

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE
MEDIANA A ALTA RESISTENCIA USANDO ADITIVO
ACELERANTE LÍQUIDO Y CEMENTO PORTLAND TIPO I**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

VICTOR ENRIQUE CABEZAS FIGUEROA
ID: 0009-0008-3797-4200

ASESOR

Mag. MAX HUAYNALAYA RASHUAMAN
ID: 0000-0002-8956-2194

LIMA- PERÚ

2025

Dedicatoria

A mi madre por su apoyo incondicional
a lo largo de toda la carrera y en todos mis proyectos

Y en memoria de mi padre quien siempre
me daba ánimos y esperanza para seguir adelante.

Agradecimientos

A la FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL – UNI, por las enseñanzas.

Al Ingeniero Max Huaynalaya Rashuaman por el apoyo constante.

A las experiencias aprendidas en la Universidad Nacional de Ingeniería.

ÍNDICE

Resumen	3
Abstract.....	4
Prólogo	5
Lista de tablas.....	6
Lista de figuras	7
Lista de símbolos y siglas	8
Capítulo I. Introducción	9
1.1. Generalidades	9
1.2. Descripción del problema de investigación	10
1.3. Objetivos del estudio	12
1.3.1. Objetivo general	12
1.3.2. Objetivos específicos	12
1.4. Hipótesis.....	12
1.4.1. Hipótesis general.....	12
1.4.2. Hipótesis específicas	12
1.5. Antecedentes investigativos	13
Capítulo II. Marco teórico y conceptual	16
2.1. Marco teórico.....	16
2.1.1. Concreto de mediana a alta resistencia	16
2.1.2. Aditivo acelerante líquido	26
2.1.3. Aditivos	29
2.1.4. Cemento portland tipo I.....	30
2.2. Marco conceptual	31
2.3. Enfoque	34
2.4. Nivel.....	34
2.5. Diseño.....	34
2.6. Población y muestra.....	35
2.6.1 Población.....	35
2.6.2 Muestra.....	35

2.6.3	Muestreo.....	37
2.7.	Técnicas e instrumentos	37
Capítulo III. Propiedades de los materiales		39
3.1.	Propiedades de los agregados	39
3.1.1	Análisis granulométrico (NTP 400.012).	39
3.1.2	Contenido de humedad (NTP 339.185).....	39
3.1.3	Absorción y peso específico del agregado grueso y fino (NTP 400.021-NTP 400.022)	39
3.1.4	Peso unitario (NTP 400.017).	39
3.2.	Propiedades del aditivo.....	40
Capítulo IV. Diseño y preparación del concreto		41
4.1.	Diseño de mezcla.....	41
4.2	Ensayos del concreto en estado fresco.....	41
4.2.1	Ensayo de peso unitario (NTP 339.046: 2013).	41
4.2.2	Ensayo de asentamiento (NTP 339.035: 2009)	42
4.2.3	Ensayo de tiempo de fraguado (NTP.339.082).....	43
4.2.4	Ensayo de contenido de aire (NTP 339.080: 2008- Revisada 2017).	43
4.2.5	Ensayo de exudación (NTP.339.083).....	44
4.2.6	Ensayo de temperatura (NTP 339.184: 2018).....	45
4.3	Ensayos del concreto en estado endurecido.....	45
4.3.1	Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034, 2015).....	46
Capítulo V. Análisis de resultados		48
5.1	Análisis de resultados	48
5.1.1.	Análisis de las propiedades del concreto patrón.	51
5.1.2	Análisis de los resultados de las propiedades del concreto patrón.	61
5.1.3.	Determinación de la dosificación óptima de aditivo.	68
Capítulo VI. Discusión de resultados		78
Capítulo VII. Contrastación de hipótesis.....		82
Conclusiones		85
Recomendaciones		87
Referencias bibliográficas		88
Anexos		94

Resumen

Debido a la naturaleza sísmica del territorio, es preocupación contar con infraestructuras y estructuras seguras en toda la nación y considerando con el marco del desarrollo sostenible de la construcción, es justificado contar con infraestructuras y estructuras seguras a nivel nacional considerando que existe una amplia variedad de climas, por lo que se generó la necesidad de tomar ciertas medidas para controlar los procesos constructivos de las edificaciones con concreto. Por ello, la presente tesis tuvo por objetivo principal estudiar las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia usando aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I.

Bajo una metodología de enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño cuasiexperimental se desarrolló el programa de ensayos de laboratorio que comprendió el diseño de un concreto patrón con cemento portland tipo I sin aditivos, y concreto con aditivo en diferentes dosificaciones. Los resultados mostraron que la incorporación de 1,7 L de aditivo por bolsa de cemento generó mejoras en cuanto a las propiedades del concreto en estado endurecido, pues permite alcanzar elevadas resistencias en poco tiempo de fraguado. Por otra parte, al añadir la dosis de aditivo de 1,3 L/bls tuvo una rápida fragua como respuesta en cuanto a las propiedades del concreto en estado fresco. Así mismo, el asentamiento y la temperatura fueron adecuadas y presentaron una mínima exudación; por lo que se garantizó la durabilidad y resistencia del concreto. Se llegó a concluir que la incorporación del aditivo acelerante en las mezclas con cemento Portland tipo I tuvo un efecto positivo en las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia.

El concreto alcanzó una resistencia máxima de 357,55 kg/cm² para el concreto patrón, 395,35 kg/cm² para el concreto con 0,85 L/bls de aditivo por bolsa de cemento, 371,23 kg/cm² con 1,30 L/bls de aditivo por bolsa de cemento y 387,17 kg/cm² con 1,70 L/bls de aditivo por bolsa de cemento, a los 28 días.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, tiempo de fraguado del concreto, aditivo acelerante, durabilidad del concreto.

Abstract

Due to the seismic nature of the territory, it is a concern to have safe infrastructure and structures throughout the nation and considering the framework of sustainable construction development, it is justified to have safe infrastructure and structures at the national level considering that there is a wide variety of climates, which generated the need to take certain measures to control the construction processes of concrete buildings. Therefore, the main objective of this thesis was to study the properties of medium to high strength concrete using liquid accelerator additive and Type I Portland cement.

Under a methodology of quantitative approach, explanatory level and quasi-experimental design, the laboratory testing program was developed that included the design of a standard concrete with type I Portland cement without additives, and concrete with additive in different dosages. The results showed that the incorporation of 1,7 L of additive per bag of cement generated improvements in the properties of the concrete in the hardened state, since it allows high resistance to be achieved in a short setting time. On the other hand, adding the additive dose of 1,3 L/bls had a rapid setting as a response in terms of the properties of the concrete in the fresh state. Likewise, the settlement and temperature were adequate and there was minimal exudation; therefore, the durability and resistance of the concrete was guaranteed. It was concluded that the incorporation of the accelerator additive in the mixtures with Portland cement type I had a positive effect on the properties of medium to high strength concrete.

The concrete reached a maximum strength of 357,55 kg/cm² for the standard concrete, 395,35 kg/cm² for the concrete with 0,85 L/bls of additive per cement bag, 371,23 kg/cm² with 1,30 L /bls of additive per bag of cement and 387,17 kg/cm² with 1,70 L/bls of additive per bag of cement, at 28 days.

Keywords: Compressive strength, concrete setting time, accelerator additive, concrete durability.

Prólogo

El concreto, considerado uno de los materiales constructivos con mayor relevancia respecto a elaborar proyectos constructivos tiene como principales ventajas garantizar y ofrecer una mayor seguridad ante posibles contingencias catastróficas naturales, esto gracias a su principal función y propiedad como es la resistencia. Por ello, hoy en día existe una continua exigencia dentro de la ingeniería y así mejorar la resistencia del concreto. Desarrollando y evaluando nuevas técnicas que garanticen un buen diseño de mezcla, promoviendo excelentes estructuras e infraestructuras que perduren con el tiempo. El diseño de un concreto de elevada resistencia como el presentado en este informe de tesis, exige la búsqueda de alternativas que permitan mejorar esta propiedad según el tipo de obra que se necesite realizar, dando lugar a los concretos de alta resistencia.

El presente informe presenta el proceso de elaboración de un concreto de alta resistencia en base a la variación de la relación de agua cemento; así mismo, posterior al diseño de un concreto base se realizó la incorporación de aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I. Se trabajó con diferentes relaciones de agua cemento ($a/c=0.45, 0.50, 0.55$) y permutando con tres diferentes dosificaciones de aditivo (0.85 lt/bls, 1.30 lt/bls y 1.70 lt/bls), de este modo se comparó y determinó cual es la proporción óptima para alcanzar el objetivo de esta investigación.

Un aspecto importante de esta tesis es que a través de incorporar aditivos se alcanzan resistencias mayores a los 350 kg/cm² a pocos días de curado, así mismo, añadir aditivos no afecta a otras propiedades importantes del concreto como lo son el asentamiento y la exudación del concreto. En el desarrollo investigativo se presentan las propiedades de los materiales empleados en el diseño del concreto, seguido se evalúan las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto de alta resistencia, para finalmente presentar las conclusiones y recomendaciones.

Lista de tablas

Tabla N° 1:	Materiales empleados en el concreto de alta resistencia.	17
Tabla N°2:	Consistencia y asentamiento del concreto.....	20
Tabla N°3:	Cantidad de ensayos en concreto fresco	36
Tabla N°4:	Cantidad de ensayos de concreto endurecido.	37
Tabla N°5:	Propiedades físicas de los agregados	40
Tabla N°6:	Propiedades del aditivo Master X-Seed 100	40
Tabla N° 7:	Dosaje por bolsa de cemento en peso de concreto patrón.	49
Tabla N° 8:	Dosaje por bolsa de cemento en peso de 0.85 lt/bls de aditivo.	50
Tabla N°9:	Dosaje por bolsa de cemento en peso con 1.30 lt/bls de aditivo.	50
Tabla N°10:	Dosaje por bolsa de cemento en peso con 1.70 lt/bls de aditivo.	50
Tabla N°11:	Asentamiento del concreto patrón y concreto con aditivo.	52
Tabla N°12:	Contenido de aire del concreto patrón y concreto con aditivo. ..	53
Tabla N°13:	Temperatura del concreto patrón y concreto con aditivo.....	54
Tabla N°14:	Tiempo de fraguado del concreto patrón y concreto con aditivo.	58
Tabla N°15:	Peso unitario del concreto patrón y concreto con aditivo.	60
Tabla N°16:	Exudación del concreto patrón y concreto con aditivo.....	61
Tabla N°17:	Resistencia a compresión del concreto patrón.....	61
Tabla N°18:	Resistencia a compresión del concreto con 0.85 lt/bls de aditivo.	63
Tabla N°19:	Resistencia a compresión del concreto con 1.30 lt/bls de aditivo.	65
Tabla N°20:	Resistencia a compresión del concreto con 1.70 lt/bls de aditivo.	66
Tabla N°21:	Resistencia a tracción del concreto patrón y concreto con aditivo.	68
Tabla N°22:	Resistencia a compresión del concreto patrón y con aditivo.	75

Lista de figuras

Figura N°1:	Asentamiento mediante el cono de Abrams.....	20
Figura N°2:	Temperatura del concreto fresco.	21
Figura N°3:	Peso unitario del concreto fresco.....	22
Figura N°4:	Prueba de exudación al concreto.....	23
Figura N°5:	Ensayo de tracción al concreto.	25
Figura N°6:	Propiedades físicas y químicas del cemento Sol Tipo I.....	31
Figura N°7:	Vista en planta del cono de Abrams.....	42
Figura N°8:	Vista de perfil del cono de Abrams.	43
Figura N°9:	Olla de Washington para el ensayo de contenido de aire.	44
Figura N°10:	Ensayo de temperatura en el concreto	45
Figura N°11:	Prueba de resistencia a la compresión.	46
Figura N°12:	Fracturas de una probeta de acuerdo con las cargas utilizadas.	47
Figura N°13:	Granulometría agregado fino	48
Figura N°14:	Granulometría agregado grueso	49
Figura N°15:	Slump vs a/c	51
Figura N°16:	Contenido de aire vs a/c	53
Figura N°17:	Contenido de aire vs a/c	54
Figura N°18:	Tiempo de fragua inicial vs a/c.....	56
Figura N°19:	Tiempo de fragua final vs a/c.....	56
Figura N°20:	Peso unitario vs a/c	59
Figura N°21:	Exudación vs a/c.....	60
Figura N°22:	Resistencia a la compresión concreto patrón (kg/cm ²)	63
Figura N°23:	Resistencia a la compresión del concreto con 0.85 lt/bls de aditivo.	64
Figura N°24:	Resistencia a la compresión del concreto con 1.30 lt/bls de aditivo.	66
Figura N°25:	Resistencia a la compresión del concreto con 1.70 lt/bls de aditivo.	67
Figura N°26:	Asentamiento del concreto en estado fresco	69
Figura N°27:	Contenido de aire de concreto.	70
Figura N°28:	Temperatura del concreto.....	71
Figura N°29:	Peso unitario del concreto patrón y concreto con aditivo.	73
Figura N°30:	Exudación del concreto patrón y concreto elaborado con aditivo.	74
Figura N°31:	Resistencia a compresión del concreto patrón y con aditivo.	76
Figura N°32:	Resistencia a tracción del concreto patrón y concreto con aditivo.	77

Lista de símbolos y siglas

a/c: relación agua cemento

ACCELGUAR80: Acelerante de fraguado

ACI: American Concrete Institute

ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales

F'c: Resistencia a la compresión del concreto.

GC: Grupo de control

INACAL: Instituto Nacional de Calidad

Kg/cm²: kilogramo por centímetro cuadrado

lt/bls: litros por bolsa

NTP: Norma técnica peruana

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

SENCICO: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción

Capítulo I. Introducción

1.1. Generalidades

La preocupación de las entidades nacionales por contar con infraestructuras y estructuras seguras en todo el país y considerando que el Perú es un país con una amplia variedad de climas, nació la necesidad de tomar medidas para controlar los procesos constructivos en las edificaciones (Lee, Pae, Kang, Kim, & Moon, 2022).

Por ello es necesario reducir el tiempo de fraguado del concreto, pero sin alterar las propiedades de este en estado fresco y endurecido, ya que en el país existen ciudades con climas altamente fríos, en donde se ve comprometida la calidad del concreto, y por ende la seguridad de toda la edificación. Sin embargo, la exigencia de tener concreto con resistencias altas a edades tempranas en esas zonas del país genera la utilización de nuevos materiales, como es el caso de los aditivos. El uso aditivo acelerantes incorporados en el concreto ha dado excelentes resultados en los últimos años. No obstante, para la obtención de un concreto modificado con aditivo acelerante es necesario de tecnología sofisticada, que sumado al alto costo de los aditivos resultó que el concreto acrecienta su costo (Ahmad, Lawan, & Al, 2020).

En el presente estudio se planteó el uso de un aditivo acelerante líquido incorporado al diseño de mezcla de un concreto de mediana a alta resistencia, con la finalidad de evaluar su influencia en las propiedades de la mezcla. La investigación estuvo dividida en seis capítulos:

El capítulo I presentó los estudios más relevantes realizados anteriormente acerca del tema de investigación, se enuncia la problemática y los objetivos. El capítulo II, describe los principales conceptos sobre concreto de mediana a alta resistencia, así como sus componentes y agregados, por otro lado, se mencionan aspectos teóricos de los cemento y aditivos, con mayor énfasis en el aditivo acelerante líquido. En el capítulo III, se presentó las propiedades de los agregados y el aditivo. En el capítulo III, se presentó el desarrollo de la investigación indicando la metodología de investigación utilizada en el presente estudio. En el capítulo IV, se realizó un análisis de los resultados de los ensayos del concreto en estado fresco

y endurecido. Culminando con las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en el estudio.

1.2. Descripción del problema de investigación

El concreto es considerado a nivel mundial como uno de los materiales de construcción más empleados en la elaboración de proyectos constructivos, donde sus principales ventajas son los de ofrecer una mayor seguridad ante la ocurrencia de fenómenos naturales en función de una de sus propiedades como lo es la resistencia a compresión. Dicha resistencia es sumamente importante, por el hecho de que esta influyó significativamente en los avances de los procesos de construcción (Roldán & Vargas, 2018).

A nivel internacional, los problemas de fraguado y endurecimiento debido a las condiciones climáticas ocasionan el retraso en entrega de obras; esto se refleja en países como México, cuyo problema retrasó la entrega en la apertura de un paso elevado en la ciudad de Juárez, ya que, debido a los problemas climatológicos, los procesos de fraguado y colocación de carpetas asfálticas se habían retrasado (Lara, 2022).

A nivel nacional, según SENAMHI (2021), Perú siempre ha presentado una gran diversidad de climas, pues comprende 38 tipos de climas definidos, desde muy cálidos con temperaturas diurnas de 35 grados Celsius en la selva hasta climas muy fríos en regiones de la sierra donde incluso se presentaron inviernos con heladas con -18 grados Celsius en zonas como Chuapalca (Tacna); esto conllevó a tomar ciertas medidas para controlar la calidad del concreto dado que muchos proyectos han tenido especificaciones técnicas diferentes y muchas de ellas tuvieron exigencias de hacerlo en un menor tiempo.

Un claro ejemplo son los proyectos desarrollados en zonas altoandinas donde el fraguado es lento y trajo como consecuencias la disminución de resistencia del concreto, es decir que la diversificación y variabilidad de distintos tipos de clima son agentes externos considerados como factores responsables de modificar las propiedades de distintos tipos de diseño de concreto (Ponce, 2016).

Asimismo, SENCICO (2019), definió al acelerante como sustancia que añadida al concreto, disminuyó el tiempo de fraguado, aumentando la velocidad de desarrollo

de resistencia inicial, en tal sentido, se mencionó que fue necesario emplear aditivos acelerantes de fraguado porque los procesos de fragua y endurecimiento del concreto en obras de relevancia se encontraron en zonas vulnerables, donde muchas veces ocurrieron fuertes lluvias, se debe evitar que el agua de lluvia altere y/o incremente el agua del diseño preestablecido o dañe el acabado superficial de dicho material de construcción.

En razón a ello, surgió la necesidad de emplear recursos nuevos que permitan acortar o acelerar los tiempos de fraguado en la ejecución de obras y así mantener una resistencia adecuada en edades tempranas; por lo que el empleo de aditivos se manifestó como una de las alternativas viables para llevarlas a cabo. Es por ello por lo que hace falta realizar estudios que permitan determinar dosificaciones necesarias para optimizar las propiedades y con cuáles no son convenientes trabajar (Muñoz, 2019).

Con la presente investigación se desarrolló el estudio en cuanto propiedades del concreto de mediana a alta resistencia empleando aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I; logrando resultados óptimos mediante ensayos normados correspondientes tanto estado fresco y endurecido. Además, se emplea diseños de mezclas para hacer comparativas sobre los diseños patrón y las dosificaciones con aditivos, considerando las normativas establecidas.

Problema general

- ¿Cómo influye la incorporación de aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I en las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia?

Problemas específicos

- ¿Cuáles son las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia en su estado fresco usando un aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I?
- ¿Cuáles son las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia en su estado endurecido usando un aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I?

- ¿Cuál es la dosificación óptima de aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I?

1.3. Objetivos del estudio

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la mejora en las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia usando aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I.

1.3.2. Objetivos específicos

- Comparar y analizar los resultados de las propiedades del concreto patrón con el concreto con aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I en su estado fresco.
- Comparar y analizar los resultados de las propiedades del concreto patrón con el concreto con aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I en su estado endurecido.
- Determinar la dosificación óptima de aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I según los resultados obtenidos.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- El uso de aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I mejora de manera óptima las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia en su estado fresco usando un aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I son óptimas.
- Las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia en su estado endurecido usando un aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I son óptimas.

- La dosificación óptima para la mejora de las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia en estado fresco y endurecido será 1.7 litros de aditivo por bolsa de cemento.

1.5. Antecedentes investigativos

Ruiz (2008), en su tesis denominada “Características del concreto fresco y endurecido fabricado en la ciudad de Arequipa utilizando cemento IP y aditivo incorporador de aire y acelerante de fraguado”, planteó como finalidad el estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido usando acelerante de fraguado (ACCELGUAR80) en un clima frío y a una altura aproximada de 2363 m.s.n.m. Así mismo, utilizó diferentes ensayos llevados a cabo en diferentes condiciones en base a su objetivo tales como lugares a gran altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) donde existieron cambios de temperatura que afectaron el diseño del concreto. Concluyó que el uso del aditivo en mención incrementó el peso unitario en un 2%, la exudación disminuyó hasta en 5% respecto al concreto patrón, así como el tiempo de fraguado logró disminuir en un 16% (46 minutos) en referencia al patrón. En cuanto al concreto con aditivo acelerante de fragua y aditivo incorporador de aire sobre el diseño óptimo cumplieron con reducir el agua en la mezcla, mejora la trabajabilidad, aumentar la temperatura interna del concreto y la resistencia de los concretos son superiores al valor del concreto patrón a los 90 días.

Galobardes (2009), en su tesis “Estudio relativo a la caracterización de aditivos acelerantes para hormigón proyectado por vía húmeda”, enfocó como objetivo el estudio de las características de las distintas tipologías de aditivos acelerantes para concreto proyectado por vía húmeda. Esto dado que el concreto proyectado presentó algunos inconvenientes como rebote en la estructura y disminución de adherencia de los agregados. Mediante esta investigación el autor hizo el estudio para conocer los distintos aditivos que brindan un mejor espectro de posibles soluciones; desarrollando para ello ensayos a nivel de pasta como mortero, así como también ensayos para determinar la resistencia a la flexión, a la compresión y penetración. Luego, hizo la comparativa entre distintos acelerantes libres de álcali con la finalidad de conocer la respuesta empleando distintas marcas de cemento y así optimizar las mezclas que corresponden, de manera global más eficiente. El autor concluyó que el desarrollo la resistencia a la compresión no

estuvo vinculada de manera directa al contenido de acelerante. No obstante, con ensayos a una hora se observó que la tendencia de las resistencias a compresión fue mayor cuando la dosificación de acelerante en la mezcla fue menor. Además, se identificó que el aumento de resistencia a compresión durante las primeras 6 horas no guardó una relación directamente proporcional con el contenido de acelerante.

Lucero (2009) desarrolló la tesis “Influencia de un acelerador de fraguado normal en la trabajabilidad y resistencia de morteros”, tuvo como finalidad determinar la variación de trabajabilidad y propiedades finales del concreto al agregar distintas dosis de aditivo acelerante de fraguado (Sika®3) en comparación con el concreto patrón, y así desarrollar diferentes ensayos para poder comparar las propiedades respecto al concreto patrón. Concluyó que la trabajabilidad del concreto presenta cambios conforme vaya aumentando la dosificación de aditivo; para cantidades del aditivo en proporción (aditivo : agua) 1:15 generó incremento del slump evaluado en el ensayo de cono de Abrams en 7 mm con respecto del concreto patrón, para cantidades del aditivo en proporción 1:12 generó un incremento de 13 mm y en cantidades de proporción 1:9 el incremento fue 23 mm, también logró encontrar un punto de inflexión máxima de 1:9. Teniendo en cuenta las proporciones y sus respectivas modificaciones el slump promedio alcanzaron un máximo de 40 mm; tomando como guía al Manual del Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón, en donde el concreto no tuvo la trabajabilidad adecuada necesaria. Adicionalmente se evaluó la resistencia a los 28 días, alcanzando un valor de 210.3 kg/cm², esto fue equivalente a un incremento del 3%, presentando el valor más bajo con aditivo equivalente a 1:3, es decir un valor de resistencia a la compresión de 176 kg/cm².

Juchani (2020), desarrolló la tesis titulada: “Estudio del concreto con aditivo acelerante en polvo, utilizando cemento Pórtland Tipo I” en la que tuvo como objetivo analizar el comportamiento de concreto en estado fresco y endurecido con un aditivo acelerante en polvo (SikaCem-1), por tales motivos desarrolló ensayos que determinarán las propiedades de consistencia, peso unitario, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción del concreto respecto al concreto patrón. Concluyó que hubo algunas variaciones respecto a las propiedades del concreto, como la disminución de los tiempos de fraguado respecto a los concretos patrones, el tiempo de fraguado inicial, para distintas

dosificaciones del aditivo acelerante mencionado. Además, alcanzó una reducción importante entre 39.31 % hasta 46.12% en cuanto al concreto patrón; las reducciones del tiempo de fraguado inicial fueron directamente proporcional a las dosificaciones de aditivo. Así mismo, el tiempo de fraguado final luego de agregar distintas dosificaciones de aditivo se redujo entre 38.17 % hasta 44.27 % respecto al concreto patrón; las reducciones del tiempo de fraguado final fueron directamente proporcionales a las dosificaciones de aditivo. Finalmente, el aditivo acelerante redujo significativamente el porcentaje de exudación respecto al concreto patrón, así como también el incremento en las resistencias iniciales a los 7 días hasta en un 18.72% respecto al concreto patrón.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2.1. Marco teórico

2.1.1. Concreto de mediana a alta resistencia

El concreto de alta resistencia es aquel que alcanza una resistencia a la compresión de 42 MPa en el que los agregados deben ser de buena calidad y durabilidad, y los contenidos de material cementicio suelen ser mayores (ACI 363R, 2005).

La resistencia del concreto evolucionó desde el 1968, utilizándose una resistencia de 520 kg/cm² en la construcción del Lake Point Tower en la ciudad de Chicago (Illinois). Esta construcción sirvió de base para ser aplicado en otras obras y ser estudiado en diferentes instituciones educativas, evaluando la implicancia de los insumos, las proporciones, los tamaños de partículas, entre otros. Estos estudios y aplicaciones llevaron a que el concreto sea de más fácil acceso. Una de las principales diferencias encontradas en cuanto concretos de altas resistencias y concretos de resistencias medianas fueron las relaciones existentes con las resistencias a la compresión, haciendo referencia a las resistencias máximas del concreto respecto a las presiones que son sometidas cada muestra. (Shangguan, et al., 2023).

La producción del concreto de alta resistencia busca emplear componentes óptimos, Los productores de este tipo de concreto conocen los factores que afectan la resistencia a compresión y saben cómo contrarrestarlos para alcanzar las resistencias requeridas. Además, seleccionan cementos Portland de alta calidad y optimizan tanto los agregados como la combinación de materiales, ajustando las proporciones de cemento, agua, agregado y aditivo. (Shan, Wu, Lo, & Su, 2023). En la Tabla 1 se indicaron los materiales empleados y su Contribución principal o Propiedad deseada en el concreto de alta resistencia.

Tabla N° 1*Materiales empleados en el concreto de alta resistencia.*

Materiales	Contribución principal / Propiedad deseada
Agregado clasificado óptimamente	Mejore la trabajabilidad y reduce la demanda de pasta
Modificadores de polímero/látex	Reduce permeabilidad
Inhibidores de ASR	Controlar la reactividad alcalina-sílice
Reductores de contracción	Reducir la contracción
Reductores de agua	Reducir el contenido de cemento y agua.
Inhibidores de corrosión	Controlar la corrosión del acero
Acelerantes	Ajuste de aceleración
Retardantes	Ajuste de control
Aditivos para el control de la hidratación	Ajuste de control
Reductores de agua de gama alta	Reducir la proporción de agua a cemento
Superplastificantes	Fluidez
Esquisto calcinado	Material de cementación/durabilidad/alta resistencia
Metacaolín	Material de cementación/durabilidad/alta resistencia
Arcilla calcinada	Material de cementación/durabilidad/alta resistencia
Humos de sílice	Material de cementación/durabilidad/alta resistencia
Escoria	Material de cementación/durabilidad/alta resistencia
Ceniza volante	Material de cementación/durabilidad/alta resistencia
Cemento mezclado	Material de cementación/durabilidad/alta resistencia
Cemento Portland	Material de cementación/durabilidad

Fuente. Tomado de Basquirotto et al. (2019).

Los agregados gruesos son importantes para el concreto ya que cumplen un papel de suma importancia respecto al logro de las resistencias, puesto que estas resistencias llegan a depender del tamaño y la granulometría de los áridos gruesos. Asimismo, los agregados gruesos de tamaño pequeño producen una mayor resistencia del concreto debido a que la cantidad de tensión concentrada alrededor de las partículas de agregado es mucho menor, esto se debe a las diferencias entre cada módulo elástico de las pastas y los agregados (Shangguan, et al., 2023).

El uso del concreto de alta resistencia se da cuando se requiere que el peso de los elementos estructurales sea reducido o cuando las consideraciones arquitectónicas exigen elementos de soporte esbeltos, puesto este tipo de concreto ayuda a transportar cargas de manera más eficiente que el uso de concreto de resistencia mediana; los concretos de altas resistencias, reducen la cantidad total de material colocado y disminuye el costo total de la estructura. Uno de los usos más comunes de los concretos de altas resistencias es para la construcción de edificios de gran altura (Lamba, Raj, & Singh, 2022).

Propiedades

El concreto de alta resistencia, puede definirse como el concreto con resistencia y durabilidad significativamente superiores a las obtenidas por medios convencionales, las propiedades requeridas para que el concreto se clasifique como de alta resistencia dependen, por lo tanto, de las propiedades del concreto normal que se pueden lograr en un momento y lugar en particular (Chindasiriphan, Meenyut, Orasutthikul, Jongvivatsakul, & Tangchirapat, 2023).

Según Basquiroto et al. (2019) mencionó que las propiedades referentes a los concretos de altas resistencias se desarrollan para aplicaciones y entornos particulares; algunas de las propiedades que pueden ser requeridas incluyen:

- Inhibición del crecimiento bacteriano y de moho.
- Compactaciones sin segregaciones.
- Facilidades de colocación.
- Estabilidades de los volúmenes.
- Durezas y resistencias a los impactos.

- Altas resistencias a las heladas y al daño por descongelación.
- Resistencias a los ataques químicos.
- Permeabilidades Bajas y difusión.
- Altas durabilidades y larga vida en ambientes severos.
- Altas resistencias a la abrasión.
- Altos módulos de elasticidad.
- Altas resistencias tempranas.
- Altas resistencias (Basquiroto, Klegues, Leopoldo, & Pavei, 2019)

Los concretos de alta resistencia superaron cada propiedad y la constructibilidad de los concretos convencionales, asimismo a fin de realizar la producción de este tipo de concreto llegaron a emplear un material de tipo especial, a su vez fue necesario la realización de alguna práctica especial de mezclados, colocaciones y curados (Sun, Liu, Shi, & Wang, 2023).

