2009 as C39/C39M – 09. DOI: 10.1520/C0039\_C0039M-09a.

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete

C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory

C617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C873 Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds

C1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation

C1231/C1231M Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders

E4 Practices for Force Verification of Testing Machines

E74 Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines

**Manual of Aggregate and Concrete Testing**

### 3. Summary of Test Method

3.1 This test method consists of applying a compressive axial load to molded cylinders or cores at a rate which is within a prescribed range until failure occurs. The compressive strength of the specimen is calculated by dividing the maximum load attained during the test by the cross-sectional area of the specimen.

### 4. Significance and Use

4.1 Care must be exercised in the interpretation of the significance of compressive strength determinations by this test method since strength is not a fundamental or intrinsic property of concrete made from given materials. Values obtained will depend on the size and shape of the specimen, batching, mixing

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



## Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C 78; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

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

### 1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the flexural strength of concrete by the use of a simple beam with third-point loading.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The SI equivalent of inch-pound units has been rounded where necessary for practical application.

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

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

- C 31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field<sup>2</sup>
- C 42 Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete<sup>2</sup>
- C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory<sup>2</sup>
- C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens<sup>2</sup>
- C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation<sup>2</sup>
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines<sup>3</sup>

### 3. Significance and Use

3.1 This test method is used to determine the flexural strength of specimens prepared and cured in accordance with Test Methods C 42 or Practices C 31 or C 192. Results are calculated and reported as the modulus of rupture. The strength determined will vary where there are differences in specimen size, preparation, moisture condition, curing, or where the

beam has been molded or sawed to size.

3.2 The results of this test method may be used to determine compliance with specifications or as a basis for proportioning, mixing and placement operations. It is used in testing concrete for the construction of slabs and pavements (Note 1).

### 4. Apparatus

4.1 The testing machine shall conform to the requirements of the sections on Basis of Verification, Corrections, and Time Interval Between Verifications of Practices E 4. Hand operated testing machines having pumps that do not provide a continuous loading in one stroke are not permitted. Motorized pumps or hand operated positive displacement pumps having sufficient volume in one continuous stroke to complete a test without requiring replenishment are permitted and shall be capable of applying loads at a uniform rate without shock or interruption.

4.2 *Loading Apparatus*—The third point loading method shall be used in making flexure tests of concrete employing bearing blocks which will ensure that forces applied to the beam will be perpendicular to the face of the specimen and applied without eccentricity. A diagram of an apparatus that accomplishes this purpose is shown in Fig. 1.

4.2.1 All apparatus for making flexure tests of concrete shall be capable of maintaining the specified span length and distances between load-applying blocks and support blocks constant within  $\pm 0.05$  in. ( $\pm 1.3$  mm).

4.2.2 The ratio of the horizontal distance between the point of application of the load and the point of application of the nearest reaction to the depth of the beam shall be  $1.0 \pm 0.03$ .

4.2.3 If an apparatus similar to that illustrated in Fig. 1 is used: the load-applying and support blocks should not be more than  $2\frac{1}{2}$  in. (64 mm) high, measured from the center or the axis of pivot, and should extend entirely across or beyond the full width of the specimen. Each case-hardened bearing surface in contact with the specimen shall not depart from a plane by more than 0.002 in. (0.05 mm) and shall be a portion of a cylinder, the axis of which is coincidental with either the axis of the rod or center of the ball, whichever the block is pivoted upon. The angle subtended by the curved surface of each block should be at least  $45^\circ$  (0.79 rad). The load-applying and support blocks shall be maintained in a vertical position and in

<sup>1</sup>This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved Jan. 10, 2002. Published March 2002. Originally published as C 78 – 30T. Last previous edition C 78 – 00.

<sup>2</sup>Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

<sup>3</sup>Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

## Resumen de coincidencias



# 20 %



1

repositorio.ucv.edu.pe  
Fuente de Internet

5 % >

2

eprints.uanl.mx  
Fuente de Internet

1 % >

3

repositorio.uss.edu.pe  
Fuente de Internet

1 % >

4

repositorio.uncp.edu.pe  
Fuente de Internet

1 % >

5

Entregado a Universida...  
Trabajo del estudiante

1 % >

6

dspace.esPOCH.edu.ec  
Fuente de Internet

1 % >

7

Entregado a Infile  
Trabajo del estudiante

1 % >





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, HUAMANI MALPARTIDA CARLOS JORGE LUIS, VILLARROEL HANCCO GUILLERMO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "AISLANTE RETARDADOR AL FUEGO RELACIONADO A LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO ESTRUCTURAL SOMETIDO A TEMPERATURAS DE 400°C Y 600°C.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
VILLARROEL HANCCO GUILLERMO <b>DNI:</b> 70095299 <b>ORCID</b> 0000-0002-4875-9871	Firmado digitalmente por: GVILLARROELH el 23-12-2020 10:09:49
HUAMANI MALPARTIDA CARLOS JORGE LUIS <b>DNI:</b> 70110705 <b>ORCID</b> (0000-0001-9665-4428	Firmado digitalmente por: CHUAMANIM9 el 23-12-2020 10:10:55

Código documento Trilce: INV - 0357342