En su mayoría estos concretos llegaron a producirse con componentes de gran calidad, siendo estos mismos seleccionados de manera cuidadosa y con las optimizaciones de los diseños según las mezclas, dado ello cada material se dosifica, mezcla, coloca, compacta y llega a curarse (Nakararoj, y otros, 2022).

Propiedades del concreto en estado fresco

2.1.1.1 Consistencia

La consistencia ayuda a calcular la viscosidad de una muestra de concreto, que a su vez indica la fluidez del hormigón, es un indicador de la trabajabilidad, la dificultad o facilidad de colocación, y también determina las cantidades de agua a requerirse en las mezclas y su potencial para ser demasiado seca o húmeda para la disposición de diseño, el desarrollo del asentamiento se visualiza en la Figura N° 1 (Wang, Chen, Qiu, Nasr, & Liu, 2023).



Figura N°1. Asentamiento mediante el cono de Abrams.

Fuente. Fotografía propia de la investigación.

La normativa (NTP 339.035) especificó el uso general del cono de Abrams, que es un método ampliamente aceptado y utilizado para medir el contenido de humedad del concreto. Por lo que, en la Tabla N°2 se muestra el rango de slump según su consistencia de la mezcla.

Tabla N°2

Consistencia y asentamiento del concreto.

Trabajabilidad	Slump (pulgadas)	Consistencias
Muy trabajables	Mayor a 5	Fluidas
Trabajables	Entre 3 y 4	Plásticas
Poco trabajables	Entre 0 y 2	Secas

Fuente. Tomado de ASTM C143 (2015).

La normativa clasifica al concreto en función de la consistencia y el asentamiento como se observa en esta Tabla 2 (ASTM C143, 2015):

2.1.1.2 Temperatura

Los límites de la temperatura del concreto dependieron del tipo de elemento y de las condiciones de uso, asimismo los límites de temperatura del concreto se fijaron para producir hormigón de alta calidad de acuerdo con requisitos específicos, puesto que diversas normas y especificaciones establecieron límites de temperatura para que el hormigón alcance cierta resistencia y durabilidad mínima,

pero estos límites pueden variar en función de las especificaciones del proyecto (Saugo, Prudêncio, Ricardo, & Taira, 2021).

Al efectuar los cálculos relacionados con las temperaturas de los concretos frescos, las cuales se ven afectas por el entorno, se considera la liberación de calor durante la reacción de los cementos y las energías asociadas al proceso de mezclado, además la temperatura debe estar entre 10°C y 32°C , ya que temperaturas más altas aceleran el envejecimiento de la mezcla (ASTM C 1064, 2015). Para medir la temperatura del concreto, se calibró la sonda de temperatura y se introdujo en el concreto a una distancia de al menos 75 mm durante unos 150 segundos o hasta que la temperatura se estabilice en unos $0,5^{\circ}\text{C}$ (NTP 339.184, 2018), tal como se muestra en la Figura N°2, donde se visualiza la instrumentación empleada para la medida de la temperatura del concreto fresco.



Figura N°2. *Temperatura del concreto fresco.*

Fuente. Fotografía propia de la investigación.

2.1.1.3 Peso unitario

El peso unitario de los concretos depende de las proporciones de sus componentes que llegan a conformar (NTP 339.046, 2018).

Para calcular el peso unitario del concreto se utilizó un recipiente cilíndrico de $\frac{1}{4}$ de pie cúbico de volumen, en el que se vertió concreto en 3 capas, a un tercio de volumen en cada capa, varillando 25 veces por capa y golpeando la superficie exterior del recipiente de 10 a 15 veces con un mazo de goma (ver Figura N°3), asimismo se enrasó la superficie del concreto con una regla metálica, se limpió

todas las rebabas y se pesó el contenido de concreto en una báscula (ASTM C138, 2018). El peso es el número de kilogramos por metro cúbico y se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$PUC = \frac{\text{Peso del concreto}}{\text{Vol. del molde}}$$



Figura N°3. *Peso unitario del concreto fresco.*

Fuente. Fotografía propia de la investigación.

2.1.1.4 Contenido de aire

El aire en el concreto queda en él por 2 razones, la primera es el aire atrapado que es propio del proceso de mezclado y el segundo que es incorporado por algún agente como un aditivo incorporador de aire o algún aditivo espumante. Este aire en la mezcla se manifiesta como pequeñas burbujas conectadas únicamente por canales muy pequeños, llamados poros, que en el proceso de secado liberan agua continuamente, y después de que el concreto haya fraguado (Kalhori & Akbar, 2021).

Para comprobar los contenidos de aire de la nueva composición de mezclas se utilizó el método por presión. El procedimiento fue el siguiente: En primer lugar se colocó concreto en el recipiente, siguiendo el procedimiento del ensayo de peso unitario, con la exigencia de que el enrasado debe quedar lo más prolijo posible; luego se colocó la tapa que posee válvulas y la recámara de aire a presión, se aseguraron las abrazaderas de la tapa al recipiente, luego se abrieron las 2 válvulas, se llenó de agua con ayuda una pera de goma y se descargó a través de una válvula hasta que el agua salió por la otra válvula sin burbujas de aire, se cierran las válvulas y a continuación se bombeó aire en la cámara de presión hasta

que la aguja del dial llegó a la línea de presión inicial, una vez que se estabilizó la aguja del dial en la línea de presión inicial se cerraron las llaves de purga; para medir la cantidad de aire en el concreto se abrió la válvula de la cámara de aire; se dio ligeros golpes al recipiente con el martillo de goma para liberar restricciones locales, se esperó unos segundos hasta que se estabilizó nuevamente la aguja para finalmente leer el porcentaje del aire en el dial del manómetro (NTP 339.046, 2018).

2.1.1.5 Exudación

Esta propiedad se origina cuando el agua respecto a la mezcla llega a fluir en dirección a la superficie del concreto recién mezclado, principalmente en razón al asentamiento de los materiales sólidos como los agregados y el cemento. Dicho asentamiento fue producto de la combinación de la gravedad y la vibración. En ello se pudo considerar a la exudación excesiva, la cual incrementó la relación agua/material cementante (a/c) respecto a la zona superior, dando una cara superior debilitada y de baja durabilidad como resultado. El ensayo se realizó como se observa en la Figura N° 4. (NTP 339.083, 2015).

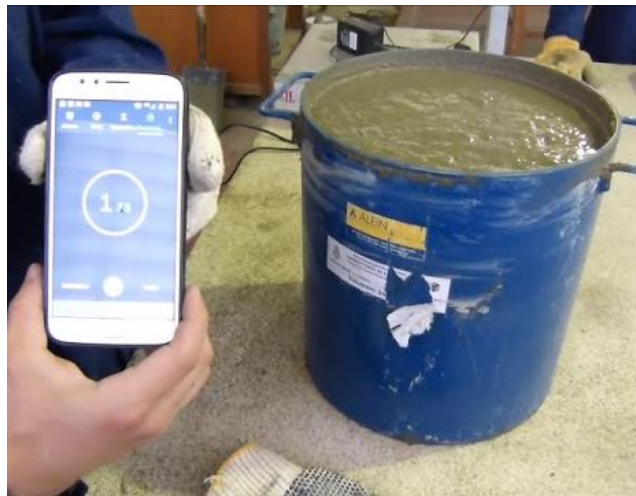


Figura N°4. Prueba de exudación al concreto

Fuente. Tomado de De La Cruz et al., (2022)

Propiedades del concreto en estado endurecido

1.- Resistencia a la compresión (NTP 339.034).

La resistencia a la compresión es la capacidad de soporte que tiene el material ante la aplicación de una fuerza del tipo axial y se mide usualmente en kg/cm^2 o en Mpa. Su medida es de gran importancia para el control de calidad del concreto pues las especificaciones técnicas de los diferentes proyectos y las normativas nacionales e internacionales dan parámetros que se deben cumplir, en particular a 28 días de edad. La resistencia a la compresión es el parámetro más universal del concreto endurecido y se puede utilizar para estimar otros parámetros como el módulo de elasticidad del concreto, resistencia a la tracción, entre otros. Se reconoce que la resistencia del concreto está establecida por la resistencia de sus fases constituyentes: la pasta hidratada y endurecida (matriz), las partículas de agregado y el contacto matriz-agregado.

Asimismo, los aditivos acelerantes se utilizan para reducir el tiempo de fraguado y aumentar las resistencias iniciales del concreto. Al acelerar el proceso de hidratación del cemento, estos aditivos pueden tener efectos tanto en la resistencia temprana como en la resistencia final del concreto. Se debe tener especial cuidado con factores como el clima pues un clima cálido genera un rápido fraguado del concreto, sumado al efecto del acelerante podría generar problemas de contracción plástica y ocasionar fisuración excesiva; en un clima frío el tiempo de fraguado se reduce por lo que sumado al efecto del acelerante se puede controlar de manera más adecuada el tiempo de fragua del concreto. Otro factor que influye en el efecto del aditivo acelerante es el tiempo de transporte del concreto, pues si se hace uso de concreto premezclado con acelerante se limita el tiempo de traslado y colocación del concreto, un mayor tiempo de traslado puede generar fraguado prematuro, disminuyendo la resistencia a la compresión del concreto.

Resistencia a la tracción (NTP 339.084:2017).

La resistencia a la tracción es una propiedad mecánica que mide la capacidad de un material para resistir fuerzas que intentan estirarlo o alargarlo. En el contexto del concreto, se refiere a la capacidad del material para resistir esfuerzos de tracción. La manera de medir la resistencia a la tracción del concreto fue con el ensayo de tracción por compresión diametral (ver Figura N°5) en el que se coloca la muestra en posición horizontal para que al comprimir a lo largo de la muestra se generan esfuerzos de tracción en el interior del cilindro.



Figura N°5. *Ensayo de tracción al concreto.*

Fuente. Fotografía propia de la investigación

Uso de concretos de mediana a altas resistencias

A pesar del mayor coste de los materiales, el uso de concretos de altas resistencias en viaductos es rentable porque reduce la cantidad de armadura de acero; sin embargo, se puede reducir costos al emplear aditivo acelerante en la mezcla de concreto. En el caso de puentes, la reducción del tamaño y el peso del tablero pudo aumentar la luz no soportada admisible, asimismo en el caso de los puentes apoyados, pudo reducirse el número de pilotes, en otro punto el concreto de alta resistencia es la opción preferida para muchos proyectos de infraestructuras, ya que es resistente a diversos agentes químicos y físicos, como los sulfatos y los cloruros (Wang, Hieu, & Zhang, 2022).

En ciertas ocasiones la manera en cómo se comporta el concreto de alta resistencia expuesto a altas temperaturas puede resultar una limitación importante en el uso de dicho concreto en las industrias constructivas, puesto a que los concretos a alta resistencia expuesto a altas temperaturas pudieron ser propenso al desprendimiento explosivo, lo que pudo resultar en la exposición del refuerzo de acero, además esto crearía una vulnerabilidad en las capacidades de cargas y

estabilidad de los elementos de tipo estructural (Chindasiriphan, Meenyut, Orasutthikul, Jongvivatsakul, & Tangchirapat, 2023).

Aplicación del concreto de alta resistencia

Las propiedades y la trabajabilidad de los concretos de altas resistencias superaron las de los concretos de mediana resistencia, además para producir estos concretos especialmente diseñados se utilizaron materiales ordinarios y especiales dado que debieron cumplir una serie de requisitos de rendimiento y pudieron requerir procedimientos especiales de mezclado, colocación y curado para producir y procesar el concreto de altas resistencias (Lee, Pae, Kang, Kim, & Moon, 2022).

El concreto de alta resistencia, cuando se utilizó en combinación con otros concretos menos sismorresistentes, ofrecieron no sólo un alto rendimiento sísmico y un importante ahorro de costes, sino también beneficios medioambientales debido a la reducción de materiales de construcción, lo que lo convirtió en un proyecto rentable tanto a corto como a largo plazo (Hong, Choi, Yuan, & Yoon, 2023).

2.1.2. Aditivo acelerante líquido

Este tipo de aditivos son materiales que llegan a añadirse a los concretos para efectuar las reducciones del tiempo de los fraguados para poder alcanzar aceleraciones del proceso temprano de resistencias, aunque los desarrollos tempranos de resistencias pueden darse al ser empleado uno de los tipos de cemento portland en las mezclas (Wan, et al., 2022).

El aditivo acelerante llegó a emplearse en climas fríos, mayormente con el propósito de alcanzar la agilización de operación de acabados de los concretos, reducción de los tiempos que lleguen a requerir a fin de la realización de los curados y las protecciones, aumento de las velocidades de desarrollo de resistencia con el propósito de retirar el encofrado en el menor tiempo posible o dejar a disposición las estructuras al servicio de forma rápida, en términos generales estos aditivos son empleados a fin de contrarrestar en cierto punto a una baja temperatura (Wang, y otros, 2022).

Propiedades del aditivo acelerante

La adición de aditivos acelerantes logró generar en los concretos el desarrollo de tempranas resistencias, ser de utilidad en climas fríos, reducir el tiempo requerido para los curados y protecciones producidas al concreto, de igual manera la pronta realización de los retiros de encofrados (Tao, y otros, 2021).

Existen diversos aditivos acelerantes que pueden llegar a emplearse, entre ellos se encuentran la sal soluble, cloruros de calcio y demás compuestos de índole orgánico (Wang, y otros, 2022).

Las características que confieren al concreto, mejorando sus propiedades tanto en fresco como endurecidos, son las siguientes:

Propiedades en estado fresco y endurecido

Los aditivos en la etapa de fraguado llegan a generar la reducción o adelanto de los tiempos de fraguado de los cementos (funciones principales) en cierto sentido generando la disminución de los tiempos que llegaron a necesitar con el propósito de que el concreto (pasta o mortero) logre pasar de estado plástico a sólido (Wan, He, Chang, Yang, & Qiu, 2023).

Esos aditivos llegaron a efectuar modificaciones en el desarrollo de la resistencia mecánica de los concretos, pastas o morteros (efectos secundarios); en ciertos casos llegaron a producirse caídas de resistencia, para luego incrementarse y ganar resistencia en poco tiempo. (Wan, et al., 2022).

Alguna de las propiedades encontradas, se mencionan a continuación:

- Logró permitir el empleo de menores cantidades de cemento, produciendo la optimización de los diseños de mezcla.
- En ciertos puntos llegó a generar la reducción de la emisión del CO₂ al llegar a generar menores producciones de cemento y las posibilidades de emplear diversas dosificaciones de este compuesto.
- Optimizó las producciones, en otros términos, generó la reducción de los tiempos de desencofrado y evitó la afectación de los productos en referencia a su calidad.
- Optimizó las durabilidades de los concretos puesto que las formaciones uniformes del cristal generaron estructuras mayormente densas

fomentando la restricción a ingresar agentes que puedan dañar al concreto.

- Logró reducir inconvenientes de costo alto y de durabilidad producidas al emplear una temperatura alta con el propósito de generar la aceleración de las ganancias de resistencias.
- Consiguió acelerar la resistencia inicial, evitando la afectación a la resistencia a una edad mayor, es decir logró mejorarlas.

Uso de aditivo acelerante

Son productos que logran añadirse a los concretos para acelerar su endurecimiento, el proceso suele ocurrir simultáneamente. Tal es el caso particular de la ceniza sosa en el que debe determinarse la cantidad óptima que debe añadirse, que normalmente está entre el 2% y el 5% del 100% de la pasta de cemento. (Cui, Tan, Zhou, Wu, & Wang, 2023).

Los acelerantes llegaron a tener por finalidad generar la reducción de los tiempos de desmoldado o desencofrados, convirtiéndose en uno de los componentes de mayor importancia en las prefabricaciones, asimismo llegaron a emplearse en el vaciado en tiempos fríos, con el propósito de adquirir en los concretos un tipo de resistencia de manera rápida, además de neutralizar los efectos retardadores de una baja temperatura (Tao, y otros, 2021).

Influencia del aditivo acelerante en el concreto

La dosificación de los aditivos acelerantes se lleva a cabo de manera específica, ajustándola según las necesidades para lograr los efectos deseados. Es importante destacar que estas dosificaciones no superaron el 2.00% del peso correspondiente al cemento presente en las mezclas. A continuación, se describen de manera general (Wan, et al., 2022).

Influencia en el concreto en su estado fresco

El requerimiento de agua y la manejabilidad de los concretos no se ve afectado al emplear aditivos acelerantes, puesto a que en su mayoría lograron producir la disminución del tiempo de fraguado; así mismo, la generación de calor de

hidratación llegó a obtenerse tempranamente, pero sin variar significativamente la cantidad total del calor de hidratación final (Wan, He, Chang, Yang, & Qiu, 2023).

Mediante el uso de un aditivo, es posible disminuir tanto el tiempo de fraguado inicial como el final. Las magnitudes de estas reducciones están directamente relacionadas con las cantidades de acelerante aplicadas, las proporciones de cemento, las temperaturas del concreto y las condiciones ambientales; aunque, se establece que tienen que reducir los tiempos de fraguados de los concretos, de 1 a 3:30 hrs., comparados con los concretos referenciales, el efecto producido en cada propiedad de los concretos llega a ser la suma de las consecuencias que llega a producir el reductor de aguas y de un acelerante (Wang, y otros, 2022).

Influencia en el concreto en su estado endurecido

Al aplicar el aditivo se generó un aumento del volumen del concreto, asimismo las resistencias a la compresión se incrementaron en el transcurso de 28 días de edad; en otro punto la resistencia a la flexión al producirse un incremento, en su mayoría, son menores que las resistencias a compresión (Tao, y otros, 2021).

Respecto a las durabilidades de los concretos, tuvieron en consideración a los cloruros de calcio empleados por medio de acelerantes dado que no llegan a actuar como agentes anticongelantes, en otro punto, logró producir la disminución de las resistencias a los ataques de sulfato generando en cierto sentido el aumento de sus expansiones producidas por las reacciones agregados-álcali, siempre y cuando hayan llegado a estar presentes (Cui, Tan, Zhou, Wu, & Wang, 2023).

Proceso de uso del aditivo acelerante

El aditivo acelerante se utiliza en el proceso de mezclado, por ser aditivo líquido reemplazaría a un peso igual de agua, para luego ser añadido al concreto en proceso de mezclado. Se deben hacer pruebas de tiempo de fragua en concreto fresco para poder determinar el tiempo con el que se cuenta para que sea colocado en los encofrados, sin afectar la resistencia final. (Tao, y otros, 2021).

2.1.3. Aditivos

Llegó a ser de necesidad el empleo del aditivo, como el de tipo reductor de aguas, retardador, reductor de aguas de altos rangos o algún tipo de superplastificante,

asimismo estos lograron generar un aumento de las eficiencias en gran cantidad de materiales cementantes en los concretos de altas resistencias y llegaron a brindar ayuda con el propósito de alcanzar relaciones de agua/materiales cementantes lo mayormente bajo posible (Yang, y otros, 2020).

2.1.4. Cemento portland tipo I

Este tipo específico de cemento pertenece al grupo de cementos puros, que solo contienen Clinker, sin adiciones. Para que pueda reaccionar químicamente requiere de agua y el resultado es la formación de una masa sólida durante el proceso de hidratación (Voicu, Tiuca, Badanoiu, & Holban, 2022).

Los cementos portland Tipo I, pueden proporcionar niveles adecuados de resistencia y durabilidad, por lo que, son los cementos más populares utilizados por los productores de concreto (Ahmad, Lawan, & Al, 2020).

Características del cemento Pórtland Tipo I

A continuación, se mencionan las características correspondientes al cemento Pórtland Tipo I:

- La alta proporción de caliza y arcilla en la mezcla implica que no es necesario agregar una gran cantidad de estos materiales para lograr la resistencia requerida.
- La mezcla de concreto fabricado con cemento portland Tipo I, presenta una consistencia inicial baja apropiada para ser utilizada en regiones tropicales
- Alta resistencia inicial y última.
- Proporciona una baja expansión y como resultado se produce una menor fisuración en el concreto.
- Mayor fiabilidad y durabilidad de los concretos fabricados con este tipo de cemento (Ahmad, Lawan, & Al, 2020).

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO SOL	REQUISITOS NTP-334.009/ ASTM C-150
Contenido de aire	%	7	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	323	Mínimo 260
Densidad	g/cm ³	3.13	No específica
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	303	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	382	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	449	Mínimo 285 (*)
TIEMPO DE FRAGUADO			
Fraguado Vicat inicial	min	129	45 a 375
COMPOSICIÓN QUÍMICA			
MgO	%	2.9	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.8	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.9	Máximo 1.5
FASES MINERALÓGICAS			
C2S	%	12	No específica
C3S	%	55	No específica
C3A	%	10	No específica
C4AF	%	10	No específica

Figura N°6. *Propiedades físicas y químicas del cemento Sol Tipo I*

Fuente. Ficha técnica del cemento Sol

En la Figura N°6 se muestran las propiedades del cemento utilizado en la presente investigación, que es el cemento Sol Tipo I.

2.2. Marco conceptual

Concreto, McCormac y Russell (2018) señalaron que el concreto es una mezcla de agregados, grava, roca, unidos por cemento y agua, este material estructural varía sus propiedades según los aditivos que se le añaden. Consideraron al concreto como un material de construcción que debe cumplir con criterios particulares, como dosis porcentual, control de propiedades y monitoreo del proceso de fabricación, en contra posición para fabricar hormigón se combinan a partes iguales cemento, agua y áridos, por otro lado, se pueden agregar aditivos para hacer que el concreto sea más duradero o aislante (Bos, et al., 2022).

Agua, Valdez (2014), considera al agua como un componente líquido fundamental para hidratar el cemento, contribuye a la formación de la masa

de concreto. Puede ser empleado para morteros y concretos en sus procesos de curación y amasado, y que además debe ser incolora, clara, libre de azúcares, ácidos, álcalis, materias que puedan ser aceitosas u orgánicas y sobre todo potable.

Cemento, material que tiene la capacidad de adherir elementos en un solo producto dándole propiedades cohesivas. Estas se produjeron por que el material calizo y arcilloso son puestas a una serie de procesos de calcinación y molienda para obtener el producto final el cual se le denomina como el “Clinker” y que finalmente al adicionarle yeso se obtiene el cemento (Reyes & Echevarría, 2019).

Agregados, los agregados o áridos que componen al concreto, fueron materiales inertes que se combinan con los aglomerantes y el agua dando lugar a los concretos y morteros. Estos representan el 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto. Por ello es muy importante que estos tengan una buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas, que puedan dañar o debilitar el enlace con la pasta de cemento (INACAL, 2020).

Agregado fino, conjunto de partículas, provenientes del triturado de rocas o la misma naturaleza mediante erosión y fragmentación de estas, las cuales pasan la malla N°3/8 y son retenida por la malla N°200 comúnmente usados para ser parte del concreto (INACAL, 2018).

Agregado grueso, conjunto de partículas que fueron retenidas en la malla N°4 después del proceso de tamizado, estos tienen que poseer una cierta característica en sus formas y pueden provenir de procesos de trituración u obtenidos de manera natural mediante su extracción de canteras (INACAL, 2018).

Aditivo, la ASTM (American Society for Testing and Materials) lo definió como un material distinto al agua, cemento y agregados, que se utilizó como componente del mortero o concreto (ASTM, 2021).

En ello, se pueden definir a los aditivos acelerantes, los cuales aumentan la velocidad de la reacción de los materiales cementosos, reduciendo así el tiempo de fraguado y aumentando la velocidad de desarrollo de una rápida resistencia inicial del concreto (INACAL, 2021).

Los aditivos acelerantes pertenecen a la clasificación C según (ASTM C494/C494M-11, 2012). Estos incrementan la tasa de hidratación y la resistencia del concreto a tempranas edades, usualmente se usaron acelerantes basados en cloruro de calcio, es necesario ser cuidadoso al darle uso y determinar la cantidad límite de iones de cloruro, ya que el cloruro de calcio puede aumentar la contracción por secado. Generalmente, su aplicación es para acabados más rápidos, vaciado en entornos fríos, disminución de tiempos de desencofrado, impermeabilización, sellado, prefabricados, entre otros (CSM, 2021).

Diseño de mezcla, este procedimiento asegura la obtención de un concreto que satisfaga los requisitos de comportamiento estructural, al mismo tiempo que garantice la eficiencia en la utilización de los recursos materiales. La calidad del diseño del concreto depende directamente de la adecuada elección y proporción de los materiales involucrados. Diversas mezclas pueden ser consideradas, tales como el concreto que incluye cemento, agua, grava, arena y aditivos; el mortero, compuesto por cemento, agua y arena; y la pasta o lechada conformada por cemento y agua. (Chavarry, 2018).

Propiedades físicas, tal como señalaron Orozco et al. (2018), las propiedades físicas del concreto responden a la capacidad del material para ser manipulado. En ello se pudo destacar a la exudación, tiempo de fraguado, temperatura, asentamiento, contenido de aire y peso unitario.

Propiedades mecánicas, este tipo de propiedades hace referencia a la capacidad de resistir y transmitir fuerzas o deformaciones y esas propiedades se determinan mediante la aplicación de ensayos; en el caso del concreto, sus propiedades mecánicas son la resistencia a las fuerzas de tracción y compresión (Moreno, Ospina, & Rodríguez, 2017).

2.3. Enfoque

Ramos (2020), mencionó que el enfoque cuantitativo se trata de aquello que se pueda medir y cuantificar como por ejemplo en el concreto calcular su resistencia a la compresión, medir su asentamiento, obtener el porcentaje de contenido de aire, etc. Para hacer esto se tuvo que implementar algunas técnicas estadísticas que ayuden a la recolección de datos, con la finalidad de obtener la descripción y causas. El enfoque de la investigación fue cuantitativo ya que se realizan ensayos donde se calcula la resistencia del material de concreto incorporando aditivo acelerante líquido y cemento portland de Tipo I.

Así mismo el presente estudio fue de tipo aplicada, puesto que se emplearon normativas y guías que ayuden a determinar la influencia del aditivo acelerante líquido y cemento portland de Tipo I sobre el comportamiento de las propiedades del concreto.

2.4. Nivel

Asimismo, Ramos (2020), mencionó que el nivel explicativo llega a caracterizarse por medio del establecimiento de cada una de las causas – efectos existentes en la variable, siendo más estructurada a comparación de los demás niveles, se pudo encontrar en ello la variable independiente y dependiente, de igual forma las hipótesis llegaron a plantearse a manera que estas mismas lleguen a establecer la causa de este. La presente investigación tuvo un alcance explicativo puesto que se explica la mejora de las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia debido a la incorporación de aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I que vendría ser la influencia de variable independiente en la dependiente.

2.5. Diseño

Arias, (2020) indicó que el estudio es cuasiexperimental, ya que pretendió correlacionar variables según su aplicabilidad a grupos específicos. Dado ello, llegó a considerarse que en esta investigación se realizó una incorporación de aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I para optimizar las propiedades del concreto, contando con un grupo de estudio relacionándolos a cada variable considerando al grupo control y a los grupos experimentales correspondientes al estudio.

GC → O1

GE1 → O1 X O2

GE2 → O1 X O3

GE3 → O1 X O4

Grupo control (GC)

- GC→O1: Diseño de concreto base

Grupos experimentales (GE)

- GE1→O2: Diseño de concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento.
- GE2→O3: Diseño de concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento.
- GE3→O4: Diseño de concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento.

2.6. Población y muestra

2.6.1 Población

La población es el grupo completo de individuos, objetos o medidas que toman algunas particularidades comunes observables en un área y tiempo determinado. (Hernández-Sampieri, 2018).

La población de estudio en el trabajo de investigación estuvo conformada por el concreto de mediana a alta resistencia.

2.6.2 Muestra

Hernández-Sampieri (2018), mencionó en su libro que una muestra es un subgrupo de la población o universo de interés, sobre la cual se recolectarán los datos pertinentes. Esta tesis tuvo como muestra para los ensayos de concreto fresco a 72 muestras que fueron analizadas con mediante ensayos de peso unitario, asentamiento y tiempo de fraguado. Reconociendo en la Tabla N°3 la

cantidad de ensayos en concreto fresco que se realizaron en la presente investigación

Tabla N°3

Cantidad de ensayos en concreto fresco

N°	Tipo de ensayo	Concreto patrón			Concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Cantidad de ensayos
		a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	
1	Peso Unitario (NTP 339.046)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
2	Asentamiento (NTP 339.035)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
3	Tiempo de fraguado (NTP 339.082)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
4	Contenido de aire (NTP 339.080)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
5	Exudación (NTP 339.083)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
6	Temperatura (NTP 339.184)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12

Fuente. Elaboración Propia.

Dicha investigación tuvo como muestra para los ensayos de concreto endurecido de 216 probetas que fueron analizadas con el ensayo de compresión y 36 probetas las cuales se sometieron al ensayo de tracción, como se puede visualizar en la Tabla N°4.

Tabla N°4*Cantidad de ensayos de concreto endurecido.*

Distribución de probetas para ensayo de resistencia a compresión axial y tracción del concreto endurecido															
N	Tipo de ensayo	Tiempo (días)				Concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Total, por tipo de ensayo
			a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	
1	Compresión (NTP 339.034)	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	216
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
		7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
		14	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
		28	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
2	Tracción (NTP 339.084)	28	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36	

Fuente. Elaboración Propia.

2.6.3 Muestreo

Para la presente investigación se optó por un muestreo no probabilístico, debido a que la muestra fue elegida a conveniencia del asesor.

2.7. Técnicas e instrumentos

Según Hernández-Sampieri (2018), las técnicas de recopilación de datos se refieren a los métodos utilizados para recoger y analizar diferentes formas de datos, las técnicas habituales de recogida de datos incluyen el examen de documentos relacionados con un tema.

La investigación utilizó como técnica la observación y el análisis documental ya que consiste en analizar un determinado objeto de estudio en un momento determinado.

Para ello se utilizó como instrumentos de evaluación la normativa de los ensayos, la cual se permite estudiar las propiedades de los materiales que componen al

concreto mediante análisis y ensayos como: granulometría, absorción, contenido de humedad, absorción, peso unitario y peso específico del agregado grueso y fino.

Por otro lado, también se midió al concreto por medio del análisis documental en su estado fresco a partir de un estudio sobre su peso unitario, asentamiento, tiempo de fraguado, contenido de aire, exudación, temperatura y finalmente al concreto en su estado endurecido el cual será sometido a ensayos de resistencia a la compresión y tracción.

Capítulo III. Propiedades de los materiales

3.1. Propiedades de los agregados

3.1.1 Análisis granulométrico (NTP 400.012).

El análisis granulométrico es un proceso de evaluación por el cual, los áridos son clasificados según el tamaño y composición física. Generalmente, estos estudios están vinculados al diseño de la mezcla. Según el Manual de Ensayos, la granulometría se realiza para determinar la gradación de los áridos a ser utilizados en la conformación de la mezcla (INACAL, 2021).

3.1.2 Contenido de humedad (NTP 339.185).

El contenido de humedad es la relación que se expresa en porcentaje respecto al peso de agua en una masa determinada de suelo y el peso de las partículas sólidas. Asimismo, es la cantidad o proporción de agua que se concentró en un determinado material, en este caso el agregado, medido por medio de un análisis gravimétrico o volumétrico (INACAL, 2014).

3.1.3 Absorción y peso específico del agregado grueso y fino (NTP 400.021-NTP 400.022)

Para conocer qué cantidades son requeridas ya sea en volumen como en peso de los agregados empleados para el concreto. La propiedad de absorción de los agregados se encontró definida como la cantidad de agua que el agregado sumergido absorbe durante 24 horas (INACAL, 2018).

3.1.4 Peso unitario (NTP 400.017).

El ensayo de peso unitario de agregados es una prueba realizada para determinar la masa unitaria o densidad de los agregados, es decir, la masa de un determinado volumen. Es variable en función de qué condiciones o parámetros intrínsecos tenga el material o agregado como la granulometría, la forma o el TMN (INACAL, 2016).

Tabla N°5.*Propiedades físicas de los agregados*

Ensayo	A. Grueso	A. Fino
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1599	1908
Peso Unitario suelto (Kg/m ³)	1376	1726
Peso Específico aparente (gr/cm ³)	2.73	2.73
Peso Específico (gr/cm ³)	2.68	2.66
Porcentaje de Absorción (%)	0.64	0.92
Porcentaje de Humedad (%)	0.30	0.95
TMN	1"	---
MF	7.48	3.25

Fuente. Elaboración propia

En la Tabla N° 5 se observan los resultados de las propiedades de los agregados utilizados, los cuales fueron realizados en el Laboratorio N°1 de Ensayos de Materiales de FIC UNI que se muestran en los Anexos, estando en valores estándar, por lo que se consideraron como agregados comunes, provenientes de la cantera UNICON.

3.2. Propiedades del aditivo

El aditivo utilizado fue el Master X-Seed 100 cuyas características se mostraron en la **Tabla N°6**

Tabla N°6.*Propiedades del aditivo Master X-Seed 100*

Descripción	
Función principal	Activador hidratante del concreto
Característica física	Líquido blanco
Densidad 20°C	1.130+-0.02 g/cm ³
Ph,20°C	10-11,4
Viscosidad	<275 cps
Contenido de cloruro	<0.1%

Fuente. Ficha Técnica Master X-Seed 100

Capítulo IV. Diseño y preparación del concreto

La metodología para hacer la investigación de las características del concreto con el uso de aditivo fue la siguiente:

4.1 Diseño de mezcla

Método ACI 211.4 (ACI 211.4R, 2008):

Este método se emplea para diseñar mezclas de concreto con altas resistencias, que abarcan un rango entre 450 y 840 kg/cm². Para llevarlo a cabo, se deben seguir los siguientes pasos:

- Etapa 1: Selección del Slump y de la resistencia requerida de concreto
- Etapa 2: Selección del tamaño máximo del agregado
- Etapa 3: Selección del contenido óptimo de agregado grueso
- Etapa 4: Selección del contenido de aire con el agua de mezcla
- Etapa 5: Escoger la relación agua / materiales cementicios
- Etapa 6: Determinación del contenido de material cementicio requerido por m³
- Etapa 7: Selección de la proporción de la mezcla de prueba base

4.2 Ensayos del concreto en estado fresco

Los ensayos del concreto en estado fresco son pruebas realizadas para evaluar las diversas propiedades y características del concreto antes de que haya experimentado su proceso de fraguado y endurecimiento completo. Estos ensayos son fundamentales para garantizar que el concreto sea adecuado y manejable durante su colocación, y para ajustar la mezcla según sea necesario.

4.2.1 Ensayo de peso unitario (NTP 339.046: 2013).

Este ensayo sirve para establecer el grado de densidad del concreto, es decir la relación masa/volumen, expresado en kg/m³.

Su clasificación puede darse de la siguiente manera:

- Ligero en el caso se encuentre en el rango de 1200 a 2000 kg/m³
- Normal en el caso se encuentre en el rango de 2000 a 2800 kg/m³
- Pesado en el caso se encuentre en el rango superior a los 2800 kg/m³

4.2.2 Ensayo de asentamiento (NTP 339.035: 2009)

Este ensayo sirve para medir la consistencia del concreto, haciendo referencia al grado de fluidez de la mezcla en función de su porcentaje de fluidez (INACAL, 2015).

Su clasificación puede darse de la siguiente manera:

- Seco en el caso se encuentre en el rango de 0" a 2".
- Plástico en el caso se encuentre en el rango de 2" a 4".
- Fluido en el caso se encuentre en el rango mayor a las 4".

Ensayo de cono de Abrams

Se utilizó un cono metálico con dimensiones normalizadas ($h=300\text{mm}$, $\varnothing_{\text{sup}}=100\text{mm}$ y $\varnothing_{\text{inf}}=200\text{mm}$), junto con una varilla metálica (1,6 x 60 cm) que presenta una punta semiesférica. Para realizar el ensayo, el cono se humedeció previamente y se posicionó verticalmente sobre una superficie plana. Luego, se llenó con tres capas de material de aproximadamente el mismo volumen. La acción de verter se ejecutó hasta alcanzar la última capa. Es importante destacar que cada capa se compacta mediante 25 golpes para asegurar una distribución uniforme del material en cada una (NTP 339.034, 2015). En la Figura N°7 se muestra la vista en planta del cono de Abrams, ilustrando las diferentes medidas internas.

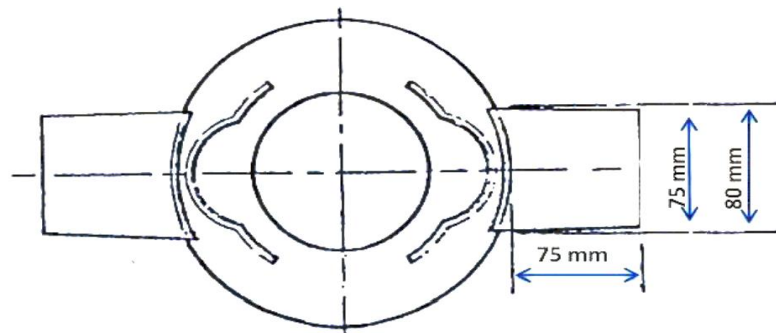


Figura N°7. Vista en planta del cono de Abrams

Fuente. Tomado de la NTP 339.035 (2018)

En la Figura N°8 se aprecia cada dimensión del cono empleado para los respectivos ensayos de asentamiento.

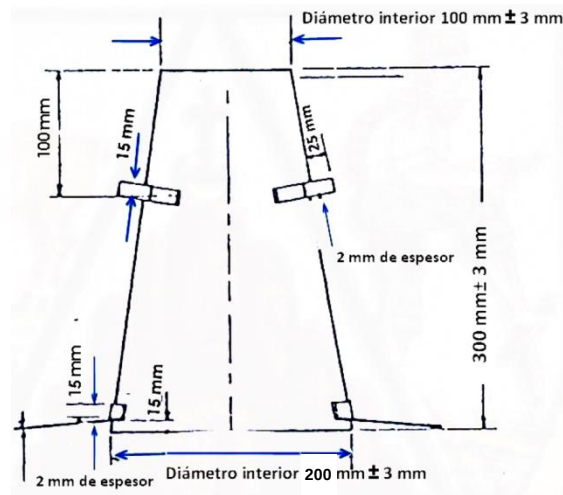


Figura N°8. Vista de perfil del cono de Abrams.

Fuente. Tomado de la NTP 339.035 (2018)

4.2.3 Ensayo de tiempo de fraguado (NTP.339.082)

Este ensayo ha permitido determinar el tiempo necesario para alcanzar la fragua inicial y final del concreto fresco mediante el uso del equipo de penetración. En este proceso, es importante considerar dos parámetros:

El tiempo de fragua inicial, se llega a producir en el momento que la mezcla pierde una determinada plasticidad en razón al incremento de la temperatura que lo caracteriza. Esto se produce cuando el concreto logra una resistencia respecto a la penetración de 35 kg/cm², con la finalidad de conseguir 1 pulgada de penetración.

El tiempo de fragua al final, se llega a producir en el momento que la mezcla pierde totalmente su plasticidad. Esto se produce en el momento que el concreto logra una resistencia respecto a la penetración de 250 kg/cm², con la finalidad de conseguir 1 pulgada de penetración.

4.2.4 Ensayo de contenido de aire (NTP 339.080: 2008- Revisada 2017).

Este ensayo permite conocer contenido de aire atrapado o incorporado en la mezcla de concreto, usando el método de presiones.

Para llevar a cabo el ensayo, se siguió un procedimiento que implicaba la utilización de un pistón para inyectar aire hasta alcanzar una presión calibrada. Posteriormente, se cerraron todas las válvulas y se abrió la válvula de la cámara de presión para inyectar aire en el concreto fresco. La lectura del ensayo se realizó mediante un manómetro, el cual indicaba la cantidad de aire presente en el concreto (NTP 339.046, 2018).

En la Figura N°9 se puede apreciar la Olla de Washington empleada para la realización del ensayo para los concretos en su estado fresco a fin de adquirir los valores respecto al contenido de aire.



Figura N°9. Olla de Washington para el ensayo de contenido de aire.

Fuente. Fotografía propia de la investigación.

4.2.5 Ensayo de exudación (NTP.339.083)

Esta propiedad se origina cuando el agua respecto a la mezcla llega a fluir en dirección a la superficie del concreto recién mezclado, principalmente en razón al asentamiento de los materiales sólidos como los agregados y el cemento. Dicho asentamiento es producto de la combinación de la gravedad y la vibración.

Esto se puede considerar debido a la exudación excesiva, la cual incrementa relación agua/material cementante (a/c) respecto a la zona superior, dando como consecuencia una cara superior debilitada y de baja durabilidad.

Para ello, se vierte el concreto fresco en los moldes de ensayo, compacta el concreto de manera estándar para asegurar la uniformidad y se nivela la superficie

de las muestras. Luego, se registra el tiempo de inicio del ensayo, se observa el exceso de agua en la superficie del concreto y se mide la altura de la exudación desde la superficie del concreto hasta la parte superior del agua en exceso. Posteriormente, se registra el tiempo total de duración del ensayo y se calcula la cantidad de agua liberada en relación con el volumen total de concreto.

4.2.6 Ensayo de temperatura (NTP 339.184: 2018)

La temperatura es uno de los factores más resaltantes en el progreso de la resistencia. Un incremento de este parámetro hace que la mezcla pueda endurecerse de una forma más rápida. La temperatura del concreto no debe ser lo suficientemente alta como para inducir pérdida de asentamiento, fraguado instantáneo o juntas frías.

Para ello, se vertió el concreto fresco en un recipiente o carretilla, se colocó el termómetro en el concreto fresco tal que el sensor de temperatura estuvo rodeado al menos 3" de concreto fresco. El termómetro se dejó entre al menos 2 minutos y no más de 5 o hasta que la temperatura se estabilice. (Figura N° 10).



Figura N°10. Ensayo de temperatura en el concreto

Fuente. Tomado de De La Cruz et al., (2022)

4.3 Ensayos del concreto en estado endurecido

Los ensayos del concreto en estado endurecido son pruebas esenciales realizadas para evaluar diversas propiedades y características del material una vez que ha completado el proceso de fraguado y endurecimiento. Estos ensayos proporcionan información crucial sobre la resistencia a la compresión, tracción y flexión, durabilidad y otras propiedades mecánicas y físicas del concreto, fundamentales para garantizar su adecuado desempeño en aplicaciones estructurales y constructivas. Estos datos son indispensables para comprender cómo el concreto se comportará en situaciones reales de carga y exposición ambiental.

4.3.1 Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034, 2015)

Estos ensayos se realizaron inmediatamente después de retirar las probetas cilíndricas de concreto del recipiente húmedo y bajo condición húmeda (ASTM C39, 2015). La normativa se aplicó al concreto con una gravedad específica superior a 800 kg/m³. Además, requiere que cada cilindro sea cargado axialmente. En otro aspecto, se requirió que la máquina de ensayo esté calibrada y que, al colocar dos bloques de acero en la parte inferior y superior de la probeta, se considere que cada lado del bloque de la prensa hidráulica debe ser mayor, al menos, en un 3 % del diámetro de cada probeta (NTP 339.034, 2015).

En la Figura N°11 proporciona una representación visual de una muestra utilizada en el ensayo de resistencia a la compresión, llevado a cabo en las probetas de concreto después de completar el proceso de curado.

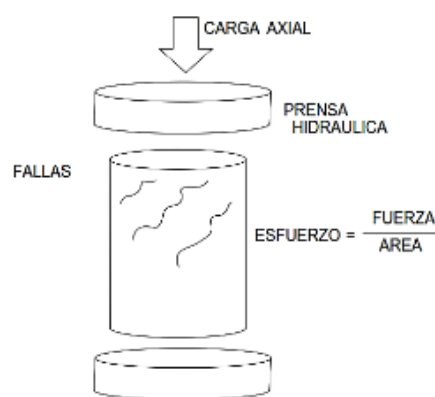


Figura N°11. Prueba de resistencia a la compresión.

Fuente. Tomado de De La Cruz et al., (2022)

La prueba de compresión de las muestras de concreto se realiza utilizando máquinas de prueba calibradas, las cuales son operadas por motores que proporcionan velocidades de carga uniformes, generalmente entre 0.15 y 0.35 MPa por segundo, cumpliendo con los criterios establecidos en la normativa ASTM E04 para las máquinas de ensayo (INACAL, 2021). Además, es fundamental que la superficie utilizada como apoyo sea plana y limpia. Asimismo, los cilindros deben alinearse y centrarse adecuadamente en ambas cabezas para garantizar la precisión y la fiabilidad de los resultados obtenidos en las pruebas subsiguientes.

La prueba de concreto con resistencias a la compresión mayor de 420 kg/cm² llega a requerir atenciones especiales de las resistencias del material empleado para los cabeceos, asimismo es crucial que los equipos de prueba estén correctamente calibrados y verificados para garantizar la precisión de los resultados.



Figura N°12. *Fracturas de una probeta de acuerdo con las cargas utilizadas.*

Fuente. Fotografía propia de la investigación.

En la Figura N°12 se visualizó una muestra de las fracturas del concreto tras someterlo a cargas en la prensa hidráulica.

Capítulo V. Análisis de resultados

5.1 Análisis de resultados

Para llevar a cabo esta investigación, se comenzó evaluando las características de los agregados como punto de partida. Posteriormente, se procedió a la formulación de la mezcla tanto para el concreto estándar como para el modificado, como se describe en detalle en la Tabla 5, la cual muestra las propiedades físicas tanto del agregado fino como del grueso.

En la Figura N° 13 y Figura N° 14, se muestran gráficamente las curvas de análisis de granulometría de los agregados, determinando la distribución de tamaño de las partículas en la muestra de agregados, los cuales se encontraron dentro de los rangos granulométricos, el agregado grueso presenta un TMN de 1", el agregado fino presentó un MF de 3.25 y el agregado grueso un MF de 7.48, siendo aptos para su uso en la mezcla de concreto. Se observó que el agregado fino sí se encontró dentro de los límites indicados por la normativa, por lo que fue apto para su uso en concreto. También se observó que el agregado grueso estuvo dentro del huso 357 y cumple con los límites de la norma.

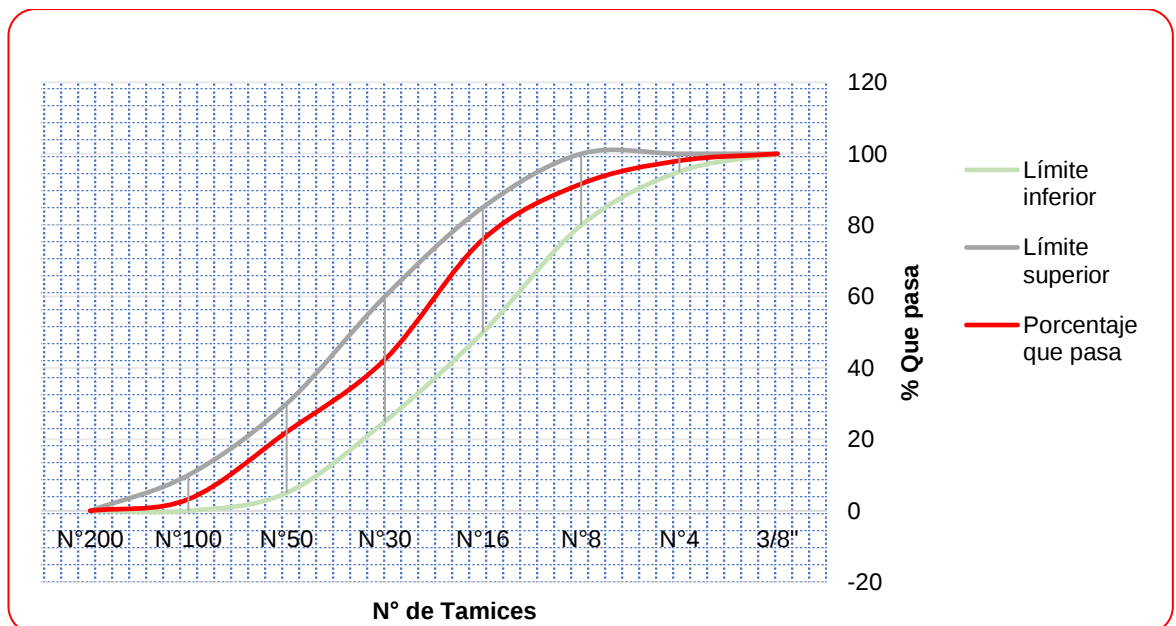


Figura N°13. Granulometría agregado fino

Fuente. Elaboración propia

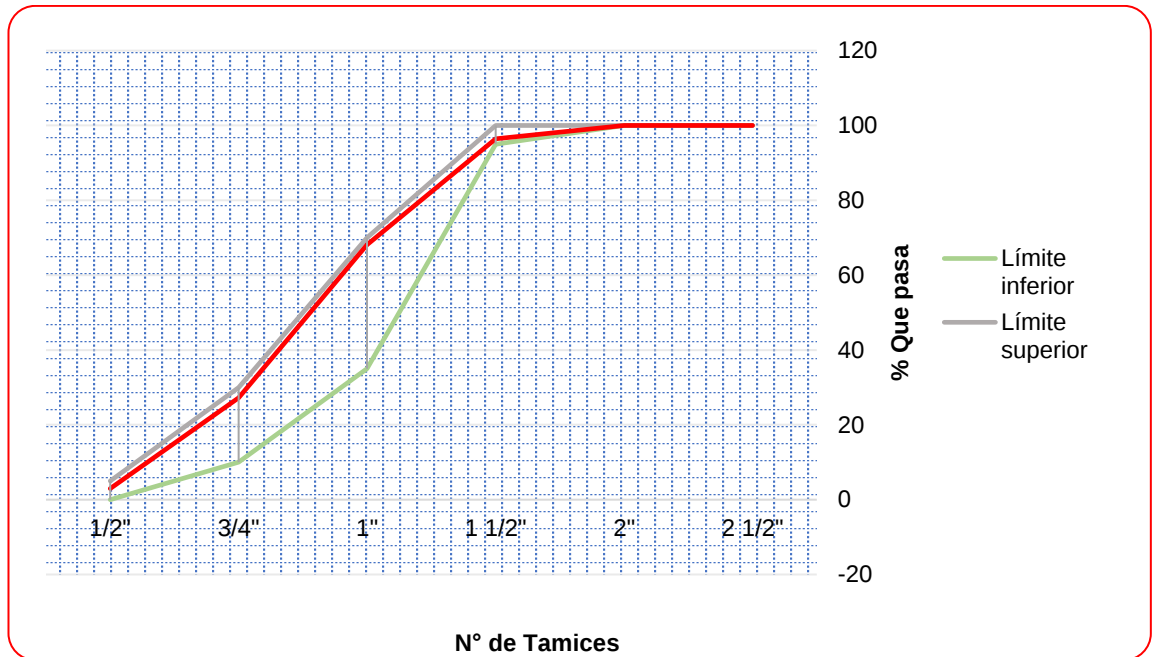


Figura N°14. Granulometría agregado grueso

Fuente. Elaboración propia

Se empleó como aditivo acelerante el Master X-Seed 100, el cual es un agente activador hidratante del cemento, que se usa para incrementar la resistencia inicial del concreto y para su protección frente a la corrosión. Las propiedades del aditivo Master X-Seed 100 se mencionaron en la Tabla N°6.

El diseño de mezcla del concreto se realizó en base a la normativa E.060 de concreto armado y la normativa ACI 211.4 en los que se detalló la forma en la que se debe dosificar. En la Tabla N° 7 se detalló el diseño de mezcla para el concreto patrón bajo las relaciones a/c de 0.45, 0.50 y 0.55, considerando que conforme se aumenta, el slump de la mezcla se reduce.

Tabla N° 7.

Dosaje por bolsa de cemento en peso de concreto patrón.

Material	a/c: 0.45	a/c: 0.50	a/c:0.55
Cemento (kg)	42.5	42.5	42.5
Agua (Lt)	19.3	21.5	23.7
Aire	1.5	1.5	1.5
Arena (kg)	59.6	74.6	91.3
Piedra (kg)	63.9	76.8	91.2

Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla N° 8 se detalló el diseño de mezcla de concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento.

Tabla N° 8.

Dosaje por bolsa de cemento en peso de 0.85 lt/bls de aditivo.

Material	a/c: 0.45	a/c: 0.50	a/c:0.55
Cemento (kg)	42.5	42.5	42.5
Agua (Lt)	18.5	20.6	22.8
Aire	1.5	1.5	1.5
Arena (kg)	52.7	73.1	87.0
Piedra (kg)	54.8	73.4	83.5

Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla N°9 se detalló el diseño de mezcla para el concreto elaborado con 1.30 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento.

Tabla N°9.

Dosaje por bolsa de cemento en peso con 1.30 lt/bls de aditivo.

Material	a/c: 0.45	a/c: 0.50	a/c:0.55
Cemento (kg)	42.5	42.5	42.5
Agua (Lt)	18.0	20.2	22.4
Aire	1.5	1.5	1.5
Arena (kg)	52.8	73.2	87.0
Piedra (kg)	54.9	73.5	83.6

Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla N°10 se detalló el diseño de mezcla para el concreto elaborado con 1.70 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento. Cabe recalcar que cada tipo de concreto se diseñó con diferentes relaciones de agua cemento, con la finalidad de determinar si la relación a/c influye en la resistencia del concreto.

Tabla N°10.

Dosaje por bolsa de cemento en peso con 1.70 lt/bls de aditivo.

Material	a/c: 0.45	a/c: 0.50	a/c:0.55
Cemento (kg)	42.5	42.5	42.5
Agua (Lt)	17.6	19.8	21.9

Aire	1.5	1.5	1.5
Arena (kg)	52.8	73.2	87.1
Piedra (kg)	55.0	73.6	83.7

Fuente. Elaboración propia.

5.1.1. Análisis de las propiedades del concreto patrón.

Dentro de las propiedades que se evaluaron en el concreto en estado fresco se encontraron el asentamiento, peso unitario, exudación, tiempo de fraguado, contenido de aire y temperatura.

5.1.1.1 Asentamiento

La Tabla 11 presentó los resultados obtenidos durante el ensayo de asentamiento realizada en diferentes mezclas de concreto elaboradas con agua y aditivo por bolsa de cemento dosificado en 0.85 lt/bls, 1.3 lt/bls y 1.7 lt/bls. Por lo tanto, se evidencia que el concreto patrón presenta un mayor asentamiento, siendo el valor promedio de 19.69 cm ($a/c=0.55$), en comparación con los concretos elaborados con aditivo por bolsa de cemento. El slump se reduce en 2.75 cm, 0.63 cm y 1.90 cm para las incorporaciones de 0.85 lt/bls, 1.3 lt/bls y 1.7 lt/bls ($a/c=0.55$), respectivamente. Asimismo, el menor asentamiento se da cuando se trabaja con el concreto de 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, con un valor de 12.07 cm

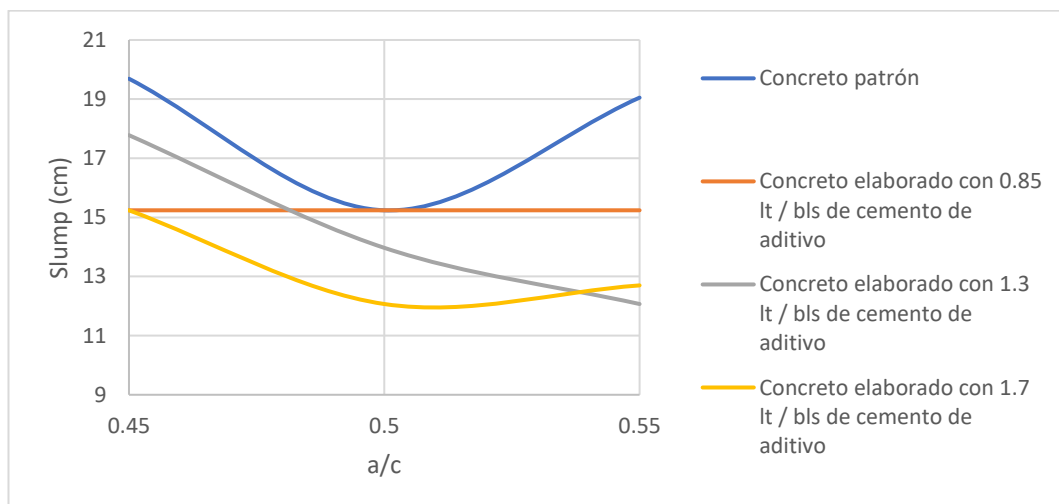


Figura N°15. *Slump vs a/c*

En la Figura N°15 se observa el desarrollo del slump según la relación a/c y la dosis de aditivo. Se observó que para una relación a/c de 0.45, el concreto patrón presenta un slump mayor; para una relación a/c de 0.50, el concreto patrón y el de dosificación de aditivo 0.85 lt/bls de cemento tienen el mayor slump; para una relación a/c de 0.55, el concreto patrón tiene mayor slump. La relación a/c de 0.50 para el de dosificación de aditivo 1.7 lt/bls de cemento da el menor slump de todas las pruebas que se realizaron. Se observó que para la dosificación de aditivo de 0.85 lt/bls de cemento, el slump es constante, es decir, que el slump no depende de la dosis de aditivo.

Tabla N°11.

Asentamiento del concreto patrón y concreto con aditivo.

	Concreto patrón			Concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento		
	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55
Tipo de ensayo												
Slump (pulg)	7 3/4	6	7.5	6	6	6	7	5 1/2	4 3/4	6	4 3/4	5
Slump (cm)	19.6	15.2	19.0	15.2	15.2	15.2	17.7	13.9	12.0	15.2	12.0	12.7
	9	4	5	4	4	4	8	7	7	4	7	0

Fuente. Elaboración propia.

5.1.1.2 Contenido de aire

En la Tabla N°12 se muestran los resultados del análisis del contenido de aire incorporado en el concreto patrón, así como en las mezclas que incluyen 0.85 lt/bls, 1.3 lt/bls y 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento. Por lo que, se evidencia que existe un valor inferior de 1.37% de aire respecto al concreto patrón, cuando se trabaja con 1.3lt/bls de aditivo por bolsa de cemento. Asimismo, se observa que existe un valor mayor de contenido de aire en el concreto patrón con un valor de 1.57%.

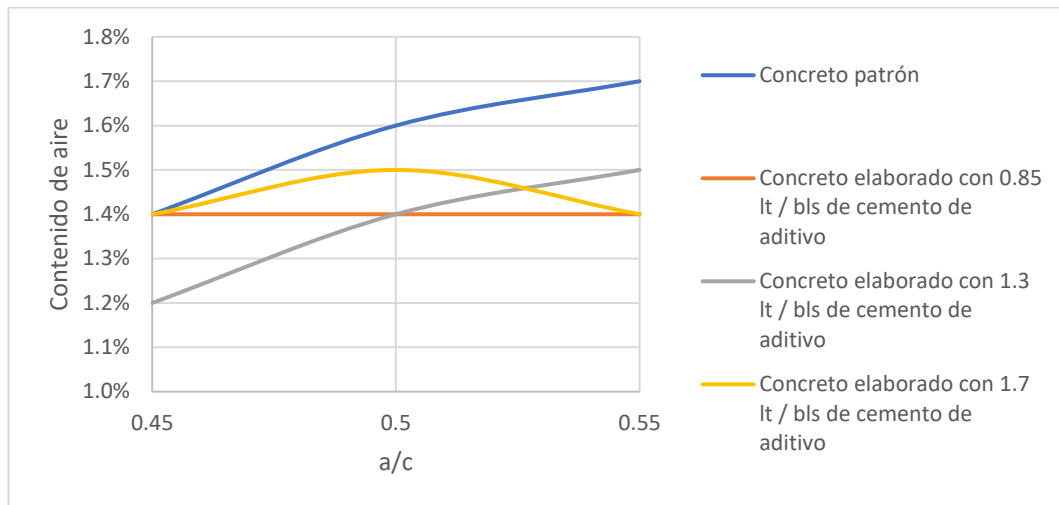


Figura N°16. *Contenido de aire vs a/c*

En la Figura N°16 se observó que, para una relación a/c de 0.45, el concreto patrón y el que tiene aditivo en proporción de 0.85 lt/bls de cemento tuvo el mayor contenido de aire. Para un a/c de 0.50, el concreto patrón tuvo el mayor contenido de aire. Para un a/c de 0.55, el concreto patrón tiene un mayor contenido de aire. Para la dosificación de 1.3 lt/bls de aditivo líquido por bolsa de cemento, el mayor contenido de aire se observa para una a/c de 0.50. De lo antes expuesto, se pudo plantear que el concreto con mayor dosis de aditivo tuvo el menor contenido de aire, resultando en un concreto más compacto. En el concreto con aditivo de 0.85 lt/bls de cemento, no se observan cambios en la cantidad de aire para los diferentes a/c utilizados.

Tabla N°12.

Contenido de aire del concreto patrón y concreto con aditivo.

Tipo de ensayo	Concreto patrón			Concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento		
	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55
Contenido de aire	1.40 %	1.60 %	1.70 %	1.40 %	1.40 %	1.40 %	1.20 %	1.40 %	1.50 %	1.40 %	1.50 %	1.40 %

Promedio	1.57%	1.40%	1.37%	1.43%
----------	-------	-------	-------	-------

Fuente. Elaboración propia.

5.1.1.3 Temperatura

En la Tabla N°13 se mostraron los resultados de temperatura en el concreto patrón, así como en las mezclas que incluyen 0.85 lt/bls, 1.3 lt/bls y 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento. En donde, se evidencia que existe un mayor valor de temperatura de 30.30°C para el concreto patrón ($a/c=0.55$). Asimismo, el concreto elaborado con 1.7lt/bls de aditivo por bolsa de cemento presenta un valor inferior en comparación a las demás incorporaciones alcanzando 28.00°C ($a/c=0.55$).

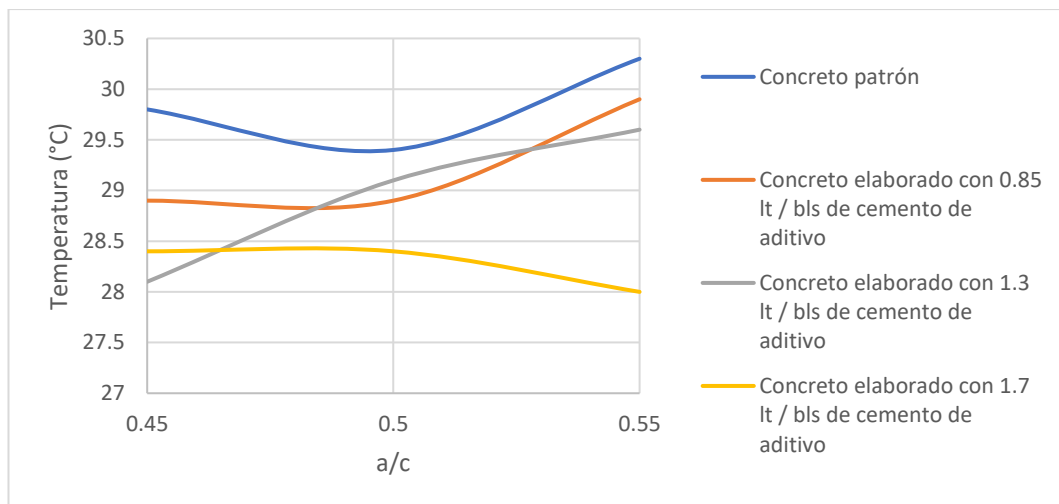


Figura N°17. Contenido de aire vs a/c

En la Figura N°17 se observa que el concreto patrón tiene la mayor temperatura en todas las relaciones a/c , por lo que el análisis nos dice que el uso del aditivo disminuye la temperatura del concreto, haciendo que el concreto sea más resistente a climas cálidos.

Tabla N°13.

Temperatura del concreto patrón y concreto con aditivo.

Tipo de ensayo	Concreto patrón	Concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento	Concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento	Concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento
----------------	-----------------	--	---	---

	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55
Temperatura °C	29.8	29.4	30.3	28.9	28.9	29.9	28.1	29.1	29.6	28.4	28.4	28

Fuente. Elaboración propia.

5.1.1.4 Tiempo de fraguado

A continuación, se detallan los resultados obtenidos durante la evaluación del tiempo de fraguado en función de la capacidad de resistencia. Para el concreto patrón con una relación $a/c=0.45$, se registra un tiempo inicial de fraguado de 0:35:00 al alcanzar los 500 PSI en esa hora, mientras que el fraguado final se completó a las 04:35:00, alcanzando los 4000 PSI. Respecto al concreto patrón con una relación $a/c=0.50$, el tiempo inicial de fraguado es de 03:22:00, alcanzando los 500 PSI en ese lapso, y el fraguado final se concluye a las 04:27:00 al llegar a los 4000 PSI. En cuanto al concreto patrón con una relación $a/c=0.55$, el tiempo inicial de fraguado se registra a las 03:27:00, alcanzando los 500 PSI en ese periodo, y el fraguado final se extiende hasta las 05:15:00, al lograr los 4000 PSI.

Del mismo modo, se lleva a cabo la evaluación del tiempo de fraguado en el concreto que contiene 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, considerando distintas relaciones a/c . En el caso de la mezcla con $a/c=0.45$, se observa un tiempo inicial de fraguado de 02:34:00 y un tiempo de fraguado final de 03:28:05. Para el concreto con $a/c=0.50$, se registra un tiempo inicial de fraguado de 02:13:00 y un tiempo de fraguado final de 03:07:00. Respecto al concreto con $a/c=0.55$ y 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, se evidencia un tiempo inicial de fraguado de 02:36:00 y un tiempo de fraguado final de 03:32:00.

Los resultados de la evaluación del tiempo de fraguado en el concreto elaborado con 1.30 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, considerando diferentes relaciones a/c , son los siguientes: En el caso del concreto con $a/c=0.45$, se detectó un tiempo inicial de fraguado de 02:23:00 y un tiempo de fraguado final de 03:13:00. Respecto al concreto con $a/c=0.50$ y 1.30 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, se evidenciaron un tiempo inicial de fraguado de 02:00:00 y un tiempo de fraguado final de 02:56:00. En relación con el concreto que presenta $a/c=0.55$ y la adición

de 1.30 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, se observaron un tiempo inicial de fraguado de 02:00:00 y un tiempo de fraguado final de 02:56:00.

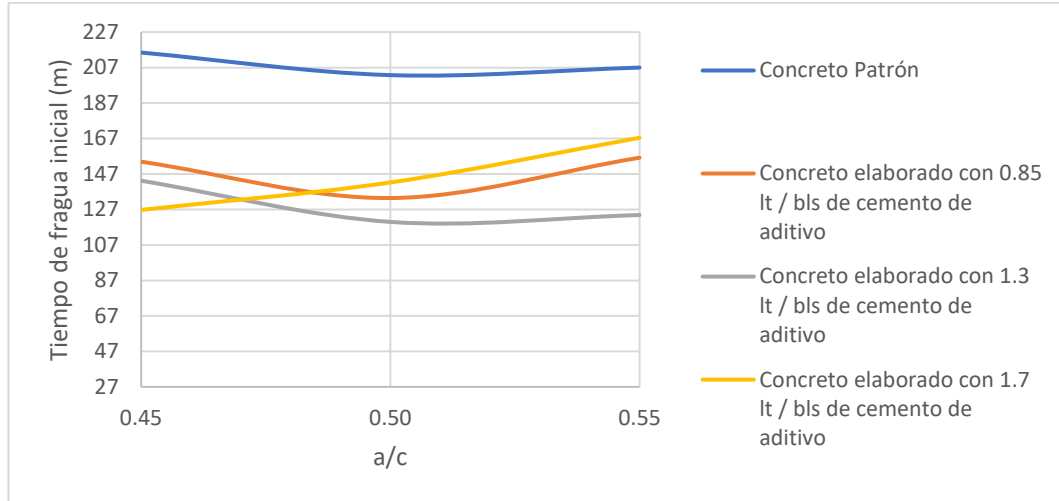


Figura N°18. *Tiempo de fragua inicial vs a/c*

En la Figura N°18 se observa que para a/c 0.45 el menor tiempo de fragua inicial fue con aditivo al 1.7 lt/bls de cemento. Para a/c 0.50 el menor tiempo de fragua inicial fue con aditivo al 1.3 lt/bls de cemento. Para a/c 0.55 el menor tiempo de fragua inicial fue con aditivo al 1.3 lt/bls de cemento. En todos los casos en mayor tiempo de fragua inicial lo tiene el concreto patrón, evidenciando el efecto del aditivo utilizado y siendo el menor tiempo de fragua el de dosis 1.3 lt/bls de cemento.

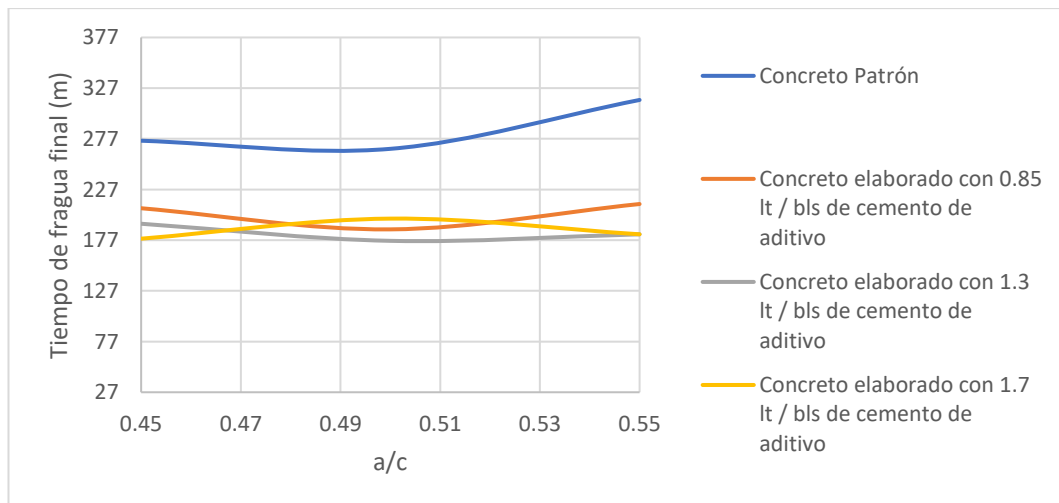


Figura N°19. *Tiempo de fragua final vs a/c*

En la Figura N°19 se observa que para a/c 0.45 el menor tiempo de fragua final fue con aditivo al 1.7 lt/bls de cemento. Para a/c 0.50 el menor tiempo de fragua final fue con aditivo al 1.3 lt/bls de cemento. Para a/c 0.55 el menor tiempo de fragua final fue con aditivo al 1.3 y 1.7 lt/bls de cemento. En todos los casos se observó el efecto del aditivo que reduce el tiempo de fragua final, y el menor tiempo de fragua final fue para la dosificación de 1.3 lt/bls de cemento en la mayoría de los casos.

Finalmente, en la Tabla N°14 se presentaron los resultados derivados del análisis del tiempo de fraguado en el concreto preparado con 1.70 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, considerando distintas relaciones a/c. En el caso de la mezcla con a/c=0.45, se registró un tiempo inicial de fraguado de 02:23:00 y un tiempo de fraguado final de 03:13:00. Para el concreto con a/c=0.50, los tiempos correspondientes son 02:00:00 y 02:56:00, respectivamente. En cuanto al concreto con a/c=0.55 y 1.70 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, se observa un tiempo inicial de fraguado de 02:00:00 y un tiempo de fraguado final de 02:56:00.

Tabla N°14.

Tiempo de fraguado del concreto patrón y concreto con aditivo.

Tiempo de fraguado	Concreto patrón			Concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento		
	a/c=0.4 5	a/c=0.5 0	a/c=0.5 5	a/c=0.4 5	a/c=0.5 0	a/c=0.5 5	a/c=0.4 5	a/c=0.5 0	a/c=0.55	a/c=0.4 5	a/c=0.50	a/c=0.55
Fraguado Inicial	215.47	202.74	207.00	153.95	133.46	156.20	143.22	120.00	123.89	126.77	142.25	167.43
Fraguado final	275.13	267.13	315.34	208.53	187.69	212.69	193.24	176.36	182.82	178.50	198.30	182.82

Fuente. Elaboración propia.

5.1.1.5 Peso unitario

También se procede a la evaluación del peso unitario del concreto, con los resultados correspondientes detallados en la Tabla N°15 tanto para el concreto patrón como para el concreto que incluye la adición de aditivo por bolsa de cemento. Se muestra que existe un mayor peso unitario de 2388 kg/m³ con el concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, siendo superior al concreto patrón con un valor de 2368.67 kg/m³. Esto evidencia que esta propiedad afecta directamente su resistencia estructural, ya que un concreto más denso tiende a obtener una mayor capacidad de carga y resistencia a las fuerzas aplicadas.

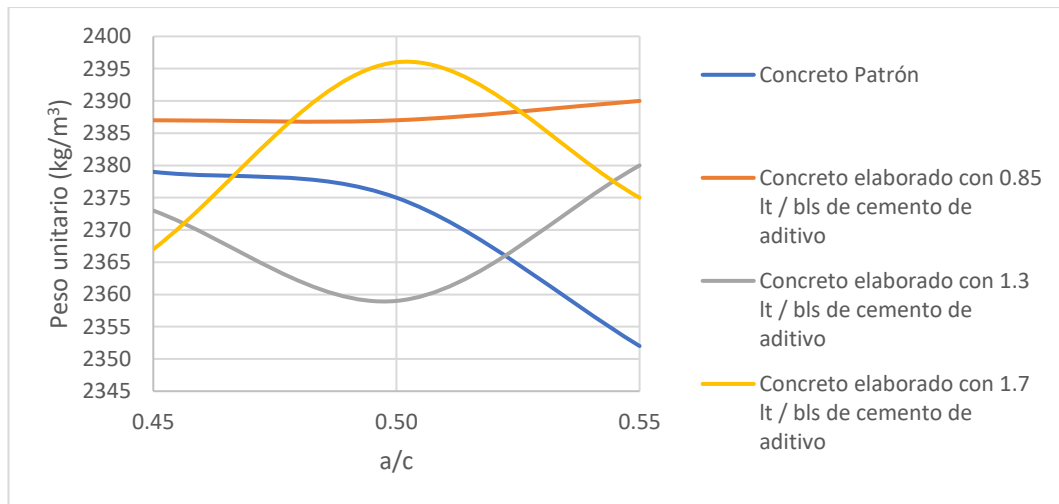


Figura N°20. *Peso unitario vs a/c*

En la Figura N°20 se observa que para una relación a/c 0.45 el concreto con una dosis de aditivo de 0.85 lt/bls de cemento es el que tuvo el mayor peso. Para una relación a/c 0.50 el concreto con una dosis de aditivo de 1.70 lt/bls de cemento es que tuvo el mayor peso. Para una relación a/c 0.55 el concreto con una dosis de aditivo de 0.85 lt/bls de cemento es que tuvo el mayor peso. Se observa que el peso unitario es variable para el concreto patrón, con 1.3 lt / bls de aditivo por bolsa de cemento y 1.7 lt / bls de cemento de aditivo, siendo solo el diseño con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento la que mantiene un peso unitario con poca variación.

Tabla N°15.

Peso unitario del concreto patrón y concreto con aditivo.

Tipo de ensayo	Concreto patrón			Concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento		
	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55
Peso unitario (kg/m ³)	2379	2375	2352	2387	2387	2390	2373	2359	2380	2367	2396	2375

Fuente. Elaboración propia.

6 Exudación

Por último, en la Tabla N°16 se muestran los resultados de la exudación del concreto patrón y concreto con incorporación de aditivo.

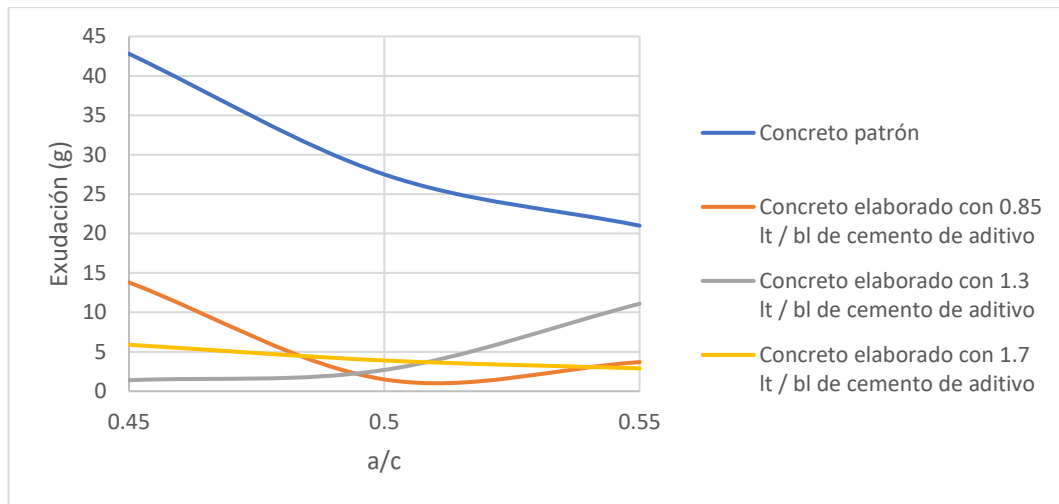


Figura N°21. Exudación vs a/c

En la Figura N°21 se observa que, para una relación a/c de 0.45, el concreto con una dosis de aditivo de 1.30 lt/bls de cemento es el que tuvo menor exudación. Para una relación a/c de 0.50, el concreto con una dosis de aditivo de 0.85 lt/bls de cemento es el que tuvo menor exudación. Para una relación a/c de 0.55, el concreto con una dosis de aditivo de 1.70 lt/bls de cemento es el que tuvo menor exudación.

Tabla N°16.*Exudación del concreto patrón y concreto con aditivo.*

Tipo de ensayo	Concreto patrón			Concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento		
	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55
Exudación(g)	42.8	27.5	21	13.8	1.5	3.7	1.4	2.7	11.1	5.9	3.9	2.9

Fuente. Elaboración propia.

5.1.2 Análisis de los resultados de las propiedades del concreto patrón.

Dentro de las propiedades evaluadas en el concreto en estado endurecido se encontró la resistencia a compresión y tracción

5.1.2.1 Resistencia a la compresión

Primero se evaluó la resistencia a compresión del concreto patrón con relación de a/c de 0.45, 0.50 y 0.55, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 17.

Tabla N°17.*Resistencia a compresión del concreto patrón*

Edad (días)	Resistencia a la compresión muestra 1 (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión muestra 2 (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión muestra 3 (Kg/cm ²)
1	179.382	168.653	146.882
1	190.653	167.172	136.444
1	205.051	163.222	146.407
3	257.145	269.327	252.144
3	249.634	245.682	246.733
3	271.715	279.040	260.388
7	284.430	262.883	299.627

7	299.489	300.615	263.388
7	317.257	296.091	299.897
14	367.218	306.010	329.059
14	358.125	322.423	326.069
14	319.418	275.361	318.635
28	321.420	337.922	339.478
28	359.575	293.855	369.539
28	391.647	402.191	360.451

Fuente. Elaboración propia

En la Figura N°22 se muestra la resistencia a compresión promedio del concreto patrón con una relación de a/c de 0.45: 191.70 kg/cm² a la edad de 1 día, 259.498 kg/cm² a los 3 días de curado, 300.39 kg/cm² a los 7 días de curado, 348.25 kg/cm² a los 14 días y 357.55 kg/cm² a los 28 días. Con una relación a/c = 0.50, se alcanzó una resistencia a compresión promedio de 166.35 kg/cm² a un día de curado, 264.68 a los 3 días de curado, 286.53 kg/cm² a los 7 días de curado, 301.26 kg/cm² a los 14 días y 344.66 kg/cm² a los 28 días. Por último, la resistencia a compresión promedio del concreto con relación de a/c=0.55 fue de 143.24 kg/cm² a un 1 día de curado, 253.08 kg/cm² a los 3 días de curado, 287.64 kg/cm² a los 7 días de curado, 324.58 kg/cm² a los 14 días de curado y 356.489 kg/cm² a los 28 días de curado.

Las mayores resistencias se presentaron a los 28 días, teniendo valores similares con a/c 0.45 y 0.55, a 14 días las mayores resistencias se presentaron con una a/c de 0.45, a los 7 días la mayor resistencia se presentó con un a/c de 0.45, a los 3 días la mayor resistencia se presentó con un a/c de 0.50, al día la mayor resistencia se presentó con un a/c de 0.45.

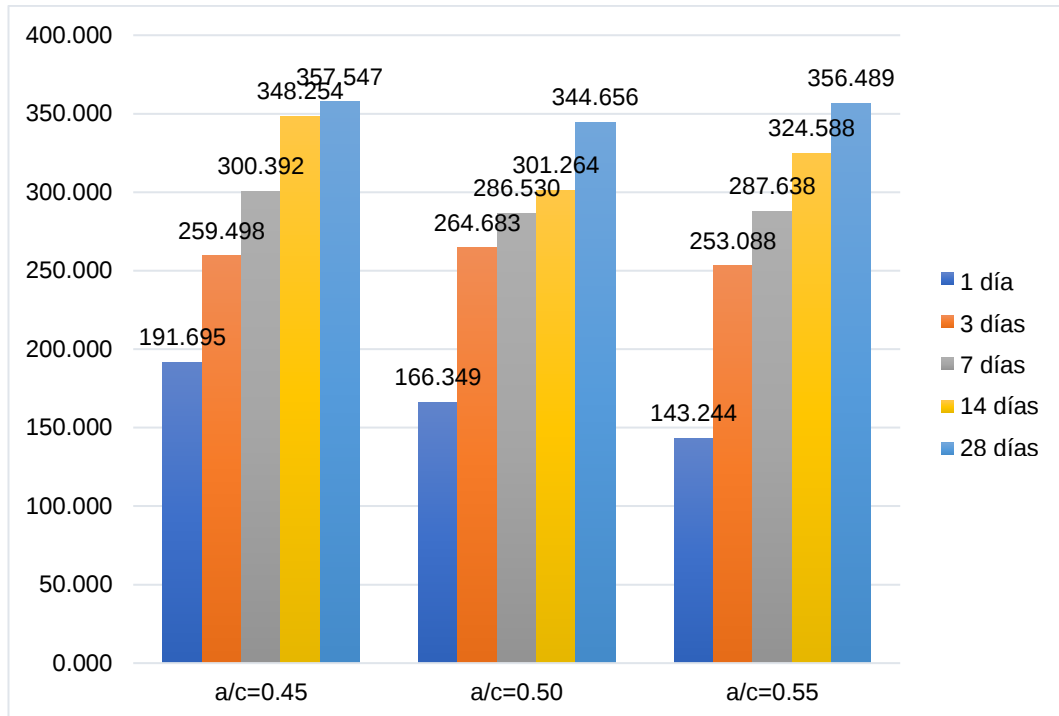


Figura N°22. Resistencia a la compresión concreto patrón (kg/cm²)

Fuente. Elaboración propia

En la Tabla N°18 se muestran los resultados de resistencia a compresión del concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento.

Tabla N°18.

Resistencia a compresión del concreto con 0.85 lt/bls de aditivo.

Edad (días)	Res. Rotura (Kg/cm²)	Res. Rotura (Kg/cm²)	Res. Rotura (Kg/cm²)
1	177.149	172.631	170.870
1	212.210	195.238	160.045
1	215.336	169.011	178.679
3	305.690	292.805	253.074
3	261.798	290.952	271.812
3	280.137	282.140	276.332
7	332.754	321.000	314.982
7	346.914	321.719	309.124
7	353.789	333.224	307.086
14	370.047	374.480	362.599
14	347.124	384.255	329.392
14	380.066	391.434	340.841

28	390.196	391.132	367.348
28	393.187	411.791	362.802
28	402.680	385.035	367.842

Fuente. Elaboración propia

En la Figura N°23 se muestra la resistencia a compresión promedio del concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación de a/c de 0.45: 201.565 kg/cm² a la edad de 1 día, 282.54 kg/cm² a los 3 días de curado, 344.49 kg/cm² a los 7 días de curado, 365.75 kg/cm² a los 14 días y 395.35 kg/cm² a los 28 días. Con una relación a/c = 0.50, se alcanzó una resistencia a compresión promedio de 178.96 kg/cm² a un día de curado, 288.63 a los 3 días de curado, 325.31 kg/cm² a los 7 días de curado, 383.39 kg/cm² a los 14 días y 395.99 kg/cm² a los 28 días.

Por último, la resistencia a compresión promedio del concreto con relación de a/c=0.55 fue de 169.87 kg/cm² a un 1 día de curado, 267.07 kg/cm² a los 3 días de curado, 310.40 kg/cm² a los 7 días de curado, 344.28 kg/cm² a los 14 días de curado y 365.997 kg/cm² a los 28 días de curado.

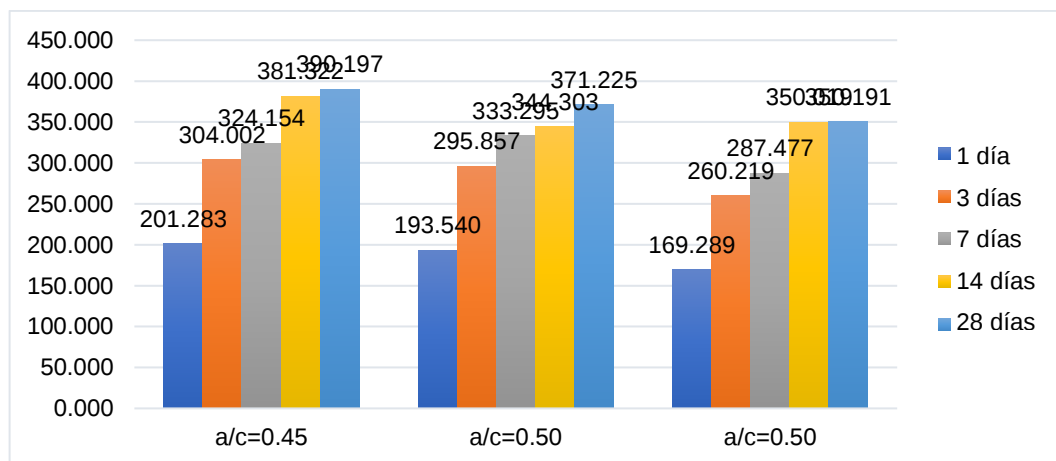


Figura N°23. Resistencia a la compresión del concreto con 0.85 lt/bls de aditivo.

Fuente. Elaboración propia

Del mismo modo se evaluó la resistencia a compresión del concreto elaborado con 1.30 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla N°19.

Tabla N°19.*Resistencia a compresión del concreto con 1.30 lt/bls de aditivo.*

Edad (días)	Res. Rotura (Kg/cm ²)	Res. Rotura (Kg/cm ²)	Res. Rotura (Kg/cm ²)
1	189.848	187.637	173.703
1	217.669	199.734	162.049
1	196.331	193.249	172.117
3	286.509	291.246	215.218
3	330.127	289.003	292.222
3	295.370	307.323	273.218
7	339.584	337.949	313.725
7	298.062	305.370	247.519
7	334.815	356.566	301.188
14	376.461	339.448	349.549
14	372.356	362.268	353.385
14	395.148	331.193	347.124
28	380.274	381.294	371.617
28	405.810	348.946	323.028
28	384.508	383.435	355.927

Fuente. Elaboración propia

En la Figura N°24 se muestra la resistencia a compresión promedio del concreto elaborado con 1.30 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación de a/c de 0.45 fue de 201.28 kg/cm² a la edad de 1 día, 304.00 kg/cm² a los 3 días de curado, 324.15 kg/cm² a los 7 días de curado, 381.32 kg/cm² a los 14 días y 390.20 kg/cm² a los 28 días. Con una relación a/c = 0.50, se alcanzó una resistencia a compresión promedio de 193.54 kg/cm² a un día de curado, 295.86 kg/cm² a los 3 días de curado, 333.30 kg/cm² a los 7 días de curado, 344.30 kg/cm² a los 14 días y 371.23 kg/cm² a los 28 días. Por último, la resistencia a compresión promedio del concreto con relación de a/c=0.55 fue de 169.29 kg/cm² a un 1 día de curado, 260.22 kg/cm² a los 3 días de curado, 287.48 kg/cm² a los 7 días de curado, 350.019 kg/cm² a los 14 días de curado y 350.091 kg/cm² a los 28 días de curado.

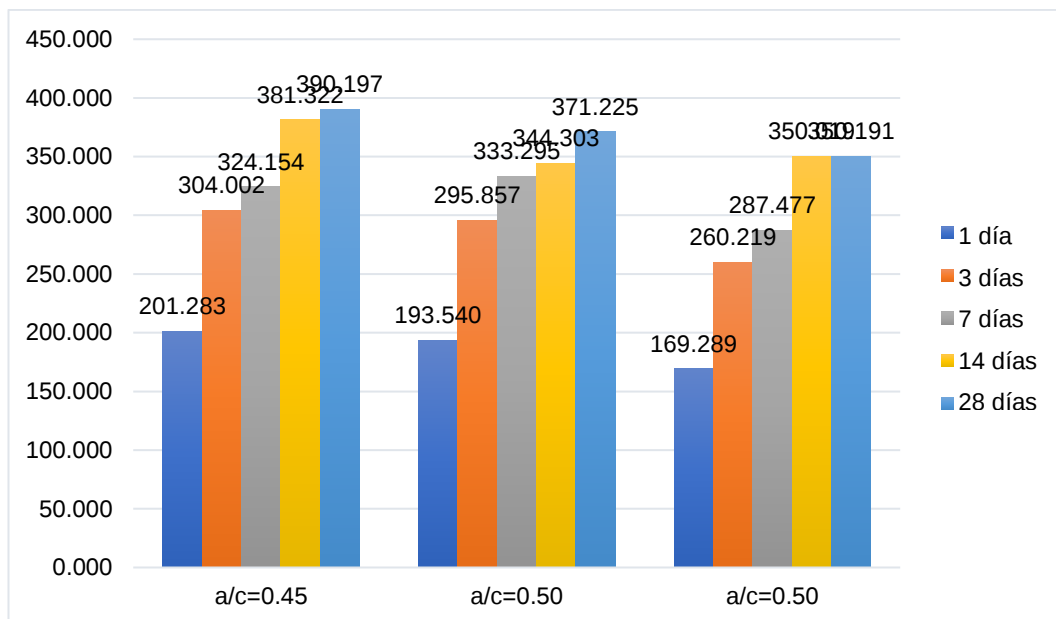


Figura N°24. Resistencia a la compresión del concreto con 1.30 lt/bls de aditivo.

Fuente. Elaboración propia.

Por último, se evaluó la resistencia a compresión del concreto elaborado con 1.70 lt/ bl de aditivo por bolsa de cemento, obteniendo los resultados que se muestra en la Tabla N°20.

Tabla N°20.

Resistencia a compresión del concreto con 1.70 lt/bls de aditivo.

Edad(días)	Res. Rotura (Kg/cm ²)	Res. Rotura (Kg/cm ²)	Res. Rotura (Kg/cm ²)
1	221.423	208.100	162.032
1	209.379	212.670	162.895
1	202.298	198.995	152.166
3	297.875	283.935	245.431
3	301.773	283.118	253.738
3	297.444	272.926	240.148
7	296.131	341.871	297.617
7	331.445	336.106	307.627
7	362.802	328.294	295.214
14	369.655	366.331	286.814
14	308.737	366.891	292.690
14	375.647	343.632	31.710
28	405.142	382.991	334.568
28	373.837	398.113	319.294

28	382.521	407.084	342.646
----	---------	---------	---------

Fuente. Elaboración propia.

En la Figura N°25 se muestra la resistencia a compresión promedio del concreto elaborado con 1.70 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación de a/c de 0.45 fue 211.03 kg/cm² a la edad de 1 día, 299.03 kg/cm² a los 3 días de curado, 300.39 kg/cm² a los 7 días de curado, 351.35 kg/cm² a los 14 días y 387.17 kg/cm² a los 28 días, mientras que con una relación a/c = 0.50 se alcanzó una resistencia a compresión promedio de 206.59 kg/cm² a un día de curado, 279.99 a los 3 días de curado, 335.42 kg/cm² a los 7 días de curado, 358.98 kg/cm² a los 14 días y 396.06 kg/cm² a los 28 días.

Por último, la resistencia a compresión promedio del concreto con relación de a/c=0.55 fue de 159.03 kg/cm² a un 1 día de curado, 246.44 kg/cm² a los 3 días de curado, 300.153 kg/cm² a los 7 días de curado, 203.738 kg/cm² a los 14 días de curado y 356.489 kg/cm² a los 28 días de curado.

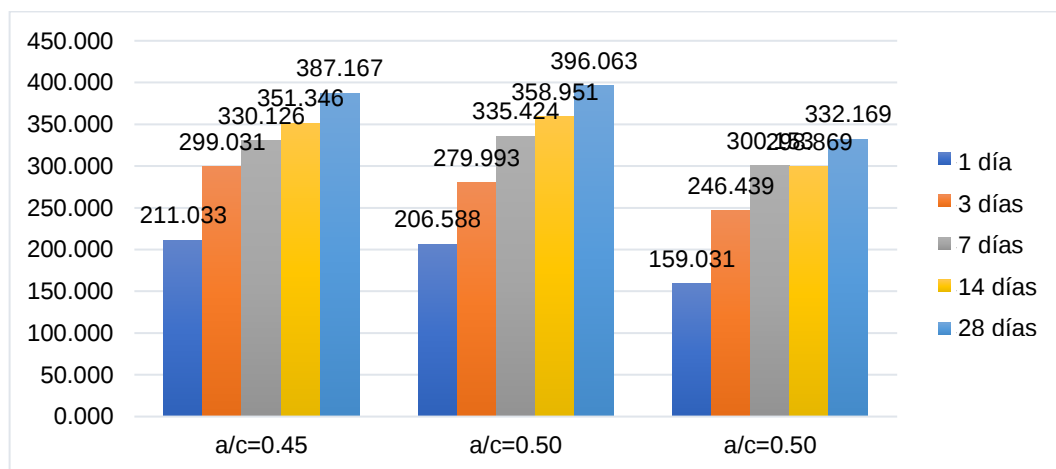


Figura N°25. Resistencia a la compresión del concreto con 1.70 lt/bls de aditivo.

Fuente. Elaboración propia.

5.1.2.2 Resistencia a tracción

Se evaluó la resistencia a tracción del concreto patrón con relación de a/c de 0.45, 0.50 y 0.55, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla N°21. Se observó que para el concreto patrón la mayor resistencia a la tracción se presentó para a/c 0.50.

Tabla N°21.*Resistencia a tracción del concreto patrón y concreto con aditivo.*

Tiempo (días)				Concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento		
	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55
28	33.63	33.77	32.70	46.01	28.52	27.97	23.37	32.63	31.30	37.62	35.45	28.49
28	31.78	34.31	20.62	39.80	39.91	27.89	28.02	33.78	34.62	35.24	32.04	30.96
28	28.44	33.61	20.39	43.96	35.48	36.61	34.02	31.14	33.25	34.44	35.54	30.44

Fuente. Elaboración propia

5.1.3. Determinación de la dosificación óptima de aditivo.

Para determinar la dosificación óptima de acelerante se realizó un análisis comparativo de los resultados obtenidos en la evaluación de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

5.1.3.1 Asentamiento

En la Figura N°26, se mostró que el asentamiento del concreto patrón fue de 16.96 cm, 15.24 cm y 19.05 cm para una relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente. Asimismo, para el concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento se obtuvo un slump de 15.24 cm para las relaciones de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55. Para el concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento se obtuvo un slump de 17.78 cm, 13.97 cm, y 12.07 cm para las relaciones de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente. Además, para el concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento se obtuvo un slump de 15.24 cm, 12.07 cm y 12.70 cm para las relaciones de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente.

El análisis de la información indicó que, para el concreto patrón con a/c 0.50, se obtienen los mayores slump, mientras que, en el caso del concreto con aditivo, para la dosificación de a/c 0.45, con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento

presenta el mayor slump, y para la a/c de 0.50, con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento presenta el menor slump de todos.

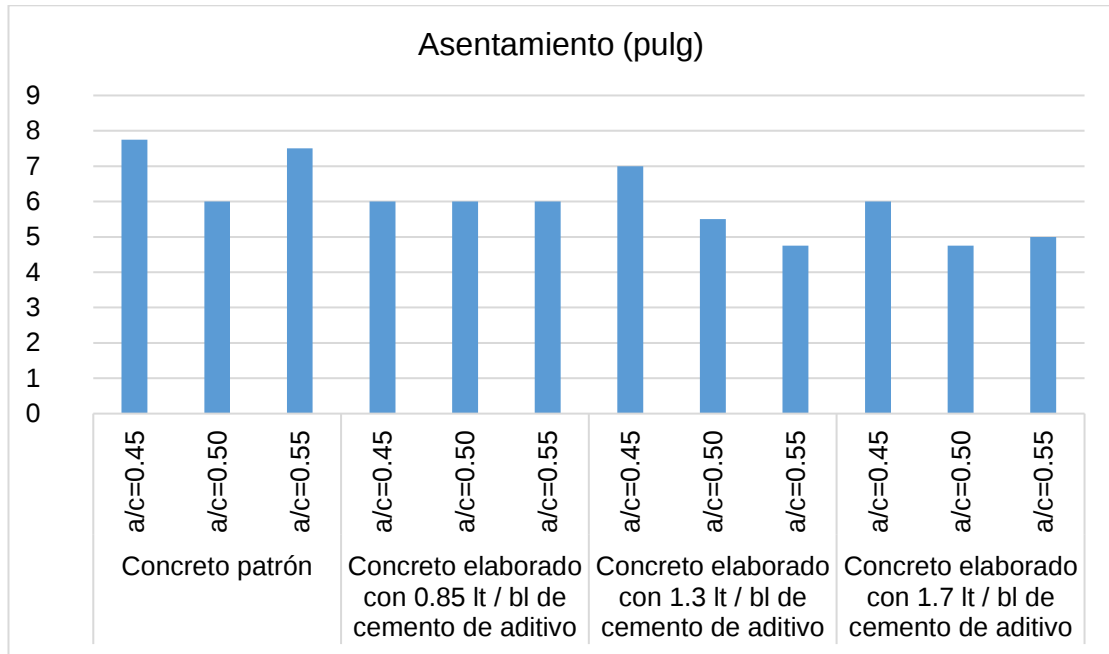


Figura N°26.Asentamiento del concreto en estado fresco

Fuente. Elaboración propia

5.1.3.2 Contenido de aire

En la Figura N°27 se muestra que el contenido de aire del concreto patrón fue de 1.40%, 1.60% y 1.70% para una relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente. Asimismo, para el concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento se incorporó aire en un 1.40% para las relaciones de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55. Para el concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento se obtuvo un contenido de aire de 1.20%, 1.40% y 1.50% para las relaciones de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente. Además, para el concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento se obtuvo un contenido de aire de 1.40%, 1.50% y 1.40% para las relaciones de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente.

Se analizó que para una relación agua-cemento de 0.55 en el concreto patrón se obtuvo el mayor contenido de aire, siendo este concreto el de mayor porosidad.

Mientras que el concreto con relación agua-cemento de 0.45 y 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento presentó el menor contenido de aire, siendo este el concreto con menor cantidad de vacíos y mostrando una mejor durabilidad que los demás.

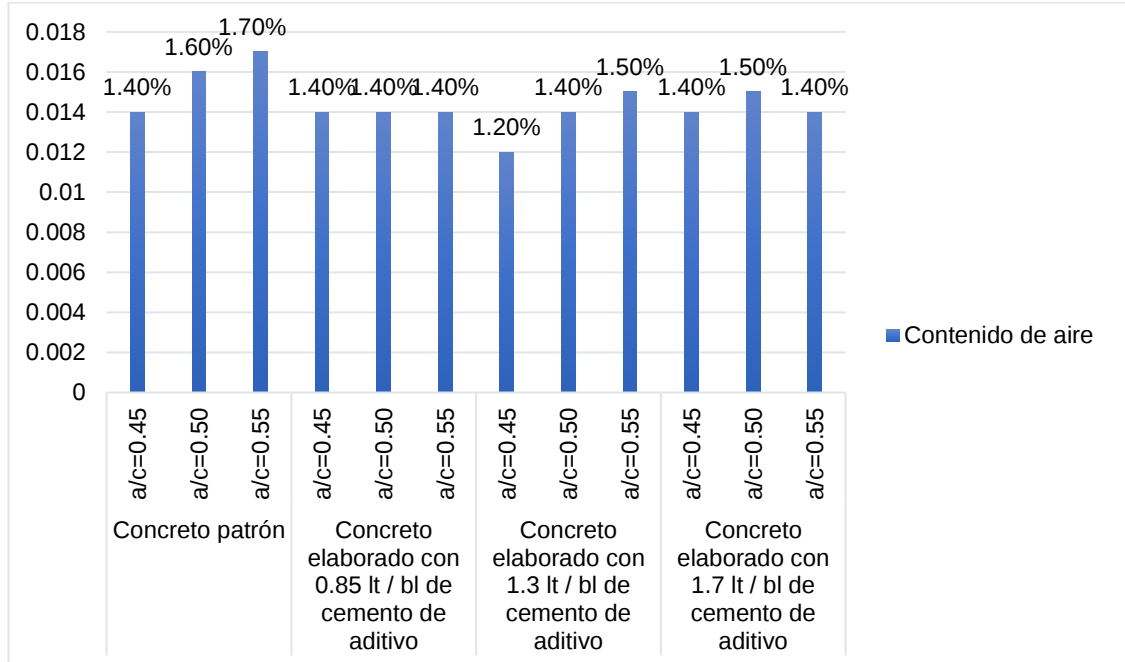


Figura N°27. *Contenido de aire de concreto.*

Fuente. Elaboración propia.

5.1.3.3 Temperatura

La temperatura del concreto patrón fue de 29.8°, 29.4° y 30.3° para una relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente, así mismo para el concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento obtuvo una temperatura de 28.9°, 28.9° y 29.9° para una relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55, para el concreto elaborado con 1.3 lt/bls de cemento. Se determinó que la temperatura alcanzada fue de 28.1°, 29.1°, y 29.6°, para la relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente y para el concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento se determina que la temperatura fue de 28.4°, 28.4° y 28° para la relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente. Tal como se muestra en la Figura N°28.

Del análisis de los datos se observó que el concreto patrón con a/c 0.55 es el que alcanzó la mayor temperatura, siendo probable que se presenten problemas al

momento de colocarlo en los encofrados, pues el exceso de temperatura puede generar evaporación excesiva y fisuración por contracción plástica; mientras que el concreto con a/c 0.55 con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento presentó la menor temperatura, por sobre los 22°C, siendo este el concreto que menor posibilidad de fisuración presentó.

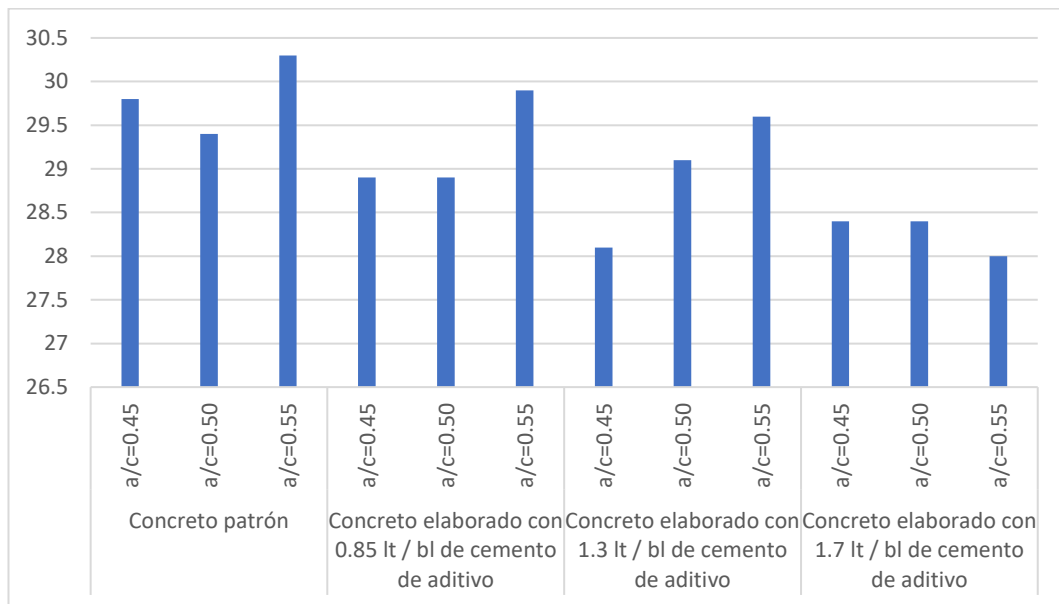


Figura N°28. *Temperatura del concreto.*

Fuente. Elaboración propia.

El concreto patrón alcanzó una mayor temperatura por lo que su asentamiento será menor, mientras que el concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación de a/c de 0.55 tuvo una menor temperatura en comparación al resto de muestras, así mismo el concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación de a/c de 0.45 se considera óptimo ya que si bien la temperatura fue 0.3° mayor la relación agua cemento fue menor.

5.1.3.4 Tiempo de fraguado

El tiempo de fraguado inicial del concreto patrón fue de 215.47, 202.74 y 206.99 minutos para una relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente, así mismo el concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento tuvo un tiempo de fraguado inicial de 153.95, 133.46 y 156.20 minutos para una

relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55, el concreto elaborado con 1.3 lt/bls de cemento tuvo un tiempo de fraguado inicial de 143.21, 120.00 y 123.89 minutos para la relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente y para el concreto elaborado con 1.7 lt/bls se tuvo un tiempo de fraguado de 143.21, 120.00 y 123.89 minutos para la relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente.

Como se visualiza en la Figura N° 19, el tiempo de fraguado final del concreto patrón fue de 275.13, 267.13 y 315.34 minutos para una relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente, así mismo el concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento tuvo un tiempo de fraguado final de 208.53, 187.69 y 212.69 minutos para una relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55, el concreto elaborado con 1.3 lt/bls de cemento tuvo un tiempo de fraguado final de 193.24, 176.36 y 182.81 minutos para la relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente y para el concreto elaborado con 1.7 lt/bls se tuvo un tiempo de fraguado de 193.24, 176.36 y 182.81 minutos para la relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente.

El concreto patrón tuvo un mayor tiempo de fraguado, mientras que el concreto elaborado con 1.3lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación a/c de 0.50 llegó a su fraguado en un menor tiempo.

5.1.3.5 Peso unitario

Como se muestra en la Figura N°29, el peso unitario del concreto patrón fue de 2378.80 kg/m³ , 2374.55 kg/m³ y 2351.96 kg/m³ para una relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente, así mismo para el concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento obtuvo un peso unitario de 2387.27 kg/m³ , 2387.27 kg/m³ y 2390.10 kg/m³ para una relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55, para el concreto elaborado con 1.3 lt/bls de cemento se determinó que el peso unitario fue de 2373.15 kg/m³ , 2359.02 kg/m³ y 2380.21 kg/m³, para la relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente y para el concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento se determinó que el peso unitario fue de 2367.50 kg/m³, 2395.75 kg/m³ y 2374.55 kg/m³ para la relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente.

El concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación de a/c de 0.50 obtuvo un mayor peso unitario en comparación al resto de muestras, siendo este el concreto más denso.

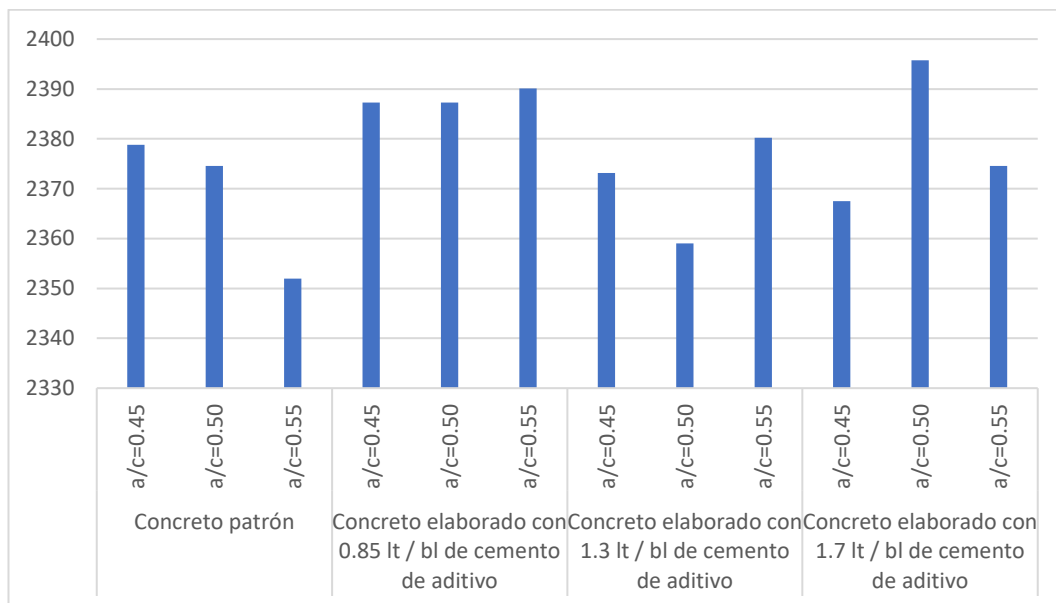


Figura N°29. *Peso unitario del concreto patrón y concreto con aditivo.*

Fuente. Elaboración propia.

5.1.3.6 Exudación

En la Figura N°30 se visualizó que la exudación del concreto patrón fue de 42.8 gramos, 25.5 gramos y 21 gramos para una relación de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente. Asimismo, para el concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, se registraron exudaciones de 13.8 gramos, 1.5 gramos y 3.7 gramos para las relaciones de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente. Para el concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, se determinó una exudación calculada de 1.4 gramos, 2.7 gramos y 11.1 gramos para las relaciones de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente. Finalmente, para el concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, se determinó que la exudación fue de 5.9 gramos, 3.9 gramos y 2.9 gramos para las relaciones de agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55 respectivamente.

De los resultados se desprende que el concreto con mayor exudación fue el concreto patrón con a/c 0.45, lo que indica un exceso de agua y lo hace más

vulnerable a problemas como segregación y contracción plástica, reduciendo su densidad y resistencia a compresión, y haciéndolo más susceptible a la degradación y corrosión. Por otro lado, el concreto con a/c 0.45 y 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento mostró la menor exudación, lo que reduce significativamente los problemas y garantiza su durabilidad y resistencia.

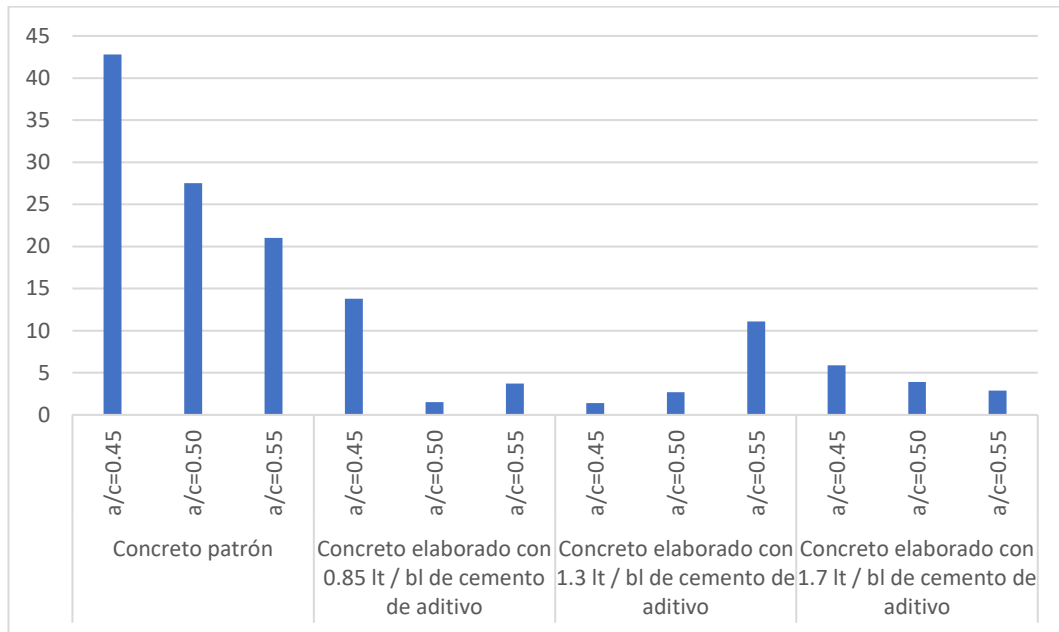


Figura N°30. Exudación del concreto patrón y concreto elaborado con aditivo.

Fuente. Elaboración propia.

5.1.3.7 Resistencia a la compresión

Como se visualizó en la Tabla N°22, el concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación a/c de 0.45 alcanzó una mayor resistencia a compresión a un día de curado, así mismo el concreto elaborado con 1.3 y 1,7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con relación a/c de 0.45 alcanzaron una mayor resistencia a la compresión a los 3 días de edad, por otro lado a los 7 días de edad el concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación a/c de 0.45 obtuvo la mayor resistencia, así mismo a la edad de 14 días el concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación a/c de 0.50 obtuvo la mayor resistencia a compresión, mientras que a los 28 días de edad el concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento obtuvo la mayor resistencia a compresión.

Tabla N°22.

Resistencia a compresión del concreto patrón y con aditivo.

Resistencia a compresión	Concreto elaborado con 0.45 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento			Concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento		
	a/c 0.45	a/c 0.50	a/c 0.55	a/c 0.45	a/c 0.50	a/c 0.55	a/c 0.45	a/c 0.50	a/c 0.55	a/c 0.45	a/c 0.50	a/c 0.55
1	191.695	166.349	143.244	201.565	178.960	169.865	201.283	193.540	169.289	211.033	206.588	159.031
3	259.498	264.683	253.088	282.542	288.632	267.073	304.002	295.857	260.219	299.031	279.993	246.439
7	300.392	286.530	287.638	344.486	325.314	310.397	324.154	333.295	287.477	330.126	335.424	300.153
14	348.254	301.264	324.588	365.746	383.390	344.277	381.322	344.303	350.019	351.346	358.951	298.869
28	357.547	344.656	356.489	395.354	395.986	365.997	390.197	371.225	350.191	387.167	396.063	332.169

Fuente. Elaboración propia.

En la Figura N°31 se muestra la resistencia a compresión del concreto patrón y concreto con aditivo, visualizando los diferentes valores según las diferentes variaciones a/c que se realizan en la mezcla.

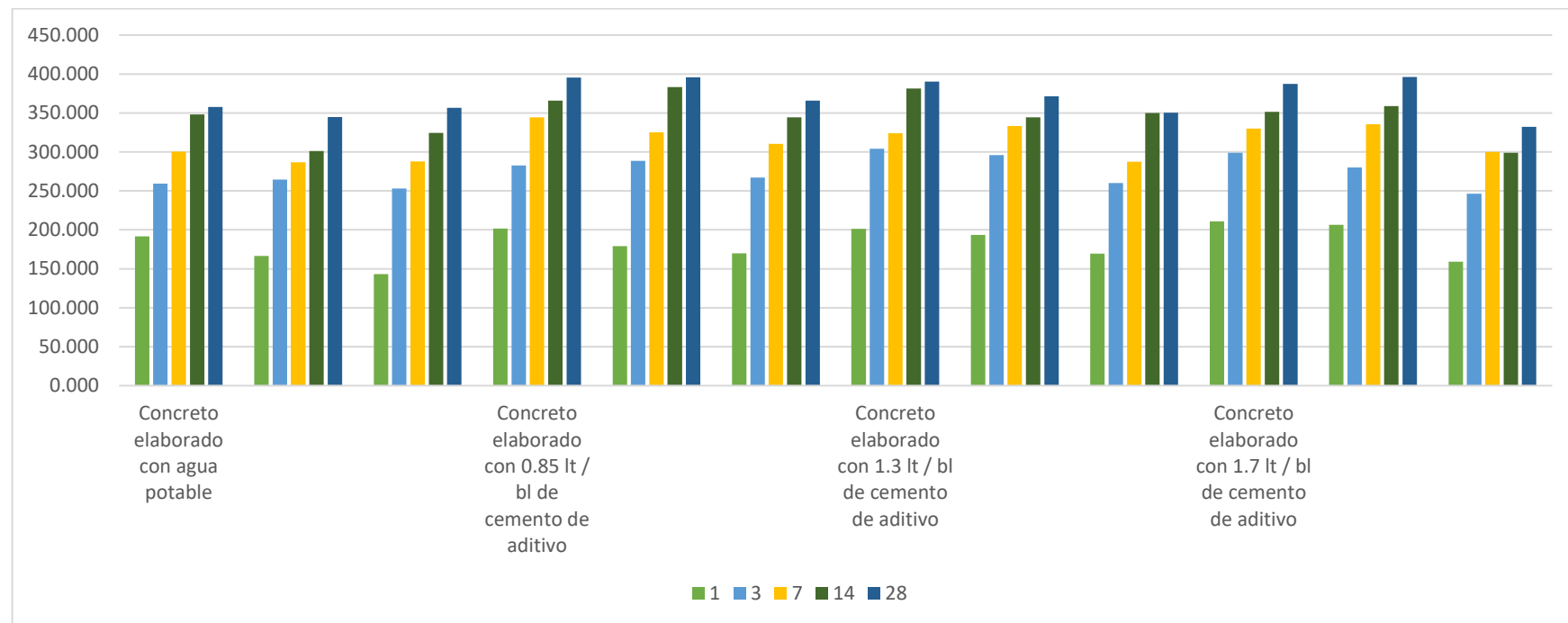


Figura N°31. Resistencia a compresión del concreto patrón y con aditivo.

Fuente. Elaboración propia.

5.1.3.8 Resistencia a tracción

La resistencia a tracción del concreto patrón con relaciones de a/c de 0.45, 0.50 y 0.55 es de 31.28 kg/cm², 33.90 kg/cm², 24.57 kg/cm². Por otro lado, la resistencia a tracción elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con relaciones de a/c de 0.45, 1.50 y 0.55 es de 43.25 kg/cm², 34.64 kg/cm², 30.38 kg/cm² correspondientemente. Así mismo, el concreto elaborado con 1.30 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con relaciones de a/c de 0.45, 1.50 y 0.55 alcanza resistencias a la tracción de 28.47 kg/cm², 32.52 kg/cm², 33.06 kg/cm² respectivamente. Por último, el concreto elaborado con 1.70 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con relaciones de a/c de 0.45, 0.50 y 0.55 alcanzó resistencias de 35.77 kg/cm², 34.34 kg/cm², 29.97 kg/cm² equitativamente.

Por lo que, se determinó que el concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación de agua cemento de 0.45 alcanza una mayor resistencia a la tracción, seguido del concreto elaborado con 1.70 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación de a/c de 0.45. Tal como se muestra en la figura 32, donde se visualiza la resistencia a tracción del concreto patrón y concreto con aditivo.

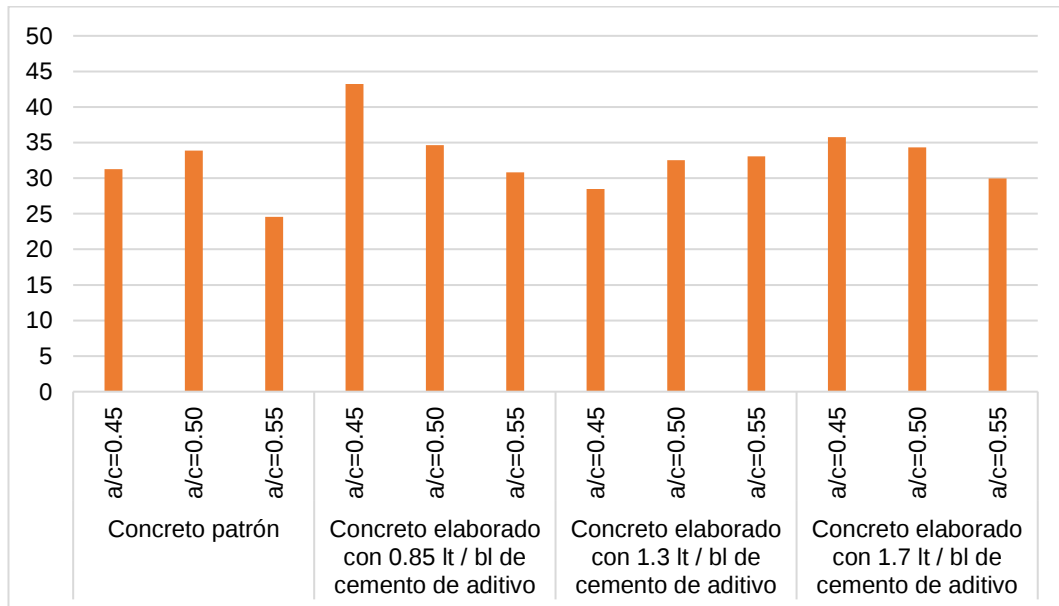


Figura N°32. Resistencia a tracción del concreto patrón y concreto con aditivo.

Fuente. Elaboración propia.

Capítulo VI. Discusión de resultados

Realizando la discusión con Ruiz (2008), quien en su tesis tuvo como objetivo el estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido usando acelerante de fraguado (ACCELGUAR80) en un clima frío y a una altura aproximada de 2363 m.s.n.m, se evidenció que el concreto con aditivo acelerante de fraguado y aditivo incorporador de aire, en cuanto al diseño óptimo, redujo el agua en la mezcla. Asimismo, mejoró la trabajabilidad y aumentó la temperatura interna del concreto, demostrando que la resistencia del concreto a los 90 días fue igual o superior al valor del concreto patrón a los 28 días. Además, el autor obtuvo como resultados que el uso del aditivo en mención incrementó el peso unitario en un 2% y que la exudación con dicho aditivo disminuyó hasta en un 5% respecto al concreto patrón; también el tiempo de fraguado logró disminuir en un 16% (46 minutos) en referencia al concreto patrón.

En la presente investigación se observó que durante el ensayo de asentamiento realizado en diferentes mezclas de concreto elaboradas con agua y aditivo por bolsa de cemento dosificado en 0.85 lt/bls, 1.3 lt/bls y 1.7 lt/bls, el concreto patrón presentó un mayor asentamiento, siendo el valor promedio de 19.69cm ($a/c=0.55$). En comparación con los concretos elaborados con aditivo por bolsa de cemento, el slump se redujo en 2.75cm, 0.63cm y 1.90cm para las incorporaciones de 0.85 lt/bls, 1.3 lt/bls y 1.7lt/bls respectivamente ($a/c=0.55$).

Asimismo, el menor asentamiento se dio cuando se trabajó con el concreto de 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, con un valor de 12.07 cm. En cuanto al tiempo de fraguado, se observó que para a/c 0.45, el menor tiempo de fraguado inicial se registró con aditivo al 1.7 lt/bls de cemento. Para a/c 0.50, el menor tiempo de fraguado inicial fue con aditivo al 1.3 lt/bls de cemento. Mientras que para a/c 0.55, el menor tiempo de fraguado inicial también fue con aditivo al 1.3 lt/bls de cemento. También se observó que para a/c 0.45, el menor tiempo de fraguado final se obtuvo con aditivo al 1.7 lt/bls de cemento. Para a/c 0.50, el menor tiempo de fraguado final se registró con aditivo al 1.3 lt/bls de cemento. Y para a/c 0.55, el menor tiempo de fraguado final fue con aditivo tanto al 1.3 como al 1.7 lt/bls de cemento.

Al discutir con Lucero (2009), quien en su estudio tuvo como objetivo el determinar la variación de trabajabilidad y las propiedades finales del concreto al agregar distintas dosis de aditivo acelerante de fraguado (Sika®3) en comparación con el concreto patrón, para la investigación el ensayo de asentamiento realizado en diferentes mezclas de concreto elaboradas con agua y aditivo por bolsa de cemento dosificado en 0.85 lt/bls, 1.3 lt/bls y 1.7 lt/bls. Por lo que, se evidencia que el concreto patrón presentó un mayor asentamiento siendo el valor promedio de 19.69cm ($a/c=0.55$), que en comparaciones con los concretos elaborados con aditivo por bolsa de cemento, el slump se reduce en 2.75cm, 0.63cm y 1.90cm para las incorporaciones de 0.85lt/bls, 1.3 lt/bls y 1.7lt/bls ($a/c=0.55$).

Asimismo, el menor asentamiento se dio cuando se trabajó con el concreto de 1.3lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con un valor de 12.07cm concuerda porque la trabajabilidad del concreto aumentó conforme la dosificación de aditivo incrementó en contraste con el agua; así mismo, la adición mejoró la trabajabilidad y resistencia del concreto.

Al discutir con Juchani (2020), quien en su tesis tuvo como objetivo analizar el comportamiento de concreto en estado fresco y endurecido con un aditivo acelerante en polvo (SikaCem-1), concordó pues se obtuvieron como resultados algunas variaciones respecto a las propiedades del concreto, como la disminución de los tiempos de fraguado respecto al concreto patrón y en sus resultados identificó que el tiempo de fraguado final, luego de agregar distintas dosificaciones de aditivo, se redujo desde un 38.17% hasta 44.27% respecto al concreto patrón, evidenciando que las reducciones del tiempo de fraguado final fueron directamente proporcionales a las dosificaciones de aditivo. Además, el aditivo acelerante incrementó en las resistencias iniciales a los 7 días hasta un 18.72% respecto al concreto patrón.

Respecto al tiempo de fraguado en la presente investigación se observó que para a/c 0.45 el menor tiempo de fragua inicial fue con aditivo al 1.7 lt/bls de cemento. Para a/c 0.50 el menor tiempo de fragua inicial fue con aditivo al 1.3 lt/bls de cemento. Para a/c 0.55 el menor tiempo de fragua inicial fue con aditivo al 1.3 lt/bls de cemento. También se observó que para a/c 0.45 el menor tiempo de fragua final fue con aditivo al 1.7 lt/bls de cemento. Para a/c 0.50 el menor tiempo de

fragua final fue con aditivo al 1.3 lt/bls de cemento. Para a/c 0.55 el menor tiempo de fragua final fue con aditivo al 1.3 y 1.7 lt/bls de cemento.

Sin embargo, los resultados de la presente investigación no concuerdan con Galobardes (2009), quien en su estudio tuvo como objetivo el estudio de las características de las distintas tipologías de aditivos acelerantes para concreto proyectado por vía húmeda desarrollando ensayos tanto a nivel de pasta como mortero, así como ensayos para determinar la resistencia a la flexión, a la compresión y penetración.

Como resultados se determinó que la evolución de resistencias no dependió directamente del contenido de acelerante, debido a que a menor cantidad de acelerante incorporado mayor fue la resistencia a compresión, flexión y tracción alcanzada, resultados que contradijeron esta investigación, pues los resultados indicaron que sí hay relación entre la dosis de aditivos y la evolución de la resistencia.

En la presente investigación la resistencia a compresión promedio del concreto patrón con una relación de a/c de 0.45 fue 191.70 kg/cm²a la edad de 1 día, 259.498 kg/cm²a los 3 días de curado, 300.39 kg/cm²a los 7 días de curado, 348.25 kg/cm² a los 14 días y 357.55 kg/cm²a a los 28 días, mientras que con una relación a/c = 0.50 se alcanzó una resistencia a compresión promedio de 166.35 kg/cm² a un día de curado, 264.68 a los 3 días de curado, 286.53 kg/cm² a los 7 días de curado, 301.26 kg/cm² a los 14 días y 344.66 kg/cm²a a los 28 días.

La resistencia a compresión promedio del concreto con relación a/c=0.55 fue de 143.24 kg/cm²a un 1 día de curado, 253.08 kg/cm² a los 3 días de curado, 287.64 kg/cm² a los 7 días de curado, 324.58 kg/cm²a los 14 días de curado y 356.489 kg/cm²a los 28 días de curado.

La resistencia a compresión promedio del concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación de a/c de 0.45 fue 201.565 kg/cm²a la edad de 1 día, 282.54 kg/cm²a los 3 días de curado, 344.49 kg/cm²a los 7 días de curado, 365.75 kg/cm² a los 14 días y 395.35 kg/cm²a a los 28 días, mientras que con una relación a/c = 0.50 se alcanzó una resistencia a compresión promedio de 178.96 kg/cm² a un día de curado, 288.63 a los 3 días de curado, 325.31 kg/cm² a los 7 días de curado, 383.39 kg/cm² a los 14 días y 395.99 kg/cm²a a los 28 días.

La resistencia a compresión promedio del concreto con relación de $a/c=0.55$ fue de 169.87 kg/cm^2 a un 1 día de curado, 267.07 kg/cm^2 a los 3 días de curado, 310.40 kg/cm^2 a los 7 días de curado, 344.28 kg/cm^2 a los 14 días de curado y 365.997 kg/cm^2 a los 28 días de curado. La resistencia a compresión promedio del concreto elaborado con 1.30 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación de a/c de 0.45 fue 201.28 kg/cm^2 a la edad de 1 día, 304.00 kg/cm^2 a los 3 días de curado, 324.15 kg/cm^2 a los 7 días de curado, 381.32 kg/cm^2 a los 14 días y 390.20 kg/cm^2 a los 28 días, mientras que con una relación $a/c = 0.50$ se alcanzó una resistencia a compresión promedio de 193.54 kg/cm^2 a un día de curado, 295.86 a los 3 días de curado, 333.30 kg/cm^2 a los 7 días de curado, 344.30 kg/cm^2 a los 14 días y 371.23 kg/cm^2 a los 28 días.

La resistencia a compresión promedio del concreto con relación de $a/c=0.55$ fue de 169.29 kg/cm^2 a un 1 día de curado, 260.22 kg/cm^2 a los 3 días de curado, 287.48 kg/cm^2 a los 7 días de curado, 350.019 kg/cm^2 a los 14 días de curado y 350.091 kg/cm^2 a los 28 días de curado. La resistencia a compresión promedio del concreto elaborado con 1.70 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación de a/c de 0.45 fue 211.03 kg/cm^2 a la edad de 1 día, 299.03 kg/cm^2 a los 3 días de curado, 300.39 kg/cm^2 a los 7 días de curado, 351.35 kg/cm^2 a los 14 días y 387.17 kg/cm^2 a los 28 días, mientras que con una relación $a/c = 0.50$ se alcanzó una resistencia a compresión promedio de 206.59 kg/cm^2 a un día de curado, 279.99 a los 3 días de curado, 335.42 kg/cm^2 a los 7 días de curado, 358.98 kg/cm^2 a los 14 días y 396.06 kg/cm^2 a los 28 días.

La resistencia a compresión promedio del concreto con relación de $a/c=0.55$ fue de 159.03 kg/cm^2 a un 1 día de curado, 246.44 kg/cm^2 a los 3 días de curado, 300.153 kg/cm^2 a los 7 días de curado, 203.738 kg/cm^2 a los 14 días de curado y 356.489 kg/cm^2 a los 28 días de curado.

Capítulo VII. Contrastación de hipótesis

Hipótesis general

Sí se cumplió la hipótesis general pues las propiedades del concreto con aditivo tuvieron mejoras respecto al concreto sin aditivo, teniendo resultados superiores a los encontrados en el concreto patrón como un slump mayor, menor tiempo de fraguado, menor exudación, temperatura del concreto adecuada y resistencias a la compresión y tracción superiores. De esta manera se logra acortar o acelerar los tiempos de fraguado en la ejecución de obras y así mantener una resistencia adecuada en edades tempranas sin perjudicar otras propiedades como Slump, temperatura, exudación, resistencia a la compresión o resistencia a la tracción.

Hipótesis específicas

Según los resultados sí se cumplió las hipótesis específicas y se pasan a detallar a continuación:

- Las propiedades del concreto fresco sí se cumplieron la hipótesis, pues los ensayos de concreto fresco evidenciaron que se llegó a resultados óptimos, debido a que el concreto patrón tuvo un asentamiento menor que el concreto con aditivo acelerante líquido y cemento Portland Tipo I siendo el valor promedio de 19.69cm ($a/c=0.55$), que en comparaciones con los concretos elaborado con aditivo por bolsa de cemento, el slump se reduce en 2.75cm, 0.63cm y 1.90cm para las incorporaciones de 0.85lt/bls, 1.3 lt/bls y 1.7lt/bls ($a/c=0.55$) como se observa Tabla N°11.

La exudación del concreto patrón fue más elevada con 42.8 gramos, mientras que el concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, con una relación de a/c 0.45, mostró una exudación de 1.4 gramos, siendo esta la de menor exudación. Para una relación a/c 0.50 el concreto con una dosis de aditivo de 0.85 lt/bls de cemento es que tuvo menor exudación. Para una relación a/c 0.55 el concreto con una dosis de aditivo de 1.70 lt/bls de cemento es el que tuvo menor exudación, como se evidencia en la Tabla N°16.

En relación con el contenido de aire, el concreto con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento y una relación a/c de 0.45 requirió una menor incorporación de aire para una relación a/c de 0.45, el concreto patrón y el que tiene aditivo en proporción 0.85 lt/bls de cemento tiene el mayor contenido de aire. Para un a/c de 0.50 el concreto patrón tiene el mayor contenido de aire. Para un a/c de 0.55 el concreto patrón tiene un mayor contenido de aire. El concreto con mayor dosis de aditivo tiene menor contenido de aire, resultando en un concreto más compacto. En el concreto con aditivo 0.85 lt/bls de cemento no se observa cambios en la cantidad de aire para los diferentes a/c utilizados, como se observa en la Tabla N°12.

Respecto a la temperatura el concreto estándar o patrón alcanzó una temperatura más elevada, el concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento y una relación de a/c de 0.55 presentó una temperatura más baja en comparación con otras muestras; la temperatura en el concreto patrón, así como en las mezclas que incluyen 0.85 lt/bls, 1.3 lt/bls y 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento. En donde, se evidenció que existe un mayor valor de temperatura de 30.30°C para el concreto patrón (a/c=0.55). Asimismo, el concreto elaborado con 1.7lt/bls de aditivo por bolsa de cemento presenta un valor inferior en comparación a las demás incorporaciones alcanzando 28.00°C (a/c=0.55) según se observa en la Tabla N°13.

En relación con el tiempo de fraguado, el concreto estándar tuvo un mayor tiempo de fraguado, mientras que el concreto con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento y una relación a/c de 0.50 fraguó en un tiempo menor, como se indica en la Tabla N°14.

Respecto al peso unitario la relación a/c 0.45 el concreto con una dosis de aditivo de 0.85 lt/bls de cemento es el que tuvo el mayor peso. Para una relación a/c 0.50 el concreto con una dosis de aditivo de 1.70 lt/bls de cemento es que tuvo el mayor peso. Para una relación a/c 0.55 el concreto con una dosis de aditivo de 0.85 lt/bls de cemento es que tuvo el mayor peso, como se observa en la Tabla N°15.

- Las propiedades del concreto endurecido con aditivo sí cumplieron la hipótesis pues tuvieron mejoras respecto al concreto sin aditivo. El concreto producido con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento y una relación a/c de 0.45 tuvo la mayor resistencia a la tracción, seguido por el concreto elaborado con 1.70 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento y una relación a/c de 0.45, según se plasmó en la Tabla N°21.

El concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento logró la mayor resistencia a la compresión teniéndose que la resistencia a compresión promedio del concreto patrón con una relación de a/c de 0.45 fue 191.70 kg/cm² a la edad de 1 día, 259.498 kg/cm² a los 3 días de curado, 300.39 kg/cm² a los 7 días de curado, 348.25 kg/cm² a los 14 días y 357.55 kg/cm² a los 28 días, mientras que con una relación a/c = 0.50 se alcanzó una resistencia a compresión promedio de 166.35 kg/cm² a un día de curado, 264.68 a los 3 días de curado, 286.53 kg/cm² a los 7 días de curado, 301.26 kg/cm² a los 14 días y 344.66 kg/cm² a los 28 días, como se indicó en la Tabla N°20.

La resistencia a compresión promedio del concreto con relación de a/c=0.55 fue de 143.24 kg/cm² a un 1 día de curado, 253.08 kg/cm² a los 3 días de curado, 287.64 kg/cm² a los 7 días de curado, 324.58 kg/cm² a los 14 días de curado y 356.489 kg/cm² a los 28 días de curado.

- La dosificación óptima fue de 1.7 litros de aditivo por bolsa de cemento para obtener los mayores resultados en concreto endurecido, por lo que sí se cumplió la hipótesis. Por otro lado, para las propiedades del concreto en estado fresco, la dosificación de aditivo de 1.3 lt/bls de cemento dio el menor tiempo de fraguado.

Conclusiones

En la presente tesis se ha cumplido con los objetivos planteados en el desarrollo del estudio, validándose las hipótesis planteadas, debido a que la adición del aditivo acelerante líquido si mejora las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia. Así mismo, a continuación, se menciona las conclusiones obtenidas por cada objetivo desarrollado.

La incorporación del aditivo acelerante líquido influyó de manera positiva en las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto, ya que se alcanzó una resistencia a compresión y tracción superior en comparación con el concreto patrón. Asimismo, esta adición posibilitó trabajar con una mezcla más fluida y reducir la exudación del concreto.

En el análisis de las propiedades del concreto en estado fresco, se evaluaron el asentamiento, exudación, contenido de aire, peso unitario y tiempo de fraguado. Se observó que el concreto estándar exhibió un asentamiento en estado líquido, mientras que el concreto con aditivo acelerante líquido y cemento Portland Tipo I presentó un asentamiento más fluido.

En cuanto a la exudación, el concreto estándar presentó una exudación más elevada con 42.8 gramos, lo cual pudo reducir la densidad y resistencia a compresión. En contraste, el concreto elaborado con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento, con una relación de a/c 0.45, mostró una exudación de 1.4 gramos, asegurando durabilidad y resistencia.

En relación con el contenido de aire, el concreto con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento y una relación a/c de 0.45 presentó una menor cantidad de aire atrapado, debido a la menor cantidad de vacíos presentes, esto por la baja relación a/c, preservando su trabajabilidad.

Mientras tanto, el concreto patrón alcanzó una temperatura más elevada. En comparación, el concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento y una relación de a/c de 0.55 presentó una temperatura más baja en comparación con otras muestras. Además, el concreto con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento y una relación a/c de 0.45 se considera óptimo, ya que, aunque la temperatura fue ligeramente mayor en 0.3° , la relación fue menor. En relación con el tiempo de fraguado, el concreto estándar tuvo un mayor tiempo de fraguado,

mientras que el concreto con 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento y una relación a/c de 0.50 fraguó en un tiempo menor.

En la evaluación de las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido, se examinaron las características de resistencia a la compresión y tracción. Se determinó que el concreto producido con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento y una relación a/c de 0.45 exhibe la mayor resistencia a la tracción, seguido por el concreto elaborado con 1.70 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento y una relación a/c de 0.45. De manera similar, en términos de resistencia a la compresión cilíndrica, el concreto elaborado con 1.7 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento logró la mayor resistencia.

La evaluación concluyó que la adición de 1.70 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento es la incorporación óptima que logra mejorar las propiedades del concreto en su estado endurecido, ya que se obtuvo resistencias más elevadas. Por otro lado, para las propiedades del concreto en estado fresco, la adición de 1.3 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento permitió alcanzar el fraguado en un tiempo menor. Además, esta mezcla demostró ser ideal en términos de asentamiento, temperatura adecuada y la mínima exudación, asegurando así la durabilidad y resistencia del concreto.

Recomendaciones

Se recomienda realizar los ensayos de laboratorio de acuerdo con las normativas vigentes en el país, incluyendo la NTP y el ACI 211, con la finalidad de mantener un control preciso de la dosificación y composición empleada en la elaboración de la mezcla, ya que incluso pequeñas variaciones pueden ocasionar inexactitudes en las pruebas de compresión.

Se recomienda realizar un análisis de la influencia del 1lt/bls, 1.50 lt/bls y 2 lt/bls de aditivo en las propiedades de asentamiento, temperatura y tiempo de fraguado de un concreto de mediana a alta resistencia en futuras tesis que quieran intervenir en un tema parecido.

Se recomienda para futuras investigaciones realizar un análisis de la influencia de la incorporación de aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I en las propiedades de resistencia a la flexión del concreto de mediana a alta resistencia.

Se recomienda evaluar qué porcentaje sería el óptimo de incorporación de aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto con diseño de mezcla de 210 kg/cm².

Se recomienda llevar a cabo un análisis exhaustivo de los costos para la investigación del concreto que incorpora aditivo acelerante líquido y cemento portland Tipo I, esto implica estimar los gastos relacionados con materiales, equipo de laboratorio, personal y otros recursos necesarios.

Se recomienda la búsqueda de proveedores confiables y la optimización de procesos como prácticas recomendadas para minimizar los costos, comparando precios y explorando alternativas rentables sin comprometer la calidad de la investigación.

Referencias bibliográficas

- American Concrete Institute. (2008). *Guide for selecting proportions for high-strength concrete using Portland cement and other cementitious materials* (ACI 211.4R). Farmington Hills, MI: American Concrete Institute. <https://docs.google.com/file/d/0B9FZ3uwlIXdQMWxEVzVTR3FMMUZmTEpZTjc5Y2VUMktXSTdB/edit?resourcekey=0-AGBY9HdjCSFnFmGWBkmyAg>
- American Concrete Institute. (2005). *High-strength concrete* (ACI 363R). Symposium paper.
- Ahmad, S., Lawan, A., & Al, M. (2020). Effect of sugar dosage on setting time, microstructure and strength of Type I and Type V Portland cements. *Case Studies in Construction Materials*, 13, e00364. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00364>
- Arias, J. L. (2020). *Proyecto de tesis: Guía para la elaboración* [Tesis de pregrado, José Luis Arias Gonzáles]. https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2236/1/AriasGonzales_ProyectoDeTesis_libro.pdf
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2021). Terminología estándar relacionada con el hormigón y los agregados del hormigón. En *Annual book of ASTM standards*. <https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/270>
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2015). *Standard test method for measurement of temperature of hydraulic cement concrete* (C 1064). ASTM International. https://www.astm.org/c1064_c1064m-17.html
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2018). *Standard test method for density (unit weight), yield, and air content (gravimetric) of concrete* (C138). ASTM International. <https://www.astm.org/astm-tpt-192.html>
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2015). *Slump of Portland cement concrete* (C143). ASTM International. https://www.astm.org/c0143_c0143m-20.html
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2015). *Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens* (C39). ASTM International. <https://www.astm.org/astm-tpt-174.html>
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2012). *Standard specification for chemical admixtures for concrete* (C494/C494M-11). ASTM International.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2015). *Standard test method for flexural strength of concrete* (C78). ASTM International. <https://www.astm.org/astm-tpt-175.html>
- Basquiroto, F., Klegues, O., Leopoldo, R., & Pavei, E. (2019). Lightweight high-strength concrete with the use of waste cenosphere as fine aggregate. *Matéria*, 24(4), 1-12. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620190004.0834>
- Bos, F., Menna, C., Pradena, M., Kreiger, E., Da Silva, W., Rehman, A., . . . Mechtcherine, V. (2022). The realities of additively manufactured concrete structures in practice. *Cement and Concrete Research*, 156(1). <https://bit.ly/3bpTa56>
- Chavarry, G. (2018). *Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la Cantera Talambo, Chépén* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <https://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/1340>

- Chindasiriphan, P., Meenyut, M., Orasutthikul, S., Jongvivatsakul, P., & Tangchirapat, W. (2023). Influences of high-volume coal bottom ash as cement and fine aggregate replacements on strength and heat evolution of eco-friendly high-strength concrete. *Journal of Building Engineering*, 65, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105791>
- Concreto Sólido de México (CSM). (2021, junio 21). *Clasificación de aditivos para concreto según la ASTM C494/C494M-11*. <https://www.concretosolido.mx/clasificacion-de-aditivos-para-concreto-segun-la-astm-c494-c494m-11/#:~:text=Clasificaci%C3%B3n%20de%20aditivos%20para%20concreto%20seg%C3%BAn%20la%20ASTM%20C494%2FC494M%2D11,-junio%2021%2C%202021&text=Los%20aditivos%20son%20>
- Cui, Y., Tan, Z., Zhou, Z., Wu, J., & Wang, J. (2023). Preparation and application of low rebound liquid alkali-free accelerator for shotcrete. *Construction and Building Materials*, 367, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130220>
- De La Cruz, S., La Borda, L., Mendoza, C., & Garrido, J. (2022). Resistencia a compresión simple del concreto con yeso y residuos de conchas de abanico. *Boliviana de Química*, 39(1), 1-9. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.39.1.1>
- Galobardes, I. (2009). *Estudio relativo a la caracterización de aditivos acelerantes para hormigón proyectado por vía húmeda* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Cataluña].
- Hernández-Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- Hong, S., Choi, J., Yuan, T., & Yoon, Y. (2023). A review on concrete creep characteristics and its evaluation on high-strength lightweight concrete. *Journal of Materials Research and Technology*, 22, 230-251. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.11.125>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2014). *NTP 339.127:2014 (ASTM D-2216). Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. Lima, Perú: INACAL. <https://www.studocu.com/pe/document/servicio-nacional-de-capacitacion-para-la-industria-de-la-construccion/laboratorio-suelos-asfalto-y-concreto/ntp-3391271998-revisada-el-2019-contenido-de-humedad/34415052>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2014). *NTP 339.127:2014 (ASTM D-2216). Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. Lima, Perú: INACAL.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2015). *Norma Técnica Peruana 339.035. CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. Lima, Perú. <https://bit.ly/3yRiNnJ>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2016). *Norma Técnica Peruana 400.017. AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario*. Lima, Perú. <https://bit.ly/3uZwcc9>

- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2016). *Ensayo para peso específico y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú. <https://bit.ly/3uYwCPU>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2018). *Norma Técnica Peruana 400.037. AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados*. Lima, Perú. <https://bit.ly/3uZytnQ>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2020). *Norma Técnica Peruana 400.011. AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados*. Lima, Perú. <https://bit.ly/3yRilG3>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *Norma Técnica Peruana 400.012. AGREGADOS. Granulometría del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú. <https://bit.ly/3PovBsU>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *Norma Técnica Peruana NTP 334.088*. Lima, Perú. <https://www.coursehero.com/file/91293029/21995-NTP-334088-2015-ADITIVOSpdf/>
- Juchani, A. (2020). *Estudio del concreto con aditivo acelerante en polvo, utilizando cemento Portland tipo I* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_e881a0ca4813c9ebf116c817139bfec7/Details
- Kalhari, M., & Akbar, A. (2021). Innovative air entraining and air content measurement methods for roller compacted concrete in pavement applications. *Construction and Building Materials*, 279, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122495>
- Lamba, N., Raj, R., & Singh, P. (2022). Mechanical response of recycled carbon fiber reinforced polymer fibers in high-strength concrete. *Materials Today: Proceedings*, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.477>
- Lara, E. (2022, 27 de julio). Por clima pospondrían 10 días más apertura del ‘puente eterno’. *El Diario MX*. <https://diario.mx/juarez/por-clima-pospondrian-10-dias-mas-apertura-del-puente-eterno-20220727-1955336.html>
- Lee, N., Pae, J., Kang, S., Kim, H., & Moon, J. (2022). Development of high strength & lightweight cementitious composites using hollow glass microsphere in a low water-to-cement matrix. *Cement and Concrete Composites*, 130, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2022.104541>
- Lucero, A. (2009). *Influencia de un acelerador de fraguado normal en la trabajabilidad y resistencia de morteros*. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. <https://alicia.concytec.gob.pe/>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2018). *Norma Técnica Peruana 400.021. AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo* [Tesis de pregrado]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfci1935i/doc/bmfci1935i.pdf>
- McCormac, J., & Russell, B. (2018). *Diseño de concreto reforzado*. México: Alfaomega. <https://bit.ly/3dQXprX>
- Moreno, L., Ospina, M., & Rodríguez, K. (2017). Resistencia de concreto con agregado de bloque de arcilla triturado como reemplazo de agregado grueso. *Revista Chilena de Ingeniería*, 1-8. <https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v27n4/0718-3305-ingeniare-27-04-635.pdf>

- Muñoz, S. (2019). *Estudio comparativo del concreto alta resistencia con aditivos Chema Plast y Chema Estruct para estructuras especiales, Lambayeque.2018*[Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]. <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7546/Alarc%C3%B3n%20Ortiz%20Rub%C3%A9n%20%26%20Tantale%C3%A1n%20Uriarte%20Jes%C3%BA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nakararoj, N., Ho, T., Sukontasukkul, P., Attachaiyawuth, A., Tangchirapat, W., Chee, C., . . . Jaturapitakkul, C. (2022). Effects of high-volume bottom ash on strength, shrinkage, and creep of high-strength recycled concrete aggregate. *Construction and Building Materials*, 356, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129233>
- National Ready Mixes Concrete Association. (2015). *El concreto en la práctica*. <https://www.crmca.com/wp-content/uploads/2016/08/CIP-35-Spanish.pdf>
- Instituto Nacional de Calidad. (2018). *NTP 339 078: Ensayo de Flexión*. Lima: INDECOPI. <https://www.inacal.gob.pe/>
- Instituto Nacional de Calidad. (2015). *NTP 339.034: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. <http://www.inacal.gob.pe/>
- Instituto Nacional de Calidad. (2018). *NTP 339.035: Método para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams*. <https://servicios.inacal.gob.pe/>
- Instituto Nacional de Calidad. (2018). *NTP 339.046: Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto*. <https://www.inacal.gob.pe/>
- Instituto Nacional de Calidad. (2018). *NTP 339.184: Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto*. <https://www.inacal.gob.pe/>
- Orozco, M., Avila, Y., Restrepo, S., & Parody, A. (2018). Factors influencing concrete quality: A survey of the principal actors in the concrete industry. *Revista de ingeniería de construcción*, 1-12. https://www.scielo.cl/pdf/ric/v33n2/en_0718-5073-ric-33-02-00161.pdf
- Ponce, E. (2016). *Estudio comparativo del efecto de aditivos Chema y Sika aceleradores de fragua en la ciudad del Cusco en concretos expuestos a climas alto andinos*. Universidad Andina del Cusco, Cusco - Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/724>
- Ramos, C. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1-5. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Reyes, C., & Echevarría, T. (2019). *Influencia del aditivo Sika Viscocrete-3330 en el Ensayo de Resistencia a la Compresión y en las Propiedades de un Concreto Autocompactante para Elementos Verticales, Trujillo 2019*. [Tesis de bachiller, Universidad Privada del Norte]. <https://bit.ly/3PD7NRG>
- Roldán, L., & Vargas, J. (2018). *Diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia adicionando Sika Viscocrete SC-50 y GAIA*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/4182/1/REP_ING_CIVIL_LIDMER.ROLDAN_JOEL.VARGAS_DISE%C3%91O.MEZCLA.CONCRETO.ALTA.RESISTENCIA.ADICIONANDO.SIKA.VISCOCRETE.SC50GAIA.pdf

- Ruiz, L. (2008). *Características del concreto fresco y endurecido fabricado en la ciudad de Arequipa utilizando cemento IP y aditivo incorporador de aire y acelerante de fraguado*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Saugo, A., Prudêncio, L., Ricardo, P., & Taira, A. (2021). Influência de adições minerais na elevação da temperatura de concretos massa de elevada resistência à compressão. *Matéria*, 26(1). <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210001.1215>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2021,01 de Agosto). *Climas del Perú – Mapa de Clasificación Climática Nacional*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. (2019). *Norma Técnica de Edificaciones NTE E.060 Concreto Armado*. Lima. <https://www.cip.org.pe/propuesta-norma-e-060-concreto-armado-norma-e-070-albanileria/>
- Shan, Z., Wu, Z., Lo, S., & Su, R. (2023). Experimental and numerical study on an innovative protective measure for high strength concrete using the bilayer method. *Structures*, 47, 2440-2451. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.12.068>
- Shangguan, M., Xie, Y., Xu, S., Gao, C., Long, G., Wang, F., & Liu, M. (2023). Mechanical properties characteristics of high strength concrete exposed to low vacuum environment. *Journal of Building Engineering*, 63, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105438>
- Sun, L., Liu, Y., Shi, F., & Wang, H. (2023). Pull-out performance of perfobond rib connectors in steel high-strength concrete composite bridge pylons. *Construction and Building Materials*, 366, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130205>
- Tao, Y., Rahul, A., Lesage, K., Yuan, Y., Tittelboom, K., & Schutter, G. (2021). Stiffening control of cement-based materials using accelerators in inline mixing processes: Possibilities and challenges. *Cement and Concrete Composites*, 119, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.103972>
- Valdez, V. (2014, 7 de Mayo). *Aplicaciones del agua en la Ingeniería Civil*. Chiclayo, Lambayeque, Perú.
- Voicu, G., Tiuca, G., Badanoiu, A., & Holban, A. (2022). Nano and mesoscopic SiO₂ and ZnO powders to modulate hydration, hardening and antibacterial properties of Portland cements. *Journal of Building Engineering*, 57, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104862>
- Wan, Z., He, T., Chang, N., Yang, R., & Qiu, H. (2023). Effect of silica fume on shrinkage of cement-based materials mixed with alkali accelerator and alkali-free accelerator. *Journal of Materials Research and Technology*, 22, 825-837. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.11.110>
- Wan, Z., He, T., Ma, X., Zhang, K., Hu, Y., Luo, Z., & Meng, G. (2022). Research on the synergy of micro-nano bubble water and alkali-free liquid accelerator to improve the early strength and hydration rate of cement. *Journal of Building Engineering*, 57, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104909>
- Wang, W., Hieu, H., & Zhang, C. (2022). Influence of accelerating admixtures on high early strength cement performance using heat curing method. *Case*

- Studies in Construction Materials*, 1-17.
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01746>
- Wang, Y., Chen, S., Qiu, L., Nasr, A., & Liu, Y. (2023). Experimental study on the slump-flow underwater for anti-washout concrete. *Construction and Building Materials*, 365, 1-12.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130026>
- Wang, Y., Lei, L., Liu, J., Ma, Y., Liu, Y., Xiao, Z., & Shi, C. (2022). Accelerators for normal concrete: A critical review on hydration, microstructure and properties of cement-based materials. *Cement and Concrete Composites*, 134, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2022.104762>
- Yang, J., Zeng, J., He, X., Su, Y., Tan, H., & Strnadel, B. (2020). Nano-carbide slag seed as a new type accelerator for Portland cement. *Materials Letters*, 278, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.128464>

Anexos

Anexo 01:	Fichas de observación	95
Anexo 02:	Fichas de toma de datos de resistencia a la compresión.....	111
Anexo 03:	Ficha de toma de datos de resistencia a la tracción.....	116

Ensayos realizados al concreto patrón de ensayos de laboratorio

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA USANDO ADITIVO ACELERANTE LÍQUIDO Y CEMENTO PORTLAND TIPO I
Bach. Cabezas Figueroa, Víctor Enrique

Patron
0.45

EXPEDIENTE N° : MUESTRAS Fecha: 22/02/2023

1. TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (TOMA DE DATOS)

HORA DE INICIO: 8:24

N°	HORA	AGUJA*	CARGA (Lb)
1ra LECTURA	41:00	1	40
2da LECTURA	41:30	2	40
3ra LECTURA	41:50	3	50
4ta LECTURA	12:40	4	80
5ta LECTURA	42:25	4	88
6ta LECTURA	42:43	5	142
7ma LECTURA	12:58	5	173
8va LECTURA	13:13	6	178
9na LECTURA	13:28	6	220
10ma LECTURA			
11ma LECTURA			
12ma LECTURA			
13ra LECTURA			
14ta LECTURA			
15ta LECTURA			

Aguja	Diametro (cm)
1	2.85
2	2.02
3	1.42
4	0.89
5	0.63
6	0.40

Patrón
0.5.

EXPEDIENTE N° : MUESTRAS Fecha: 22/02/2023

1. TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (TOMA DE DATOS)

HORA DE INICIO: 8:55

N°	HORA	AGUJA*	CARGA (Lb)
1ra LECTURA	11:40	1	150
2da LECTURA	12:13	2	202
3ra LECTURA	12:30	3	182
4ta LECTURA	12:48	4	116
5ta LECTURA	13:03	4	177
6ta LECTURA	13:18	5	163
7ma LECTURA	13:33	6	110
8va LECTURA	13:48	6	134
9na LECTURA			
10ma LECTURA			
11ma LECTURA			
12ma LECTURA			
13ra LECTURA			
14ta LECTURA			
15ta LECTURA			

Aguja	Diametro (cm)
1	2.85
2	2.02
3	1.42
4	0.89
5	0.63
6	0.40

Patrom

EXPEDIENTE N° : MUESTRAS 0.55 Fecha: 22/02/2023

1. TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (TOMA DE DATOS)

HORA DE INICIO: 9:32.

N°	HORA	AGUJA*	CARGA (Lb)
1ra LECTURA	12:15	1	146
2da LECTURA	12:30	1	184
3ra LECTURA	12:50	2	196
4ta LECTURA	13:05	3	140
5ta LECTURA	13:20	4	85
6ta LECTURA	13:35	4	98
7ma LECTURA	13:50	4	120
8va LECTURA	14:05	4	164
9na LECTURA	14:20	5	110
10ma LECTURA	14:35	5	162
11ma LECTURA	14:50	5	200
12ma LECTURA	15:05	6	123
13ra LECTURA			
14ta LECTURA			
15ta LECTURA			

Aguja	Diametro (cm)
1	2.85
2	2.02
3	1.42
4	0.89
5	0.63
6	0.40

Muestra 1

fecha **22/02/2023**

Peso pipeta: 68,4 g

Hora de Inicio: 8:57 am

HORA	PESO (g)
9:07	6,9
9:17	9,7
9:27	6,6
9:37	5,1
10:07	12,9
10:37	1,6

Muestra 2

Peso pipeta: 69,9 g

Hora de Inicio: 9:52 am

HORA	PESO (g)
10:02	0,9
10:12	6
10:22	6
10:32	6,2
11:02	8
11:32	0,4

Muestra 3

Peso pipeta: 69,9 g

Hora de Inicio: 10:35 am

HORA	PESO (g)
10:45	5,3
10:55	4,4
11:05	3,8
11:15	1,6
11:45	5,8
12:15	0,1

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS

1T - 8:25 AM

NRO	R A/C	FECHA		DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX KG	TIPO
1	0,45	22/02/2023	22/02/2023	10,02	20,76	14230	2
				10,08	20,70		
2	0,45	22/02/2023	22/02/2023	10,06	20,72	15124	5
				10,04	20,74		
3	0,45	22/02/2023	22/02/2023	10,03	20,72	16250	1
				10,03	20,70		

2T - 8:50 AM

NRO	R A/C	FECHA		DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX KG	TIPO
1	0,5	22/02/2023	22/02/2023	10,00	20,78	13246	3
				10,02	20,76		
2	0,5	22/02/2023	22/02/2023	10,00	20,77	13156	2
				10,04	20,75		
3	0,5	22/02/2023	22/02/2023	10,06	20,77	12948	2

2T - 8:50 AM

NRO	R A/C	FECHA		DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MÁX KG	TIPO
1	0,55	22/02/2023	22/02/2023	10,04	20,74	11617	2
				10,03	20,76		
2	0,55	22/02/2023	22/02/2023	10,02	20,77	10770	2
				10,03	20,78		
3	0,55	22/02/2023	22/02/2023	10,05	20,72	11591	2
				10,03	20,76		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS

PATRON 0,45 3 DIAS

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	25/02/2023	10,07	20,63	3961	20338	2
			10	21,06			
M-2	22/02/2023	25/02/2023	10,02	20,78	3858	19803	2
			10,08	20,76			
M-3	22/02/2023	25/02/2023	10,16	20,79	4003	22094	2
			10,19	20,78			

PATRON 0,50 3 DIAS

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	25/02/2023	10,04	20,66	3945	21365	2
			10,06	20,76			
M-2	22/02/2023	25/02/2023	9,98	21,1	3886,1	19238	4
			9,99	21,09			
M-3	22/02/2023	25/02/2023	10,17	20,24	3986,3	22779	2
			10,22	20,32			

PATRON 0,55 3 DIAS

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	25/02/2023	10,04	20,72	3868	19982	4
			10,05	20,7			
M-2	22/02/2023	25/02/2023	10,06	20,55	3844	19495	4
			10	20,69			
M-3	22/02/2023	25/02/2023	10,08	20,7	3861,1	20800	4
			10,09	20,67			

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS

PATRON 0,45 **7 DIAS**

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	01/03/2023	10,01	20,3	3895	22951	3
			10,04	20,32			
M-2	22/02/2023	01/03/2023	10,07	20,22	3953,4	23805	2
			10,05	20,3			
M-3	22/02/2023	01/03/2023	10,15	20,51	4010,5	25620	3
			10,13	20,5			

PATRON 0,50 **7 DIAS**

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	01/03/2023	10,04	20,66	3935,1	21502	3
			10,06	20,76			
M-2	22/02/2023	01/03/2023	9,98	21,1	3945,4	24492	3
			9,99	21,09			
M-3	22/02/2023	01/03/2023	10,17	20,24	3975,7	24361	3
			10,22	20,32			

PATRON 0,55 **7 DIAS**

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	01/03/2023	10,1	20,16	4058,2	24101	2
			10,14	20,2			
M-2	22/02/2023	01/03/2023	10,11	20,15	3873,6	21186	2
			10,13	20,12			
M-3	22/02/2023	01/03/2023	10,16	20,11	4035,4	24242	2
			10,13	20,1			

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS

PATRON 0,45 **14 DIAS**

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	08/03/2023	10,10	20,43	3987,8	29567	2
			10,15	20,20			
M-2	22/02/2023	08/03/2023	9,90	20,85	3917,2	27707	2
			9,05	20,65			
M-3	22/02/2023	08/03/2023	10,15	20,45	3847,7	25973	5
			10,20	20,45			

PATRON 0,50 **14 DIAS**

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	08/03/2023	10,00	20,70	3968,4	24034	5
			10,00	20,30			
M-2	22/02/2023	08/03/2023	10,05	20,70	3999,2	25450	5
			10,00	20,75			
M-3	22/02/2023	08/03/2023	10,10	20,55	4048,1	22171	5
			10,15	20,50			

PATRON 0,55 **14 DIAS**

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	08/03/2023	9,90	20,70	3895,7	25330	5
			9,90	20,60			
M-2	22/02/2023	08/03/2023	9,95	20,55	3879,6	25354	5
			9,95	20,50			
M-3	22/02/2023	08/03/2023	9,95	20,60	3913,8	24776	3
			9,95	20,65			

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICASPATRON 0,45 **28 DIAS**

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	22/03/2023	10,00	20,20	3849,5	25498	2
			10,10	20,30			
M-2	22/02/2023	22/03/2023	10,00	20,40	3843,7	27960	2
			9,90	20,45			
M-3	22/02/2023	22/03/2023	10,10	20,72	3944,8	30763	2
			9,90	20,55			

PATRON 0,50 **28 DIAS**

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	22/03/2023	10,23	20,51	4026,4	27532	5
			10,14	20,69			
M-2	22/02/2023	22/03/2023	10,11	20,51	3991,6	23520	5
			10,08	20,38			
M-3	22/02/2023	22/03/2023	10,05	20,41	4004,8	32449	2
			10,22	20,55			

PATRON 0,55 **28 DIAS**

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	22/03/2023	10,29	20,62	3964,8	28204	2
			10,28	20,44			
M-2	22/02/2023	22/03/2023	9,85	20,81	3911	28737	2
			10,05	20,84			
M-3	22/02/2023	22/03/2023	10,02	20,84	3971,5	28480	2
			10,04	20,92			

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS

PATRON 0,45 28 DIAS

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	22/03/2023	10,00	20,20	3849,5	25498	2
			10,10	20,30			
M-2	22/02/2023	22/03/2023	10,00	20,40	3843,7	27960	2
			9,90	20,45			
M-3	22/02/2023	22/03/2023	10,10	20,72	3944,8	30763	2
			9,90	20,55			

PATRON 0,50 28 DIAS

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	22/03/2023	10,23	20,51	4026,4	27532	5
			10,14	20,69			
M-2	22/02/2023	22/03/2023	10,11	20,51	3991,6	23520	5
			10,08	20,38			
M-3	22/02/2023	22/03/2023	10,05	20,41	4004,8	32449	2
			10,22	20,55			

PATRON 0,55 28 DIAS

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA	FECHA	DIAMETRO cm	ALTURA (cm)	CARGA MAX (kg)		TIPO
M-1	22/02/2023	22/03/2023	10,29	20,62	3964,8	28204	2
			10,28	20,44			
M-2	22/02/2023	22/03/2023	9,85	20,81	3911	28737	2
			10,05	20,84			
M-3	22/02/2023	22/03/2023	10,02	20,84	3971,5	28480	2
			10,04	20,92			

CLIENTE: **Victor**

OBRA: **1983**

LEM - FC - UM

DISCINO DE MEZCLAS FC = ... y Kg/cm²

Nº Expediente: **MUESTRAS**

ITEM

1. P.E. 1.13

2. P.E. 2.30

3. P.E. 3.50

4. P.E. 4.75

5. P.E. 6.00

6. P.E. 7.25

7. P.E. 8.50

8. P.E. 9.75

9. P.E. 11.00

10. P.E. 12.25

11. P.E. 13.50

12. P.E. 14.75

13. P.E. 16.00

14. P.E. 17.25

15. P.E. 18.50

16. P.E. 19.75

17. P.E. 21.00

18. P.E. 22.25

19. P.E. 23.50

20. P.E. 24.75

21. P.E. 26.00

22. P.E. 27.25

23. P.E. 28.50

24. P.E. 29.75

25. P.E. 31.00

26. P.E. 32.25

27. P.E. 33.50

28. P.E. 34.75

29. P.E. 36.00

30. P.E. 37.25

31. P.E. 38.50

32. P.E. 39.75

33. P.E. 41.00

34. P.E. 42.25

35. P.E. 43.50

36. P.E. 44.75

37. P.E. 46.00

38. P.E. 47.25

39. P.E. 48.50

40. P.E. 49.75

41. P.E. 51.00

42. P.E. 52.25

43. P.E. 53.50

44. P.E. 54.75

45. P.E. 56.00

46. P.E. 57.25

47. P.E. 58.50

48. P.E. 59.75

49. P.E. 61.00

50. P.E. 62.25

51. P.E. 63.50

52. P.E. 64.75

53. P.E. 66.00

54. P.E. 67.25

55. P.E. 68.50

56. P.E. 69.75

57. P.E. 71.00

58. P.E. 72.25

59. P.E. 73.50

60. P.E. 74.75

61. P.E. 76.00

62. P.E. 77.25

63. P.E. 78.50

64. P.E. 79.75

65. P.E. 81.00

66. P.E. 82.25

67. P.E. 83.50

68. P.E. 84.75

69. P.E. 86.00

70. P.E. 87.25

71. P.E. 88.50

72. P.E. 89.75

73. P.E. 91.00

74. P.E. 92.25

75. P.E. 93.50

76. P.E. 94.75

77. P.E. 96.00

78. P.E. 97.25

79. P.E. 98.50

80. P.E. 99.75

81. P.E. 101.00

82. P.E. 102.25

83. P.E. 103.50

84. P.E. 104.75

85. P.E. 106.00

86. P.E. 107.25

87. P.E. 108.50

88. P.E. 109.75

89. P.E. 111.00

90. P.E. 112.25

91. P.E. 113.50

92. P.E. 114.75

93. P.E. 116.00

94. P.E. 117.25

95. P.E. 118.50

96. P.E. 119.75

97. P.E. 121.00

98. P.E. 122.25

99. P.E. 123.50

100. P.E. 124.75

101. P.E. 126.00

102. P.E. 127.25

103. P.E. 128.50

104. P.E. 129.75

105. P.E. 131.00

106. P.E. 132.25

107. P.E. 133.50

108. P.E. 134.75

109. P.E. 136.00

110. P.E. 137.25

111. P.E. 138.50

112. P.E. 139.75

113. P.E. 141.00

114. P.E. 142.25

115. P.E. 143.50

116. P.E. 144.75

117. P.E. 146.00

118. P.E. 147.25

119. P.E. 148.50

120. P.E. 149.75

121. P.E. 151.00

122. P.E. 152.25

123. P.E. 153.50

124. P.E. 154.75

125. P.E. 156.00

126. P.E. 157.25

127. P.E. 158.50

128. P.E. 159.75

129. P.E. 161.00

130. P.E. 162.25

131. P.E. 163.50

132. P.E. 164.75

133. P.E. 166.00

134. P.E. 167.25

135. P.E. 168.50

136. P.E. 169.75

137. P.E. 171.00

138. P.E. 172.25

139. P.E. 173.50

140. P.E. 174.75

141. P.E. 176.00

142. P.E. 177.25

143. P.E. 178.50

144. P.E. 179.75

145. P.E. 181.00

146. P.E. 182.25

147. P.E. 183.50

148. P.E. 184.75

149. P.E. 186.00

150. P.E. 187.25

151. P.E. 188.50

152. P.E. 189.75

153. P.E. 191.00

154. P.E. 192.25

155. P.E. 193.50

156. P.E. 194.75

157. P.E. 196.00

158. P.E. 197.25

159. P.E. 198.50

160. P.E. 199.75

161. P.E. 201.00

162. P.E. 202.25

163. P.E. 203.50

164. P.E. 204.75

165. P.E. 206.00

166. P.E. 207.25

167. P.E. 208.50

168. P.E. 209.75

169. P.E. 211.00

170. P.E. 212.25

171. P.E. 213.50

172. P.E. 214.75

173. P.E. 216.00

174. P.E. 217.25

175. P.E. 218.50

176. P.E. 219.75

177. P.E. 221.00

178. P.E. 222.25

179. P.E. 223.50

180. P.E. 224.75

181. P.E. 226.00

182. P.E. 227.25

183. P.E. 228.50

184. P.E. 229.75

185. P.E. 231.00

186. P.E. 232.25

187. P.E. 233.50

188. P.E. 234.75

189. P.E. 236.00

190. P.E. 237.25

191. P.E. 238.50

192. P.E. 239.75

193. P.E. 241.00

194. P.E. 242.25

195. P.E. 243.50

196. P.E. 244.75

197. P.E. 246.00

198. P.E. 247.25

199. P.E. 248.50

200. P.E. 249.75

201. P.E. 251.00

202. P.E. 252.25

203. P.E. 253.50

204. P.E. 254

TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

MUESTRAS 0,85 Lt/bc 0,45 27/02/2023

HORA DE INICIO 8:43

NRO	HORA	AGUJA	CARGA (lb)
1ra Lectura	10:01	1	5
2da Lectura	10:34	1	78
3ra Lectura	10:59	2	135
4ta Lectura	11:15	3	126
5ta Lectura	11:30	4	92
6ta Lectura	11:45	4	183
7ma Lectura	12:05	5	143
8va Lectura	12:28	6	129
9na Lectura	12:42	6	-

Aguja	Diametro (cm)
1	2,85
2	2,02
3	1,42
4	0,89
5	0,63
6	0,40

TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

MUESTRAS 0,85 Lt/bc 0,5 27/02/2023

HORA DE INICIO 9:25 am

NRO	HORA	AGUJA	CARGA (lb)
1ra Lectura	10:35	1	12
2da Lectura	10:58	1	42
3ra Lectura	11:18	1	145
4ta Lectura	11:32	2	147
5ta Lectura	11:47	3	189
6ta Lectura	12:06	4	146
7ma Lectura	12:30	5	146
8va Lectura	12:43	6	151
9na Lectura	12:53	6	180

Aguja	Diametro (cm)
1	2,85
2	2,02
3	1,42
4	0,89
5	0,63
6	0,40

TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

MUESTRAS 0,85 Lt/bc 0,55 27/02/2023

HORA DE INICIO 9:55 am

NRO	HORA	AGUJA	CARGA (lb)
1ra Lectura	11:35	1	21
2da Lectura	11:49	1	85
3ra Lectura	12:09	1	171
4ta Lectura	12:31	3	122
5ta Lectura	12:45	3	197
6ta Lectura	12:55	4	158
7ma Lectura	1:05	5	68
8va Lectura	1:15	5	152
9na Lectura	1:25	6	72
10ma Lectura	1:35	6	94
11ma Lectura	1:45	6	154

Aguja	Diametro (cm)
1	2,85
2	2,02
3	1,42
4	0,89
5	0,63
6	0,40

27/02/2023**DISEÑO 1**

PESO PIPETA 74,8 g
HORA INICIO 9:08 AM
a/c 0,45
ADITIVO 0,85 Lt

HORA	PESO (g)
9:18	-
9:28	2,6
9:38	4,2
9:48	3,2
10:18	3,8
10:48	-

27/02/2023**DISEÑO 2**

PESO PIPETA 70,5 g
HORA INICIO 9:40 AM
a/c 0,55
ADITIVO 0,85 Lt

HORA	PESO (g)
9:50	-
10:00	-
10:10	0,5
10:20	0,8
10:50	0,2
11:20	-

27/02/2023**DISEÑO 2**

PESO PIPETA 70,0 g
HORA INICIO 10:26 AM
a/c 0,55
ADITIVO 0,85 Lt

HORA	PESO (g)
10:36	0,6
10:46	0,4
10:56	1,4
11:06	1,1
11:36	0,1
12:06	-

Anexo 02. Fichas de toma de datos de resistencia a la compresión

FORMATO DE ENSAYO		Código: F01-AT-PR-12	 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas					
		Versión: 01						
		Página: 1 de 1						
		Fecha: 30/11/2021						
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL ☐	PREFERENCIAL ☐					
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ ☐	NO ☐					
INFORMACIÓN: - Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%. - Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216. - Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha. - Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.								
Fecha de término del ensayo: _____								
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
	0.85 Lt/bc	27/02/23	28/02/23					
1	0.45	27/02/23	28/02/23	10.25 10.17	20.54 20.60	3949.2	14504	5
2	0.45	27/02/23	"	10.20 10.11	20.68 20.61	3952.7	17188	5
3	0.45	27/02/23	"	10.20 10.21	20.42 20.50	3918.1	17613	5
4	0.50	27/02/23	28/02/23	10.05 10.09	20.63 20.61	3899.8	13749	5
5	0.50	"	"	10.17 10.19	20.70 20.72	3954.2	15891	6
6	0.50	"	"	10.15 10.07	20.67 20.64	3890.3	13568	5
7	0.55	27/02/23	28/02/23	10.05 9.99	20.72 20.71	3892.3	13474	5
8	0.55	"	"	9.99 10.06	20.63 20.68	3915.8	12633	6
9	0.55	"	"	9.99 10.07	20.68 20.66	3882.1	14118	5

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad.

Rellenado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Maquina de Ensayo: _____ Certificado de calibración: _____

Ing. Responsable: _____ Técnico: _____

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.uni.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO		Código: F01-AT-PR-12		N° Expediente:				
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS		Versión: 01		N° Factura:				
NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		Página: ... de ...		N° Orden de Pago:				
		Fecha: 10/11/2021						
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL ☐ PREFERENCIAL ☐						
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ ☐ NO ☐						
INFORMACIÓN: - Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%. - Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216. - Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha. - Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.								
TIPOS DE FRACTURA TIPO 1 TIPO 2 TIPO 3 TIPO 4 TIPO 5 TIPO 6								
VICTOR Fecha de término del ensayo:								
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
1	0.45	27-2-23	2-3-23	10.02 10.01	20.67 20.64	4009.3	24081	2
2	0.45	"	"	10.03 10.01	20.66 20.67	3966.2	20644	2
3	0.45	"	"	10.02 10.01	20.66 20.64	3961.9	22068	2
2º T								
1	0.50	27-2-23	2-3-23	10.02 10.03	20.66 20.63	3845.6	23112	2
2	0.50	"	"	10.01 10.02	20.67 20.64	3906.7	22920	2
3	0.50	"	"	10.01 10.03	20.65 20.63	3941.8	22248	2
3º T								
1	0.55	27-2-23	2-3-23	10.03 10.01	20.66 20.64	3931.1	19956	2
2	0.55	"	"	10.02 10.03	20.63 20.67	3958.1	21455	2
3	0.55	"	"	10.01 10.02	20.65 20.66	4008.6	21777	2
30 0.85 Lt/BC								

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad.
Rellenado por el personal del LEM ✓

FORMATO DE ENSAYO				Código: FOI-AT-PR 12		N° Expediente:		
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS				Versión: 01		N° Factura:		
NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas				Página: ... de ...		N° Orden de Pago:		
				Fecha: 10/11/2021				
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL ☐ PREFERENCIAL ☐						
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ ☐ NO ☐						
INFORMACIÓN: <i>VICTOR</i> - Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%. - Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216. - Entrega de Informe: 3 días hábiles a partir de la fecha. - Las casillas sombreadas serán rellenadas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.								
Fecha de término del ensayo: _____								
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
1	0.45	27-3-23	6-3-23	10.02	20.66	3979.6	26213	3
2	0.45	//	//	10.02	20.67	4010.1	27383	3
3	0.45	//	//	10.01	20.65	3905.4	27870	2
1	0.50	27-3-23	6-3-23	10.01	20.67	3883.6	25287	2
2	0.50	//	//	10.01	20.66	3918.4	25369	2
3	0.50	//	//	10.02	20.68	3887.9	26250	2
1	0.55	27-3-23	6-3-23	10.05	20.66	3939.5	24934	3
2	0.55	//	//	10.06	20.65	3925.4	24352	5
3	0.55	//	//	10.03	20.62	3926.4	24191	2
<i>7d 0.8524/Bc</i>								

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad.
Rellenado por el personal del LEM

FORMATO DE ENSAYO		Código:	F01-AT-PR-12
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		Versión:	01
		Página:	de
		Fecha:	10/11/2021

TIPO DE SERVICIO: NORMAL ☐ PREFERENCIAL ☐

CÁLCULO DE DENSIDAD: SÍ ☐ NO ☐

N° Expediente:

N° Factura:

N° Orden de Pago:

INFORMACIÓN:

- Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%.
- Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216.
- Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha.
- Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.

Fecha de término del ensayo:

TIPOS DE FRACTURA

TIPO 1

TIPO 2

TIPO 3

TIPO 4

TIPO 5

TIPO 6

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
1	0.45	27-2-23	13-2-23	10.02	20.64	4022.5	29209.	5
2	0.45	"	"	10.01	20.61	3926.4	27345.	2
3	0.45	"	"	10.02	20.63	4042.2	29940	3
		"						
1	0.50	"	"	10.02	20.57	3956.5	29500.	3
2	0.50	"	"	10.03	20.61	3959.2	30931	5
3	0.50	"	"	10.04	20.62	3961.0	30774	2
				10.01	20.63	3987.1		
1	0.55	"	"	10.02	20.64	3987.1	28564	2
2	0.55	"	"	10.02	20.67	3926.6	26000	2
3	0.55	"	"	10.03	20.65	3922.8	26850	2
				10.01	20.67			
				10.02	20.66			

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 14 d / 0.854 / Bc

Rellenado por el personal del LEM

Rellenado por el personal del LEM

Anexo 03. FICHA DE TOMA DE DATOS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

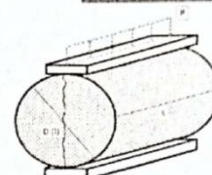
FORMATO DE ENSAYO		Código:	S/C		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO NTP 339.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral		Versión:	01		N° Factura:
		Página:	de		N° Orden de Pago:
		Fecha:	10/11/2021		

TIPO DE SERVICIO: ☐ NORMAL ☐ PREFERENCIAL
 CÁLCULO DE DENSIDAD: ☒ SÍ ☐ NO

Información:

- * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro (D_i) en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto
- * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm²)

Fecha de término del ensayo: _____



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)
		OBTENCIÓN	ENSAYO				
1	0-1 0.45	27-2-23	27/3/21	10.11 10.17 10.21	20.32 20.20	3988.3	14880
2	" " " "	"	"	10.02 10.13 10.11	20.55 20.58	3983.2	12925
3	" " " "	"	"	9.99 10.08 10.18	20.61 20.68	3902.4	14360
4							
5	0-2 0.50	"	"	9.74 9.95 10.15	20.33 20.35	3851.6	9308
6	" " " "	"	"	9.45 10.10 10.27	20.67 20.65	3889.8	13089
7	" " " "	"	"	10.12 10.25 10.28	20.35 20.46	3976.8	11618
8							
9	0-3 0.55	"	"	9.91 10.17 10.31	20.97 20.81	4025.4	9266
10	" " " "	"	"	10.12 10.23 10.28	20.65 20.68	4042.6	9244
11	" " " "	"	"	10.00 10.16 10.11	20.24 20.31	3914.4	11765
12							

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad.

28d / 0.85 Lt / Bc

Rellenado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA USANDO ADITIVO ACELERANTE LÍQUIDO Y CEMENTO PORTLAND TIPO I
Bach. Cabezas Figueroa, Víctor Enrique

[illegible]

EXPEDIENTE N°

: MUESTRAS 1.30 LT/BC

Fecha:

28/02/2023

1. TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (TOMA DE DATOS)

HORA DE INICIO:

8:36 am

0.45

N°	HORA	AGUJA*	CARGA (Lb)
1ra LECTURA	10:35	1	141
2da LECTURA	10:50	2	154
3ra LECTURA	11:05	3	152
4ta LECTURA	11:23	4	156
5ta LECTURA	11:43	5	140
6ta LECTURA	12:07	6	139
7ma LECTURA	12:22	6	152
8va LECTURA	12:37	6	—
9na LECTURA			
10ma LECTURA			
11ma LECTURA			
12ma LECTURA			
13ra LECTURA			
14ta LECTURA			
15ta LECTURA			

Aguja	Diametro (cm)
1	2.85
2	2.02
3	1.42
4	0.89
5	0.63
6	0.40

EXPEDIENTE N° : MUESTRAS 1.30 LT/BC Fecha: 28/02/2023

1. TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (TOMA DE DATOS)

HORA DE INICIO: 9:16 am
D.S.O

N°	HORA	AGUJA*	CARGA (Lb)
1ra LECTURA	10:36	1	30
2da LECTURA	10:51	1	194
3ra LECTURA	11:06	2	142
4ta LECTURA	11:25	3	170
5ta LECTURA	11:45	4	141
6ta LECTURA	12:08	5	125
7ma LECTURA	12:23	6	145
8va LECTURA	12:38	6	163
9na LECTURA	12:55	6	188
10ma LECTURA			
11ma LECTURA			
12ma LECTURA			
13ra LECTURA			
14ta LECTURA			
15ta LECTURA			

100

200

Aguja	Diametro (cm)
1	2.85
2	2.02
3	1.42
4	0.89
5	0.63
6	0.40

EXPEDIENTE N° : MUESTRAS 1.30 LT/BC

Fecha: 28/02/2023

1. TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (TOMA DE DATOS)

HORA DE INICIO: 9:52 am

0.55

N°	HORA	AGUJA*	CARGA (Lb)
1ra LECTURA	11:10	1	47
2da LECTURA	11:28	1	154
3ra LECTURA	11:48	2	170
4ta LECTURA	12:10	3	192
5ta LECTURA	12:25	4	188
6ta LECTURA	12:45	5	163
7ma LECTURA	12:57	5	187
8va LECTURA	1:10	6	153
9na LECTURA	1:20	6	—
10ma LECTURA			
11ma LECTURA			
12ma LECTURA			
13ra LECTURA			
14ta LECTURA			
15ta LECTURA			

200

Aguja	Diametro (cm)
1	2.85
2	2.02
3	1.42
4	0.89
5	0.63
6	0.40

DISEÑO 1

PESO PIPETA: 65.4g.

28/02/23

HORA INICIO: 9:04am.

a/c: 0.45

aditivo: 1.30 Lt.

HORA	PESO (g)
9:14am	—
9:24am	3.8
9:34am.	1.4
9:44am.	0.7
10:14am.	—

DISEÑO 2

PESO PIPETA: 69.8g

HORA INICIO: 9:32am.

a/c: 0.50

aditivo: 1.30 Lt.

HORA	PESO (g)
9:42 am.	0.6
9:52 am.	1.3
10:02 am.	1
10:12 am.	0.3
10:42 am.	0.1

DISEÑO 3

PESO PIPETA: 71.2g.

HORA INICIO: 10:03am.

a/c: 0.55

aditivo: 1.30 Lt.

HORA	PESO (g)
10:13 am.	0.1
10:23 am.	1
10:33 am.	0.8
10:43 am.	1
11:13 am.	—

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA USANDO ADITIVO ACELERANTE
LÍQUIDO Y CEMENTO PORTLAND TIPO I
Bach. Cabezas Figueroa, Víctor Enrique

FORMATO DE ENSAYO		Código: F01-AT-PB-13
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		
Versión: 01 Página: 1 de 1 Fecha: 10/11/2021		
TIPO DE SERVICIO:	NORMAL ☒ PREFERENCIAL ☐	
CÁLCULO DE DENSIDAD:	SÍ ☐ NO ☐	

INFORMACIÓN:

- Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%.
- Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216.
- Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha.
- Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.

TIPOS DE FRACTURA

VICTOR

Fecha de término del ensayo: _____

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
1	0.45	28-2-23	3-3-23	10.01	20.66	3930.6	22570	5
2	0.45	"	"	10.02	20.65	3977.2	26058	2
3	0.45	"	"	10.01	20.66	3933.1	23268	2
4	0.50	28-2-23	3-3-23	10.03	20.62	3865.6	22989	3
2	0.50	"	"	10.00	20.66	3848.8	22721	5
3	0.50	"	"	10.02	20.63	3904.2	24258	2
1	0.55	28-2-23	3-3-23	10.02	20.67	3827.7	16945	2
2	0.55	"	"	10.01	20.64	3954.2	23020	2
3	0.55	"	"	10.03	20.65	3941.9	21566	2

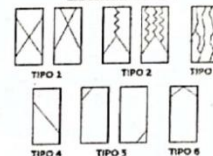
¹ Rellenar únicamente cuando se solicita cálculo de densidad.

1.30 Lt/mc 3d

Rellenado por el personal del LEM

INFORMACIÓN:

- ### TIPOS DE FRACTURA



Fecha de término del ensayo:

[illegible]

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad

Rellenado por el personal del LEM

7d / 1.30 Lt / BC

FORMATO DE ENSAYO		Código: F01-AT-PR-12						
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS		Versión: 01						
NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		Página: ... de ...						
		Fecha: 10/11/2021						
TIPO DE SERVICIO:	NORMAL ☐ PREFERENCIAL ☐							
CÁLCULO DE DENSIDAD:	SÍ ☐ NO ☐							
INFORMACIÓN: - Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%. - Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216. - Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha. - Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.								
		TIPOS DE FRACTURA TIPO 1 TIPO 2 TIPO 3 TIPO 4 TIPO 5 TIPO 6						
Fecha de término del ensayo: _____								
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
1	0.45	28-3-23	14-3-23	10.02	20.66	3896.7	29656	2
2	0.45	"	"	10.01	20.65	3973.6	29362	2
3	0.45	"	"	10.00	20.67	3805.4	31066	3
1	0.50	"	"	10.01	20.65	3922.5	26767	2
2	0.50	"	"	10.02	20.67	3954.3	28595	2
3	0.50	"	"	10.01	20.60	3934.2	26090	5
1	0.55	"	"	10.01	20.64	3873.7	27536	2
2	0.55	"	"	10.03	20.67	4051.1	27866	5
3	0.55	"	"	10.01	20.66	3930.4	27345	2

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad.

Rellenado por el personal del LEM: 140/1.30 Lt/Bc.

INFORMACIÓN:

- Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%.
- Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5" estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216.
- Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha
- Las casillas sombreadas serán rellenadas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.

Fecha de término del ensayo:

[illegible]

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad.

20d/1.30 Lt/BC

Rellenado por el personal del LEM

FORMATO DE ENSAYO		Código:	S/C
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO		Versión:	01
NTP 339.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral		Página:	de
		Fecha:	10/11/2021

TIPO DE SERVICIO:

CÁLCULO DE DENSIDAD:

NORMAL

SÍ

PREFERENCIAL

NO

N° Expediente:

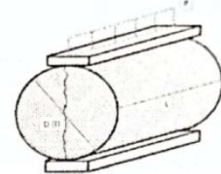
N° Factura:

N° Orden de Pago:

Información:

- * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro (D_i) en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto
- * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción Indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm²)

Fecha de término del ensayo: _____



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)
		OBTENCIÓN	ENSAYO				
1		28-2-23	28-3-23	9.94 10.37 10.42	20.60 20.54	3898.4	7734
2		"	"	10.05 10.10 10.19	20.38 20.39	3958.2	9073
3		"	"	10.11 10.21 10.20	20.27 20.23	3935.4	11010
4							
5		"	"	9.90 10.10 10.14	20.49 20.56	3872.5	10570
6		"	"	10.80 10.17 10.24	20.71 20.90	3945.2	4476 11142
7		"	"	10.80 10.10 10.20	20.59 20.60	3946.3	10176
8							
9		"	"	10.09 10.20 10.21	20.54 20.54	3989.7	10268
10		"	"	10.01 10.13 10.15	20.63 20.66	3984.6	11336
11		"	"	10.12 10.24 10.20	20.50 20.31	3959.3	10857
12							

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 28d/1.30 (t/8)

Rellenado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

08:55	12:13	03:18:00	198	2.02	0.795	0.496	202	406.654
08:55	12:30	03:35:00	215	1.42	0.559	0.245	182	741.431
08:55	12:48	03:53:00	233	0.89	0.350	0.096	116	1202.969
08:55	13:03	04:08:00	248	0.89	0.350	0.096	177	1835.565
08:55	13:18	04:23:00	263	0.63	0.248	0.048	163	3373.518
08:55	13:33	04:38:00	278	0.4	0.157	0.019	110	5647.408
08:55	13:48	04:53:00	293	0.4	0.157	0.019	134	6879.570

Fuente. Elaboración propia

Capacidad de resistencia de concreto patrón a/c= 0.55

Hora de inicio	Hora de lectura	Tiempo transcurrido	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja	Diámetro de la aguja (pulgadas)	Área (pulgadas ²)	Fuerza (libras)	Resistencia
09:32	12:15	02:43:00	163	2.85	1.122	0.988	46	46.520
09:32	12:30	02:58:00	178	2.85	1.122	0.988	184	186.082
09:32	12:50	03:18:00	198	2.02	0.795	0.496	196	394.575
09:32	13:05	03:33:00	213	1.42	0.559	0.245	140	570.332
09:32	13:20	03:48:00	228	0.89	0.350	0.096	85	881.486
09:32	13:35	04:03:00	243	0.89	0.350	0.096	98	1016.301
09:32	13:50	04:18:00	258	0.89	0.350	0.096	120	1244.450
09:32	14:05	04:33:00	273	0.89	0.350	0.096	164	1700.749
09:32	14:20	04:48:00	288	0.63	0.248	0.048	110	2276.607
09:32	14:35	05:03:00	303	0.63	0.248	0.048	162	3352.821
09:32	14:50	05:18:00	318	0.63	0.248	0.048	200	4139.285
09:32	15:05	05:33:00	333	0.4	0.157	0.019	123	6314.830

Fuente. Elaboración propia

Capacidad de resistencia de concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento a/c=0.45

Hora de inicio	Hora de lectura	Tiempo transcurrido	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja	Diámetro de la aguja (pulgadas)	Área (pulgadas ²)	Fuerza (libras)	Resistencia
08:43	10:01	01:18:00	78	2.85	1.122	0.989	5.000	5.057
08:43	10:34	01:51:00	111	2.85	1.122	0.989	78.000	78.883
08:43	10:59	02:16:00	136	2.02	0.795	0.497	135.000	271.774
08:43	11:18	02:35:00	155	1.42	0.559	0.245	126.000	513.299
08:43	11:30	02:47:00	167	0.89	0.350	0.096	42.000	435.558
08:43	11:45	03:02:00	182	0.89	0.350	0.096	183.000	1897.788
08:43	12:05	03:22:00	202	0.63	0.248	0.048	143.000	2959.589
08:43	12:28	03:45:00	225	0.4	0.157	0.019	129.000	6622.871

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA USANDO ADITIVO ACELERANTE LÍQUIDO Y CEMENTO PORTLAND TIPO I
Bach. Cabezas Figueroa, Víctor Enrique

Fuente. Elaboración propia

Capacidad de resistencia de concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento $a/c=0.50$

Hora de inicio	Hora de lectura	Tiempo transcurrido	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja	Diámetro de la aguja (pulgadas)	Área (pulgadas ²)	Fuerza (libras)	Resistencia
09:25:00	10:35	01:10:00	70	2.85	1.122	0.989	12.000	12.136
09:25:00	10:58	01:33:00	93	2.85	1.122	0.989	42.000	42.475
09:25:00	11:18	01:53:00	113	2.85	1.122	0.989	145.000	146.641
09:25:00	11:32	02:07:00	127	2.02	0.795	0.497	147.000	295.931
09:25:00	11:47	02:22:00	142	1.42	0.559	0.245	189.000	769.948
09:25:00	12:06	02:41:00	161	0.89	0.350	0.096	146.000	1514.082
09:25:00	12:30	03:05:00	185	0.63	0.248	0.048	146.000	3021.679
09:25:00	12:43	03:18:00	198	0.4	0.157	0.019	151.000	7752.352

Fuente. Elaboración propia

Capacidad de resistencia de concreto elaborado con 0.85 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento $a/c=0.55$

Hora de inicio	Hora de lectura	Tiempo transcurrido	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja	Diámetro de la aguja (pulgadas)	Área (pulgadas ²)	Fuerza (libras)	Resistencia
09:55:00	11:35	01:40:00	100	2.85	1.122	0.989	4.000	4.045
09:55:00	11:49	01:54:00	114	2.85	1.122	0.989	85.000	85.962
09:55:00	12:09	02:14:00	134	2.85	1.122	0.989	171.000	172.935
09:55:00	12:31	02:36:00	156	1.42	0.559	0.245	122.000	497.004
09:55:00	12:45	02:50:00	170	1.42	0.559	0.245	197.000	802.539
09:55:00	12:55	03:00:00	180	0.89	0.350	0.096	158.000	1638.527
09:55:00	13:05	03:10:00	190	0.63	0.248	0.048	68.000	1407.357
09:55:00	13:15	03:20:00	200	0.63	0.248	0.048	152.000	3145.857
09:55:00	13:25	03:30:00	210	0.4	0.157	0.019	72.000	3696.486
09:55:00	13:35	03:40:00	220	0.4	0.157	0.019	94.000	4825.968
09:55:00	13:45	03:50:00	230	0.4	0.157	0.019	154.000	7906.373

Fuente. Elaboración propia

Capacidad de resistencia de concreto elaborado con 1.30 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento $a/c=0.45$

Hora de inicio	Hora de lectura	Tiempo transcurrido	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja	Diámetro de la aguja (pulgadas)	Área (pulgadas ²)	Fuerza (libras)	Resistencia
08:36:00	10:35	01:59:00	119	2.85	1.122	0.989	141.000	142.596
08:36:00	10:50	02:14:00	134	2.02	0.795	0.497	154.000	310.023
08:36:00	11:05	02:29:00	149	1.42	0.559	0.245	152.000	619.218
08:36:00	11:23	02:47:00	167	0.89	0.350	0.096	156.000	1617.786
08:36:00	11:43	03:07:00	187	0.63	0.248	0.048	140.000	2897.500
08:36:00	12:07	03:31:00	211	0.4	0.157	0.019	139.000	7136.271
08:36:00	12:22	03:46:00	226	0.4	0.157	0.019	152.000	7803.692

Fuente. Elaboración propia

Tabla N°23.*Capacidad de resistencia con 1.30 lt/bls de aditivo a/c=0.50.*

Hora de inicio	Hora de lectura	Tiempo transcurrido	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja	Diámetro de la aguja (pulgadas)	Área (pulgadas ²)	Fuerza (libras)	Resistencia
09:16:00	10:36	01:20:00	80	2.85	1.122	0.989	30.000	30.339
09:16:00	10:51	01:35:00	95	2.85	1.122	0.989	194.000	196.195
09:16:00	11:06	01:50:00	110	2.02	0.795	0.497	142.000	285.866
09:16:00	11:25	02:09:00	129	1.42	0.559	0.245	170.000	692.546
09:16:00	11:45	02:29:00	139	0.89	0.350	0.096	141.000	1462.230
09:16:00	12:08	02:52:00	172	0.63	0.248	0.048	125.000	2587.054
09:16:00	12:23	03:07:00	187	0.4	0.157	0.019	145.000	7444.312
09:16:00	12:38	03:22:00	202	0.4	0.157	0.019	163.000	8368.433
09:16:00	12:55	03:39:00	219	0.4	0.157	0.019	188.000	9651.935

Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla 27 se muestran los resultados de la evaluación del tiempo de fraguado en el concreto elaborado con 1.30 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación a/c=0.55, en el cual el tiempo inicial de fraguado fue de 02:00:00 y el tiempo de fraguado final fue de 02:56:00.

Tabla N°24.*Capacidad de resistencia con 1.30 lt/bls de aditivo a/c=0.55.*

Hora de inicio	Hora de lectura	Tiempo transcurrido	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja	Diámetro de la aguja (pulgadas)	Área (pulgadas ²)	Fuerza (libras)	Resistencia
09:52:00	11:10	01:18:00	78	2.85	1.122	0.989	47.000	47.532
09:52:00	11:28	01:36:00	96	2.85	1.122	0.989	154.000	155.743
09:52:00	11:48	01:56:00	116	2.02	0.795	0.497	170.000	342.234
09:52:00	12:10	02:18:00	138	1.42	0.559	0.245	192.000	782.170
09:52:00	12:25	02:33:00	153	0.89	0.350	0.096	188.000	1949.640
09:52:00	12:45	02:53:00	173	0.63	0.248	0.048	163.000	3373.518
09:52:00	12:57	03:05:00	185	0.63	0.248	0.048	200.000	4139.286
09:52:00	13:10	03:18:00	198	0.63	0.248	0.048	153.000	3166.554

Fuente. Elaboración propia.

Por último se muestran los resultados de la evaluación del tiempo de fraguado en el concreto elaborado con 1.70 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación a/c=0.45, en el cual el tiempo inicial de fraguado fue de 02:23:00 y el tiempo de fraguado final fue de 03:13:00.

Tabla N°25.*Capacidad de resistencia con 1.70 lt/bls de aditivo a/c=0.45.*

Hora de inicio	Hora de lectura	Tiempo transcurrido	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja	Diámetro de la aguja (pulgadas)	Área (pulgadas ²)	Fuerza (libras)	Resistencia
08:36:00	10:35	01:59:00	119	2.85	1.122	0.989	141.000	142.596
08:36:00	10:50	02:14:00	134	2.02	0.795	0.497	154.000	310.023
08:36:00	11:05	02:29:00	149	1.42	0.559	0.245	152.000	619.218
08:36:00	11:23	02:47:00	167	0.89	0.350	0.096	156.000	1617.786
08:36:00	11:43	03:07:00	187	0.63	0.248	0.048	140.000	2897.500
08:36:00	12:07	03:31:00	211	0.4	0.157	0.019	139.000	7136.271
08:36:00	12:22	03:46:00	226	0.4	0.157	0.019	152.000	7803.692

Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla 29 se muestran los resultados de la evaluación del tiempo de fraguado en el concreto elaborado con 1.30 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación a/c=0.50, en el cual el tiempo inicial de fraguado fue de 02:00:00 y el tiempo de fraguado final fue de 02:56:00.

Tabla N°26.*Capacidad de resistencia con 1.70 lt/bls de aditivo a/c=0.50.*

Hora de inicio	Hora de lectura	Tiempo transcurrido	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja	Diámetro de la aguja (pulgadas)	Área (pulgadas ²)	Fuerza (libras)	Resistencia
09:16:00	10:36	01:20:00	80	2.85	1.122	0.989	30.000	30.339
09:16:00	10:51	01:35:00	95	2.85	1.122	0.989	194.000	196.195
09:16:00	11:06	01:50:00	110	2.02	0.795	0.497	142.000	285.866
09:16:00	11:25	02:09:00	129	1.42	0.559	0.245	170.000	692.546
09:16:00	11:45	02:29:00	139	0.89	0.350	0.096	141.000	1462.230
09:16:00	12:08	02:52:00	172	0.63	0.248	0.048	125.000	2587.054
09:16:00	12:23	03:07:00	187	0.4	0.157	0.019	145.000	7444.312
09:16:00	12:38	03:22:00	202	0.4	0.157	0.019	163.000	8368.433
09:16:00	12:55	03:39:00	219	0.4	0.157	0.019	188.000	9651.935

Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla 30 se muestran los resultados de la evaluación del tiempo de fraguado en el concreto elaborado con 1.30 lt/bls de aditivo por bolsa de cemento con una relación a/c=0.55, en el cual el tiempo inicial de fraguado fue de 02:00:00 y el tiempo de fraguado final fue de 02:56:00.

Tabla N°27.*Capacidad de resistencia con 1.70 lt/bls de aditivo a/c=0.55.*

Hora de inicio	Hora de lectura	Tiempo transcurrido	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja	Diámetro de la aguja (pulgadas)	Área (pulgadas ²)	Fuerza (libras)	Resistencia
09:52:00	11:10	01:18:00	78	2.85	1.122	0.989	47.000	47.532
09:52:00	11:28	01:36:00	96	2.85	1.122	0.989	154.000	155.743
09:52:00	11:48	01:56:00	116	2.02	0.795	0.497	170.000	342.234
09:52:00	12:10	02:18:00	138	1.42	0.559	0.245	192.000	782.170
09:52:00	12:25	02:33:00	153	0.89	0.350	0.096	188.000	1949.640
09:52:00	12:45	02:53:00	173	0.63	0.248	0.048	163.000	3373.518
09:52:00	12:57	03:05:00	185	0.63	0.248	0.048	200.000	4139.286
09:52:00	13:10	03:18:00	198	0.63	0.248	0.048	153.000	3166.554

Fuente. Elaboración propia.

EXPEDIENTE N° : MUESTRAS 1.70 LT/BC

Fecha: 1/03/2023

1. TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (TOMA DE DATOS)

HORA DE INICIO 9:00am
0.45

N°	HORA	AGUJA*	CARGA (Lb)
1ra LECTURA	10:22	1	61
2da LECTURA	10:40	1	175
3ra LECTURA	10:55	2	176
4ta LECTURA	11:20	4	118
5ta LECTURA	11:35	5	90
6ta LECTURA	11:53	5	114
7ma LECTURA	12:09	6	124
8va LECTURA	12:22	6	183
9na LECTURA			
10ma LECTURA			
11ma LECTURA			
12ma LECTURA			
13ra LECTURA			
14ta LECTURA			
15ta LECTURA			

Aguja	Diámetro (cm)
1	2.85
2	2.02
3	1.42
4	0.89
5	0.63
6	0.40

EXPEDIENTE N°

: MUESTRAS 1.70 LT/BC

Fecha:

1/03/2023

1. TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (TOMA DE DATOS)

HORA DE INICIO:

9:30 am

0:50

N°	HORA	AGUJA*	CARGA (Lb)
1ra LECTURA	11:15	1	101
2da LECTURA	11:30	2	96
3ra LECTURA	11:45	3	108
4ta LECTURA	12:02	3	203
5ta LECTURA	12:12	4	122
6ta LECTURA	12:25	4	187
7ma LECTURA	12:37	5	132
8va LECTURA	12:47	5	164
9na LECTURA	13:03	6	133
10ma LECTURA	13:14	6	174
11ma LECTURA	13:30	6	200
12ma LECTURA			
13ra LECTURA			
14ta LECTURA			
15ta LECTURA			

Aguja	Diametro (cm)
1	2.85
2	2.02
3	1.42
4	0.89
5	0.63
6	0.40

EXPEDIENTE N° : MUESTRAS 1.70 LT/BC

Fecha: 1/03/2023

1. TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (TOMA DE DATOS)

HORA DE INICIO: 10:15 am.

0.55

N°	HORA	AGUJA*	CARGA (Lb)
1ra LECTURA	12:05	1	50
2da LECTURA	12:15	1	79
3ra LECTURA	12:27	1	135
4ta LECTURA	12:39	2	146
5ta LECTURA	12:50	3	90
6ta LECTURA	13:05	3	132
7ma LECTURA	13:18	3	150
8va LECTURA	13:33	4	145
9na LECTURA	13:45	5	116
10ma LECTURA	13:55	5	192
11ma LECTURA	14:05	6	198
12ma LECTURA	14:20	6	—
13ra LECTURA	14:41	6	—
14ta LECTURA			
15ta LECTURA			

Aguja	Diametro (cm)
1	2.85
2	2.02
3	1.42
4	0.89
5	0.63
6	0.40

DISEÑO 1

1/03/23

PESO PIPETA: 66.7 g.

HORA INICIO: 9:16 am

α/c : 0.45

aditivo: 1.7 Lt.

HORA	PESO (g)
9:26 am.	0.3
9:36 am.	0.6
9:46 am.	0.5
9:56 am.	1
10:26 am.	—

DISEÑO 2

PESO PIPETA: 70.3 g.

HORA INICIO: 9:47 am

α/c : 0.50

aditivo: 1.7 Lt

HORA	PESO (g)
9:57 am.	0.5
10:07 am.	0.5
10:17 am.	0.9
10:27 am.	0.8
10:57 am.	—

DISEÑO 3

PESO PIPETA: 68.9 g.

HORA INICIO: 10:43 am.

α/c : 0.55

aditivo: 1.7 Lt.

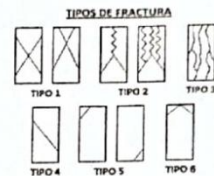
HORA	PESO (g).
10:53 am.	2.3
11:03 am.	0.9
11:13 am.	4.3
11:23 am.	3.4
11:53 am.	0.2

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA USANDO ADITIVO ACELERANTE
LÍQUIDO Y CEMENTO PORTLAND TIPO I
Bach. Cabezas Figueroa, Víctor Enrique

FORMATO DE ENSAYO		Código:	F01-AT-PR-12
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		Versión:	01
		Página:	... de ...
		Fecha:	10/11/2021
TIPO DE SERVICIO:	NORMAL ☐ PREFERENCIAL ☐		
CÁLCULO DE DENSIDAD:	SÍ ☐ NO ☐		

INFORMACIÓN:

- Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%.
- Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216.
- Entrega de Informe: 3 días hábiles a partir de la fecha.
- Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.



Fecha de término del ensayo: _____

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
1	0.45	01/03/23	04/03/23	10.09 10.01	20.90 20.77	3948.0	23630	2
2	0.45	II	II	10.24 10.13	20.46 20.68	3956.3	24587	3
3	0.45	II	II	9.95 9.94	20.56 20.44	3806.7	23105	5
1	0.50	01/03/23	04/03/23	10.05 10.03	20.61 20.60	3904.5	22479	2
2	0.50	II	II	10.10 10.05	20.57 20.65	3897.2	23571	2
3	0.50	II	II	10.05 10.04	20.69 20.68	3881.1	21629	3
1	0.55	01/03/23	04/03/23	10.04 10.05	20.91 21.03	3977.2	19450	3
2	0.55	II	II	9.91 9.93	21.00 21.03	3905.8	19611	3
3	0.55	II	II	10.16 10.18	20.76 20.78	3976.8	19508	5

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad.

Rellenado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Maquina de Ensayo: _____

Certificado de calibración: _____

Ing. Responsable: _____

Técnico: _____

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DCC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.uni.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO				Código:	F01-AT-PR-12
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS				Versión:	01
NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas				Página:	... de ...
				Fecha:	10/11/2021
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL	☒	PREFERENCIAL	☐
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ	☐	NO	☐

INFORMACIÓN:

- Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%.
- Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216.
- Entrega de Informe: 3 días hábiles a partir de la fecha.
- Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.

TIPOS DE FRACTURA

TIPO 1

TIPO 2

TIPO 3

TIPO 4

TIPO 5

TIPO 6

VICTOR

Fecha de término del ensayo: _____

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
1	0.45	1-3-23	8-3-33	10.01	20.67	3972.6	23328	3
				10.02	20.66			
				10.03	20.65			
2	0.45	11	11	10.02	20.67	3961.4	26162	2
				10.02	20.67			
				10.02	20.66			
3	0.45	11	11	10.01	20.67	4036.1	28580	2
				10.01	20.67			
				10.01	20.67			
1	0.50	11	11	10.02	20.66	3950.4	26985	3
				10.03	20.63			
				10.01	20.67			
2	0.50	11	11	10.02	20.65	3856.6	26477	2
				10.02	20.65			
				10.03	20.64			
3	0.50	11	11	10.04	20.66	3978.7	25965	2
				10.04	20.66			
				10.04	20.66			
1	0.55	11	11	10.02	20.67	4042.2	23445	3
				10.01	20.65			
				10.03	20.64			
2	0.55	11	11	10.02	20.65	3964.5	24282	2
				10.02	20.65			
				10.01	20.64			
3	0.55	11	11	10.03	20.66	3937.6	23279	2
				10.03	20.66			
				10.03	20.66			

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad.

7d / 1.704/BC

Rellenado por el personal del LEM

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA USANDO ADITIVO ACELERANTE
LÍQUIDO Y CEMENTO PORTLAND TIPO I
Bach. Cabezas Figueroa, Víctor Enrique

Rellenado por el personal del LEM

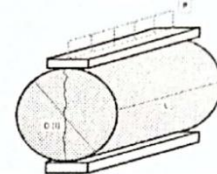
OBSERVACIONES:

FORMATO DE ENSAYO				Código:	S/C		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO NTP 339.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral				Versión:	01		N° Factura:
				Página:	de		N° Orden de Pago:
				Fecha:	10/11/2021		
TIPO DE SERVICIO:	NORMAL	☐	PREFERENCIAL	☐			
CÁLCULO DE DENSIDAD:	SÍ	☐	NO	☐			

Información:

- * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro (D(l)) en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto
- * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm²)

Fecha de término del ensayo: _____



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)
		OBTENCIÓN	ENSAYO				
1				10.10 10.19 10.22	20.51 20.50	4032.2	12323
2				9.36 9.70 10.27	20.65 20.71	3925.8	11268
3				9.85 9.99 10.20	20.53 20.79	3894.3	11193
4							
5				9.85 10.02 10.15	20.69 20.51	3948.3	11480
6				10.85 10.12 10.20	20.67 20.85	4015.9	10576
7				9.85 10.02 10.30	20.56 20.70	3919.2	11582 11582
8							
9				9.72 9.96 10.17	20.66 20.81	3945.7	9234
10				9.86 10.00 10.20	20.72 20.65	3965.3	10081
11				9.79 9.99 10.27	20.75 20.86	3910.2	9965
12							

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 28d/1.70 Lt/Bc.

Rellenado por el personal del LEM

OBSERVACIONES: