



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE ADITIVOS  
SUPERPLASTIFICANTES EN LA CONSISTENCIA DE  
CONCRETOS FLUIDOS EN LIMA 2021

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Bach. Peter Andrés Agurto Marcelo

Asesor:

Mg. Ing. Alberto Rubén Vasquez Díaz

Lima - Perú

2021

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Alberto Rubén Vasquez Diaz, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Bach. Agurto Marcelo Peter Andrés

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: **INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES EN LA CONSISTENCIA DE LOS CONCRETOS FLUIDOS EN LIMA 2021** para aspirar al título profesional de: **INGENIERO CIVIL** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. Alberto Rubén Vasquez Diaz  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: **PETER ANDRES AGURTO MARCELO** para aspirar al título profesional con la tesis denominada: **INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES EN LA CONSISTENCIA DE CONCRETOS FLUIDOS EN LIMA 2021**

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos  
Jurado  
Presidente

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos  
Jurado

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos  
Jurado

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado para mis padres Luz Marcelo y Andrés Agurto por ser el motivo de seguir esforzándome cada día.

También para mi esposa Patricia y mis hijos Adrián y Benjamín que me han dado la fuerzas, paciencia y tiempo para poder culminar mi carrera.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecimiento en primer lugar a Dios por guiarme en mi largo camino y estar siempre a mi lado.

## TABLA DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE IMAGENES.....	12
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	13
RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	15
I. CAPÍTULO. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Realidad problemática.....	16
1.2. Antecedentes.....	24
1.3. Bases Teóricas.....	29
1.3.1. Concreto Fluido.....	29
1.3.2. La consistencia del concreto.....	30
1.3.3. Aditivos.....	31
1.3.3.1. Clasificación de los aditivos químicos.....	32
1.3.3.2. Beneficios en el concreto fresco.....	34
1.3.3.3. Beneficios en el concreto endurecido.....	35
1.3.4. Componentes del concreto.....	35
1.3.4.1. Cemento.....	35
1.3.4.2. Agua.....	36

1.3.4.3.	Agregados .....	37
1.4.	Justificación del problema .....	41
1.5.	Formulación del problema .....	41
1.6.	Objetivos .....	42
1.6.1.	Objetivo general .....	42
1.6.2.	Objetivos específicos .....	42
1.7.	Hipótesis general .....	42
II.	CAPÍTULO. METODOLOGÍA .....	43
2.1.	Tipo de investigación .....	43
2.1.1.	Por el propósito .....	43
2.1.2.	Por el diseño .....	43
2.1.3.	Variables:.....	43
2.1.4.	Operacionalización de variables .....	45
2.2.	Población y muestra .....	47
2.2.1.	Población: .....	47
2.2.2.	Muestra:.....	47
2.2.3.	Materiales: .....	49
2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	49
2.3.1.	Técnicas:.....	49
2.4.	Instrumentos de recolección de datos:.....	51
2.4.1.	Análisis de datos:.....	51
2.4.2.	Media Aritmética.....	56
2.4.3.	Varianza .....	56
2.4.4.	Métodos de ensayos .....	59

2.4.5.	Caracterización de los agregados.....	59
2.4.5.1.	Ensayo granulométrico del agregado fino y grueso (ASTM C136).....	59
2.4.5.2.	Contenido de humedad del agregado fino y grueso (ASTM C565).....	59
2.4.5.3.	Peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso (ASTM C29) .....	60
2.4.5.4.	Gravedad específica y absorción del agregado fino (ASTM C128) .....	60
2.4.5.5.	Gravedad específica y absorción del agregado grueso (ASTM C127).....	61
2.4.6.	Diseño de mezcla de concreto .....	63
2.4.6.1.	Selección de la resistencia a compresión ( $f'_{c,}$ ) .....	63
2.4.6.2.	Selección del TMN del agregado grueso.....	63
2.4.6.3.	Selección del contenido de aire atrapado .....	64
2.4.6.4.	Selección del asentamiento inicial.....	64
2.4.6.5.	Selección del contenido de agua .....	64
2.4.6.6.	Selección de aditivos .....	65
2.4.6.7.	Selección de relación agua/cemento .....	66
2.4.6.8.	Selección de cantidad de cemento.....	67
2.4.6.9.	Selección de cantidad de agregado grueso .....	67
2.4.6.10.	Corrección de los agregados por humedad y absorción .....	67
2.4.6.11.	Proporcionamiento final de la mezcla.....	68
2.4.7.	Ensayos para evaluar las propiedades del concreto en estado fresco .....	69
2.4.7.1.	Ensayo de consistencia (ASTM C143) .....	69
2.4.7.2.	Contenido de aire método presión (ASTM C231).....	69
2.4.7.3.	Peso Unitario y rendimiento (ASTM C 138) .....	69
2.4.7.4.	Temperatura del concreto (ASTM C 1064).....	69
2.4.8.	Ensayos para evaluar las propiedades del concreto en estado endurecido .....	69



2.4.8.1.	Ensayo de resistencia a Compresión (ASTM C39) .....	69
2.5.	Procedimiento .....	70
2.6.	Desarrollo de Tesis .....	71
2.7.	Aspectos éticos.....	72
III.	CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	73
3.1.	Materiales empleados.....	73
3.1.1.	Cemento .....	73
3.1.2.	Agregados.....	73
3.1.3.	Aditivos.....	76
3.1.4.	LBTPA-001-19: .....	77
3.1.5.	LBTPA-002-19: .....	77
3.1.6.	LBTPA-003-19: .....	78
3.2.	Agua.....	78
3.3.	Diseño de la mezcla de concreto .....	78
3.4.	Análisis de costo m <sup>3</sup> .....	90
IV.	CAPÍTULO. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	94
4.1.	Discusión.....	94
4.2.	Conclusiones.....	107
4.3.	Recomendaciones .....	112
V.	REFERENCIAS .....	113
VI.	ANEXOS.....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CLASIFICACIÓN DE ADITIVOS ASTM.....	32
TABLA 2: CLASIFICACIÓN DE ADITIVOS (ASTM C494, 2008).....	32
TABLA 3: CLASIFICACIÓN DE ADITIVO (ASTM C1017, 2007).....	33
TABLA 4: PORCENTAJE TÍPICOS DEL CLINKER.....	36
TABLA 5: LÍMITES PERMISIBLES PARA AGUA DE MEZCLA Y CURADO.....	37
TABLA 6: LÍMITES DEL HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.....	39
TABLA 7: LÍMITES DEL HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.....	39
TABLA 8: LÍMITES DEL HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.....	40
TABLA 9: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	45
TABLA 10: CANTIDAD DE MUESTRAS DE CONCRETO (PROBETAS) DEL ADITIVO LBTPA-002-19.....	47
TABLA 11: CANTIDAD DE MUESTRAS DE CONCRETO (PROBETAS) DEL ADITIVO LBTPA-003-19.....	47
TABLA 12: CANTIDAD DE ENSAYOS EN EL CONCRETO FRESCO AL ADITIVO LBTPA-002-19.....	48
TABLA 13: CANTIDAD DE ENSAYOS EN EL CONCRETO FRESCO AL ADITIVO LBTPA-003-19.....	48
TABLA 14: CANTIDAD DE MATERIAL EMPLEADO PARA LAS PRUEBAS.....	49
TABLA 15: CONTROL DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES.....	52
TABLA 16: IDENTIFICACIÓN DE ADITIVO QUÍMICO PARA CONCRETO.....	52
TABLA 17: DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO POR M <sup>3</sup> .....	52
TABLA 18: CONTROL DEL CONCRETO ESTADO FRESCO.....	53
TABLA 19: CONTROL DEL CONCRETO ESTADO ENDURECIDO.....	55
TABLA 20: MATRIZ DE DISEÑO EXPERIMENTAL.....	57
TABLA 21:: MATRIZ DE DISEÑO EXPERIMENTAL – PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO.....	58
TABLA 22: MATRIZ DE DISEÑO EXPERIMENTAL – PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO.....	58
TABLA 23: RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIN DATOS ESTADÍSTICOS.....	63
TABLA 24: DETERMINACIÓN CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO.....	64
TABLA 25: DETERMINACIÓN CONTENIDO DE AGUA.....	65
TABLA 25: DETERMINACIÓN % DE REDUCCIÓN DE AGUA POR % DE ADITIVOS.....	66
TABLA 26: DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN A/C.....	66
TABLA 28: DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO.....	68
TABLA 29: PROPIEDADES DEL CEMENTO.....	73
TABLA 30: PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS.....	73
TABLA 31: PROPIEDADES DEL ADITIVO.....	77
TABLA 32: PROPIEDADES DEL ADITIVO.....	77
TABLA 33: PROPIEDADES DEL ADITIVO.....	78
TABLA 34: DOSIFICACIONES DE CONCRETO EVALUADOS.....	79
TABLA 35: EVALUACIÓN EN EL CONCRETO FRESCO.....	80
TABLA 36: EVALUACIÓN EN EL CONCRETO FRESCO – TEMPERATURAS.....	81

TABLA 37: EVALUACIÓN EN EL CONCRETO ENDURECIDO – RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	82
TABLA 38: COSTO DIRECTO DE MATERIALES.....	90
TABLA 39: COSTO DIRECTO DEL CONCRETO EVALUADO POR M <sup>3</sup> .....	91
TABLA 40: % DE REDUCCIÓN DE AGUA Y VARIACIÓN DE RELACIÓN A/C.....	94
TABLA 41: DIFERENCIAL PORCENTUAL (%) ENTRE ADITIVOS EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	102
TABLA 42: DIFERENCIAL DE ASENTAMIENTO (PULG.) ENTRE ADITIVOS EN EL TIEMPO. ....	103
TABLA 43: PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE AGUA DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES.....	108
TABLA 44: CONSISTENCIA DEL CONCRETO AL INCREMENTO DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES.....	109
TABLA 45: PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO. ....	110

## ÍNDICE DE IMAGENES

FIGURA 1.- GRADACIÓN DE LOS AGREGADOS (ASTM C33, 2007).....	38
FIGURA 2.- GRÁFICA DE PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD.....	54
FIGURA 3.- GRÁFICA DE DESARROLLO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO.....	54
FIGURA 4.- MAPA SEMÁNTICO.....	70
FIGURA 5.- GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO- ASTM-C33.....	74
FIGURA 6.- GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO- ASTM-C33.....	75
FIGURA 7.- MÁXIMA DENSIDAD DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS.....	76
FIGURA 8.- CONSISTENCIA VS % DE ADITIVO .....	83
FIGURA 9.- PORCENTAJE DE AIRE VS % DE ADITIVO .....	83
FIGURA 10.- EVALUACIÓN DE PÉRDIDA DE ASENTAMIENTO VS % DE ADITIVO LBTPA-003-19. ....	84
FIGURA 11.- EVALUACIÓN DE PÉRDIDA DE ASENTAMIENTO VS % DE ADITIVO LBTPA-002-19 .....	85
FIGURA 12.-EVOLUCIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – LBTPA-003-19 .....	86
FIGURA 13.- EVOLUCIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – LBTPA-002-19.....	87
FIGURA 14.- EVOLUCIÓN DEL % DE RESISTENCIA REQUERIDA ( $f'_{CR}$ ) – LBTPA-003-19 .....	88
FIGURA 15.- EVOLUCIÓN DEL % DE RESISTENCIA REQUERIDA ( $f'_{CR}$ ) – LBTPA-002-19 .....	89
FIGURA 16.- ANÁLISIS DE COSTO: LBTPA-003-19.....	92
FIGURA 17.- ANÁLISIS DE COSTO: LBTPA-002-19.....	92
FIGURA 18.- DIFERENCIAL DE COSTOS: LBTPA-003-19 .....	93
FIGURA 19.- DIFERENCIAL DE COSTOS: LBTPA-002-19 .....	93
FIGURA 20.- CONSISTENCIA VS % DE ADITIVO .....	95
FIGURA 21.- PORCENTAJE DE AIRE VS % DE ADITIVO .....	96
FIGURA 22.- EVALUACIÓN DE PÉRDIDA DE ASENTAMIENTO - ADITIVO LBTPA-003-19 .....	97
FIGURA 23.- EVALUACIÓN DE PÉRDIDA DE ASENTAMIENTO - ADITIVO LBTPA-002-19 .....	98
FIGURA 24.- EVOLUCIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – LBTPA-003-19.....	99
FIGURA 25.- VARIACIÓN % RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – LBTPA-003-19 .....	100
FIGURA 26.- EVOLUCIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – LBTPA-002-19.....	101
FIGURA 27.- VARIACIÓN % RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – LBTPA-002-19 .....	101
FIGURA 28.- DOSIS ÓPTIMAS ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE.....	107

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Media aritmética .....	56
Ecuación 2: Varianza.....	56
Ecuación 3: Módulo de Finura. ....	59
Ecuación 4: Contenido de humedad. ....	59
Ecuación 5: Peso unitario suelto.....	60
Ecuación 6: Peso unitario compactado. ....	60
Ecuación 7: Peso Específico de masa del agregado fino .....	61
Ecuación 8: Peso Específico en SSS del agregado fino.....	61
Ecuación 9: Peso Específico en Aparente del agregado fino.....	61
Ecuación 10: Absorción del agregado fino.....	61
Ecuación 11: Peso específico de masa del agregado grueso.....	62
Ecuación 12: Peso específico SSS del agregado grueso.....	62
Ecuación 13: Densidad aparente del agregado grueso.....	62
Ecuación 14: Absorción del agregado grueso. ....	62
Ecuación 15: Corrección por humedad .....	68
Ecuación 16: Corrección por agua absorción en los agregados.....	68

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en Lima, en las instalaciones de la empresa Master Builders Solutions Peru S.A (MBS), donde se determinó la influencia de los porcentajes de aditivos superplastificantes en la consistencia de los concretos fluidos, el instrumento utilizado fue la guía de observación, guía de ensayos para analizar los datos se empleó la inferencia estadística al cruzar los datos de los resultados, el problema planteado corresponde en la pérdida rápida de consistencia del concreto fluido y no contar con una dosis ideal para estos tipos de concretos basada en la naturaleza de aditivos químicos superplastificante que nos permitan modificar aspectos en el concreto fresco y endurecido logrando características superiores al concreto convencional (sin aditivo), de acuerdo a los estudios se presentan valores de consistencias de 8 ½ a 10 ½ pulgadas cuando se incrementa el % de aditivo de 1.0 a 2.5% con reducción de agua de 8% a 22.5%, se mejora la resistencia a compresión de  $f'c = 270 \text{ kg/cm}^2$  sin aditivo a  $f'c = 643 \text{ kg/cm}^2$  en el aditivo LBTPA-003-19 y  $f'c = 608 \text{ kg/cm}^2$  para el aditivo LBTPA-002-19 a 28 días, con relaciones a/c de 0.56 a 0.45, lo cual hace que el concreto evaluado se pueda tener resistencias iniciales al 100% en 61 y 64 horas. Se logra encontrar la influencia del porcentaje de aditivos superplastificantes en la consistencia de los concretos fluidos teniendo una mejora en su uso de obtener consistencias fluidas sin necesidad de incrementar agua a la mezcla, la dosis optima del aditivo LBTPA-003-19 es de 1.5% del peso del cemento y del aditivo LBTPA-002-19 es de 2.0% de acuerdo con el diseño propuesto.

**Palabras clave:** Consistencia, Aditivos químicos, concreto fluido, resistencia a compresión.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in Lima, at the facilities of the company Master Builders Solutions Peru SA (MBS), where the influence of the percentages of superplasticizer additives on the consistency of the concrete fluids was determined, the instrument used was the observation guide , test guide to analyze the data, statistical inference was used when crossing the data of the results, the problem posed corresponds to the rapid loss of consistency of the flowable concrete and not having an ideal dose for these types of concretes based on nature of superplasticizer chemical additives that allow us to modify aspects in fresh and hardened concrete achieving superior characteristics to conventional concrete (without additive), according to the studies, consistency values of 8 ½ to 10 ½ inches are presented when the% of additive is increased from 1.0 to 2.5% with water reduction from 8% to 22.5%, the compressive strength of  $f'c = 270 \text{ kg / cm}^2$  without additive  $f'c = 643 \text{ kg / cm}^2$  in the additive LBTPA-003-19 and  $f'c = 608 \text{ kg / cm}^2$  for the additive LBTPA-002-19 at 28 days, with relationships  $a / c$  from 0.56 to 0.45, which means that the evaluated concrete can have initial strengths at 100% in 61 and 64 hours. It is possible to find the influence of the percentage of superplasticizer additives in the consistency of fluid concrete, having an improvement in its use to obtain fluid consistencies without the need to increase water to the mix, the optimal dose of the additive LBTPA-003-19 is 1.5% of the weight of the cement and the additive LBTPA-002-19 is 2.0% according to the proposed design.

Keywords: Consistency, Chemical Additives, Flowable Concrete, Compressive Strength.

## I. CAPÍTULO. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El concreto material híbrido por su composición de los materiales integrantes del concreto: cemento, áridos y agua; con la mezcla de estos tres componentes se fabricaron los concretos que con los que se construyeron los primeros cimientos que aun sostiene el mundo del siglo XXI. Los antiguos hormigones caracterizados exclusivamente por su consistencia, el manejo del hormigón de consistencia completamente secas y difícil compactación, en aquel tiempo las fallas estructurales causales por efectos en la ejecución representaban más del 50% de trabajar con concretos de consistencia secas debido a su dificultad originaban mayores riesgos para garantizar la durabilidad de las estructuras construidas. (BASF, 2012).

La consistencia del concreto es la capacidad de deformarse el concreto a ciertas cantidades de agua de amasado, del cual es medido mediante el descenso en centímetros o pulgadas en el ensayo del cono de abrams. Esta propiedad de la consistencia del concreto este dado por nivel desde seco, plásticos, blandos y fluidos que es directamente proporcional a las cantidades de agua y el empleo de los aditivos químicos para concreto. (CONSTRUMÁTICA, 2009).

Este ensayo fue originalmente desarrollado para proporcionar un método de monitoreo o control de la consistencia del concreto no endurecido. Bajo condiciones de laboratorio con estricto control de todos los materiales del concreto, el revenimiento es generalmente encontrado debido al incremento proporcional del contenido de agua



que tiene la mezcla y por lo tanto esta inversamente relacionado con la resistencia del concreto. (SALVADOR, 2019).

En la época de los años 50 llegó la química del aditivo y con ellos la vanguardia de su empleo de obtener concretos ya no por consistencia secas sino por relación a/c y con ellos aumentar la fluidez del concreto, y una puesta del desarrollo tecnológico del concreto fue abierta, aparecieron los concretos fluidos con la ayuda de los superplastificantes donde se mejoró las propiedades mecánicas del concreto con los aditivos superplastificantes. (BASF, 2012).

En España, la consistencia del hormigón está dada por 5 tipos entre ellos seca (S), plástica (P), blanda (B), fluida (F) y líquida (L) que parte de 0 cm hasta los 20 cm y la aplicación de estas impiden que se trabajen con las consistencias líquidas sino es con aditivos superplastificantes. Para el manejo de concretos autocompactantes ya no miden el desplazamiento sino la extensibilidad a la mezcla logrando con la inclusión de aditivos superplastificantes que se adicionan al concreto, el revenimiento y relación agua-cemento de bajo a normal para producir un concreto fluido, con alto asentamiento. (CONSTRUMÁTICA, 2009).

El concreto fluido o plástico es un concreto con consistencia bien fluida, pero trabajable, y que se puede colocar con poca o ninguna vibración o compactación mientras que se lo mantiene prácticamente libre de sangrado. Algunas aplicaciones para el concreto fluido son: en secciones muy delgadas, áreas con poco espaciamiento del acero de refuerzo, colado bajo el agua y áreas donde no se puedan usar los métodos convencionales de consolidación. (CONCRETO, 2019).

En Chile, la consistencia del hormigón está dada por 3 niveles tipos entre ellos menores e igual a 2 cm, de 3 a 9 cm y mayor igual de 10 cm, del cual debe cumplir el procedimiento de la norma (Chilena, 2009), la producción de concreto fluido para Chile está dado por consistencias de 14 a 20 cm., con una resistencia de 200 (kg.f/cm<sup>2</sup>) a 450 (kg.f/cm<sup>2</sup>) a los 28 días, con áridos de diferentes tamaños máximo nominal de 13, 20 y 40 mm. (Cbb, 2019).

En Colombia, el director general de Asociación Colombiana de Productores de Concreto (Asocreto), el aporte en este campo el concreto Autocompactado, “empezó a extender su uso no solo por razones de calidad y durabilidad sino también por eficiencia y por facilidad constructiva, encontrando aplicaciones de este alrededor del mundo luego de casi 30 años de desarrollo”. Explica que, aunque el proceso de fabricación del autocompactante es similar al de cualquier concreto premezclado y su transporte se realiza igualmente en camiones mezcladores o mixes, marca diferencias “en los ensayos de recepción en obra, que son mucho más acordes a su tecnología y que obedecen a normas técnicas internacionales, por lo que quienes lo usan, deben conocer previamente sus especificaciones, usos, limitaciones y ensayos”. (Lescarro, 2018).

En Perú, la prueba de la determinación de la consistencia esta dado por la (NTP 339.035, 2009). El empleo de los concretos es variado de concretos convencionales para pavimentos como concretos de alta resistencias (> 60 Mpa) casos especiales de menor volumen aun la aplicación no está totalmente difundida.

En la parte norte y sur del Perú los concretos de mayor demanda son con un asentamiento de 4" y 6" en concretos de resistencia  $f'c = 175$  a  $350$  kg/cm<sup>2</sup> donde el uso de aditivos plastificantes con retardo ayuda a controlar el mantenimiento del slump. Estos varían en función del tipo de agregados y aditivos empleados. La empresa Supermix indica que los concretos superplastificado son diseñados con alta fluidez para facilitar su colocación a gran altura, confinamiento de acero y elementos esbeltos. (Supermix, 2019).

Para el caso de las autoconstrucciones que ocupan cerca del 70% de las construcciones con concreto la consistencia está dada de acuerdo con la vista del operador sin tener las recomendaciones de un profesional en concreto, siendo estas fluidas, pero sin tener una homogeneidad del concreto y de los materiales que integran.

En Lima tenemos las empresas de premezclado donde tenemos como control de calidad del concreto la prueba de asentamiento descritas por norma y se debe cumplir por los parámetros de control para la aceptación o rechazo en obra. En el caso de la empresa CORALMIX especialista en concreto; indican que tiene concretos de resistencia a la compresión  $f'c=80$  kg/cm<sup>2</sup> hasta  $f'c=1000$  kg/cm<sup>2</sup> a 28 días con un rango de asentamiento de 2" a 8" en concretos convencionales, alta resistencias tempranas y fragua controlada, para los concretos rheoplástico el asentamiento es de 8" a 10" y concreto Shotcrete el asentamiento es de 6" a 10". (Coralmix, 2019).

La variable dependiente es controlada bajo la norma (NTP 339.035, 2009); del cual está dado la prueba de asentamiento del concreto fresco para evaluar la consistencia de los concretos. Para la variable independiente está bajo las normas (ASTM C1017, 2007) y (ASTM C494, 2008) de Especificaciones de aditivos químicos para concreto.

(Carmen, 2015), Influencia del aditivo Sika viscocrete 3330 en concreto Autocompactable elaborado con cemento tipo II y V. Los concretos elaborados con 0.6% de aditivo presentan asentamientos en un rango fluido (6 a 8 pulgadas). El aditivo Sika Viscocrete tiene influencia positiva en concretos Autocompactable y considerando concretos durables siendo el óptimo 1.3% para concretos con cemento Pacasmayo tipo V.

(Sánchez, 2017), Aditivo superplastificante y su influencia en la consistencia y desarrollo de resistencias de concreto para  $F'_{C}=175,210,245$  kg/cm<sup>2</sup>. Huancayo, 2016. Concluye que el empleo de aditivo superplastificante Rheobuild 1000 con dosis de 650 ml se incrementa en 133.33% y para dosis de 1600 ml 170.83% para obtener concreto de asentamiento de 3 ½”.

(González, Landaverde, & Romero, 2005), Concreto Autocompactable: propuesta para el diseño de mezcla. beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en el Salvador. El aditivo superplastificante es fundamental en la obtención de fluidez y reducción de agua en mezclas de CAC; está compuesto de policarboxilatos modificados, que, por sus características químicas, producen un efecto estérico con un perímetro de influencia mayor, que los aditivos superplastificantes normales.

(Mayta, 2014), Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo, concluye que el aditivo superplastificante aumenta la trabajabilidad del concreto, retrasa brevemente el tiempo de fraguado, y se obtuvo resistencias a la compresión por encima del 70% respecto al concreto patrón.

De los antecedentes tenemos que el concreto se va a ir caracterizando, dependiendo su consistencia con el empleo de aditivos que con dosis mínimas es capaz de mejorar la consistencia, resistencia y durabilidad del concreto. El empleo de superplastificante varía en función de los materiales que componen el concreto, como ejemplo la granulometría, el tipo de cemento y aditivo. Para los concretos fluidos o autocompactantes influye el tipo de aditivo y el % de reducción de agua.

Las empresas de aditivos alemanas en el mercado como BASF y SIKA nos indican que los aditivos son sustancias manufacturadas que se adicionan al concreto antes, durante el mezclado de este y lo que se obtienen los concretos fluidos con una consistencia fresca por un tiempo limitado donde actúa la química del aditivo y endurece. (Perú Construye, Edición 53, 2018).

BASF, está poniendo en el mercado (noviembre 2018) una clase nueva de aditivos mejoradores de la resistencia a edad temprana y final, logrando reducción de cemento o reemplazo de este. (Perú Construye, Edición 53, 2018).

SIKA, nuestros químicos están desarrollando una nueva línea de sales inorgánicas modificadas dando vida a una nueva línea de acelerantes de alta performance. (Perú Construye, Edición 53, 2018).

En la consistencia del concreto fluido, donde se origina una serie de problemas en los concretos en nuestro medio y esto se debe a una serie de causales que hasta el momento pensamos que se tiene controlado:

- Tiempos de espera del concreto.
- No tener dosificaciones en obra de aditivos para cada fluidez.
- Calidad de los agregados y proporcionamiento en la mezcla.
- Tipos de aditivos que nos garantice las trabajabilidades en el tiempo y sea adaptable a las nuevas exigencias que las construcciones solicitan.

De la consistencia del concreto se tiene poco o casi nada de conocimiento en las autoconstrucciones que solo pensar que falta más agua al concreto para ser más fluido va a ser la solución a la colocación más rápida del concreto, sino que nos origina una mala y fatal durabilidad del concreto que no llegan a pasar lo que se planeó de vida útil, y al día posterior incurrir en gastos de reparación del cual eso no se paga en las valorizaciones de obra.

En el sector de premezclado se tiene que priorizar los tiempos de traslado del concreto del cual el tiempo y épocas de verano hace que los concretos fluidos pierdan consistencia en el tiempo por lo que en las especificaciones de la tasa de pérdida de asentamiento indican en las tablas de la norma (ASTM C94M, 2007), la tolerancia

permitida para la aceptación y/o rechazo del mismo, añadir agua de más hace que la relación a/c aumente y por efecto baje la resistencia del concreto.

La presente investigación pretende estudiar la influencia de los porcentajes de los aditivos superplastificantes en los concretos fluidos y determinar la consistencia de estos, los diseños de concreto a evaluar serán basado en la formulación en la (ACI 211.1-91, 2009), la caracterización de los agregados, % de dosis de aditivo, las propiedades físicas y mecánicas del concreto como asentamiento inicial y consistencia en el tiempo, contenido de aire atrapado, tiempo de fraguado del concreto, resistencia a la compresión. Los ensayos para evaluar el concreto en estado fresco y endurecido se basarán en la norma ASTM o equivalencia en NTP para verificar el control de Calidad.

En caso contrario de no investigar la influencia de los aditivos superplastificantes en el concreto fluido, no se podrá tener rangos de utilización de superplastificantes correctamente, generando patologías en el concreto fresco y endurecido en las construcciones, vaciados más difíciles de consolidar, regulación de concretos por consistencias bajas y un avance lento en la ejecución asociado a costos.

## 1.2. Antecedentes

### **“Desarrollo de concretos fluidos coloreados a reología adaptada, aplicados a la construcción de edificaciones de concreto en Lima”**

(Caicedo & Del Alamo, 2015), Desarrollar gama de concretos fluidos coloreados a reología adaptada, donde utilizo de relación a/c 0.40 a 0.60, contenidos de cemento de 330 a 420 kg/m<sup>3</sup> y la evaluación reológica del concreto. EL diseño de relación a/c 0.60 con contenido de cemento de 330 kg obtuvo mejor desempeño frente a las demás con una extensibilidad de 599 mm y en 10 minutos 534 mm a los 70 minutos, obteniéndose el 90% de la capacidad de llenado y la aplicación de 12 litros/m<sup>3</sup> de aditivo rheocolor para la pigmentación uniforme, el costo aplicativo fue del 15.49% sobre el costo concreto normal.

Esta investigación nos permite tener la idea la cantidad mínima de cemento a emplear y las incidencias de agregados que podemos utilizar para lograr una capacidad de relleno aceptable para la colocación del concreto y este tenga el acabado del color, lo cual nos brinda el estudio ver las propiedades reológicas que el concreto desarrolla un semi SCC.

### **“Aditivo superplastificante y su influencia en la consistencia y desarrollo de resistencia del concreto para f'c 175, 210 y 245 kg/cm<sup>2</sup>, Huancayo 2016”**

(Sánchez, 2017), Determinar la influencia de uso del aditivo superplastificante Rheobuild 1000 en la consistencia y resistencia del concreto rheoplástico para f'c 175, 210, 245 kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Huancayo, 2016. La metodología empleada es un grupo de 12 mezclas del cual son 3 sin aditivo en las resistencias descritas con un asentamiento de 3.5 pulgadas,



con las restantes se probó 3 incrementos de dosis (650, 1100 y 1600 ml ) y evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

El resultado que obtuvo fue para dosis de 650 ml el asentamiento en los tres diseños incremento en 133% y dosis de 1600 ml en 171%, en cuanto a la resistencia del concreto con dosis de 1100 ml a 7 días supera el 100% del  $f'c$  mientras que a más dosis o dosis de 1600 ml las resistencias decaen en todas las edades evaluadas, aunque, están por encima del concreto patrón en 50%. Concluye que el aditivo en los incrementos dados de dosis influye sustancialmente en las propiedades del concreto y la dosis a emplear es 1100 ml. De esta investigación nos ayuda a ver que la dosis adecuada no es la que tiene más aditivo sino la que cumpla con los parámetros de slump y resistencia.

### **“Empleo de nuevas tecnologías para el desarrollo de altas resistencias iniciales de concreto prefabricados ”**

(Ninanya & Melgar, 2016), Conocer tecnologías de aditivos para lograr resistencias a edades tempranas sin obviar temas reológicos de los concretos autocompactado del cual es la aplicación de esta investigación. De los resultados se tiene que la consistencia o la extensibilidad frente al tiempo medido, tiene una reducción dentro del rango, pero cuando este se le adiciona aditivo acelerante la pérdida está por encima de los 100 mm, en cuanto a las resistencias tempranas se logra tener un despliegue considerable a las 8 horas aplicando dosis de aditivo que aporta más CSH.

Del aporte que se rescata es el empleo de aditivos de silicato hidratado que nos ayude a obtener resistencias a edades muy tempranas sin el empleo de calor o vapor para

ganar resistencias en los prefabricados del cual va el tema de costo de cantidad de cemento y dosis empleadas, en cuanto al superplastificante utilizado no impacta mucho en la resistencia temprana, pero si su efecto en la edad de 24 horas, supera a las demás.

**“Influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo 2019.**

(Cubas, Fernando, 2019) La investigación experimental fue mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto como el asentamiento, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión, con la adición del aditivo ASTM C494 tipo E que cumple la función de acelerante con plastificante y lograr desencofrado en menor tiempo, reducción del costo y menor tiempo de ejecución de obra.

Se evaluaron los materiales para la investigación como el cemento tipo I, agregado grueso de TMN ½”, agregado fino con M.fineza = 2.57, relación agua/cemento 0.61, los aditivos empleados en el concreto fueron Z Fragua #5 y Accelguard 90 en proporciones de 2%, 4% y 6% respecto al peso del cemento, donde concluye que el porcentaje óptimo del aditivo tipo E Accelguard 90 es del 4% con el aumento en 18% en la resistencia a los 28 días y reducción de 80 minutos en el tiempo de fraguado. Mientras con el Z Fragua #5 es el 2% con el aumento en 10% en la resistencia a los 28 días y reducción del tiempo de fraguado en 60 minutos.

## **“Influencia de aditivos basados en policarboxilatos sobre el fraguado y comportamiento reológico de pastas de cemento portland”**

(Puertas, Alonso, & Vázquez, 2015), El objetivo estudiar el efecto de las dosificación de aditivos policarboxilatos sobre el inicio de fraguado y propiedades reológicas en diferentes pastas de cemento en España con la norma EN 197-2000, donde se ha evaluado pruebas de mini slump para determinar la fluidez frente a valores de reología de viscosidad y esfuerzo de corte mediante un reómetro, el estudio utilizo cementos adicionados y la variación del aditivo hasta el 1% para una relación a/c de 0.40 evaluando tiempo de fraguado, fluidez y reología. De los resultados se obtuvieron que al incrementar la dosis del aditivo se prolongaba el tiempo de fraguado del cual se puede predecir qué tiempo puede tenerse si conocemos la relación a/c y el % de aditivo.

En cuanto a la fluidez se tiene con dosis de 0.3% se incrementa la fluidez en 25% con CEM I y CEM II mientras con CEM III/B en 35%, en dosis de 0.5% eleva su fluidez siendo el límite óptimo para los cementos estudiados. Concluyen que existe una relación lineal entre el tiempo de fraguado y la dosis de aditivo, y en temas reológicos son más marcado en cemento de mayor adición que los puros en 87% a una dosis de 0.3%.

Esta investigación nos permite conocer que no solo depende obtener una mezcla con solo un buen proporciónamiento de pasta/ agregado, sino que también que el tipo de cemento o la composición del cemento también viene influenciada en comportamientos de aditivo y desempeño de mecánicas en el concreto, de acuerdo con la norma (ASTM C1157, 2008) estos cemento por desempeño están más marcados

que se deberá de estudiar que tan compatibles son con los aditivos que tenemos en el mercado.

**“Influencia de los aditivos plastificantes tipo A sobre la compresión, peso unitario y asentamiento en el concreto estructural”**

(Vergara, Bryan, 2010) Nos presenta el desarrollo de un concreto de resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  donde evalúa la influencia de los aditivos plastificantes tipo A de las marcas Sika Plastiment HE 98, Chema Plast y Euco WR 91, sobre la resistencia a compresión y asentamiento en el concreto estructural, con dosificaciones de plastificantes de 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6%, 2.0% y 2.4%, con cemento adicionado ICO.

De las combinaciones de aditivo de esta investigación se destaca al aditivo Euco WR91, al 0.4% de dosificación respecto al cemento quien obtuvo una resistencia a la compresión de  $f'c = 305 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días, mientras el aditivo Chema plast obtuvo una resistencia de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , a la misma edad, con una dosificación de 1.6%. Para el aditivo Plastiment HE98 la dosis óptima para conseguir un  $f'c = 288 \text{ kg/cm}^2$  fue de 0.8% y todos reunieron un asentamiento de 3 a 9 pulg. Los pesos unitarios se incrementaron al valor máximo de  $2430 \text{ kg/m}^3$  a la dosis de 0.4% del peso del cemento en los 3 tipos de aditivos.

### 1.3. Bases Teóricas

#### 1.3.1. Concreto Fluido

La definición que se asocia a estos tipos de concreto es el concreto autocompactante (“Self consolidating concrete” por su sigla en inglés), es una clase de concreto tan fluido que no hace falta el uso de agente externo para compactarse de diferentes formas, y satisface unas necesidades específicas del mercado, entre ellas, los lugares de acceso limitado. “Es altamente fluido, concreto sin segregación que puede extenderse en su lugar, llenar el molde, y encapsular el reforzamiento sin alguna consolidación mecánica”. (ACI 237, 2007).

Algunas aplicaciones para el concreto fluido son: colado de concreto en secciones muy delgadas, áreas con poco espaciamiento del acero de refuerzo, colocado bajo el agua, concreto bombeado, áreas donde no se pueden usar los métodos convencionales de consolidación y para la reducción de los costos de manejo. El concreto fluido se define por la (ASTM C1017, 2007) donde especifican de aditivos superplastificante y superplastificantes y retardadores.

##### A. Ventajas

- En el premezclador; ofrecer mezclas de alta calidad y con valor agregado, ahorrar tiempo en los despachos de concreto con mayor rapidez en la operación de sus camiones y uso más eficiente de la flota.

- En el usuario encuentran ventajas en este tipo de mezclas, en las que se resalta el bajo recursos de mano de obra, incremento de su capacidad para colocar el concreto en lugares de difícil acceso, reducción de reparaciones.

#### **B. Desventajas**

- No aplicado para elementos inclinados por su elevada fluidez.
- Limitación del uso de tecnologías de aditivos superplastificantes.
- No evaluar los costos generales, sino del m<sup>3</sup> siendo este más caro.

### **1.3.2. La consistencia del concreto**

Un método indirecto para determinar la consistencia del concreto consiste en medir por medio del método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto en el cono de abrams. (NTP 339.035, 2009).

El objetivo es la determinación del asentamiento del hormigón fresco tanto en laboratorio como en el campo. Este ensayo es aplicable para concretos plásticos con agregados hasta 1 ½” pulgadas . si el agregado es mayor , el método es aplicable cuando se realiza con fracción del concreto que pasa la malla 1 ½” pulgadas. Este concreto no se considera aplicable a concretos no plásticos y no cohesivos. (NTP 339.035, 2009).

Un concreto de calidad uniforme y satisfactoria requiere que los materiales se mezclen totalmente hasta que tenga una apariencia uniforme. La mezcla de concreto debe tener una trabajabilidad apropiada para su fácil colocación; una vez endurecido el concreto tendrá que cumplir con el requisito de resistencia para soportar las distintas

solicitaciones a las que podrá estar expuesto y además deberá poseer una adecuada durabilidad frente a las condiciones de exposición a las que será sometido. (Neville A. , 1989).

La consistencia de una mezcla apropiada para cada estructura depende del tamaño y forma del elemento que se va a construir, de la disposición y tamaño del refuerzo y de los métodos de colocación y compactación. Así, por ejemplo, un elemento delgado o muy reforzado necesita una mezcla más fluida que un elemento masivo o poco reforzado. (Rivera, 2019).

### **1.3.3. Aditivos**

Los aditivos químicos son usados para mejorar las propiedades del concreto o mortero en su estado plástico y endurecido. Estas propiedades pueden ser modificadas para mejorar la resistencia  $f'c$  o flexión a cualquier edad, reducir permeabilidad, conferir > durabilidad, inhibir la corrosión, reducir la contracción, acelerar o retardar el fraguado, incrementar la consistencia y trabajabilidad, mejorar bombeabilidad, acabado y mejorar la economía de la mezcla. (ACI 212.3R, 2016).

La historia del empleo de los aditivos data de los Romanos que adicionaban leche, manteca, sangre y clara de huevo a sus morteros y concretos. Se adicionaba huevo al concreto durante la edad media, También se adicionaba al mortero y concreto: pasta de arroz glutinosa pulida, laca, aceite, melaza, y extractos de olmo empapadas en agua y plátanos hervidos por los chinos y en Perú. Los constructores de catedrales en la edad media usaban aceita para impermeabilizar las cisternas. (ACI E4, 2012).

### 1.3.3.1. Clasificación de los aditivos químicos

De acuerdo con las normas técnicas vigentes del ASTM se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 1: *Clasificación de aditivos ASTM*

<b>NORMA</b>	<b>CLASE DE ADITIVO</b>
<b>ASTM C 260</b>	Aditivos incorporadores de aire
<b>ASTM C 494</b>	Aditivos reductores de agua y controlador de fragua
<b>ASTM C1141</b>	Aditivos para Shotcrete
<b>ASTM C 937</b>	Grout fluidificante
<b>ASTM C 1017</b>	Concreto fluido

*Fuente: Propia.*

Para la tesis de estudio nos centraremos en las normas (ASTM C494, 2008) Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto y la norma (ASTM C1017, 2007) Especificación Normalizada para Aditivos Químicos para Uso en la Producción de Concreto Fluido, del cual se describen en las siguientes tablas sus tipos:

Tabla 2: *Clasificación de aditivos (ASTM C494, 2008)*

<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>A</b>	Aditivos reductores de agua
<b>B</b>	Aditivos retardadores
<b>C</b>	Aditivos aceleradores
<b>D</b>	Aditivos reductores de agua y retardadores
<b>E</b>	Aditivos reductores de agua y aceleradores
<b>F</b>	Aditivos reductores de agua de alto rango
<b>G</b>	Aditivos reductores de agua de alto rango y retardadores
<b>S*</b>	Aditivos especiales

*Fuente: Propia.*



Tabla 3: *Clasificación de aditivo (ASTM C1017, 2007)*

TIPO	DESCRIPCION
I	Plastificante
II	Plastificante y retardante

*Fuente: Propia.*

**A. Plastificante reductor de agua de rango medio y retardante inicial:**

Los reductores de agua de medio rango se emplearon por primera vez en 1984. Estos aditivos fornecen una reducción significativa de la cantidad de agua (entre 6 y 12%) para concretos con revenimiento (asentamiento) de 125 a 200 mm (5 a 8 pulg.), sin el retraso asociado a altas dosificaciones de reductores de agua convencionales. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

**B. Superplastificante reductor de agua de alto rango:**

Los aditivos reductores de agua de alto rango (aditivos de alta actividad, aditivos de alto efecto) se pueden usar para conferir al concreto las mismas propiedades obtenidas por los adictivos reductores de agua normales, pero con mayor eficiencia. En la (ASTM C494, 2008), corresponden a los tipos A (reductor de agua) y F (reductor de agua alto rango). Estos aditivos pueden reducir grandemente la demanda de agua y el contenido de cemento y pueden producir concretos con baja relación agua-cemento, alta resistencia y trabajabilidad normal o alta.

Esta reducción de la demanda de agua está entre 12% y 30%, lo que permite producir concretos de resistencia a compresión mayor a 70 Mpa, desarrollo mayor de las

resistencias tempranas, menor penetración de los iones cloruro y otras propiedades beneficiosas asociadas a baja relación agua- cemento del concreto. La gran reducción del contenido de agua puede disminuir considerablemente el sangrado (exudación), resultando en dificultades de acabado en superficies planas cuando hay secado rápido. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

### **C. SUPERPLASTIFICANTES PARA CONCRETOS FLUIDOS**

Los aditivos superplastificantes (superfluidificantes, superfluidizantes) son aditivos reductores de agua de alto rango que obedecen las normas (ASTM C1017, 2007), estos aditivos se adicionan al concreto de revenimiento y relación agua-cemento de bajo a normal para producir un concreto fluido, con alto asentamiento. El concreto fluido o plástico es un concreto con consistencia bien fluida, pero trabajable, y que se puede colocar con poca o ninguna vibración o compactación mientras que se lo mantiene prácticamente libre de sangrado (exudación) o segregaciones excesivas.

#### **1.3.3.2. Beneficios en el concreto fresco**

- Mejora la trabajabilidad, bombeabilidad, colocación y acabado superficial.
- Reduce el índice de pérdida del slump.
- Retarda o Acelera el tiempo de fraguado en el concreto.
- Inhibe el fraguado del concreto.
- Reduce la exudación y segregación.
- Mayores rendimientos en los procesos constructivos.
- Disminución de la relación a/c y ahorro en cemento.

### 1.3.3.3. Beneficios en el concreto endurecido

- Mejora la resistencia a los ciclos de hielo - deshielo
- Mejora la resistencia a la abrasión y al impacto
- Inhibe la corrosión del acero de refuerzo
- Inhibe la expansión producida por la reacción álcali-sílice
- Reduce las fisuras por contracción plástica y por secado
- Disminución de la permeabilidad.
- Incremento de la durabilidad
- Calidad más controlada
- Produce concretos especiales: HPC, SCC, coloreado, celular

### 1.3.4. Componentes del concreto

#### 1.3.4.1. Cemento

Los cementos portland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos hidráulicos de calcio. Los cementos hidráulicos se fraguan y se endurecen por la reacción química con el agua. Durante la reacción, llamada hidratación, el cemento se combina con el agua para formar una masa similar a una piedra, llamada pasta. Cuando se adiciona la pasta (cemento y agua) a los agregados (arena y grava, piedra triturada, piedra machacada, pedrejón u otro material granular), la pasta actúa como un adhesivo y une los agregados para formar el concreto, el material de construcción más versátil y usado en el mundo. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

El Clinker de cemento Portland está compuesto principalmente por silicatotricálcico ( $C_3S$ ), silicato bicálcico ( $C_2S$ ), aluminato tricálcico ( $C_3A$ ) y aluminoferrito tetracálcico

(C<sub>4</sub>AF), además de componentes secundarios como el yeso, los álcalis, la cal y la magnesia libres y debe cumplir las especificaciones de la norma (ASTM C150, 2007).

Tabla 4: *Porcentaje típicos del Clinker*

Compuesto	Porcentaje (%)
<b>C<sub>3</sub>S</b>	50 – 65
<b>C<sub>2</sub>S</b>	12 – 24
<b>C<sub>3</sub>A</b>	0 – 12
<b>C<sub>4</sub>AF</b>	1 – 11

Fuente: (Neville A. , 2010).

#### 1.3.4.2. Agua

Se podrá usar cualquier fuente de agua natural que sea potable y no presente fuerte sabor u olor donde se puede usar como agua de mezcla, sin embargo, existe límites permisibles para su uso cuando estas se consideren no potables”. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

El agua es un elemento fundamental para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo que debe cumplir requisitos para realizar la combinación química.

El agua como mezcla tiene por función:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir con la trabajabilidad

Tabla 5: *Límites permisibles para agua de mezcla y curado.*

Descripción	Límite permisible	
<b>Sólidos en suspensión</b>	5000 ppm	Máximo
<b>Materia orgánica</b>	3 ppm	Máximo
<b>Alcalinidad (NaHCO<sub>3</sub>)</b>	1000 ppm	Máximo
<b>Sulfatos (ion SO<sub>4</sub>)</b>	600 ppm	Máximo
<b>Cloruros (ion Cl<sup>-</sup>)</b>	1000 ppm	Máximo
<b>PH</b>	5 a 8	

*Fuente:* (NTP 339.088, 2006).

### 1.3.4.3. Agregados

Un agregado es un material granular, tal como arena, grava, piedra chancada, escoria y agregados livianos, que usualmente ocupan aproximadamente entre 60% y 75% del volumen total en el concreto que pueden ser de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la presente norma. (ACI E1, 2016).

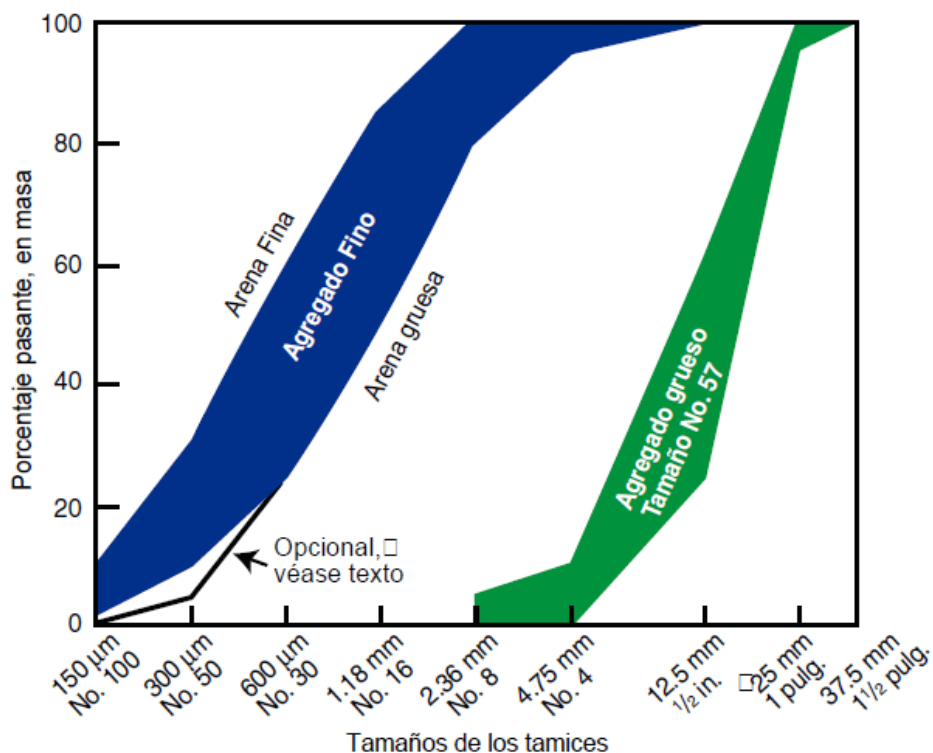
De acuerdo con la normativa (ASTM C33, 2007) definiremos los siguientes materiales:

- **Agregado fino:** Agregado proveniente de la desagregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y cumple con los límites establecidos en la presente norma.
- **Arena:** Es el agregado fino proveniente de la desagregación natural de las rocas.
- **Agregado grueso:** Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (No. 4) proveniente de la desagregación natural o artificial de la roca, y cumple con los límites establecidos en la presente norma.

- **Grava:** Agregado grueso, proveniente de la desagregación natural de materiales pétreos, encontrándosele corrientemente depositado en forma natural en canteras y lechos de ríos.
- **Piedra triturada o chancada:** Se denomina así, al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.

Una de las características de los agregados es que deben cumplir con los parámetros de granulometría y los límites granulométricos que se expresan generalmente en porcentaje de material que pasa a través de cada tamiz de acuerdo con la norma (ASTM C33, 2007).

Figura 1.- Gradación de los agregados (ASTM C33, 2007).



Fuente: (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

Las especificaciones para la curva granulométrica están dadas por la (ASTM C33, 2007) a continuación se detalla para el agregado fino y grueso:

Tabla 6: *Límites del huso granulométrico del agregado fino*

Sieve (especificación E11)	Percent Passing
3/8"	100
N°4	95 to 100
N°8	80 to 100
N°16	50 to 85
N°30	25 to 60
N°50	5 to 30
N°100	0 to 10

*Fuente:* (ASTM C33, 2007).

Tabla 7: *Límites del huso granulométrico del agregado grueso*

Malla	Número de identificación de granulometría ASTM C-33					
	1	2	3	357	4	457
	31/2" a 11/2"	21/2" a 11/2"	2" a 1"	2" a # 4	11/2" a 3/4"	11/2" a #4
4"	100					
3 1/2"	90 a 100					
3"	-----	100				
2 1/2"	25 a 60	90 a 100	100	100		
2"	-----	35 a 70	90 a 100	95 a 100	100	100
1 1/2"	0 a 15	0 a 15	35 a 70	-----	90 a 100	95 a 100
1"	-----	-----	0 a 15	35 a 70	20 a 55	-----
3/4"	0 a 5	0 a 5	-----	-----	0 a 15	35 a 70
1/2"			0 a 5	10 a 30	-----	-----
3/8"				-----	0 a 5	10 a 30
# 4				0 a 5		0 a 5

*Fuente:* (ASTM C33, 2007).

Tabla 8: *Límites del huso granulométrico del agregado grueso.*

Malla	Número de identificación de granulometría ASTM C-33						
	5	56	57	6	67	7	8
	1" a 1/2"	1" a 3/8"	1" a #4	3/4" a 3/8"	3/4" a #4	1/2" a #4	3/8" a #8
1 1/2"	100	100	100				
1"	90 a 100	90 a 100	95 a 100	100	100		
3/4"	20 a 55	40 a 85	-----	90 a 100	90 a 100	100	
1/2"	0 a 10	10 a 40	25 a 60	20 a 55	-----	90 a 100	100
3/8"	0 a 5	0 a 15	----	0 a 15	20 a 55	40 a 70	85 a 100
# 4		0 a 5	0 a 10	0 a 5	0 a 10	0 a 15	10 a 30
# 8			0 a 5		0 a 5	0 a 5	0 a 10
# 16							0 a 5

*Fuente:* (ASTM C33, 2007).



#### **1.4. Justificación del problema**

Hoy en día tenemos muchas de las edificaciones urbanas que son autoconstrucciones que ocupan el mercado del concreto cerca del 70%, donde se fabrica concreto con muy poca o casi nada de información de la tecnología del concreto y que mucho de estas construcciones presentan dificultades durante la etapa de construcción tanto en las incompatibilidades entre el marco de arquitectura y estructura del que genera retrasos y de costo de obra.

El presente trabajo de investigación tiene finalidad dar a conocer la influencia de los porcentajes óptimos de aditivos químicos superplastificantes de alto rango y plastificantes que logren atributos en el diseño de mezcla de concreto al obtener mezclas de concreto fluidas sin segregar, concretos que sea capaz de ser vertido sin ninguna complicación en obra y tener beneficios secundarios en retención de trabajabilidad, mayor resistencia a la compresión, contenidos de aire controlados, y que sean empleados para las diferentes construcciones, esta investigación será el punto de partida para la reflexión para seguir profundizando en la tecnología de los aditivos para concreto.

#### **1.5. Formulación del problema**

¿De qué manera influye los porcentajes de aditivos superplastificantes en la consistencia del concreto fluido en Lima 2021?

## 1.6. Objetivos

### 1.6.1. Objetivo general

Determinar la influencia de los porcentajes de aditivos superplastificantes en la consistencia del concreto fluido.

### 1.6.2. Objetivos específicos

O.E 01: Determinar la dosis adecuada de los tipos de aditivos superplastificantes en la consistencia del concreto fluido.

O.E.02: Determinar el % de reducción de agua al incrementar la dosis de aditivo superplastificante en los diseños de mezclas de concreto y evaluar la variación de la relación a/c.

O.E.03: Determinar la variación de la consistencia inicial y en el tiempo en cada incremento del % de los aditivos.

O.E.04: Determinar las propiedades físicas del concreto fresco tales como asentamiento, temperatura del concreto y ambiental, contenido de aire, peso unitario y rendimiento de la mezcla en cada incremento del % de los aditivos.

O.E.05: Determinar la propiedad mecánica de resistencia a la compresión del concreto endurecido bajo la normativa (ASTM C39M, 2005) en cada incremento del % de los aditivos.

## 1.7. Hipótesis general

La adición de aditivos superplastificantes influye significativamente en la consistencia del concreto fluido.

## II. CAPÍTULO. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

#### 2.1.1. Por el propósito

La presente tesis es una investigación Aplicada porque tiene como finalidad aplicar los conceptos básicos del concreto fluido y los parámetros que nos indican las normas ASTM, ACI, EFNARC y comparar los porcentajes de aditivos con ensayos medibles en estado fresco e endurecido.

#### 2.1.2. Por el diseño

Para esta investigación es “Experimental”, por lo que identifica las variables independientes y dependiente de la cual la independiente cambia a la variable dependiente. A la vez, es “Experimental Puro”, se tiene el control de la variable dependiente que interviene en la validez interna de la hipótesis, se elaborará grupos de muestras que serán de manera aleatoria.

#### 2.1.3. Variables:

➤ **Variable independiente: Aditivos superplastificantes.**

Los aditivos químicos son usados para mejorar las propiedades del concreto o mortero en su estado plástico y endurecido. Estas propiedades pueden ser modificadas para mejorar la resistencia  $f_c$  o flexión a cualquier edad, reducir permeabilidad, conferir mayor durabilidad, inhibir la corrosión, reducir la contracción, acelerar o retardar el

fraguado, incrementar la consistencia y trabajabilidad, mejorar bombeabilidad, acabado y mejorar la economía de la mezcla (ACI 212.3R, 2016).

➤ **Variable dependiente: consistencia del concreto.**

Este ensayo cubre la determinación del asentamiento del hormigón que consiste en colocar una muestra de hormigón recién mezclado (se compacta por varillado) dentro de un molde en forma de cono truncado. El molde se levanta, y se deja que el hormigón se desplome. Se mide la distancia vertical al centro desplazado y se registra el valor del asentamiento del hormigón a una precisión de  $\frac{1}{4}$  pulg. (ASTM C143, 2000).

#### 2.1.4. Operacionalización de variables

Tabla 9: Operacionalización de variables.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
<b>ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES</b>	Los aditivos químicos son usados para mejorar las propiedades del concreto o mortero en su estado plástico y endurecido.(ACI 212.3R)	Se realizará 9 diseños de concreto con diferentes dosis de aditivo (%) y se analizará la influencia a sus incrementos y % de reducción de agua con cada dosis. Se tendrá dos (2) aditivos con objeto de estudio.	Tipo de Superplastificante  % de reducción de agua	Clasificación de aditivos  Relación a/c	ASTM C 494 / ASTM C 1017  a/c = 0.56, 0.52, 0.49, 0.46 y 0.43

Fuente: Propia.

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
<b>CONSISTENCIA DEL CONCRETO</b>	La consistencia del hormigón es la oposición que presenta la masa en estado fresco a experimentar deformaciones en función de la cantidad de agua de amasado. (ASTM C143)	Se realizará 9 diseños de mezcla de concreto para medir la consistencia inicial y la trabajabilidad en el tiempo.	Consistencia inicial y medido en el tiempo	Asentamiento	ASTM C 143
			Propiedades concreto fresco	Temperatura, % de aire, peso unitario del concreto fresco y rendimiento	ASTM C1064, ASTM C231, ASTM C138
			Propiedades concreto endurecido	Resistencia a compresión ( $f'c$ ) <sup>3</sup> , 7, 14 y 28 días.	ASTM C 39

*Fuente: Propia.*

## 2.2. Población y muestra

### 2.2.1. Población:

La población estará conformada por todos los concretos fluidos que se puedan preparar con los aditivos LBTPA-002-19 y LBTPA-003-19 que se puede prepararse en la ciudad de Lima, en 2021.

### 2.2.2. Muestra:

La muestra fue determinada de manera no probabilística, por juicio de experto basados en el reglamento ACI 318-19 (cap. 26), donde refiere que para probetas de 4" x 8" tendremos un mínimo de 3 unidades para cada edad donde se pudo concluir en la cantidad de 108 muestras distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 10: *Cantidad de muestras de concreto (probetas) del aditivo LBTPA-002-19*

Edades/ muestras	Patrón	1.0% (LBTPA-002- 19)	1.5% (LBTPA-002- 19)	2.0% (LBTPA-002- 19)	2.5% (LBTPA-002- 19)	Total
03 días	3	3	3	3	3	15
07 días	3	3	3	3	3	15
14 días	3	3	3	3	3	15
28 días	3	3	3	3	3	15
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>60</b>

Fuente: Propia.

Tabla 11: *Cantidad de muestras de concreto (probetas) del aditivo LBTPA-003-19*

Edades/ muestras	1.0% (LBTPA- 003)	1.5% (LBTPA- 003-19)	2.0% (LBTPA- 003-19)	2.5% (LBTPA- 003-19)	Total
03 días	3	3	3	3	12
07 días	3	3	3	3	12
14 días	3	3	3	3	12
28 días	3	3	3	3	12
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>48</b>

Fuente: Propia.

En las evaluaciones de las propiedades del concreto en estado fresco se han realizado 153 ensayos las cuales se detallan en las siguientes tablas por tipo de muestras y aditivos empleados.

Tabla 12: *Cantidad de ensayos en el concreto fresco al aditivo LBTPA-002-19.*

<b>Ensayo/ muestras</b>	<b>Patrón</b>	<b>1.0% (LBTPA-002- 19)</b>	<b>1.5% (LBTPA-002- 19)</b>	<b>2.0% (LBTPA-002- 19)</b>	<b>2.5% (LBTPA-002- 19)</b>	<b>Total</b>
<b>Asentamiento</b>	5	5	5	5	5	<b>25</b>
<b>Temperatura concreto</b>	5	5	5	5	5	<b>25</b>
<b>Temperatura ambiente</b>	5	5	5	5	5	<b>25</b>
<b>Contenido de aire</b>	1	1	1	1	1	<b>5</b>
<b>Peso unitario</b>	1	1	1	1	1	<b>5</b>
<b>Total</b>	17	17	17	17	17	<b>85</b>

*Fuente: Propia.*

Tabla 13: *Cantidad de ensayos en el concreto fresco al aditivo LBTPA-003-19.*

<b>Ensayo/ muestras</b>	<b>1.0% (LBTPA- 003-19)</b>	<b>1.5% (LBTPA- 003-19)</b>	<b>2.0% (LBTPA- 003-19)</b>	<b>2.5% (LBTPA- 003-19)</b>	<b>Total</b>
<b>Asentamiento</b>	5	5	5	5	<b>20</b>
<b>Temperatura concreto</b>	5	5	5	5	<b>20</b>
<b>Temperatura ambiente</b>	5	5	5	5	<b>20</b>
<b>Contenido de aire</b>	1	1	1	1	<b>4</b>
<b>Peso unitario</b>	1	1	1	1	<b>4</b>
<b>Total</b>	17	17	17	17	<b>68</b>

*Fuente: Propia.*



### 2.2.3. Materiales:

Se describe los materiales que se usaron en la preparación del Concreto fluido del que va ser una mezcla cementante con agregados fino y grueso proveniente de cantera Jicamarca, aditivo superplastificante LBTPA-002-19 de acuerdo a la normativa (ASTM C494, 2008) y del plastificante con retardo LBTPA-003-19 de normativa (ASTM C1017, 2007) proveniente de la marca Master Builders Solutions Perú S.A, cemento tipo I de UNACEM y agua potable del laboratorio del Agustino de MBS.

Tabla 14: *Cantidad de material empleado para las pruebas.*

PRODUCTO	PROCEDENCIA	TIPO	CANTIDAD	UNIDAD
<b>Cemento</b>	UNACEM	Pórtland T-I	<b>200</b>	Kg.
<b>Arena</b>	Jicamarca	ASTM C33	200	Kg.
<b>Piedra</b>	Jicamarca	ASTM C33 - HUSO 67	200	Kg.
<b>Agua</b>	Laboratorio	Potable	60	L.
<b>Aditivo 1</b>	MBS	ASTM 494	5	L.
<b>Aditivo 2</b>	MBS	ASTM C1017	5	L.

*Fuente: Propia.*

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

#### 2.3.1. Técnicas:

Las técnicas que se usaran para esta tesis para recolección de información y análisis de datos son las siguientes:

### **A. Observación directa:**

Se aplicará sobre las características del lugar y espacio para realizar las pruebas de ensayos estandarizados como también el control de temperatura y materiales que integran en las pruebas. Se usará un laboratorio externo de la universidad por temas de tiempos y muestra.

### **B. Análisis documental:**

En esta parte nos basaremos a las fuentes secundarias como son las revisiones de tesis nacional y/o internacional, las normas ASTM, ACI y NTP y Libros para el marco teórico, con el propósito para la utilización del análisis de variables a investigar.

Para esta investigación a parte de la revisión de la norma ASTM, NTP, para la realización de los ensayos a ejecutar, para la obtención de datos; también se obtuvo información documental de tesis y libros que permitió tener una perspectiva más amplia del tema de investigación. Entre ellos tenemos:

- ✓ **Revista:** “Hormigón superplastificado. Naturaleza de los aditivos superplastificantes y sus efectos. **Autores:** (Grassa, José , 1983, pág. 667 a 675).
- ✓ **Libro:** 2009 “El ABC del concreto Autocompactable” Construcción y Tecnología” **Autores:** (IMCYC)

## **2.4. Instrumentos de recolección de datos:**

### **2.4.1. Análisis de datos:**

En la presente investigación se tendrán los datos iniciales de las propiedades físicas de los materiales para el concreto mediante la realización de ensayos experimentales a los agregados de acuerdo con las normativas ASTM, para luego continuar con los aditivos y posterior a ellos los ensayos para el control de concreto fresco y endurecido.

El procesamiento de los datos se realizará por medio del Software Microsoft Excel, se tabularán los datos obtenidos en cada parámetro de la evaluación organizándolas de tal forma de generar una matriz de resultados, con tablas y gráficos comparativos que permiten la trazabilidad de los resultados correctos.

Se empleará la media aritmética y la varianza a los ensayos de acuerdo con lo estipulado en las normas ASTM y códigos ACI con respecto a la resistencia del concreto endurecido, la manejabilidad del concreto fresco, incremento de dosis de aditivo de tal forma tener el concreto que cumpla un mayor desempeño que se requiere en el estudio previsto.

A continuación, se presenta los instrumentos empleados:

Tabla 15: *Control de propiedades físicas de los materiales.*

MATERIALES	PROCEDENCIA	P.ESP	% Abs	M. Fineza	TMN	P.U.S	P.U.C
Cemento Tipo I	UNACEM						
Agua	Laboratorio MBS						
Arena	Jicamarca						
Piedra # 67	Jicamarca						

Fuente: Propia.

Tabla 16: *Identificación de aditivo químico para concreto.*

ADITIVO	NORMA	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCION	DENSIDAD	UND
1.	ASTM C 494				
2.	ASTM C 494				
3.	ASTM C 1017				

Fuente: Propia.

Tabla 17: *Dosificación del concreto por m<sup>3</sup>.*

DISEÑO DE CONCRETO			Prueba (P0)	Prueba (P1)	Prueba (P2)	Prueba (P3)	Prueba (P4)
INSUMOS	PROCEDENCIA	UNID.	DOSIFICACION DE MATERIALES POR m <sup>3</sup> EN SSS				
Cemento, Tipo I	UNACEM	kg					
Agua	Laboratorio	kg					
Arena	Jicamarca	kg					
Piedra huso # 67	Jicamarca	kg					
LBTPA-001-19	MBS	kg					
LBTPA-002-19	MBS	kg					
LBTPA-003-19	MBS	kg					
Peso Concreto Teórico		kg/m <sup>3</sup>					

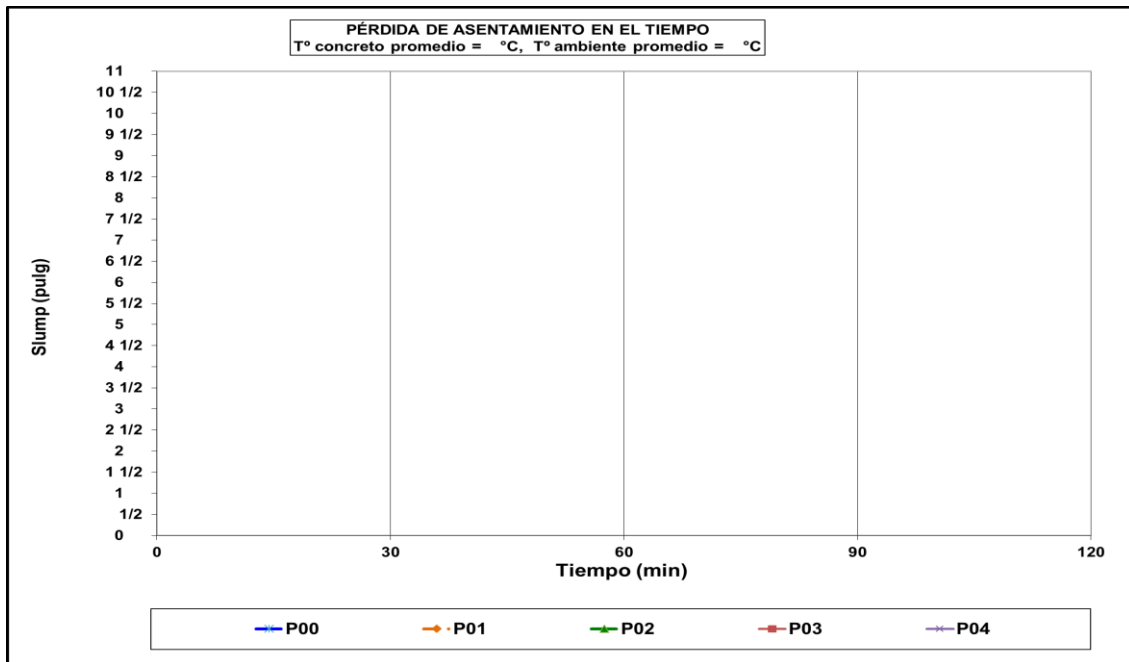
Fuente: Propia.

Tabla 18: *Control del concreto estado fresco.*

PROPIEDADES EN CONCRETO FRESCO		Prueba (P0)	Prueba (P1)	Prueba (P2)	Prueba (P3)	Prueba (P4)
Temperatura Ambiental	°C					
Temperatura Concreto	°C					
Asentamiento inicial	pulg.					
Contenido de Aire atrapado	%					
Peso Unitario concreto fresco	Kg/m <sup>3</sup>					
Rendimiento del concreto	-					
hora agua/ cemento	hr:m					
Pérdida de trabajabilidad (Hrs)	Unidatos	Prueba (P0)	Prueba (P1)	Prueba (P2)	Prueba (P3)	Prueba (P4)
00:00	0.0					
00:30	0.5					
01:00	1.0					
01:30	1.5					
02:00	2.0					
▲ Pérdida acumulada (Hrs)						
00:00	0.0					
00:30	0.5					
01:00	1.0					
01:30	1.5					
02:00	2.0					
Control de temperatura Ambiental						
00:00	0.0					
00:30	0.5					
01:00	1.0					
01:30	1.5					
02:00	2.0					
Control de temperatura Concreto						
00:00	0.0					
00:30	0.5					
01:00	1.0					
01:30	1.5					
02:00	2.0					

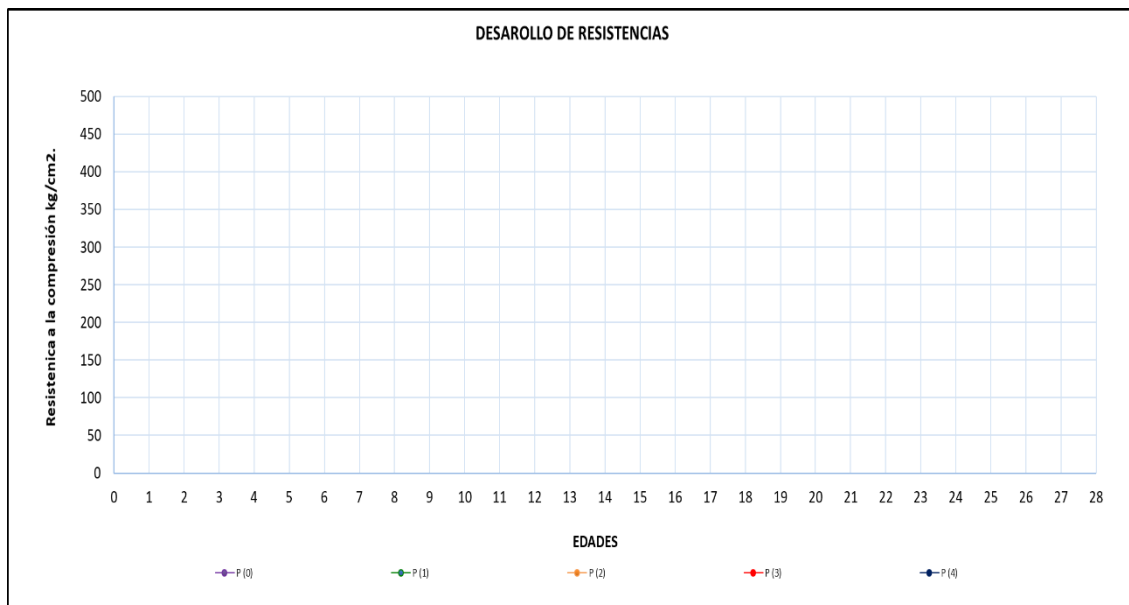
Fuente: Propia.

Figura 2.- Gráfica de pérdida de trabajabilidad



Fuente: Propia.

Figura 3.- Gráfica de desarrollo de resistencia del concreto.



Fuente: Propia.

Tabla 19: *Control del concreto estado endurecido.*

<b>PROPIEDAD DEL CONCRETO ENDURECIDO: RESISTENCIA A LA COMPRESION EN TESTIGOS CILINDRICOS ( 4"x 8")</b>										
<b>N°</b>	<b>FECHA</b>		<b>Código</b>	<b>EDAD</b>	<b>AREA</b>	<b>Carga</b>	<b>Kg/Cm<sup>2</sup></b>	<b>F'c (%)</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>OBSERV.</b>
<b>PROB</b>	<b>MOLDEO</b>	<b>ROTURA</b>		<b>DIAS</b>	<b>Cm<sup>2</sup></b>	<b>Kg</b>				
1										
2										
3										

*Fuente: Propia.*

### 2.4.2. Media Aritmética

Se obtiene con la suma de los datos y dividir el resultado con el número total de datos, esta acción se realiza por cada dosificación, y días de curado, por medio de la siguiente fórmula:

**Ecuación 1:** Media aritmética

$$\bar{X} = \frac{\sum fiXi}{n}$$

Donde:

$\bar{X}$ : Media Aritmética,  $\Sigma$ : Sumatoria

xi: Observación de la muestra y n: Tamaño de la muestra.

### 2.4.3. Varianza

Es una medida de dispersión que mide la diferencia promedio que existe entre los valores respecto a su punto central (media) por medio de la siguiente fórmula:

**Ecuación 2:** Varianza

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_j - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Donde:

$\sigma^2$ : Varianza,  $\Sigma$ : Sumatoria,  $\bar{X}$ : Media Aritmética, xi: Observación de la muestra y n: Tamaño de la muestra.



La validación de instrumento de recolección de datos fue realizada por la Lic. Katia Rider, Licenciada en química de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, Estudios de maestría en química analítica de la UNMSM. Actualmente se desempeña como Gerente Técnico en Master Builders Solutions Perú S.A. con 18 años de experiencia en la industria de la construcción desarrollando aditivos para concreto premezclado, prefabricado y Shotcrete, así como Grout de anclaje y morteros de reparación. En los últimos años con enfoque a impulsar diferentes tecnologías como solución a las demandas actuales de la industria concretera.(ver anexo 1.1 )

Tabla 20: *Matriz de diseño experimental*

<u>Variable Dependiente</u>
Factor A: Propiedades del concreto en estado fresco A1= Asentamiento (pulg).
<u>Variable Independiente</u>
Factor B: % DE ADITIVOS (en función del peso del cemento) B1= Patrón 0% B2= 1% B3= 1.5% B4= 2.0% B5= 2.5%
Factor C: TIPO DE ADITIVOS C1= LBTPA-003-19 C2= LBTPA-002-19
Factor D: Propiedades físicas del concreto fresco D1= Pérdida de asentamiento (pulg) D2= Temperatura del concreto (°C) D3= Peso unitario concreto fresco (kg/m <sup>3</sup> ) D4= Contenido de aire (%)
Factor E: Propiedades mecánicas del concreto endurecido E1= Resistencia a compresión a edades de 3, 7, 14 y 28 días (kg.f/cm <sup>2</sup> )

*Fuente: Propia.*

Tabla 21:: Matriz de diseño experimental – Propiedades del concreto fresco

FACTOR		A					A			
TIPO ADITIVO		C1					C2			
% ADITIVO		B1	B2	B3	B4	B5	B2	B3	B4	B5
<b>DA</b>	FRE	A1B1C1D1	A1B2C1D	A1B3C1D	A1B4C1D	A1B5C1D	A1B2C2D	A1B3C2D	A1B4C2D	A1B5C2D
<b>TOS</b>	SCO	D2D3D4	1D2D3D4	1D2D3D4	1D2D3D4	1D2D3D4	1D2D3D4	1D2D3D4	1D2D3D4	1D2D3D4

Fuente: Propia.

Tabla 22: Matriz de diseño experimental – Propiedades del concreto fresco

FACTOR		A					A			
TIPO ADITIVO		C1					C2			
% ADITIVO		B1	B2	B3	B4	B5	B2	B3	B4	B5
<b>DATOS</b>	ENDURECIDO	A1B1C1E1	A1B2C1E1	A1B3C1E1	A1B4C1E1	A1B5C1E1	A1B2C1E1	A1B3C1E1	A1B4C1E1	A1B5C1E1

Fuente: Propia.

#### 2.4.4. Métodos de ensayos

#### 2.4.5. Caracterización de los agregados

##### 2.4.5.1. Ensayo granulométrico del agregado fino y grueso (ASTM C136)

Este ensayo determina la distribución de las partículas de los agregados y el grado de finura que tiene. El módulo de finura se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 3: Módulo de Finura.

$$MF = \frac{(\sum \% \text{ retenido acum. } 3 + 1 \frac{1}{2} + 3/4 + 3/8 + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

##### 2.4.5.2. Contenido de humedad del agregado fino y grueso (ASTM C565)

Este ensayo determina el grado de humedad evaporable de las partículas de los agregados.

**Ecuación 4:** Contenido de humedad.

$$W\% = \left[ \frac{Ph - Ps}{Ps} \right] \times 100$$

Donde:

- Ph: Peso natural del material
- Ps: Peso seco del material

### 2.4.5.3. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso (ASTM C29)

Por medio de la norma se determinará la densidad de masa (Peso Unitario) del agregado fino y grueso en condición suelto o compactado; permitirá establecer las proporciones verídicas de la mezcla para calcular el peso unitario suelto y compactado con las siguientes fórmulas.

Ecuación 5: Peso unitario suelto.

$$PUS = \frac{\text{Peso del agregado suelto} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}} \frac{\text{kg.}}{\text{m}^3}$$

Ecuación 6: Peso unitario compactado.

$$PUCS = \frac{\text{Peso del agregado compactado} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}} \frac{\text{kg.}}{\text{m}^3}$$

### 2.4.5.4. Gravedad específica y absorción del agregado fino (ASTM C128)

Por medio de la norma se determinará el peso específico de masa, saturado superficie seca, aparente y % de absorción del agregado saturado por 24 horas. con las siguientes fórmulas se calcularán.

Ecuación 7: Peso Específico de masa del agregado fino

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - V_a)} \times 100$$

Donde:

$P_{em}$	=	Peso específico de masa;
$W_o$	=	Peso en el aire de la muestra secada en el horno, gramos;
$V$	=	Volumen del frasco en $cm^3$
$V_a$	=	Peso en gramos o volumen en $cm^3$ de agua añadida al frasco.

Ecuación 8: Peso Específico en SSS del agregado fino.

$$P_{eSSS} = \frac{500}{V - V_a} \times 100$$

Ecuación 9: Peso Específico en Aparente del agregado fino.

$$P_{ea} = \frac{(W_o)}{(V - V_a) - (500 - W_o)} \times 100$$

Ecuación 10: Absorción del agregado fino.

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

#### 2.4.5.5. Gravedad específica y absorción del agregado grueso (ASTM C127)

Por medio de la norma se determinará el peso específico de masa, saturado superficie seca, aparente y % de absorción del agregado saturado por 24 horas. con las siguientes fórmulas se calcularán.

**Ecuación 11:** Peso específico de masa del agregado grueso.

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

Donde:

- A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos;
- B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos;
- C = Peso en el agua de la muestra saturada.

**Ecuación 12:** Peso específico SSS del agregado grueso.

$$P_{eSSS} = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

**Ecuación 13:** Densidad aparente del agregado grueso.

$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

**Ecuación 14:** Absorción del agregado grueso.

$$Ab, (\%) = \frac{B - A}{A} \times 100$$

## 2.4.6. Diseño de mezcla de concreto

El diseño de mezcla se realizará a base del procedimiento del American Concrete Institute (ACI 211.1-91, 2009). Por el método combinación de agregados; siendo una mezcla con un mejor comportamiento de homogeneidad entre pasta agregado.

En este caso se va a diseñar un concreto de resistencia convencional como es el caso del concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días donde tendrá el enfoque prescriptivo y desempeño con el uso de los aditivos plastificantes.

### 2.4.6.1. Selección de la resistencia a compresión ( $f'c_r$ )

Para el cálculo del  $f'c_r$  como no se tiene datos estadísticos para una desviación estándar se tomará la siguiente tabla de acuerdo con el  $f'c$  antes mencionado.

*Tabla 23: Resistencia a compresión sin datos estadísticos*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO	
$f'c$ ( kg / cm <sup>2</sup> )	$f'c_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Menor de 210	$f'c + 70$
<b>210 a 350</b>	<b><math>f'c + 84</math></b>
Mayor de 350	$1.10 f'c + 50$

*Fuente: Propia.*

### 2.4.6.2. Selección del TMN del agregado grueso.

Se utilizo agregado grueso de huso 67, del cual tiene un tamaño máximo nominal (TMN) de  $\frac{3}{4}$ ".

### 2.4.6.3. Selección del contenido de aire atrapado

Para la determinación del contenido de aire atrapado en la mezcla de acuerdo con los pasos descritos se tiene para un tamaño máximo nominal  $\frac{3}{4}$  pulg, se considera el 2.0% de aire en el diseño de mezcla.

*Tabla 24: Determinación contenido de aire atrapado.*

T.M.N agregado grueso	Contenido de Aire atrapado ( % )
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

*Fuente: Código (ACI 211.1-91, 2009)*

### 2.4.6.4. Selección del asentamiento inicial.

El slump inicial de diseño, para el concreto fluido, es tener un slump mayor de 7 pulg. con aditivos superplastificantes.

### 2.4.6.5. Selección del contenido de agua

La cantidad de agua por  $m^3$  va a ser determinada entre la relación del TMN y asentamiento, lo que corresponde para un slump de 7 con TMN de  $\frac{3}{4}$ " el agua de diseño sería 216 L./ $m^3$ .



Tabla 25: Determinación contenido de agua.

ASENTAMIENTO	AGUA EN L/m <sup>3</sup> DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
<b>CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: (ACI 211.1-91, 2009)

#### 2.4.6.6. Selección de aditivos

Se utilizó aditivo Retardante LBTPA-001-19 de la marca de MBS, para la mezcla patrón y los incrementos de dosis de aditivo para poder hacer mediciones de asentamiento de acuerdo con la norma (ASTM C143, 2000), en tiempos prolongados hasta los 120 minutos.

Así mismo los aditivos LBTPA-002-19 y LBTPA-003-19 en las dosis de 1,0%, 1,5%, 2,0% y 2,5%, del cual se ha hecho en cada diseño una reducción de agua por ser plastificantes reductores de agua, se presenta a continuación los % de reducción y agua empleada en cada diseño de mezcla.

Tabla 26: Determinación % de reducción de agua por % de aditivos.

PARAMETRO	UNIDAD	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Agua potable	L/m <sup>3</sup>	216	199	189	179	167	199	189	179	167
LBTPA-002-19	%	-	8.0	12.5	17.0	22.5				
LBTPA-003-19	%	-					8.0	12.5	17.0	22.5

Fuente: Propia.

#### 2.4.6.7. Selección de relación agua/cemento

Para el cálculo se ha tomado el valor de la resistencia requerida ( $f'_{cr}$ ) para hallar la relación a/c en la fila de sin aire incorporado, obteniendo el valor de 0.56 por interpolación.

Tabla 27: Determinación de la relación a/c

Resistencia a la compresión a los 28 días ( kg / cm <sup>2</sup> ) $f'_{cr}$	RELACIÓN AGUA / CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: (ACI 211.1-91, 2009)

#### **2.4.6.8. Selección de cantidad de cemento**

El contenido de cemento se calculó en función de la relación agua/cemento, determinado en el punto 2.4.6.7 y del contenido de agua 2.4.6.5. Donde se tiene lo siguiente:

- Relación a/c = 0.56
- Cantidad de agua = 216 L/m<sup>3</sup>
- Cantidad de cemento = 386 kg./m<sup>3</sup>

Esta cantidad de cemento se ha mantenido constante en el desarrollo de los 9 diseños de mezcla.

#### **2.4.6.9. Selección de cantidad de agregado grueso**

Para el contenido del volumen unitario de agregado grueso en función al metro cubico del concreto esta dado por el factor  $b/b_0$ .

En este sentido se ha realizado una máxima compacidad de agregados para hallar la combinación de más adecuada en combinación de agregados de grava y arena donde se obtenga el mayor peso unitario dado así una combinación de agregados 52% de arena y 48 % de piedra.

#### **2.4.6.10. Corrección de los agregados por humedad y absorción**

En este paso los agregados poseen humedad en el estado que se encuentran por lo que se tiene que recalcular.

**Ecuación 15:** Corrección por humedad

$$A. \textit{fino} = \text{Peso agregado} * (1 + \%H/100)$$

$$A. \textit{Grueso} = \text{Peso agregado} * (1 + \%H/100)$$

**Ecuación 16:** Corrección por agua absorción en los agregados

$$A. \textit{fino} = \text{Peso agregado} * (\%AB - \%H/100)$$

$$A. \textit{Grueso} = \text{Peso agregado} * (\%AB - \%H/100)$$

**2.4.6.11. Proporcionamiento final de la mezcla**

Se presenta el diseño en SSS, volumen absolutos y diseño corregido por humedad y absorción para la realización de las tandas de prueba en laboratorio.

*Tabla 28: Diseño de mezcla de concreto.*

MATERIALES	PROCEDENCIA	Diseño SSS (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Húmedo (kg/m <sup>3</sup> )	TANDA DE PRUEBA	UNIDAD
Cemento Tipo I	UNACEM					kg
Agua	Laboratorio MBS					L
Arena	Jicamarca					kg
Piedra # 67	Jicamarca					kg
LBTPA-001-19	MBS					Kg
LBTPA-002-19	MBS					Kg.
LBTPA-003-19	MBS					Kg.
Aire						
<b>TOTAL</b>						

*Fuente: Propia.*

## **2.4.7. Ensayos para evaluar las propiedades del concreto en estado fresco**

### **2.4.7.1. Ensayo de consistencia (ASTM C143)**

Medir la fluidez o el grado de humedecimiento de la mezcla de concreto, con aproximación a  $\frac{1}{4}$  pulg. o 5mm. El tiempo que se dispone para realizar el ensayo es de 2.5 minutos y se debe realizar dentro de los 5 minutos después de obtener nuestra muestra compuesta.

### **2.4.7.2. Contenido de aire método presión (ASTM C231)**

Este ensayo cubre el procedimiento para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco por método presión, del cual se puede calcular el aire atrapado o incluido con una precisión de 0.1%.

### **2.4.7.3. Peso Unitario y rendimiento (ASTM C 138)**

Este ensayo cubre el procedimiento para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire al hormigón. El reporte debe estar a  $1 \text{ kg/m}^3$ .

### **2.4.7.4. Temperatura del concreto (ASTM C 1064)**

Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto fresco, el reporte que indica la norma debe ser al  $0.5^\circ\text{C}$  más cercano.

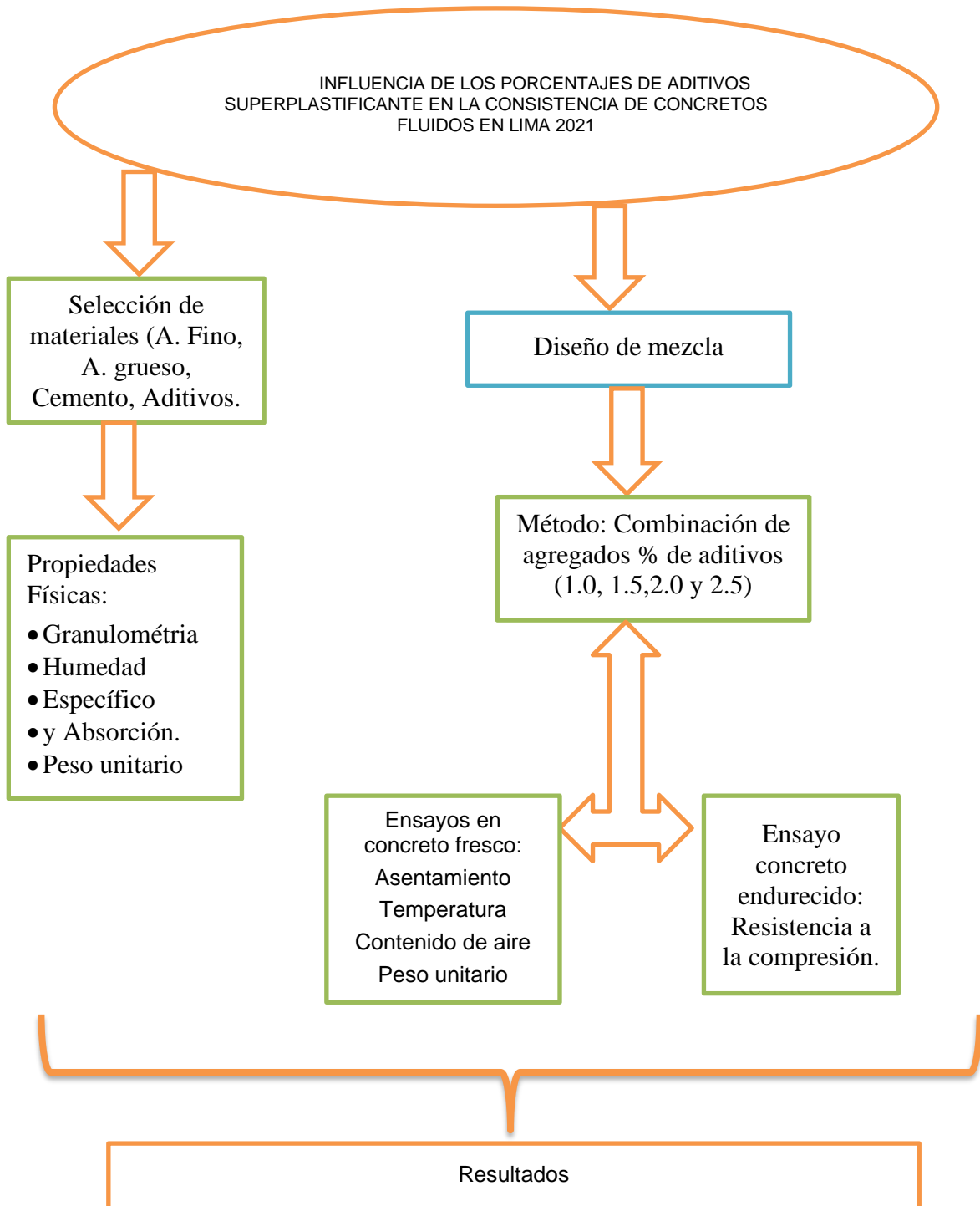
## **2.4.8. Ensayos para evaluar las propiedades del concreto en estado endurecido**

### **2.4.8.1. Ensayo de resistencia a Compresión (ASTM C39)**

Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia máxima axial del concreto a efectos de compresión divididos entre el área transversal de la probeta expresados en  $\text{kg/cm}^2$ . Se debe reportar a  $1 \text{ kg/cm}^2$ .

## 2.5. Procedimiento

Figura 4.- Mapa semántico.



## 2.6. Desarrollo de Tesis

La presente tesis fue desarrollada en los laboratorios de la empresa Master Builders Solutions Perú S.A, en Lima, del cual proporciono los componentes para la realización de las mezclas de prueba para la investigación presentada.

En el caso de los agregados se empleó de la cantera Jicamarca del cual se realizó los ensayos físicos para el diseño de mezcla, la caracterización de los agregados para las pruebas respectivas. El cemento empleado es tipo I marca Sol procedente de UNACEM en bolsa, el agua de la red potable del laboratorio, MBS proporciono los aditivos para las pruebas y pasar al área de concreto y evaluar el presente estudio.

Se realizaron 9 pruebas de concreto; 1 de ellas fue una sin aditivo y el resto con la variación de % de aditivo de tal manera se ha evaluado la consistencia del concreto durante 2 horas cada 30 minutos, realizando pruebas de contenido de aire, control de temperatura y muestreos de concreto para evaluar sus resistencias a las edades 3, 7, 14 y 28 días, en probetas de 4 x 8”.

Para el ensayo de resistencia a la compresión se contó con una prensa de 250 TN de capacidad, en lo que se pudo aportar fue el conocimiento previo de ensayos en el concreto fresco y endurecido del cual se realizó los ensayos al concreto endurecido.

## **2.7. Aspectos éticos**

La presente investigación se ha realizado siguiendo los procedimientos éticos e investigación de la Universidad Privada Del Norte (UPN), cumpliendo con la propiedad intelectual de los diversos autores citándolos y referenciando los conocimientos y teorías.

En este trabajo de investigación, los procedimientos y metodología seguidos constituyen propiedad intelectual del suscrito por lo que se presenta para su exhibición y publicación en el repositorio institucional académico.



### III. CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### 3.1. Materiales empleados

##### 3.1.1. Cemento

Para la elaboración de los diseños de concreto, se utilizó cemento portland tipo I proveniente de la fábrica de UNACEM. Su propiedad se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 29: *Propiedades del Cemento*

PRODUCTO	PROCEDENCIA	TIPO	P. ESPECIFICC (kg/m <sup>3</sup> )	UNIDAD
Cemento	UNACEM	Portland T-I	3130	gr/cm <sup>3</sup>

*Fuente. Propia*

##### 3.1.2. Agregados

Los agregados utilizados son de la cantera Jicamarca tanto el agregado fino y grueso, siendo estos de acuerdo con la especificación de la norma ASTM C33. El huso granulométrico del grueso pertenece al huso 67 (TMN 3/4" pulg), la mezcla de agregados está en 52% - 48% de arena y piedra respectivamente.

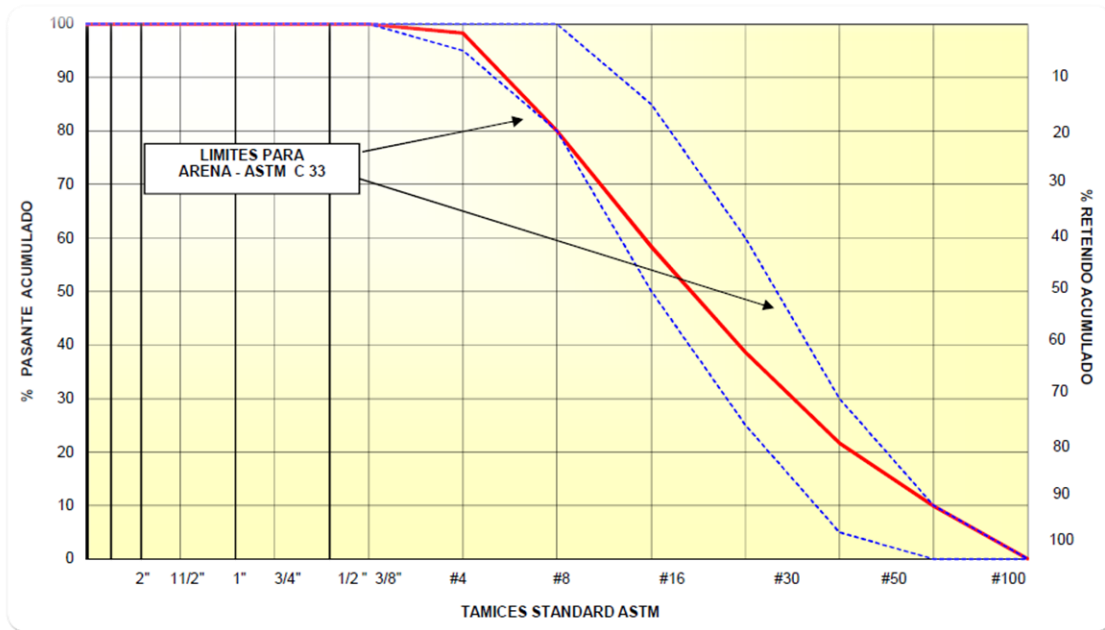
Tabla 30: *Propiedades de los agregados*

PROCEDENCIA	HUSO	P. ESPECIFICO SSS (kg/m <sup>3</sup> )	% ABSORCION	% MALLA 200	MODULO DE FINEZA
-------------	------	-------------------------------------------	-------------	-------------------	---------------------

Jicamarca	Piedra #67	2700	0.9	0.9	6.7
PROCEDENCIA	Material	P. ESPECIFICO SSS (kg/m3)	% ABSORCION	% MALLA 200	MODULO DE FINEZA
Jicamarca	Arena	2660	1.6	4.7	2.9

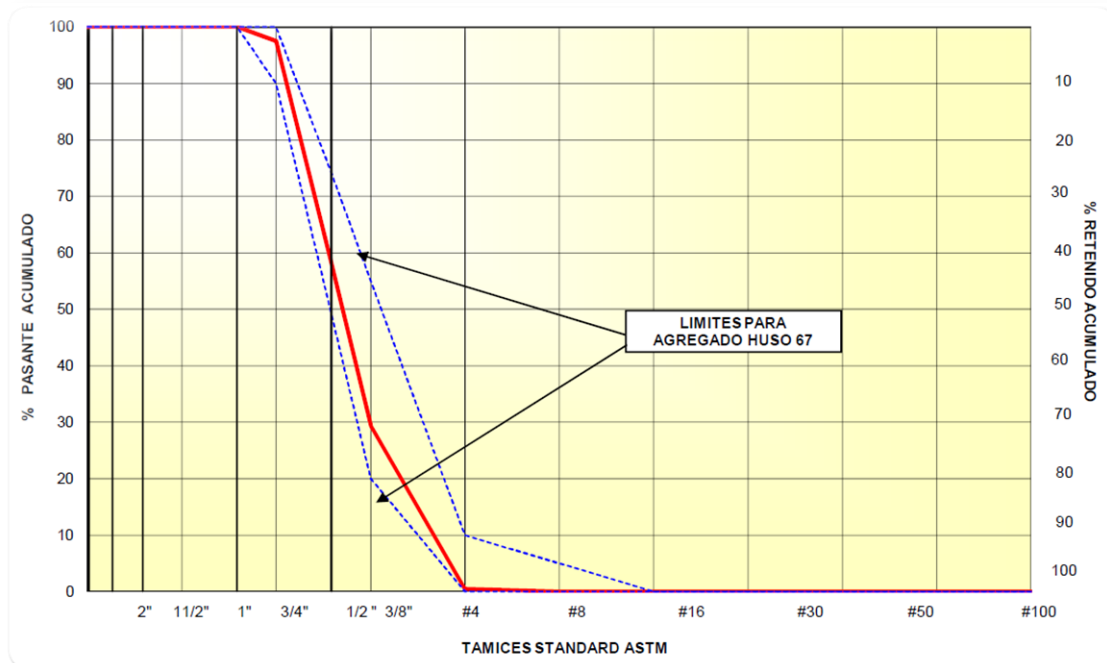
*Fuente. Propia*

Figura 5.- Granulometría del agregado fino- ASTM-C33



Fuente. Propia

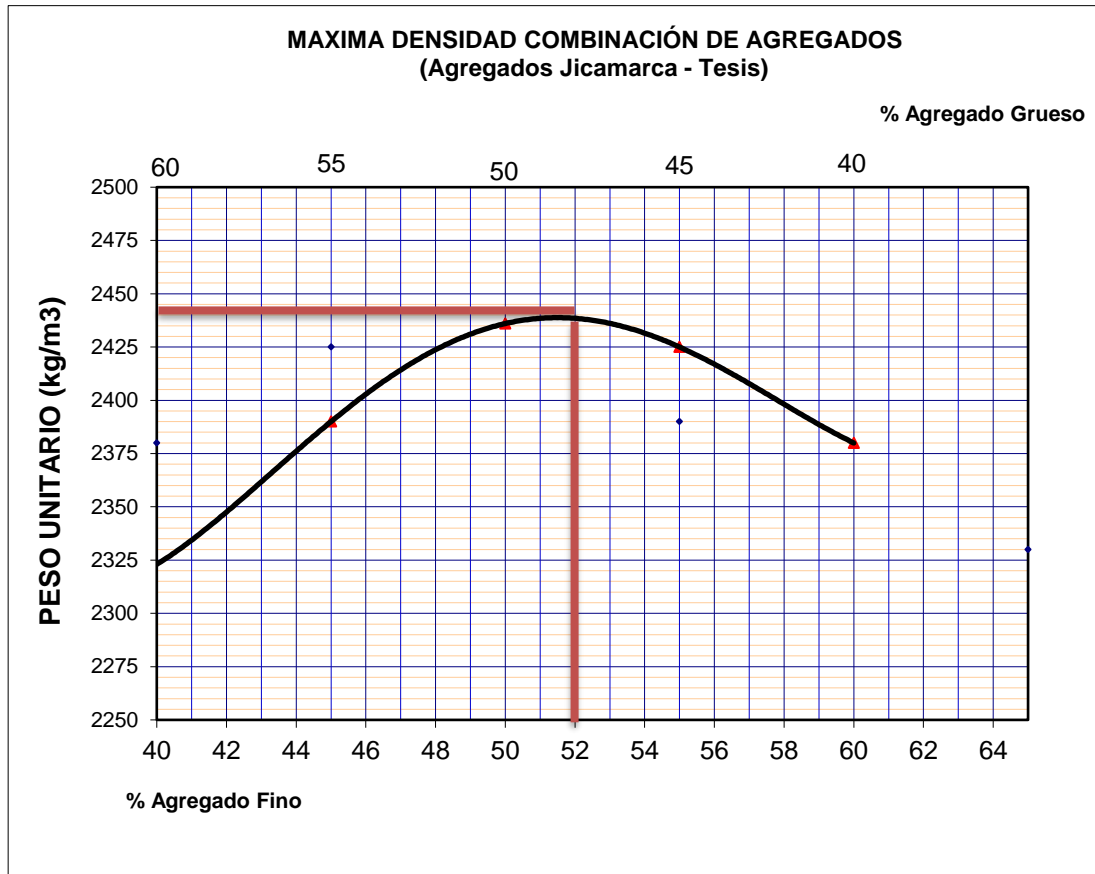
Figura 6.- Granulometría del agregado Grueso- ASTM-C33



Fuente. Propia

Para utilizar la combinación de agregados se realizó la máxima compactación de agregados en la mezcla de ambos materiales, dando como resultado 52% de arena y 48% de piedra para una densidad fluctuante de 2325 a 2450 kg/m<sup>3</sup>.

*Figura 7.- Máxima densidad de combinación de agregados*



*Fuente. Propia*

### 3.1.3. Aditivos

Los aditivos que se utilizaron en el diseño de concreto pertenecen a la transnacional Alemana Master Builders Solutions Perú S.A:

### 3.1.4. LBTPA-001-19:

Es un aditivo utilizado para extender el fraguado inicial, la trabajabilidad y para mejorar el acabado superficial. Además, ayuda a prevenir los problemas de segregación y mejora las resistencias a compresión a edades tempranas y finales.

Aditivo líquido reductor de agua de rango medio, mantenimiento el asentamiento, la dosis recomendada en las especificaciones técnicas del producto es de 0.2% a 0.65% kg. del peso del cemento. Para la tesis se utilizó en todas las pruebas la dosis de 0.25% para mantener la trabajabilidad.

Tabla 31: *Propiedades del aditivo*

	ADITIVO	NORMA	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCION	DENSIDAD	UND
1	LBTPA-001-19	ASTM C 494	Tipo B y D	Aditivo reductor de agua y retardante	1.13	gr/cm3

*Fuente: Master Builders Solutions Perú S.A*

### 3.1.5. LBTPA-002-19:

Es un aditivo reductor de agua de alto rango tipo A y F, diseñado para producir concreto rheoplástico. La dosis recomendada en las especificaciones técnicas del producto es de 0.65% a 1.6% kg. del peso del cemento. Para la tesis se utilizó una dosis de 1%, 1.5%, 2.0% y 2.5%.

Tabla 32: *Propiedades del aditivo*

	ADITIVO	NORMA	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCION	DENSIDAD	UND
2	LBTPA-002-19	ASTM C 494	Tipo A y F	Aditivos reductores de agua de alto rango	1.21	gr/cm3

*Fuente: Master Builders Solutions Perú S.A*

### 3.1.6. LBTPA-003-19:

Es un aditivo superplastificante de última generación, basado en la nueva tecnología de polímeros exclusiva de MBS, especialmente diseñado para la producción de concretos de baja viscosidad incluso con reducidos contenidos de agua debido a su innovadora formulación que permite una adsorción retardada de las partículas de cemento obteniendo una hidratación mucho más eficiente. La dosis recomendada en las especificaciones técnicas del producto es de 0.65% a 1.6% kg. del peso del cemento. Para la tesis se utilizó una dosis de 1%, 1.5%, 2.0% y 2.5%.

Tabla 33: *Propiedades del aditivo*

	ADITIVO	NORMA	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCION	DENSIDAD	UND
3	LBTPA-003-19	ASTM C 1017	Tipo II	Plastificante y retardante	1.09	gr/cm <sup>3</sup>

*Fuente: Master Builders Solutions Perú S.A*

### 3.2. Agua

El agua se utilizó de la red del laboratorio de la empresa Master Builders Solutions Perú S.A. él cual es potable.

### 3.3. Diseño de la mezcla de concreto

Para la determinación del diseño empleado se utilizaron los parámetros de diseño indicados en el código (ACI 211.1-91, 2009)

Para la investigación se realizó 09 diseños de mezcla, manteniendo constante el contenido de cemento, aditivo retardante, los pesos del agregado varían sustancialmente al disminuir el contenido de agua por el aumento de dosis del superplastificante por lo que se recalcula para llegar a 1.0 m<sup>3</sup>.

Tabla 34: *Dosificaciones de concreto evaluados.*

DISEÑO DE CONCRETO			Prueba (P0)	Prueba (P1)	Prueba (P2)	Prueba (P3)	Prueba (P4)	Prueba (P5)	Prueba (P6)	Prueba (P7)	Prueba (P8)
<b>INSUMOS</b>	<b>PROCEDENCIA</b>	<b>UNID.</b>	<b>DOSIFICACION DE MATERIALES POR m3 EN SSS</b>								
Cemento, tipo I	UNACEM	kg	386	386	386	386	386	386	386	386	386
Agua	Laboratorio	kg	216	199	189	179	167	199	189	179	167
Arena	Jicamarca	kg	886	910	924	938	954	910	924	938	954
Piedra huso # 67	Jicamarca	kg	830	852	865	878	894	852	865	878	894
LBTPA-001-19	MBS	L	0.97	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
LBTPA-002-19	MBS	L						3.20	4.79	6.37	7.96
LBTPA-003-19	MBS	L		3.52	5.33	7.08	8.87				
<b>Peso Concreto Teórico</b>		kg/m3	2341	2374	2393	2412	2435	2374	2393	2412	2435
<b>Relación a/c</b>			0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.52	0.49	0.46	0.43
<b>Dosis de LBTPA-001-19</b>		%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
<b>Dosis de LBTPA-002-19</b>		%						1.00	1.50	2.00	2.50
<b>Dosis de LBTPA-003-19</b>		%		1.00	1.50	2.00	2.50				

Fuente: Propia

Tabla 35: *Evaluación en el concreto fresco*

PROPIEDADES EN CONCRETO FRESCO		Prueba (P0)	Prueba (P1)	Prueba (P2)	Prueba (P3)	Prueba (P4)	Prueba (P5)	Prueba (P6)	Prueba (P7)	Prueba (P8)	
Temperatura Ambiental promedio	°C	20.1	21.9	21.9	21.7	21.7	24.4	24.1	23.8	23.7	
Temperatura Concreto promedio	°C	21.6	20.9	20.8	21.2	21.7	22.8	23.3	23.7	23.4	
Asentamiento inicial	pulg.	8 1/2	8	9 3/4	10	10 3/4	8 1/2	9 3/4	9 3/4	10 1/2	
Contenido de Aire atrapado	%	1.0	3.2	1.7	1.1	0.6	4.6	5.8	7.0	6.6	
Peso Unitario concreto fresco	Kg/m3	2340	2362	2374	2396	2444	2359	2355	2376	2359	
Rendimiento	-	1.00	1.01	1.01	1.01	0.99	1.01	1.02	1.02	1.03	
hora Contacto agua/ cemento	hr:m	11:00	11:54	12:09	12:18	12:33	13:05	13:20	13:30	13:59	
Pérdida de trabajabilidad (Hrs)	Unidatos	Prueba (P0)	Prueba (P1)	Prueba (P2)	Prueba (P3)	Prueba (P4)	Prueba (P5)	Prueba (P6)	Prueba (P7)	Prueba (P8)	
00:00	0.0	pulg.	8 1/2	8	9 3/4	10	10 3/4	8 1/2	9 3/4	9 3/4	10 1/2
00:30	0.5	pulg.	6 1/2	6 1/2	9 3/4	10	10 1/2	7	9 1/4	9 1/2	10
01:00	1.0	pulg.	5	4 1/2	9 1/4	10	10	4 1/4	7 3/4	9 1/4	9 3/4
01:30	1.5	pulg.	3 1/2	3 1/4	8 1/2	10	10	2 3/4	6 3/4	8 1/2	9 1/2
02:00	2.0	pulg.	1 1/2	2	7 3/4	9	9 3/4		3 3/4	8	9
<b>▲ Pérdida acumulada (Hrs)</b>											
00:00	0.0	pulg.									
00:30	0.5	pulg.	2	1 1/2	0	0	1/4	1 1/2	1/2	1/4	1/2
01:00	1.0	pulg.	3 1/2	3 1/2	1/2	0	3/4	4 1/4	2	1/2	3/4
01:30	1.5	pulg.	5	4 3/4	1 1/4	0	3/4	5 3/4	3	1 1/4	1
02:00	2.0	pulg.	7	6	2	1	1	8 1/2	6	1 3/4	1 1/2

Fuente : Propia.



Tabla 36: *Evaluación en el concreto fresco – temperaturas*

PROPIEDADES EN CONCRETO FRESCO			Prueba (P0)	Prueba (P1)	Prueba (P2)	Prueba (P3)	Prueba (P4)	Prueba (P5)	Prueba (P6)	Prueba (P7)	Prueba (P8)
<b>Control de temperatura Ambiental</b>											
<b>00:00</b>	0.0	°C	20.5	21.5	21.5	21.5	21.5	24.5	24.5	24.5	24.5
<b>00:30</b>	0.5	°C	20.5	22.0	22.0	21.5	22.0	24.5	24.5	24.0	24.5
<b>01:00</b>	1.0	°C	20.0	22.0	22.0	22.0	22.0	24.5	24.5	24.0	23.5
<b>01:30</b>	1.5	°C	20.0	22.0	22.0	22.0	21.5	24.0	23.5	23.5	23.5
<b>02:00</b>	2.0	°C	19.5	22.0	22.0	21.5	21.5	-	23.4	23.0	22.5
<b>Control de temperatura Concreto</b>											
<b>00:00</b>	0.0	°C	21.0	21.0	21.0	21.5	22.5	22.5	23.5	24.0	24.0
<b>00:30</b>	0.5	°C	21.0	21.0	21.0	21.5	22.5	23.0	23.5	24.0	23.0
<b>01:00</b>	1.0	°C	21.5	21.0	21.0	21.0	21.5	23.0	23.5	24.0	23.5
<b>01:30</b>	1.5	°C	22.0	21.0	21.0	21.0	21.0	22.5	23.0	23.5	23.5
<b>02:00</b>	2.0	°C	22.5	20.5	20.0	21.0	21.0	-	23.1	23.0	23.0

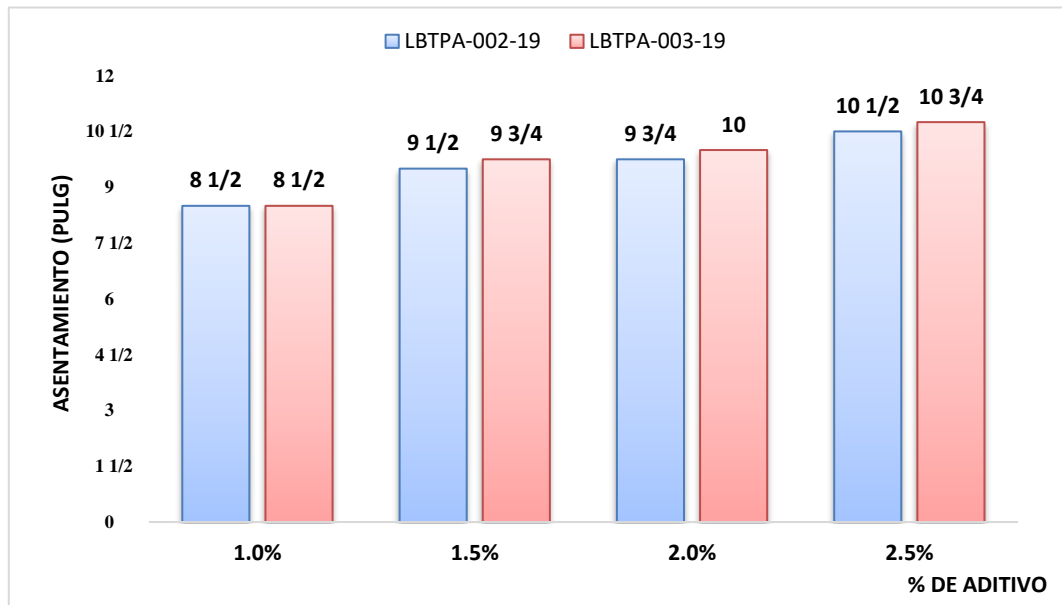
*Fuente: Propia.*

Tabla 37: *Evaluación en el concreto endurecido – resistencia a la compresión*

PROPIEDADES DEL CONCRETO		Prueba (P0)	Prueba (P1)	Prueba (P2)	Prueba (P3)	Prueba (P4)	Prueba (P5)	Prueba (P6)	Prueba (P7)	Prueba (P8)
<b>PROPIEDADES EN CONCRETO ENDURECIDO</b>										
f´c 3 Días	Kg/cm <sup>2</sup>	100	313	347	398	414	270	289	324	368
f´c 7 Días	Kg/cm <sup>2</sup>	190	374	433	468	540	330	367	389	409
f´c 14 Días	Kg/cm <sup>2</sup>	205	384	463	530	607	403	447	480	507
f´c 28 Días	Kg/cm <sup>2</sup>	270	439	522	585	643	440	514	575	608
<b>PROPIEDADES EN CONCRETO ENDURECIDO</b>										
f´c 3 Días	%	34	105	116	134	139	91	97	109	123
f´c 7 Días	%	64	126	145	157	181	111	123	131	137
f´c 14 Días	%	69	129	155	178	204	135	150	161	170
f´c 28 Días	%	91	147	175	196	216	148	172	193	204

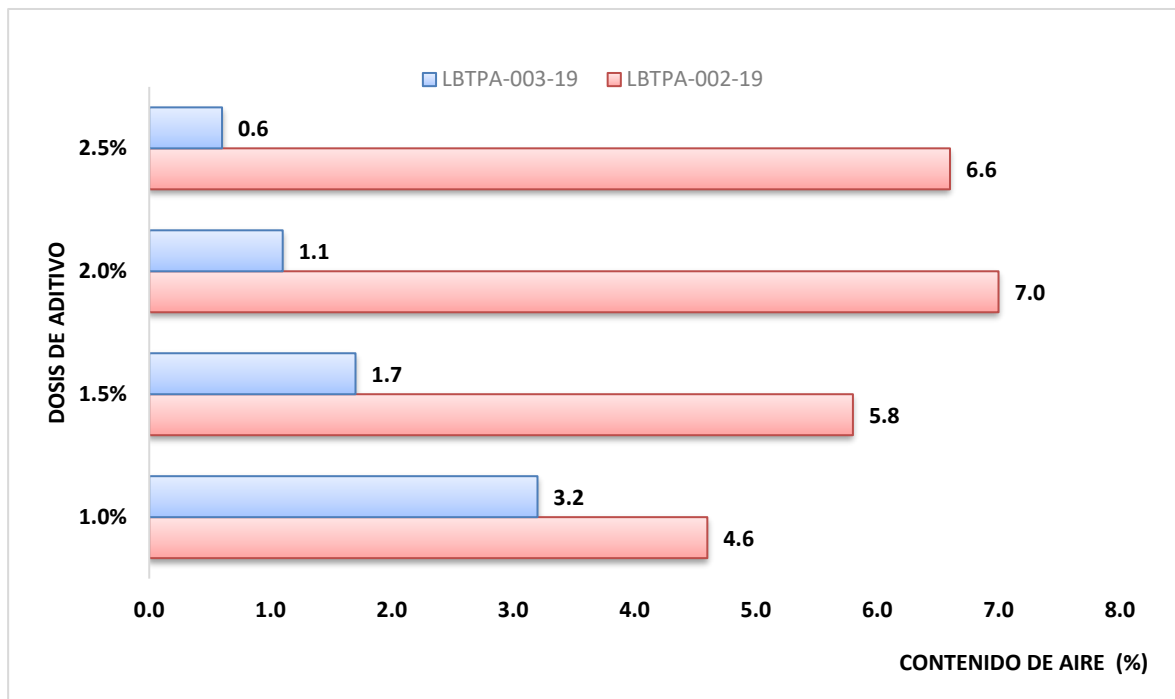
*Fuente: Propia*

Figura 8.- Consistencia vs % de aditivo



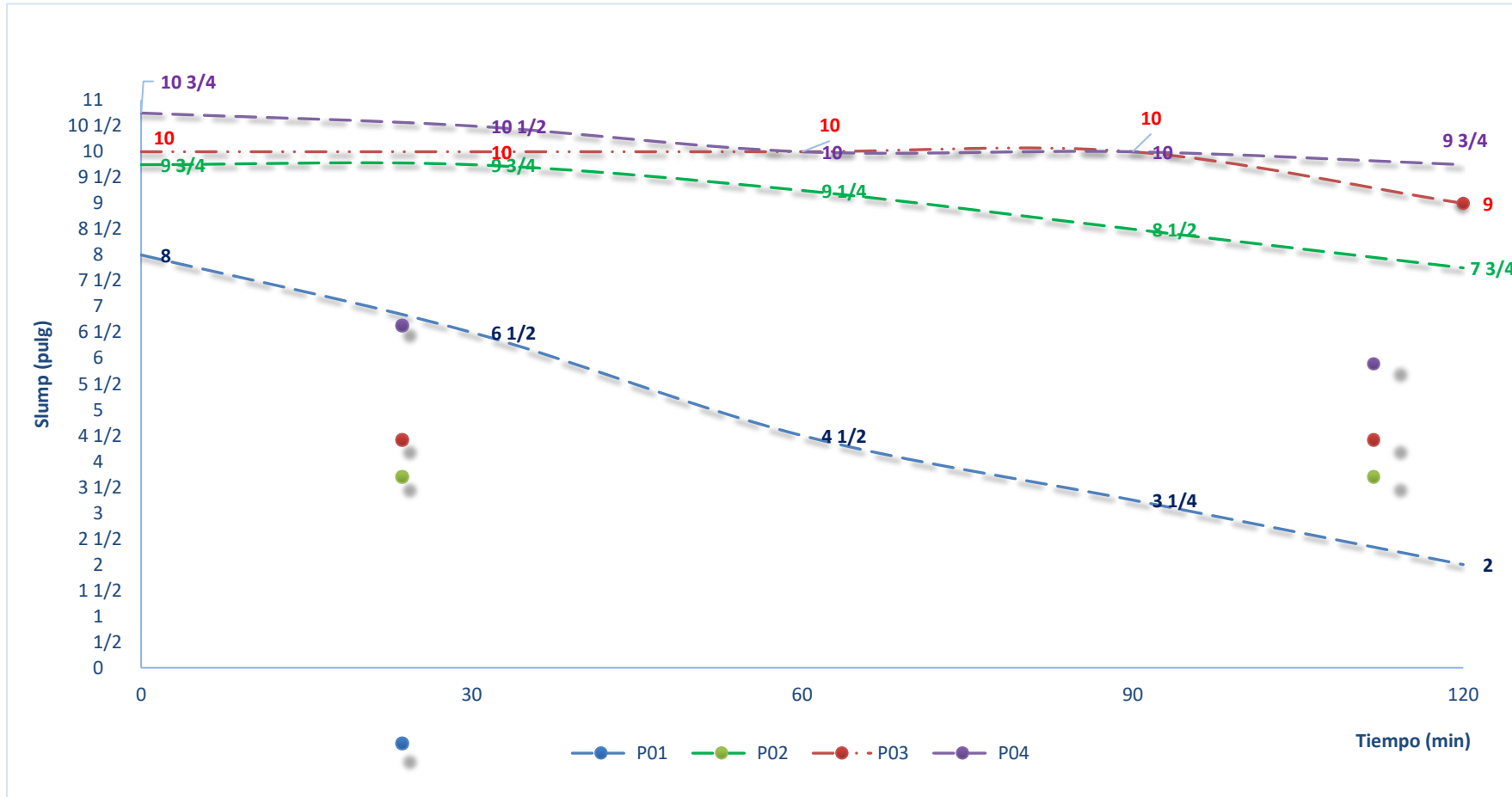
Fuente. Propia

Figura 9.- Porcentaje de aire vs % de aditivo



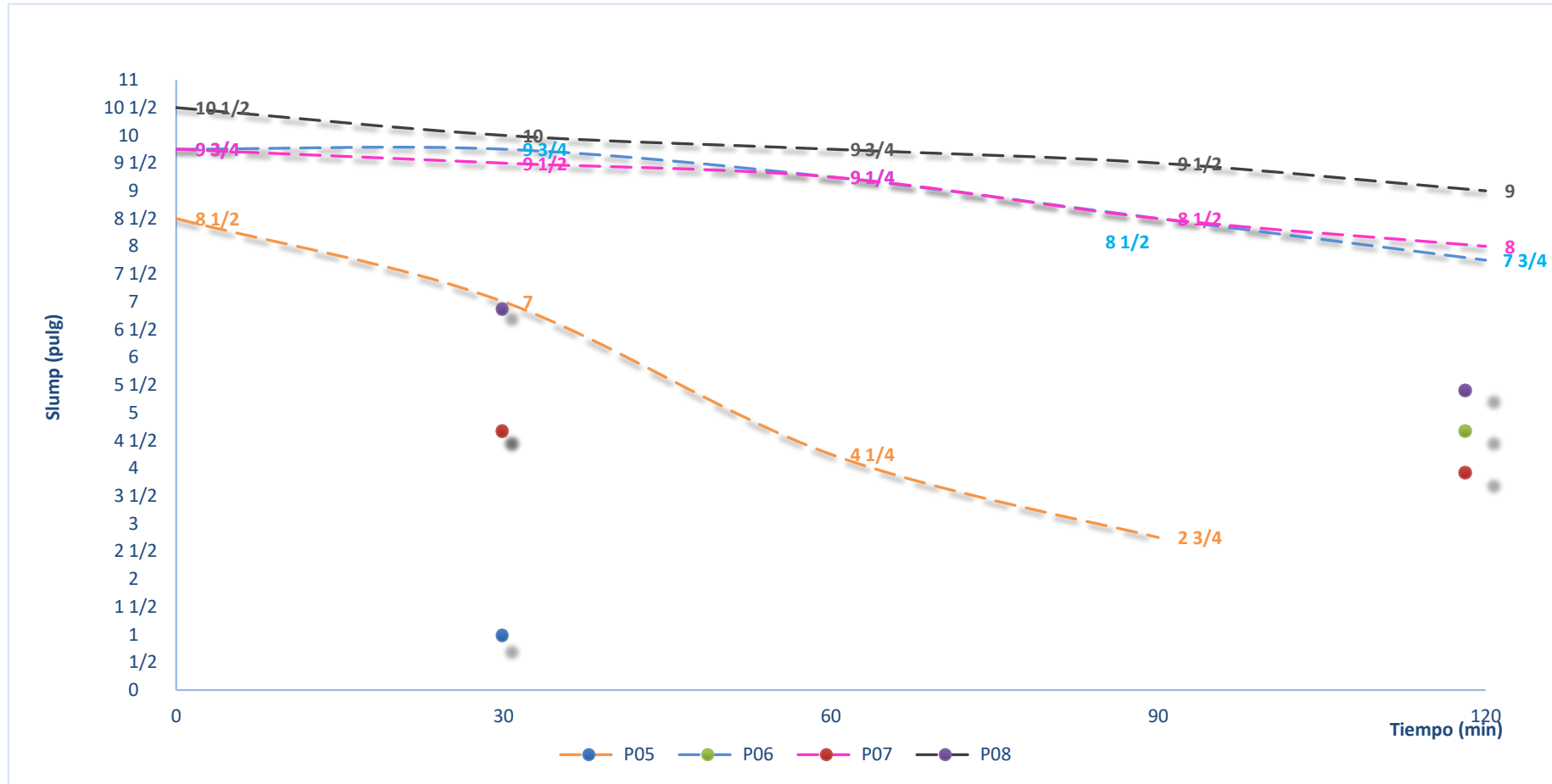
Fuente. Propia

Figura 10.- Evaluación de pérdida de asentamiento vs % de aditivo LBTPA-003-19.



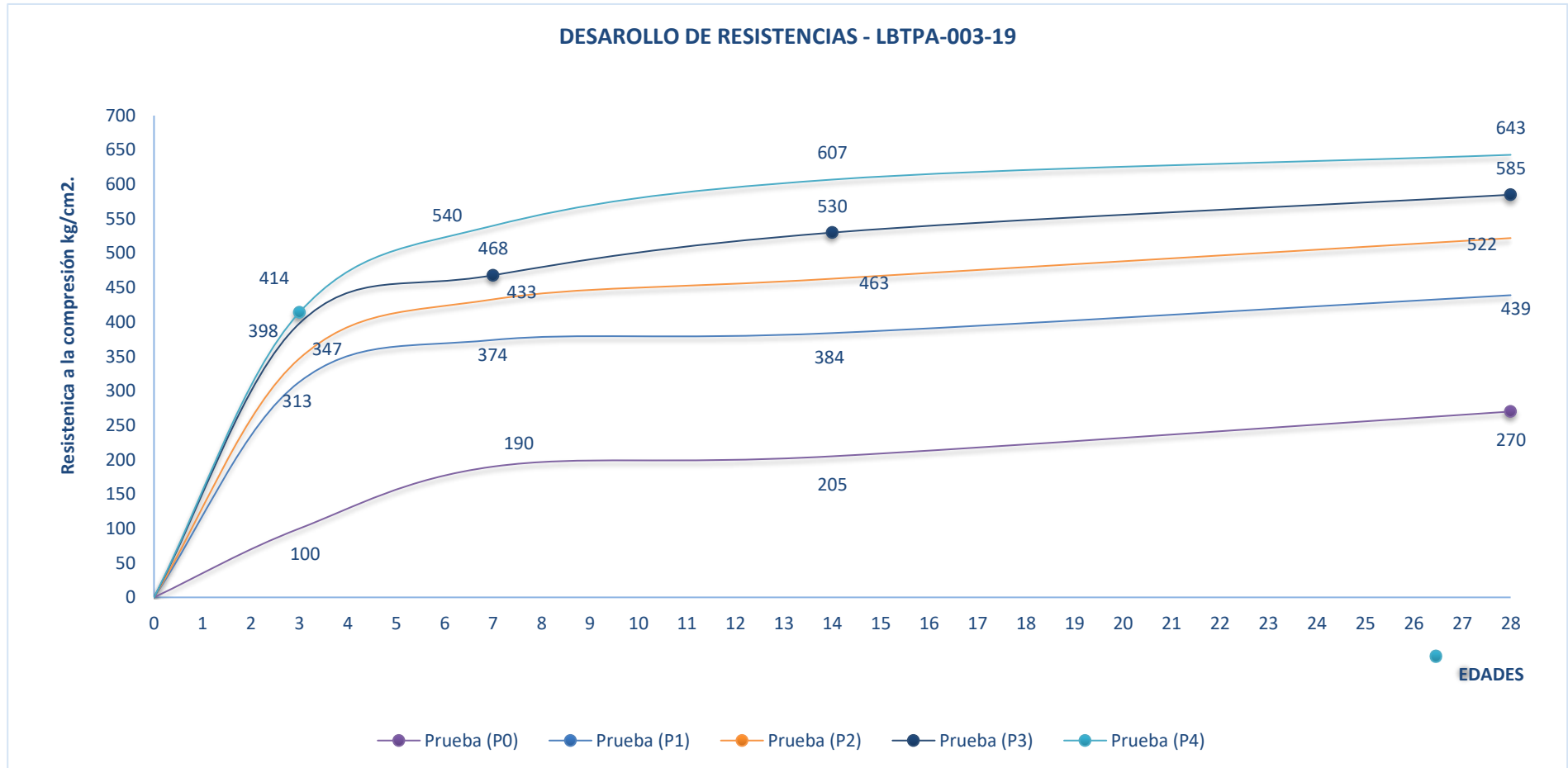
Fuente: Propia.

Figura 11.- Evaluación de pérdida de asentamiento vs % de aditivo LBTPA-002-19



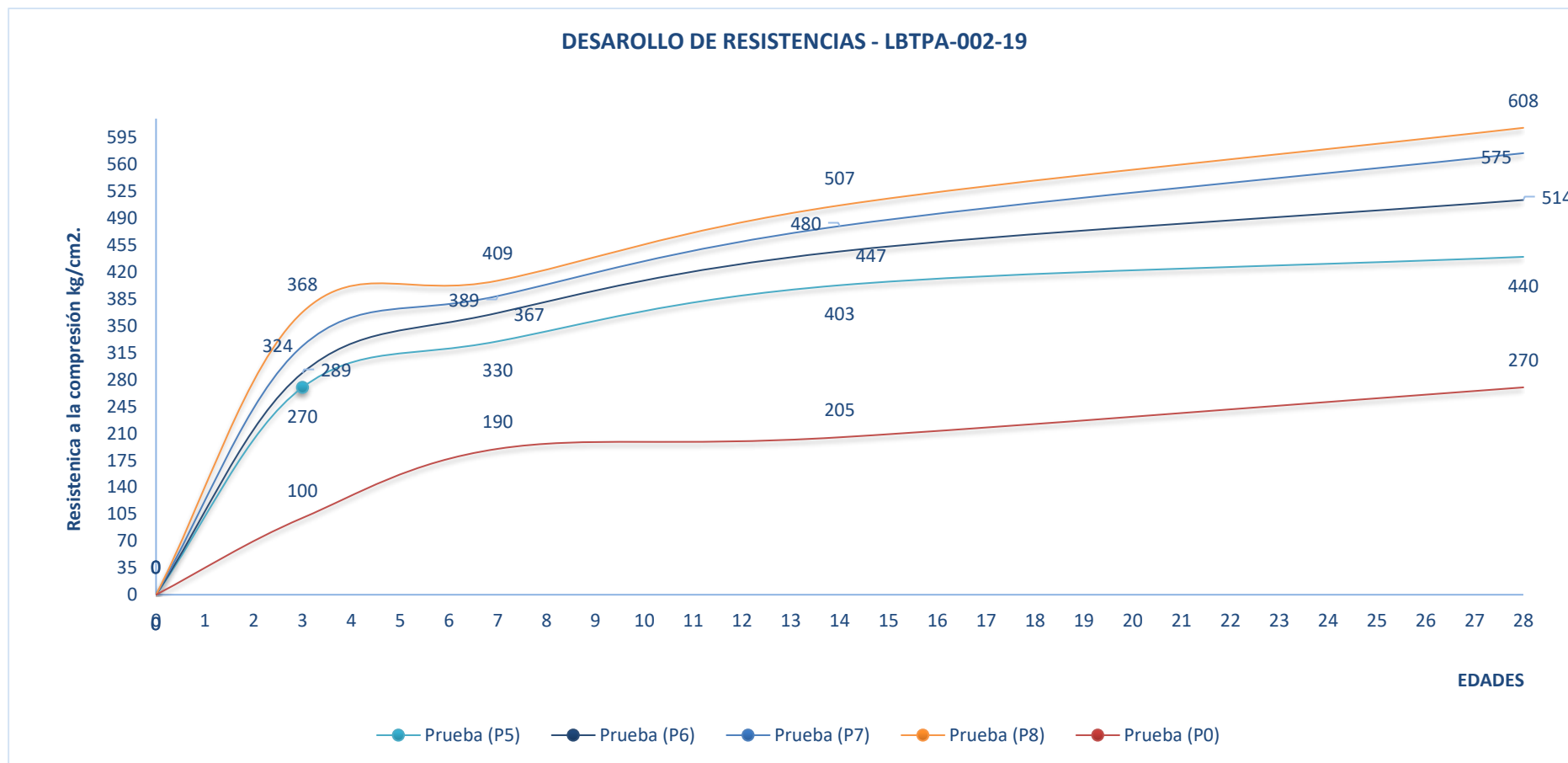
Fuente. Propia

Figura 12.-Evolución de resistencia a la compresión – LBTPA-003-19



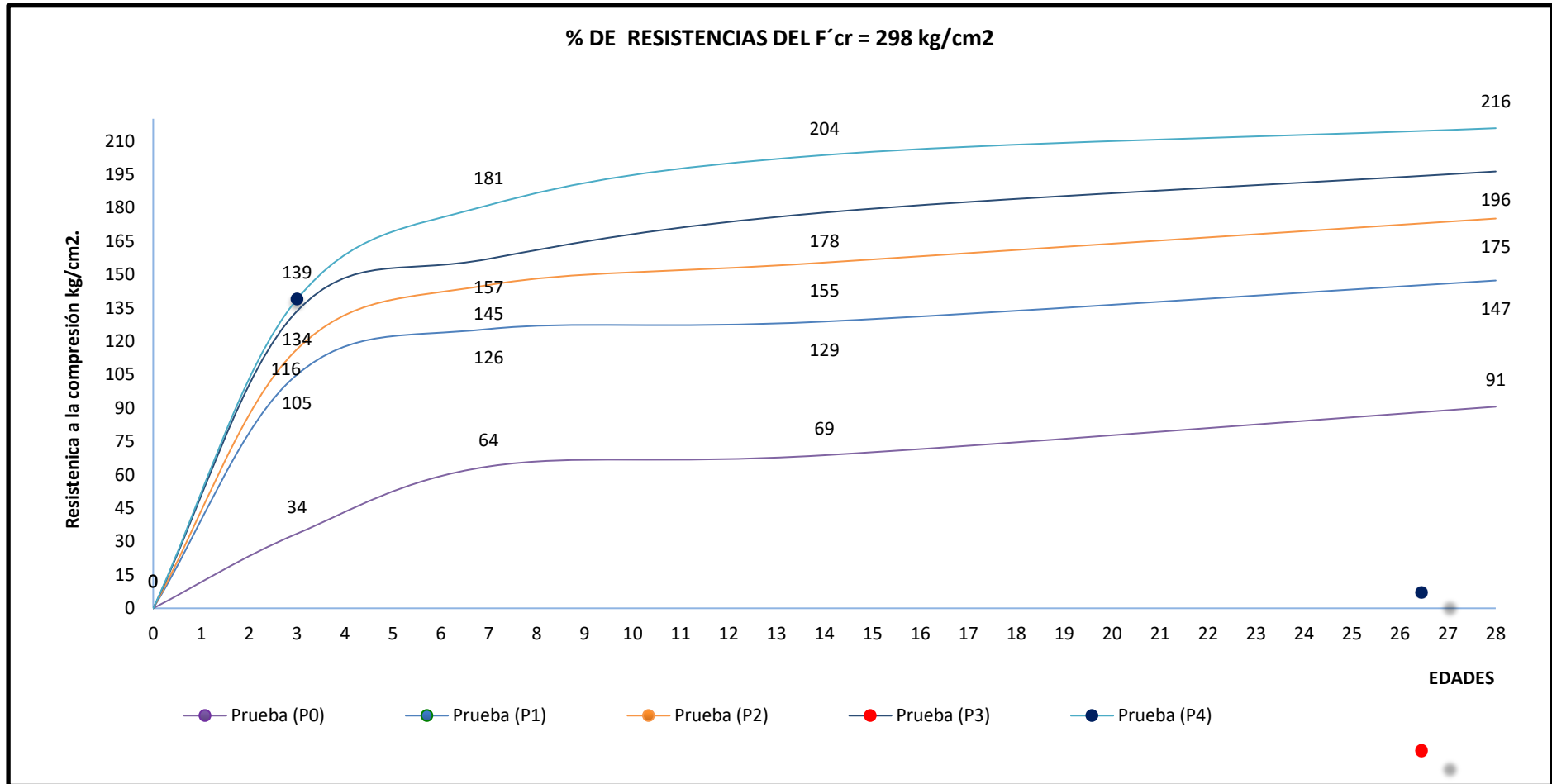
Fuente: Propia

Figura 13.- Evolución de resistencia a la compresión – LBTPA-002-19



Fuente: Propia

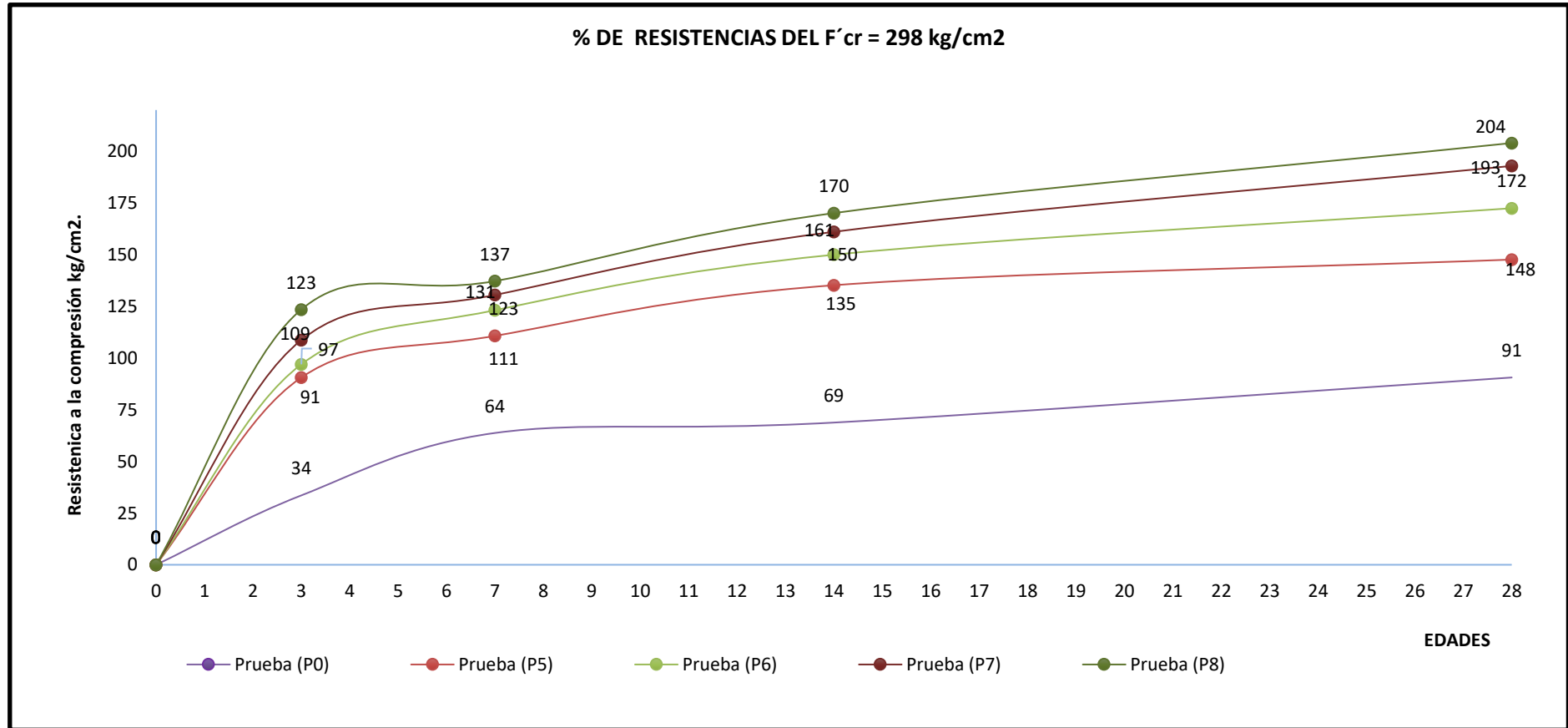
Figura 14.- Evolución del % de resistencia requerida ( $f'_{cr}$ ) – LBTPA-003-19



Fuente: Propia



Figura 15.- Evolución del % de resistencia requerida ( $f'_{cr}$ ) – LBTPA-002-19



Fuente: Propia

### 3.4. Análisis de costo m<sup>3</sup>

Se realiza el análisis de costo de los materiales integrantes del concreto en m<sup>3</sup>, en lo que respecta las diferencias de cantidades por la reducción de contenidos de agua y % de aditivos superplastificantes frente al diseño sin aditivo.

El análisis de costo directo se realizó para 1 m<sup>3</sup> en los 9 diseños de mezcla, a continuación, se presentan los costos de los materiales y análisis por m<sup>3</sup>.

*Tabla 38: Costo directo de materiales*

<b>Materiales (kg/m3)</b>	<b>P.U ( S/. ) (kg/m3)</b>
<b>Cemento Tipo I</b>	0.4472
<b>agua</b>	0.0650
<b>Arena</b>	0.0180
<b>Piedra 67</b>	0.0287
<b>LBTPA-001-19 (L/m3)</b>	<b>4.000</b>
<b>LBTPA-003-19 (L/m3)</b>	<b>10.500</b>
<b>LBTPA-002-19 (L/m3)</b>	<b>4.500</b>

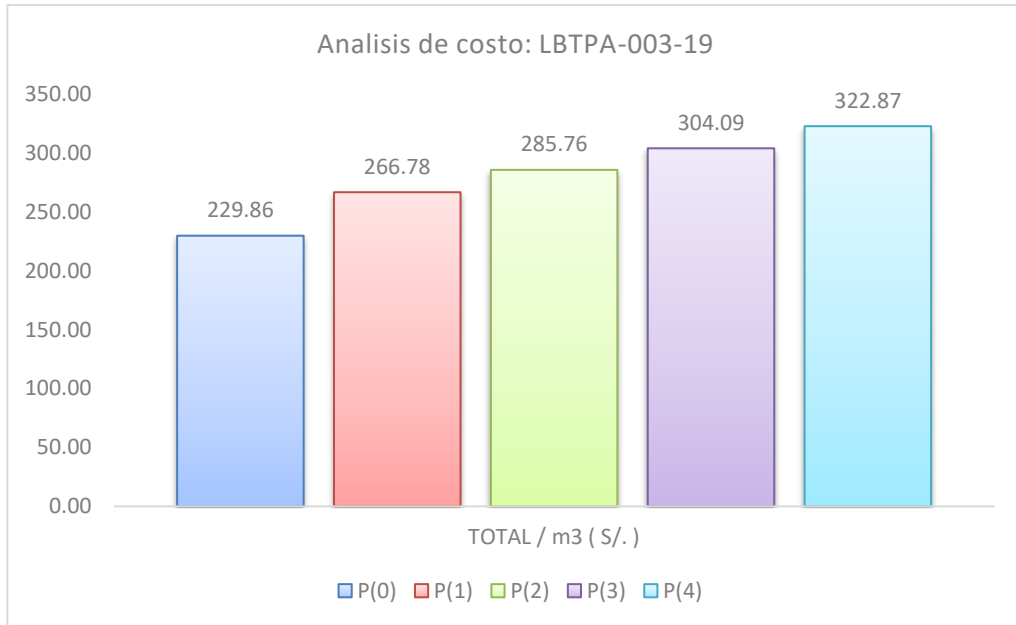
*Fuente: MBS*

Tabla 39: Costo directo del concreto evaluado por m<sup>3</sup>

Materiales (kg/m <sup>3</sup> )	P.U (S/.) (kg/m <sup>3</sup> )	P(0)		P(1)		P(2)		P(3)		P(4)		P(5)		P(6)		P(7)		P(8)	
		Peso SSS	Costo (S/.)	Peso SSS	Costo (S/.)	Peso SSS	Costo (S/.)	Peso SSS	Costo (S/.)	Peso SSS	Costo (S/.)	Peso SSS	Costo (S/.)	Peso SSS	Costo (S/.)	Peso SSS	Costo (S/.)	Peso SSS	Costo (S/.)
Cemento tipo I	0.4472	386	172.62	386	172.62	386	172.62	386	172.62	386	172.62	386	172.62	386	172.62	386	172.62	386	172.62
agua	0.0650	216	14.04	199	12.94	189	12.29	179	11.64	167	10.86	199	12.94	189	12.29	179	11.64	167	10.86
Arena	0.0180	886	15.95	910	16.38	924	16.63	937	16.87	954	17.17	910	16.38	924	16.63	937	16.87	954	17.17
Piedra 67	0.0287	830	23.81	852	24.44	865	24.82	878	25.19	894	25.65	852	24.44	865	24.82	878	25.19	894	25.65
LBTPA-001-19 (L/m <sup>3</sup> )	4.00	0.86	3.44	0.86	3.44	0.86	3.44	0.86	3.44	0.86	3.44	0.86	3.44	0.86	3.44	0.86	3.44	0.86	3.44
LBTPA-003-19 (L/m <sup>3</sup> )	10.50			3.52	36.96	5.33	55.97	7.08	74.34	8.87	93.14								
LBTPA-002-19 (L/m <sup>3</sup> )	4.50											3.20	14.40	4.79	21.56	6.37	28.67	7.96	35.82
TOTAL / m <sup>3</sup> (S/.)			229.86		266.78		285.76		304.09		322.87		244.22		251.35		258.42		265.56

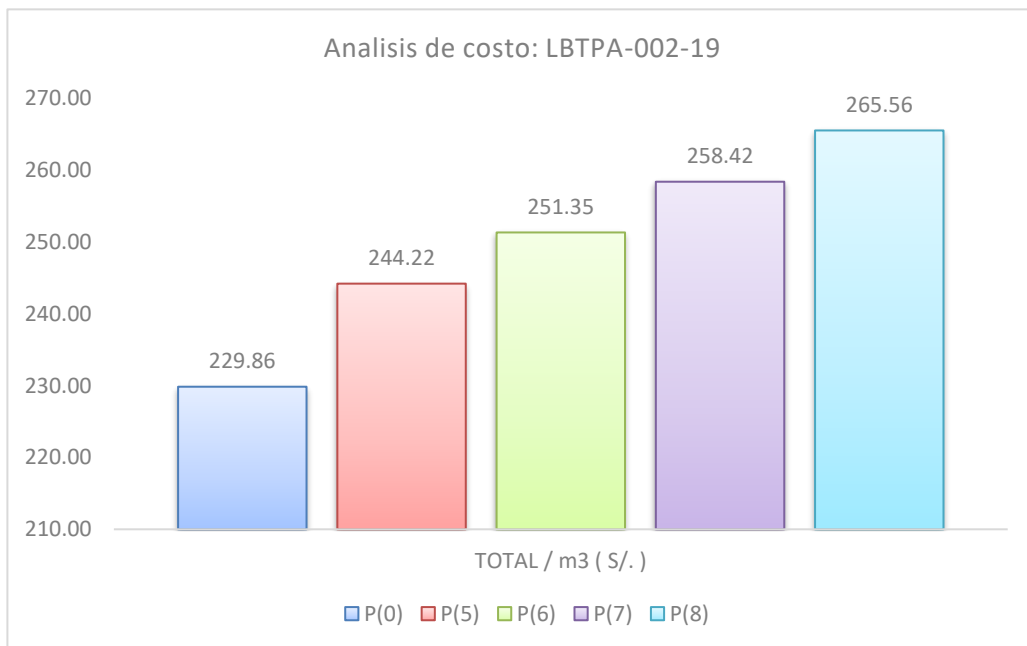
Fuente: Propia

*Figura 16.- Análisis de costo: LBTPA-003-19*



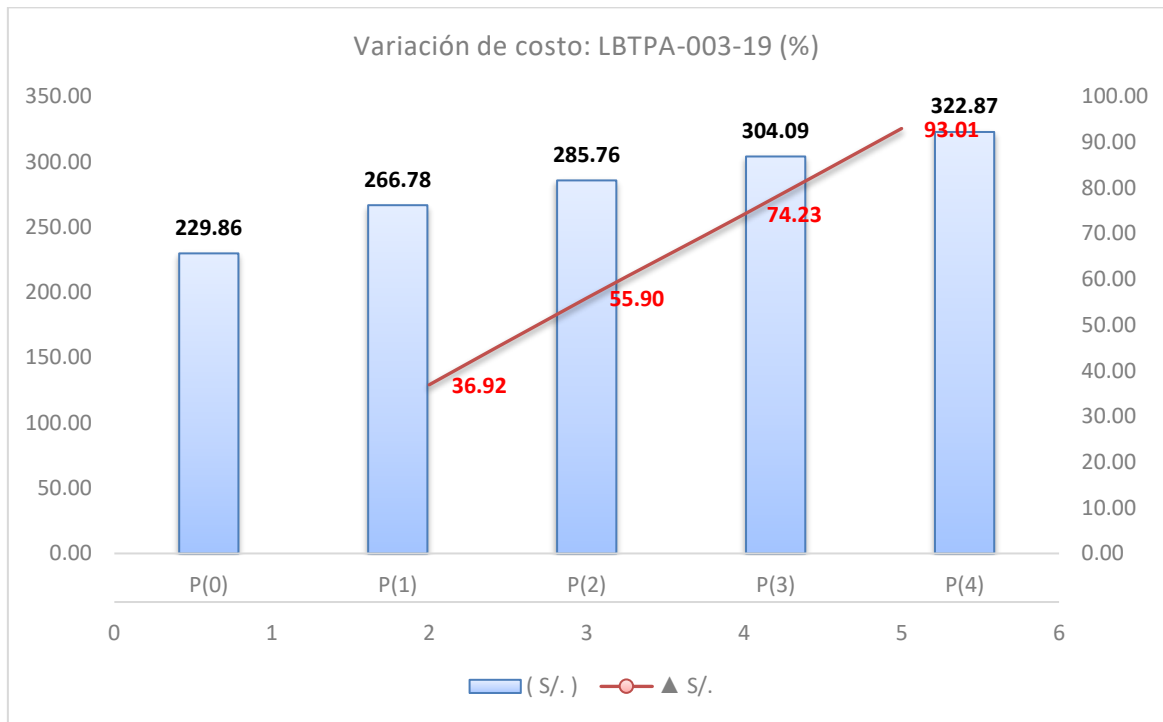
*Fuente: Propia*

*Figura 17.- Análisis de costo: LBTPA-002-19*



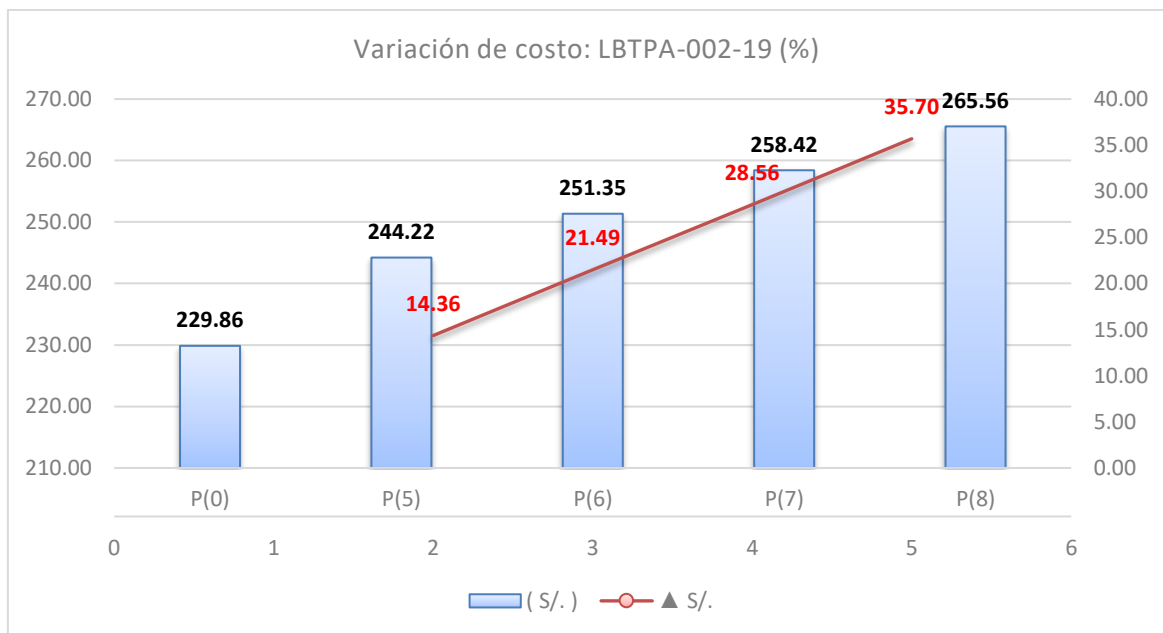
*Fuente: Propia*

Figura 18.- Diferencial de costos: LBTPA-003-19



Fuente: Propia

Figura 19.- Diferencial de costos: LBTPA-002-19



Fuente: Propia

## IV. CAPÍTULO. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

#### 4.1.1. Consistencia del concreto

De los resultados se obtuvo en el diseño patrón un asentamiento de 8 ½” pulg. con un total de agua de 216 L/m<sup>3</sup>, en todas las mezclas de prueba se mantuvo la dosis del aditivo retardante en dosis de 0.25% para el efecto de mantenimiento de la consistencia a lo largo de los 120 minutos (2 horas) medidos bajo el ensayo del (ASTM C143, 2000).

La adición de los aditivos superplastificantes si influye significativamente en la consistencia del concreto fluido al aumentar el % de aditivo en dosis de 1.0% a 2.5% sobre el peso del cemento en lo que tenemos mejora en la consistencia del concreto y menor pérdida de asentamiento en el tiempo, además mejora en la resistencia a la compresión del concreto por la reducción de agua y una menor relación a/c, en la tabla N°40 se muestra % de reducción de agua y nuevas relaciones a/c manteniendo la cantidad de cemento.

*Tabla 40: % de reducción de agua y variación de relación a/c*

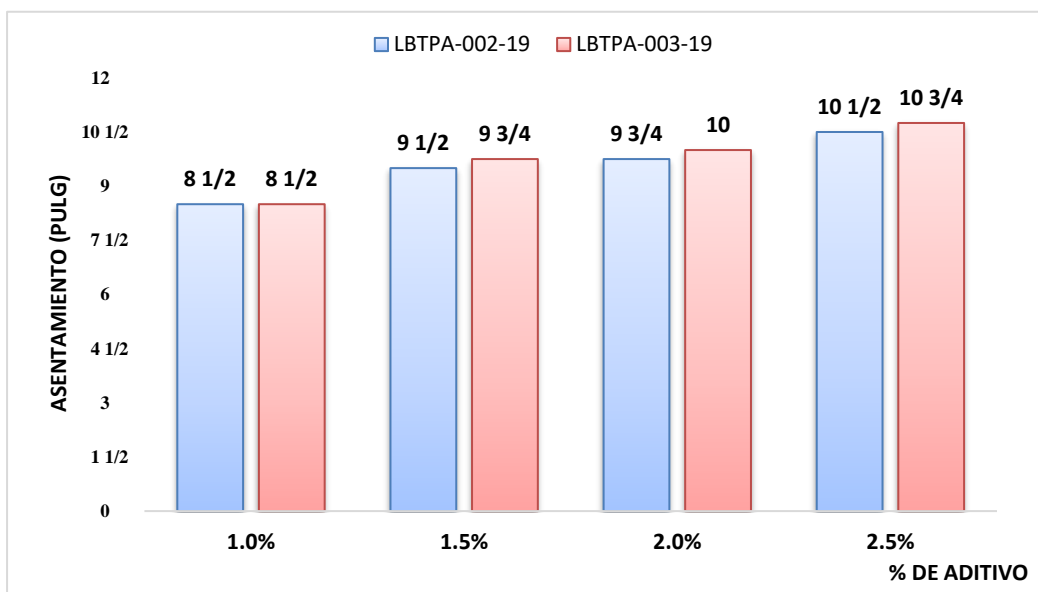
PARAMETRO	UNIDAD	P-0	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07	P-08
Cemento	kg/m <sup>3</sup>	386	386	386	386	386	386	386	386	386
Agua potable	L/m <sup>3</sup>	216	199	189	179	167	199	189	179	167
LBTPA-002-19	%	-	8.0	12.5	17.0	22.5				
LBTPA-003-19	%	-					8.0	12.5	17.0	22.5
Relación a/c	-	0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.52	0.49	0.46	0.43

Fuente: Propia

En la tabla presentada se tiene que el 1% de aditivo reduce el 8% de agua, el 1.5% de aditivo reduce el 12.5% de agua, el 2% de aditivo reduce el 17% de agua y el 2.5% de aditivo el 22.5% de agua, manteniendo la consistencia o asentamiento de la mezcla en el rango de 8 a 10 ¾” sin problemas de segregación en el concreto fresco.

En la norma (ASTM C143, 2000) en la nota N°2 nos menciona que el asentamiento debería medirse de ½ pulg. hasta 9 pul. para que el concreto se mantenga cohesivo, sin embargo para las pruebas experimentales he considerado medir para contabilizar el asentamiento fluido manteniendo la mezcla cohesiva con menor contenido de agua y por ende menor relación a/c.

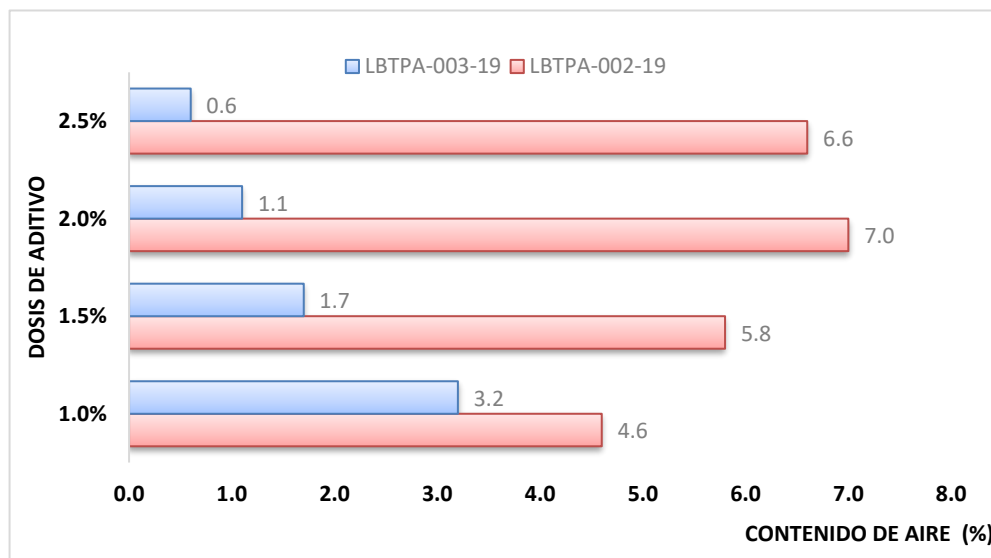
Figura 20.- Consistencia vs % de aditivo



Fuente: propia

En la investigación de (Sánchez, 2017) refleja que al aumento de dosis de aditivo plastificante en dosis mínima obtiene un asentamiento inicial de 133% más respecto al patrón sin aditivo, para esta investigación empleando el 1.5% de aditivo superplastificante y se obtuvo el 115% respecto al patrón, y para el caso del 2.5% se obtuvo el 127% manteniendo el comportamiento lineal en pérdida de asentamiento en el tiempo evaluado.

Figura 21.- Porcentaje de aire vs % de aditivo



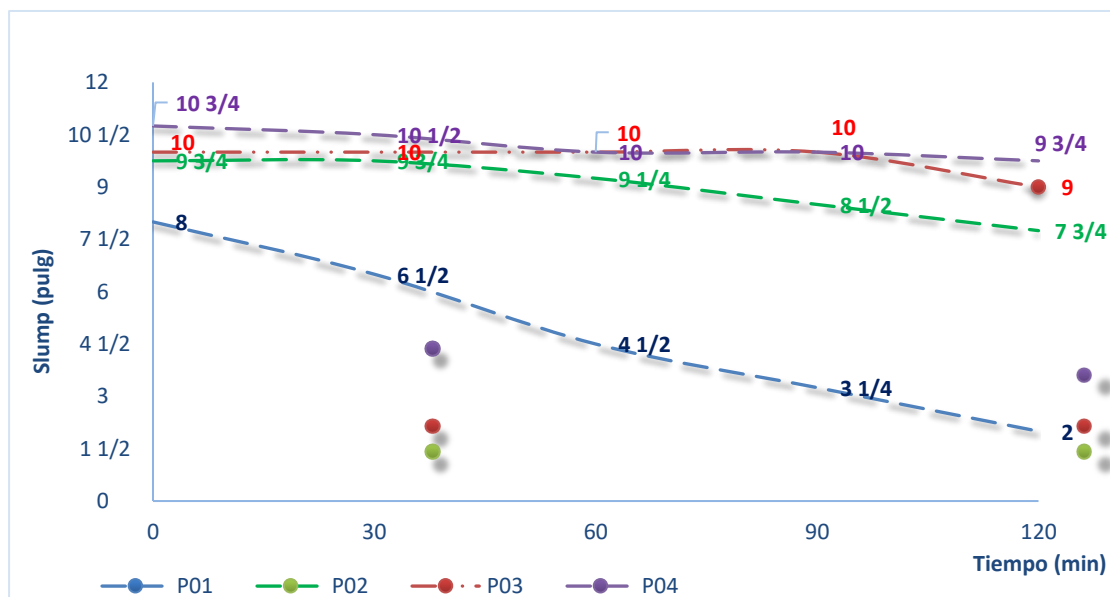
Fuente: propia

En el análisis de (Sánchez, 2017) tiene que el porcentaje de aire atrapado obtenido en los diseños de mezcla de concreto  $f'c = 175, 210$  y  $245 \text{ kg/cm}^2$  y variación de dosis de aditivo de menor y mayor incremento el porcentaje de aire fluctúa entre 0.5% hasta 1.5%.



En los contenidos de aire obtenidos en el plan experimental se tiene que el aditivo LBTPA-002-19 aumenta el contenido de aire significativamente en la mezcla frente a la dosis de aditivo llegando hasta 7% como valor máximo con dosis de aditivo del 2.0% y con dosis de aditivo del 1.0% da 4.6% de aire, cuyos valores exceden el límite máximo establecido de 3% en los concretos normales sin aire incorporado. Para el caso del aditivo LBTPA-003-19 los contenidos de aire están dados a una dosis de 1.0% da 3.2% y a la dosis máxima de 2.5% nos da 0.6% de aire atrapado, cuyos valores tendríamos dentro del límite máximo establecido de 3% en los concretos normales sin aire incorporado.

Figura 22.- Evaluación de pérdida de asentamiento - aditivo LBTPA-003-19

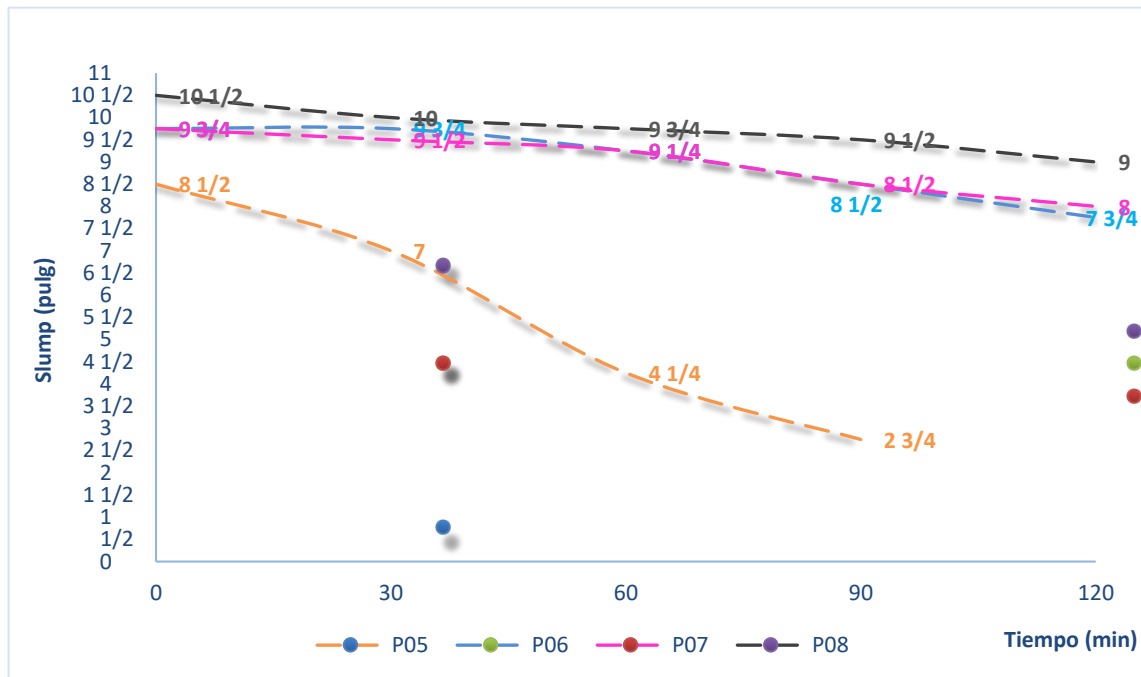


Fuente: Propia.

Del análisis de (Caicedo & Del Alamo, 2015), la pérdida de fluidez en los concretos de mayor relación a/c se debe tener mejor trabajabilidad en el tiempo por la saturación del agua que contiene.

En cuanto a las pérdidas de asentamiento en el tiempo en la parte experimental de este trabajo con el aditivo de LBTPA-003-19, sé tiene que empleando la dosis (1.0%) de aditivo su pérdida de trabajabilidad en el tiempo va de 8 pulg. inicial y a los 120 minutos está en 2 pulg. y cuando se usa dosis de aditivo de (2.5%) se tiene un asentamiento de 10 ¾ pulg. y a los 120 minutos 9 ¾ pulg. mejor mantenimiento de la consistencia a pesar de usar una menor relación a/c.

Figura 23.- Evaluación de pérdida de asentamiento - aditivo LBTPA-002-19

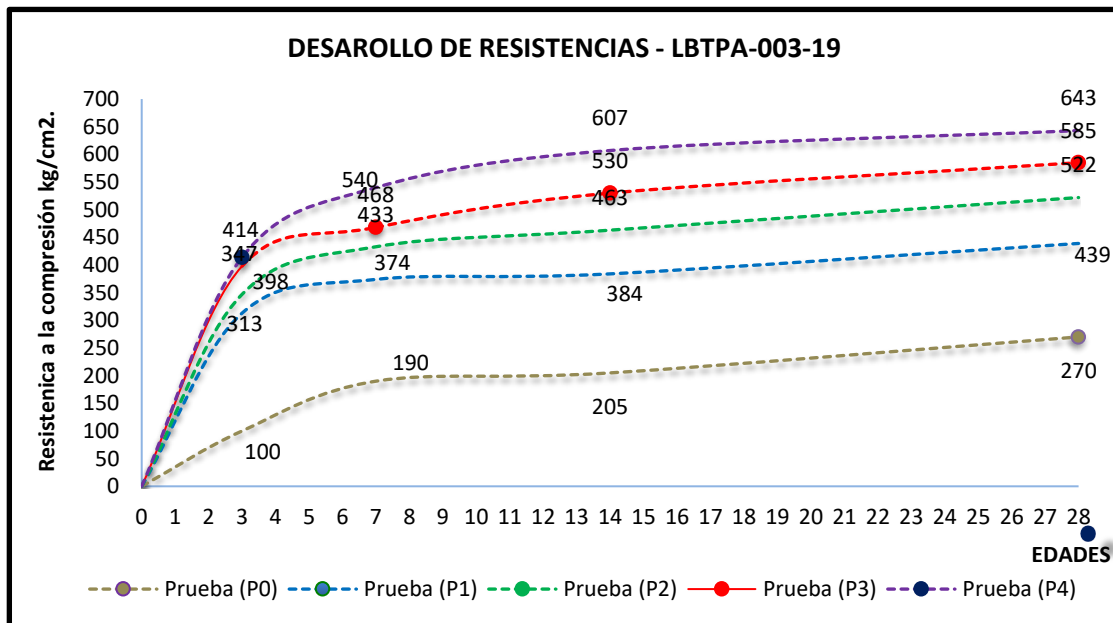


Fuente: Propia.

Para la evaluación de las pérdidas de asentamiento de las muestras P(5) al P(8) que contiene el aditivo LBTPA-002-19 sé tiene que empleando la dosis de aditivo (1.0%) su comportamiento va de un asentamiento inicial de 8 ½ pulg. inicial y a los 90 minutos está en 2 ¾ pulg.

Cuando se usa una mayor dosis de aditivo (2.5%) se tiene una consistencia de 10 ¾ pulg. y a los 120 minutos 9 ¾ pulg. su desempeño en el mantenimiento de la consistencia es mejor a pesar de usar una menor relación a/c y respecto a la mezcla con el aditivo LBTPA-003-19.

Figura 24.- Evolución de resistencia a la compresión – LBTPA-003-19



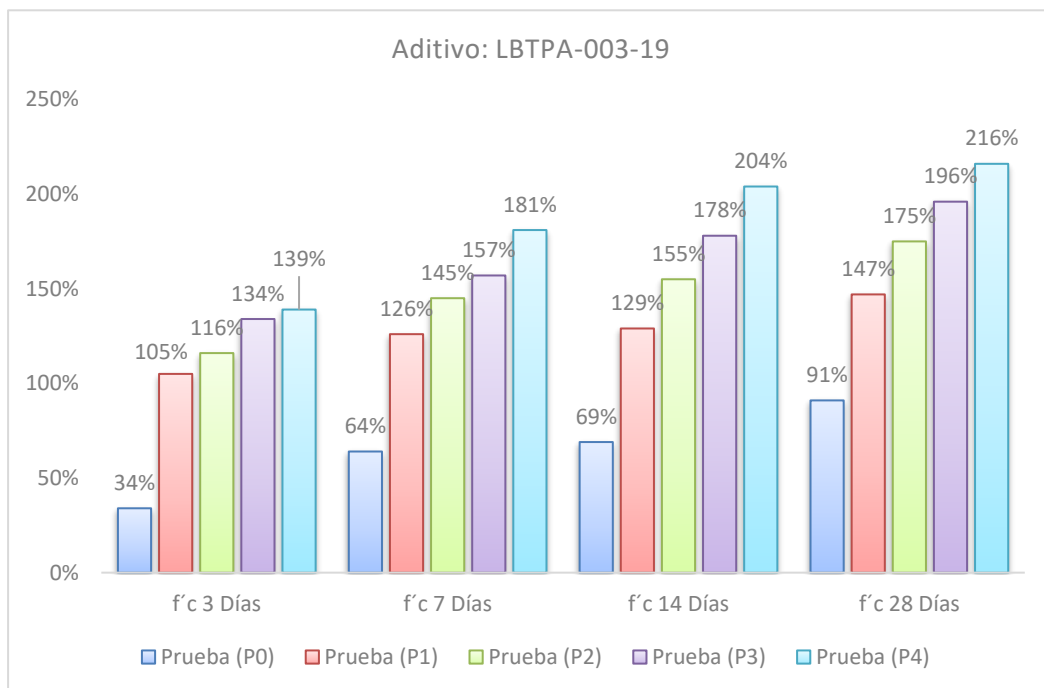
Fuente: Propia.

De acuerdo con la investigación de (Ninanya & Melgar, 2016) la resistencia a compresión que ellos obtienen es elevadas por un tema que el aditivo empleado a base de Silicato de Calcio Hidratado se encarga de generar resistencias tempranas por lo que añade directamente gel de CSH acelerando su desarrollo en el concreto autocompactado. En las primeras 10 horas obtienen el 5.7% - 51% a respecto a los 28 días, mientras a las edades posteriores tienen de 74% hasta el 93% con relaciones a/c de 0.40.

Para la investigación se tiene que el diseño patrón P(0) tenemos a los 3 días el 34%, a los 7 días el 64% y a los 28 días el 91% , frente a las pruebas P(1) al P(4) que tienen el aditivo LBTPA-003-19 supera de 105% hasta 216% del  $f'c$  del diseño de concreto elaborado con los % de dosis de 1.0%, 1.5, 2.0 y 2.5%.

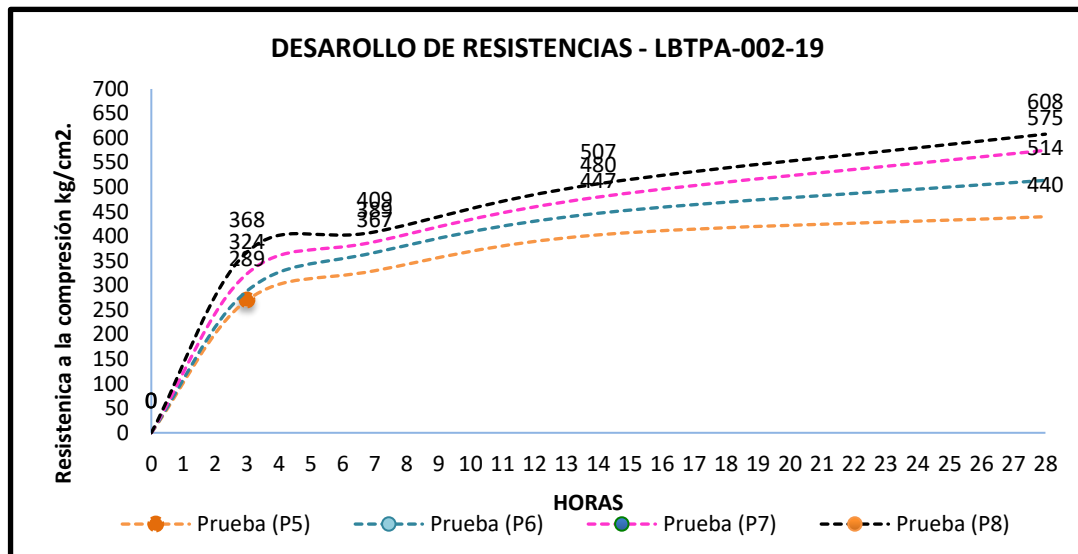
Para este tipo de aditivo LBTPA-003-19 se tiene datos de 270 kg./cm<sup>2</sup> hasta 643 kg./cm<sup>2</sup>, mejorando significativamente a la muestra sin aditivo.

Figura 25.- Variación % resistencia a la compresión – LBTPA-003-19



Fuente: Propia.

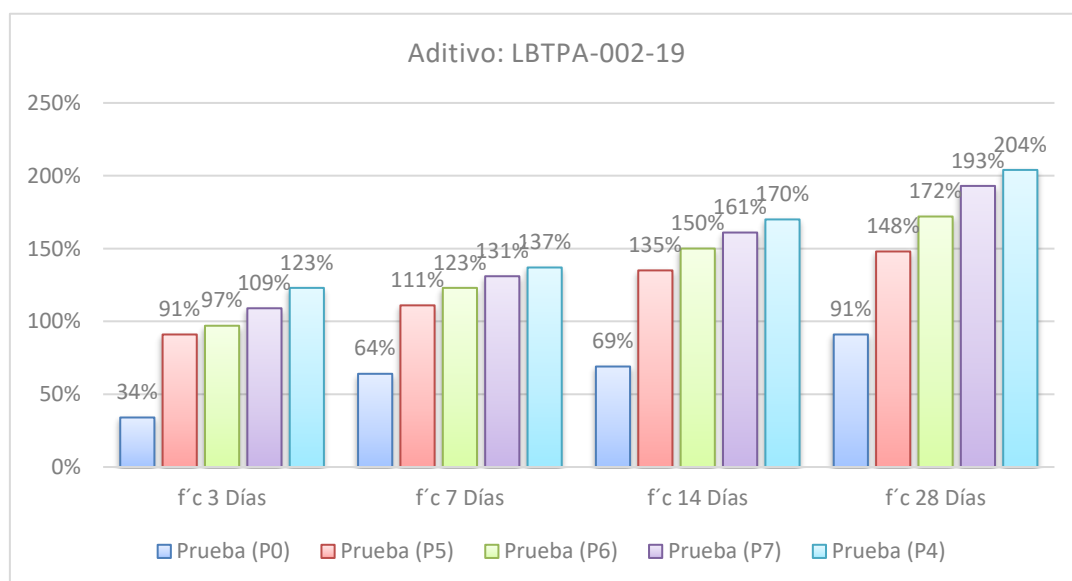
Figura 26.- Evolución de resistencia a la compresión – LBTPA-002-19



Fuente: Propia.

Para la investigación con el diseño con el aditivo LBTPA-002-19 en las pruebas P(5) al P(8) valores de 91% hasta 204% del  $f'_{cr}$  del diseño de concreto elaborado con las % de 1.0%, 1.5, 2.0 y 2.5%.

Figura 27.- Variación % resistencia a la compresión – LBTPA-002-19



Fuente: Propia.

Para este tipo de aditivo LBTPA-002-19 se tiene datos de 270 kg./cm<sup>2</sup> hasta 608 kg./cm<sup>2</sup>, mejorando significativamente a la muestra de concreto sin aditivo.

De los resultados obtenidos a compresión entre los dos aditivos se aprecia que el aditivo LBTPA-003-19 presenta ligeramente mayor resistencia al aditivo LBTPA-002-19 en las edades evaluadas, se presenta en la siguiente tabla el delta de variación en cuanto a resistencia a compresión.

*Tabla 41: Diferencial porcentual (%) entre aditivos en resistencia a la compresión.*

Edad/Dosis	1.0%	1.50%	2.0%	2.5%
<b>f'c 3 Días</b>	+14%	+19%	+25%	+16%
<b>f'c 7 Días</b>	+15%	+22%	+26%	+44%
<b>f'c 14 Días</b>	-6%	+5%	+17%	+34%
<b>f'c 28 Días</b>	-1%	+3%	+3%	+12%

*Fuente: Propia*

Para la consistencia o asentamiento que se obtuvo de acuerdo con la norma (ASTM C143, 2000), se observa una diferencia entre los aditivos superplastificantes evaluados a la misma dosis, por ejemplo, teniendo en dosis de 1.0% mejor ventaja el aditivo LBTPA-002-19 en el slump inicial y a los 30 minutos, a la dosis de 1.5% ambos presentan mismo slump inicial, con la dosis de 2.0 y 2.5% la variación es mínima de ¼ pulg.

Tabla 42: Diferencial de asentamiento (pulg.) entre aditivos en el tiempo.

	1.0%	1.50%	2.0%	2.5%
<b>00:00:00</b>	- 1/2	0	1/4	1/4
<b>00:30:00</b>	- 1/2	1/2	1/2	1/2
<b>01:00:00</b>	1/4	1 1/2	3/4	1/4
<b>01:30:00</b>	1/2	1 3/4	1 1/2	1/2
<b>02:00:00</b>	2	4	1	3/4

Fuente: Propia

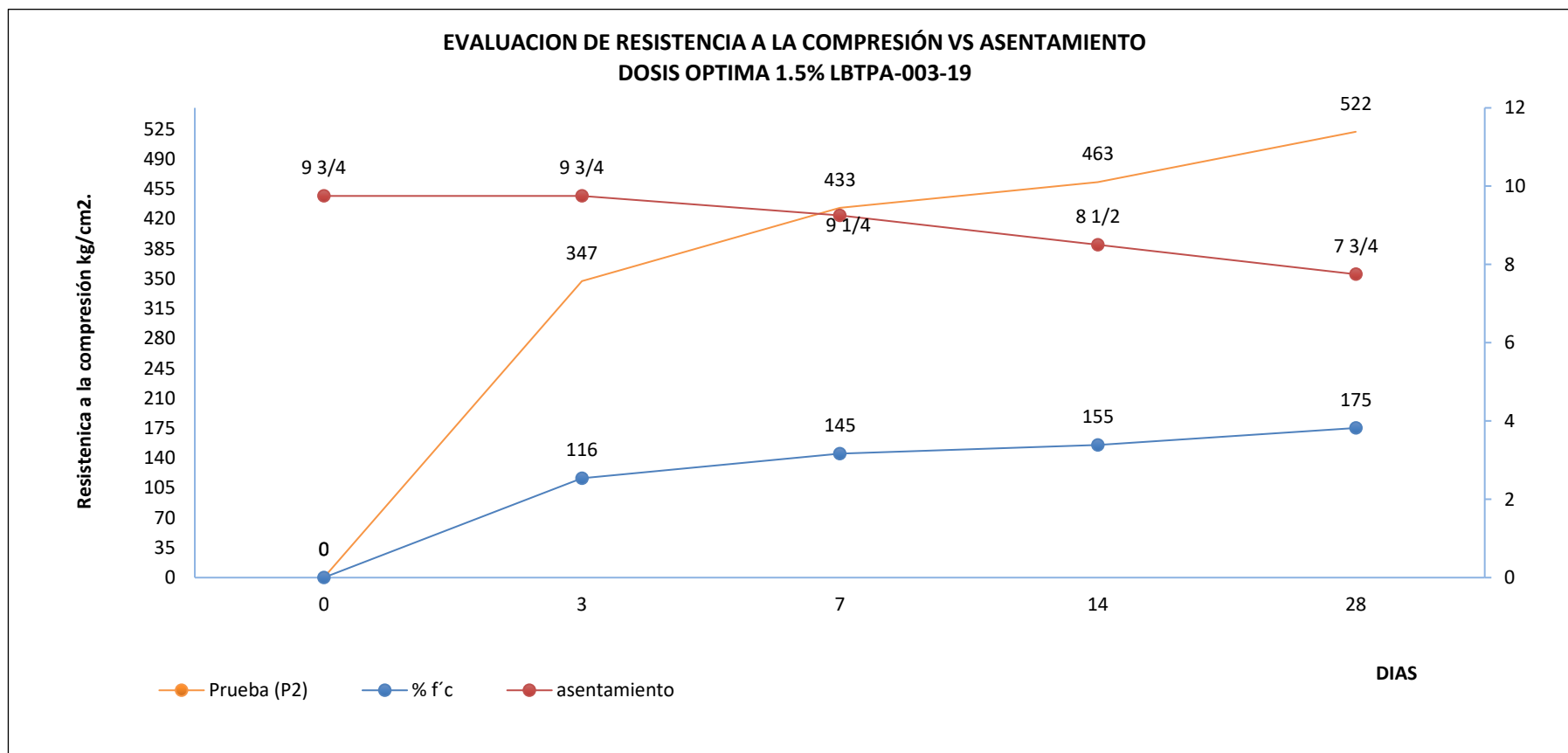
De los resultados obtenidos a compresión entre los dos aditivos y haciendo revisión de costos del concreto por m<sup>3</sup> se hace el balance de costo beneficio de usar aditivos superplastificantes en las mezclas de concreto fluido y dar un aporte a las obras que hacen su concreto in situ.

En las siguientes figuras N°28 y N°29 se presenta la dosis óptima de los aditivos superplastificantes y su efecto de tener resistencias a la compresión muy altas por lo que podría traer ventaja en obtener el concreto llegue al 100% del f'cr en un menor tiempo, optimizando costos en las obras u optimizando el diseño.

En esto se tiene para los aditivos superplastificantes:

- LBTPA-003-19, dosis óptima 1.5% del peso del cemento con resistencia a la compresión a 3 días de 347 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que el tiempo que alcanza los 298 kg/cm<sup>2</sup> del f'cr sería de 2 días con 13 horas o en acumulativo de 61 horas.
- LBTPA-002-19, dosis óptima 2.0% del peso del cemento con resistencia a la compresión a 3 días de 324 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que el tiempo que alcanza los 298 kg/cm<sup>2</sup> del f'cr sería de 2 días con 16 horas o en acumulativo de 64 horas.

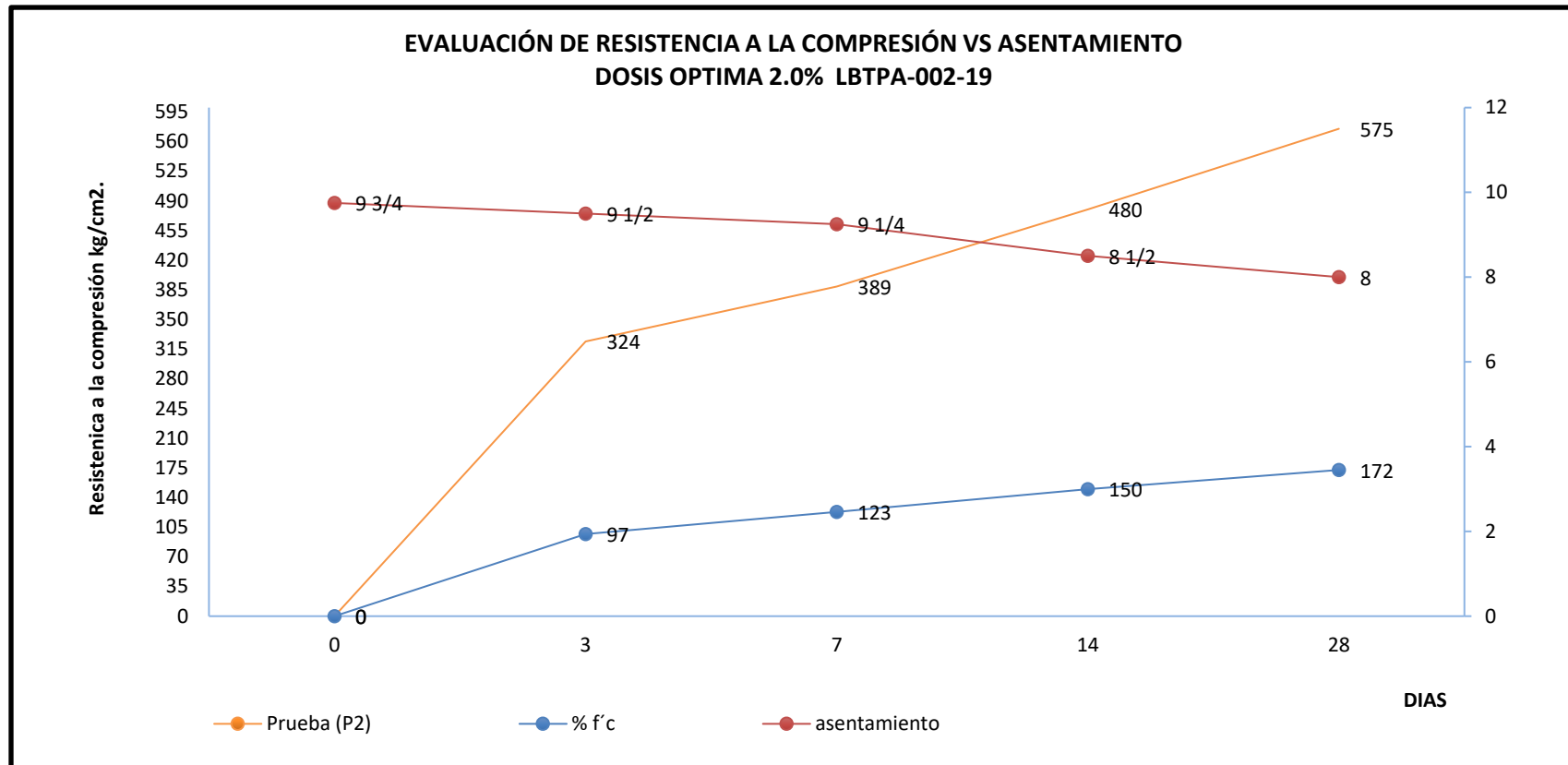
Figura 28.- Evaluación resistencia vs asentamiento – LBTPA-003-19



Fuente: Propia



Figura 29.- Evaluación resistencia vs asentamiento – LBTPA-002-19



Fuente: Propia

De las limitaciones que se tuvo al desarrollo de la presente investigación fueron las siguientes:

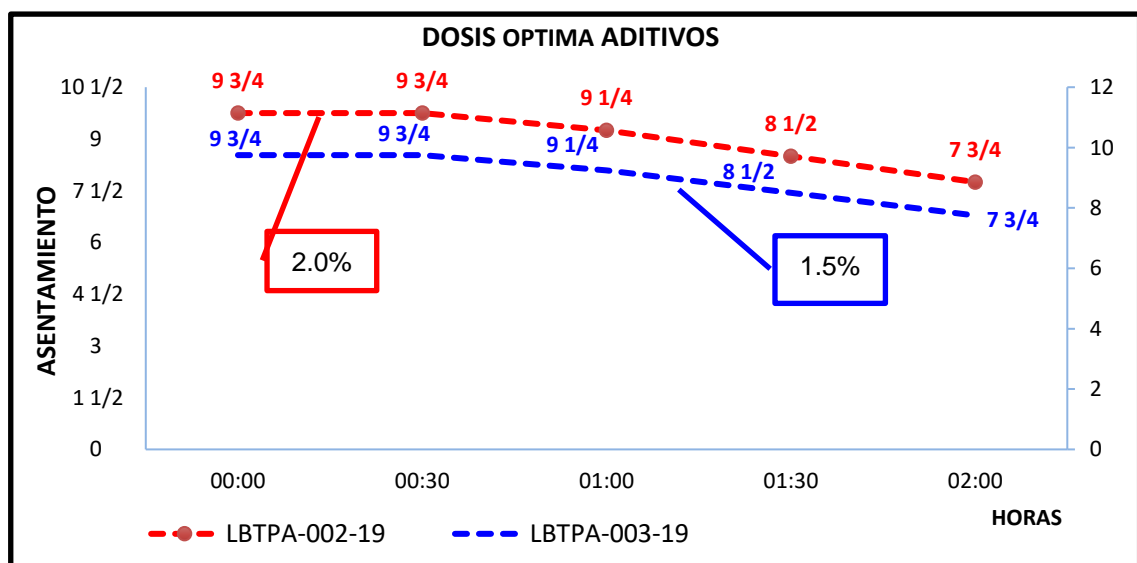
- De equipos:
  - No se contó con el equipo penetrómetro para evaluar el tiempo de fraguado del concreto (ASTM C403) con las variaciones de dosis en concreto.
- De materiales:
  - No se contó con otro tipo de cemento para evaluar su comportamiento frente a resultados obtenidos.
- Del tiempo:
  - Evaluar otras propiedades del concreto, de acuerdo con la disponibilidad del laboratorio de MBS.

## 4.2. Conclusiones

A partir del análisis de los resultados obtenidos se describe las conclusiones y posterior las recomendaciones a fin de que se pueda ampliar la investigación planteada y elevar a mayor grado de análisis.

Se determino la influencia de los porcentajes de aditivos superplastificantes en la consistencia del concreto fluido, obteniendo un mayor asentamiento inicial y mantenimiento en el tiempo, manteniendo, la consistencia fluida al incremento de dosis en el diseño en el concreto, posibilitando la menor dificultad para ser colocado en obra el concreto, en este sentido la dosis de aditivo óptima para el aditivo LBTPA-002-19 es de 2.0% teniendo un asentamiento inicial de  $9\frac{3}{4}$  pulg y una trabajabilidad al cabo de 2 horas de  $7\frac{3}{4}$  pulg, así mismo para el aditivo LBTPA-003-19 es de 1.5% partiendo de un asentamiento inicial de  $9\frac{3}{4}$  pulg. y al cabo de 2 horas  $7\frac{3}{4}$  pulg.

Figura 30.- Dosis óptimas aditivos superplastificante.



Fuente: propia

Se concluye que el % de reducción de agua de los aditivos superplastificantes LBTPA-002-19 y LBTPA-003-19 va a ir en función de la dosis que se empleó manteniendo la estabilidad de la mezcla para medir el asentamiento del concreto fluido, la dosis empleadas de 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% permitieron en ambos aditivos reducir el 8%, 12.5%, 17.0% y 22.5% de agua respectivamente. La relación a/c del diseño se vio influenciada de 0.56 a 0.43 permitiendo que el concreto gane resistencia y sea más impermeable.

*Tabla 43: Porcentaje de reducción de agua de aditivos superplastificantes.*

PARAMETRO	UNIDAD	P-0	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07	P-08
LBTPA-002-19	%	-					8.0%	12.5%	17.0%	22.5%
LBTPA-003-19	%	-	8.0%	12.5%	17.0%	22.5%				
Relación a/c		0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.52	0.49	0.46	0.43

FUENTE: PROPIA.

Se determinó la variación de la consistencia inicial y en el tiempo en cada incremento del % de los aditivos, a mayor dosis del aditivo más fluida es la mezcla dependiendo de la formulación de aditivos lo permita adicional al rango que muestra la hoja técnica del producto. En la siguiente tabla se muestra la pérdidas de asentamiento en el tiempo de 1 y 2 horas, donde se concluye que a pesar de tener fluida la mezcla de concreto no nos garantiza la mantención por lo que se incurrirá en aumentar agua a la mezcla para mantenerla fluida como es el caso del 1.0% en ambos aditivos, una mejor mantención en el tiempo se va a la dosis de 1.5% a 2.5%, del cual va a depender de la aplicación que tanto quiero mantener la fluidez del concreto.

Tabla 44: Consistencia del concreto al incremento de aditivos superplastificantes.

Tiempo (Hrs)	(P0) 0%	(P1) 1.0%	(P2) 1.5%	(P3) 2.0%	(P4) 2.5%	(P5) 1.0%	(P6) 1.5%	(P7) 2.0%	(P8) 2.5%
00:00:00	8 1/2	8	9 3/4	10	10 3/4	8 1/2	9 3/4	9 3/4	10 1/2
01:00:00	5	4 1/2	9 1/4	10	10	4 1/4	7 3/4	9 1/4	9 3/4
02:00:00	1 1/2	2	7 3/4	9	9 3/4		3 3/4	8	9

Fuente: Propia

Se determino las propiedades físicas del concreto en estado fresco donde se obtuvo los siguientes valores en la presente investigación: el asentamiento fue afectado por la dosis de aditivo aumentando en cada incremento, la temperatura ambiental promedio fue de 20.1°C y la temperatura del concreto fue de 22.0°C, del cual nos ha permitido que el concreto este dentro de los rangos establecidos para el desarrollo de resistencias.

El contenido de aire para el caso del aditivo LBTPA-002-19 están con un incremento de contenido de aire fuera del límite permitido (<3%), en este caso para la dosis óptima de 2.0% tenemos un aire de 7.0% y para el caso del aditivo LBTPA-003-19 tenemos los % de aire dentro del límite permisible para la dosis óptima del 1.5% tenemos 1.7%.

Para el rendimiento relativo de la mezclas de concreto sobre el diseño evaluado tenemos un valor de 1.00 para la mezcla sin aditivo y con los aditivos superplastificante está en 0.99 a 1.03 del cual se ve mejorado por la dosis de aditivo, estando dentro del rango de 0.98 a 1.02, en el caso del peso unitario del concreto fresco el valor determinado esta de 2340 a 2444 kg./m<sup>3</sup> encantándose dentro del parámetro del concreto normal.

*Tabla 45: Propiedades físicas del concreto en estado fresco.*

PROPIEDADES EN CONCRETO FRESCO		(P0)	(P1)	(P2)	(P3)	(P4)	(P5)	(P6)	(P7)	(P8)
Asentamiento inicial	pulg	8 1/2	8	9 3/4	10	10 3/4	8 1/2	9 3/4	9 3/4	10 1/2
Temperatura Ambiental promedio	°C	20.1	21.9	21.9	21.7	21.7	24.4	24.1	23.8	23.7
Temperatura Concreto promedio	°C	21.5	21.0	21.0	21.0	21.5	23.0	23.0	23.5	23.5
Contenido de Aire atrapado	%	1.0	3.2	1.7	1.1	0.6	4.6	5.8	7.0	6.6
Peso Unitario concreto fresco	Kg/m <sup>3</sup>	2340	2362	2374	2396	2444	2359	2355	2376	2359
Rendimiento	-	1.00	1.01	1.01	1.01	0.99	1.01	1.02	1.02	1.03

*Fuente: Propia*

Se concluye en cuanto a las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión del concreto evaluado con los % de aditivos superplastificantes empleados ayudan significativamente en el óptimo desarrollo de resistencias de acuerdo con lo evaluado con la norma (ASTM C39M, 2005).

De los valores con el aditivo LBTPA-003-19 a las dosificaciones de 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% la diferencia porcentual de incremento de resistencia de la dosis óptima de 1.5% es de 11% a 3 días, 19% a los 7 días, 26% a 14 días y el 28% a los 28 días sobre la muestra sin aditivo, mientras en el aditivo LBTPA-002-19 con las dosificaciones de 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% el incremento de resistencia en la dosis optima de 2.0% es de 12% a 3 días, 8% a los 7 días, 11% a 14 días y el 21% a los 28 días sobre la muestra sin aditivo, concluyendo que se tiene mejor desempeño con el aditivo LBTPA-003-19 a pesar de la diferencia del valor de relación a/c de 0.49 a 0.46 respectivamente.

Por lo que se puede obtener que el concreto evaluado con los aditivos superplastificantes se puede hacer concretos acelerados en resistencias optimizando costos de encofrados y tiempos de ejecución de plazos de obra.

Se concluye que los aditivos superplastificantes LBTPA-002-19 y LBTPA-003-19 de Master Builders Solutions Perú S.A en este trabajo de investigación confieren atributos de calidad a las mezclas de concreto, se obtuvieron mezclas trabajables, suficientemente fluidas, con buena mantención en el tiempo en la dosis planteadas, con resistencias a la compresión iniciales y finales superables que puede dar a otros investigadores una optimización de estas y plantear otras variables evaluaciones en el concreto fresco y endurecido.

### 4.3. Recomendaciones

Se recomienda emplear los aditivos LBTPA-002-19 y LBTPA-003-19 en el empleo de los concretos fluidos con la dosis de 2% y 1.5% sin tener problemas de pérdida de la trabajabilidad y resistencia a la compresión.

Se recomienda evaluar diferentes tipos de cementos de acuerdo con la normativa ASTM C595 o ASTM C 1157 y evaluar si el comportamiento encontrado con el cemento Tipo I de UNACEM en la ciudad de Lima mantiene las cualidades del concreto fresco y endurecido en la misma ciudad de Lima o en provincias.

Se recomienda analizar los agregados ante el cambio en las propiedades físicas, realizar pruebas comparativas para verificar el comportamiento del concreto, con el objetivo de mantener las condiciones iniciales y atributos de calidad logrados en las mezclas al tipo de concreto diseñado.

Se deberá tener especial cuidado en los contenidos de partículas finas (> malla #200) que atrapan los agregados, ya que estos pueden ocasionar pérdidas de fluidez mayores y/o consumo adicional de agua o de aditivo plastificante en el concreto.

Se recomienda medir los costos fijos y variables en una obra en cuanto al tiempo de desencofrado y avance de obra puesto que existe en la presente investigación un beneficio al concreto y costos.



## V. REFERENCIAS

- ACI 211.1-91. (2009). Diseño de mezclas de Concreto. *American Concrete Institute*.
- ACI 212.3R. (2016). *Report on Chemical Admixtures for Concrete*. American Concrete Institute.
- ACI 237. (2007). Self-Consolidating Concrete. *ACI Committee 237*, 30.
- ACI E1. (2016). Aggregates for Concrete. *Boletín educativo de ACI E1*, 30.
- ACI E4. (2012). *Chemical Admixtures for Concrete*. American Concrete Institute .
- ASTM C94M. (2007). Especificación Normalizada para concreto premezclado. *ASTM INTERNATIONAL*, 17.
- ASTM C1017. (1 de junio de 2007). *Standard Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete*. Estados Unidos: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM C1157. (2008). *Especificación Normalizada de Desempeño para Cemento Hidráulico*. ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM C143. (2000). *Método de prueba estándar para el asentamiento del hormigón de cemento hidráulico*. ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM C150. (2007). *Especificación Normalizada para Cemento Portland*. ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM C33. (2007). Especificación Normalizada para Agregados para Concreto. *ASTM INTERNATIONAL*, 14.
- ASTM C39M. (2005). *Método de prueba estándar para la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón*. ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM C494. (Enero de 2008). *AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*. Estados Unidos, Estados Unidos: ASTM Internacional.
- BASF. (2012). Admixture Hormigón Autocompactante. *BOLETIN INFORMATIVO*, 24.
- Caicedo, E., & Del Alamo, J. (2015). *Desarrollo de concretos fluidos coloreados a reología adaptada, aplicados a la construcción de edificaciones de concreto en Lima*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

- Carmen, P. V. (2015). Influencia del aditivo sika visco crete 3330 en la durabilidad del concreto autocompactante elaborado con cemento tipo II y V. Cajamarca, Cajamarca, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/382>
- Cbb. (29 de agosto de 2019). Cbb Hormigones. *Hormigon fluido*, 3. Obtenido de <https://cbb.cl/hormigones/>
- CE.0.10, R. N. (2010). *PAVIMENTOS URBANOS*.
- Chilena, N. (20 de abril de 2009). Nch 1019. *Hormigon- Determinación de la Docilidad - Método del asentamiento del cono de Abrams*. Republica de Chile, Santiago de Chile, Chile: Instituto nacional de normalización.
- CONCRETO, N. D. (24 de AGOSTO de 2019). *NOTAS DE CONCRETO*. Obtenido de <http://notasdeconcretos.blogspot.com/>
- CONSTRUMÁTICA. (20 de Agosto de 2009). *CONSTRUMÁTICA Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción*. Obtenido de [https://www.construmatica.com/construpedia/Consistencia\\_del\\_Hormig%C3%B3n\\_Fresco](https://www.construmatica.com/construpedia/Consistencia_del_Hormig%C3%B3n_Fresco)
- Coralmix. (02 de setiembre de 2019). *Coral Mix Especialistas en concreto premezclado*. Obtenido de <https://www.coralmix.com/>
- Cubas, Fernando. (2019). *INFLUENCIA DEL ADITIVO ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo 2019*. Trujillo - Perú: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.
- Empleo de nuevas tecnologías para el desarrollo de altas resistencias iniciales en concretos prefabricados*. (2015). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- GCC. (2019). Concreto Fluido. *Ficha técnica concreto fluido*, 1.
- González, S., Landaverde, A., & Romero, C. (2005). *Concreto autocompactable: propuesta para el diseño de mezcla, beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en El Salvador*. El Salvador, El Salvador: Doctorado en Ingenierías thesis, Universidad de El Salvador.
- Grassa, José . (1983). *Hormigon superplastificado*. Revista de obras públicas.
- IMCYC. (s.f.). 2009 “ *EL ABC DEL CONCRETO AUTOCOMPACTABLE " CONSTUCCION Y TECNOLOGIA"*.

- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *PCA Diseño y Control de Mezclas de concreto*. EEUU: Asociación de Cemento Portland (PCA).
- Lescarro, M. (11 de noviembre de 2018). El autocompactante es cada vez más usado en Colombia. *Semana*, pág. 1.
- Mayta, J. (2014). *Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- MTC. (2013). • *Manual de Carreteras, especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013; Ministerio de Transporte y Comunicaciones*.
- Neville, A. (1989). *Tecnología del concreto*. Mexico : Limusa, S.A.
- Neville, A. (2010). *Concrete Technology Second Edition*. British Library Cataloguing-in-publication.
- Ninanya, S., & Melgar, E. (2016). *Empleo de nuevas tecnologías para el desarrollo de altas resistencias iniciales de concreto prefabricados* . Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- NTP 339.035. (23 de diciembre de 2009). Norma Técnica Peruana. 9. Lima, Lima, Perú: Comisión de Normalización y Fiscalización de Barreras Comerciales No Aracénarias - INDECOPI.
- NTP 339.088. (2006). *HORMIGON (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. Lima: Norma Técnica Peruana .
- Perú Construye, Edición 53. (2018). El punto de despeque del sector construcción. *Revista Perú Construye*, 145.
- Puertas, F., Alonso, M., & Vázquez, T. (2015). *Influencia de aditivos basados en policarboxilatos sobre el fraguado y el comportamiento reológico de pastas de cemento portland*. España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España).
- Rivera, G. (2019). Manejabilidad del concreto. En I. G. Rivera, *Concreto simple* (pág. 20).
- Romero, Á. (2018). *Estudio de hormigones autocompactantes fabricados con residuos industriales como filler*. Belmez (Cordova): Universidad de Córdoba, UCOPress.
- SALVADOR, I. C. (22 de Agosto de 2019). *INGENERIA CIVIL EN EL SALVADOR*. Obtenido de <http://ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/astm-designacion-c-143-90a.html>

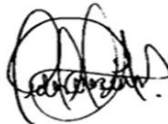
Sánchez, Z. K. (2017). Aditivo superplastificante y su influencia en la consistencia y desarrollo de resistencias de concreto para  $F'_{C}=175,210,245 \text{ kg/cm}^2$ . Huancayo, 2016. Huancayo, Junín, Perú.

Supermix, C. (02 de setiembre de 2019). *Premezclado*. Obtenido de <https://www.supermix.com.pe/premezclado/>

Vergara, Bryan. (2010). *Influencia de los aditivos plastificantes tipo a sobre la compresión, peso unitario y asentamiento en el concreto estructural*. trujillo - Perú: universidad nacional de trujillo.

## VI. ANEXOS

### 6.1. Matriz de evaluación de instrumento validada por experto

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
<b>Título de la investigación:</b>	Influencia de los porcentajes de aditivos superplastificantes en la consistencia de concretos fluidos en Lima 2021			
<b>Línea de investigación:</b>	Investigación			
<b>Apellidos y nombres del experto:</b>	Rider Pérez-León, Katia Roxana			
<b>El instrumento de medición pertenece a la variable:</b>	Dependiente			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	x		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	x		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	x		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	x		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	x		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	x		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	x		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	x		
<b>Firma del experto:</b> 				

## 6.2. Normas de aditivo ASTM C494.

ASTM Internacional ha autorizado la traducción de esta norma pero no se responsabiliza por la exactitud técnica o lingüística de la traducción. Solo la edición inglesa que ASTM publicó y protegió por la propiedad literaria debe ser considerada la versión oficial.

This Spanish standard is based on ASTM C 494/C 494M-08, Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete<sup>1</sup>, 2008, Copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Translated and reprinted pursuant to license agreement with ASTM International.

Esta norma en español está basada en la norma ASTM C 494/C 494M-08, Especificación Normalizada para Aditivos Químicos para Concreto<sup>1</sup>, 2008, esta norma está protegida por los derechos de autor de la ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428, USA. Traducida y impresa según el acuerdo de licencia con ASTM International.



Designación: C 494/C 494M – 08

### Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto<sup>1</sup>

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija C 494/C 494M; el número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción inicial o, en caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reaprobación. Una épsilon (*c*) como superíndice indica una modificación editorial desde la última revisión o reaprobación.

*Esta norma ha sido aprobada para su uso por agencias del Departamento de Defensa.*

#### 1. Alcance\*

1.1 Esta especificación trata sobre materiales para ser utilizados como aditivos químicos a ser agregados a mezclas para concreto de cemento hidráulico en obra para el propósito o propósitos indicados por los siete tipos siguientes:

- 1.1.1 *Tipo A*— Aditivos reductores de agua,
- 1.1.2 *Tipo B*— Aditivos retardadores,
- 1.1.3 *Tipo C*— Aditivos aceleradores,
- 1.1.4 *Tipo D*— Aditivos reductores de agua y retardadores,
- 1.1.5 *Tipo E*— Aditivos reductores de agua y aceleradores,
- 1.1.6 *Tipo F*— Aditivos reductores de agua, de alto rango, y
- 1.1.7 *Tipo G*— Aditivos reductores de agua, de alto rango, y retardadores.

1.2 Esta especificación estipula ensayos de un aditivo con materiales adecuados para concreto descritos en 11.1–11.3 o con cemento, puzolana, agregados, y un aditivo incorporador de aire propuesto para un trabajo específico (11.4). A menos que el comprador lo especifique de otra manera, los ensayos deben ser hechos utilizando materiales para concreto descritos en 11.1–11.3.

NOTA 1—Se recomienda que, siempre que sea practicable, los ensayos sean hechos utilizando el cemento, la puzolana, los agregados, el aditivo incorporador de aire y la dosificación de la mezcla, la secuencia de amasado, y demás condiciones físicas propuestas para el trabajo específico (11.4) porque los efectos específicos producidos por los aditivos químicos pueden variar con las propiedades y la dosificación de los otros ingredientes del concreto. Por ejemplo, aditivos Tipo F y G pueden exhibir una reducción de agua mucho mayor en mezclas de concreto que tienen factores de cemento más altos que los listados en 12.1.1.

Las mezclas que tienen un alto rango de reducción de agua generalmente muestran una razón más alta de pérdida de asentamiento. Cuando los aditivos de alto rango son utilizados para incrementar la trabajabilidad (asentamiento de 6 a 8 in. [150 a 200 mm]), el efecto puede ser de duración limitada, revirtiéndose al asentamiento inicial en 30 a 60 min dependiendo de factores que normalmente afectan la velocidad de pérdida de asentamiento. La utilización de aditivos químicos para producir concreto de alto asentamiento (fluencia) está cubierta en la Especificación C 1017.

NOTA 2—El comprador debería asegurarse que el aditivo suministrado para utilizar en el trabajo es de composición equivalente al aditivo sujeto a ensayo bajo esta especificación (vea Sección 6, Uniformidad y Equivalencia).

NOTA 3—Los aditivos que contienen cantidades relativamente grandes de cloruros pueden acelerar la corrosión del acero de preesfuerzo. El cumplimiento con los requisitos de esta especificación no constituye seguridad de aceptabilidad del aditivo para su utilización en concreto preesfuerzo.

1.3 Esta especificación prevé tres niveles de ensayo.

<sup>1</sup> Esta especificación está bajo la jurisdicción del Comité C09 sobre Concreto y Agregados para Concreto de la ASTM y es responsabilidad directa del Subcomité C09.23 sobre Aditivos Químicos.

Versión actual aprobada el 1 de enero de 2008. Publicada en enero de 2008. Aprobada inicialmente en 1962. Última versión previa aprobada en 2005 como C 494/C 494M – 05a.

\* Al final de esta norma aparece una sección de Resumen de Cambios.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA.  
Traducido por el Servicio Internacional del ICC.



### 6.3. Norma de aditivo ASTM C1017

ASTM Internacional ha autorizado la traducción de esta norma pero no se responsabiliza por la exactitud técnica o lingüística de la traducción. Solo la edición inglesa que ASTM publicó y protegió por la propiedad intelectual debe ser considerada la versión oficial.

This Spanish standard is based on ASTM C 1017/C 1017M-07, Standard Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete<sup>1</sup>, 2007, Copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Translated and reprinted pursuant to license agreement with ASTM International.

Esta norma en español está basada en la norma ASTM C 1017/C 1017M-07, Especificación Normalizada para Aditivos Químicos para Uso en la Producción de Concreto Fluido<sup>1</sup>, 2007, esta norma está protegida por los derechos de autor de la ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Traducida y reimpressa según el acuerdo de licencia con ASTM International.



Designación: C 1017/C 1017M – 07

## Especificación Normalizada para Aditivos Químicos para Uso en la Producción de Concreto Fluido<sup>1</sup>

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija C 1017/C 1017M; el número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción inicial o, en caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reaprobación. Una épsilon ( $\epsilon$ ) como superíndice indica una modificación editorial desde la última revisión o reaprobación.

*Esta norma ha sido aprobada para uso de agencias del Departamento de Defensa.*

#### 1. Alcance\*

1.1 Esta especificación trata sobre dos tipos de aditivos químicos a ser incorporados a mezclas de concreto de cemento hidráulico con el objetivo de producir concreto fluido. Los tipos son los siguientes:

1.1.1 *Tipo I*—Plastificante, y

1.1.2 *Tipo II*—Plastificante y retardante.

1.2 Esta especificación estipula ensayos de un aditivo químico con materiales de concreto de referencia o materiales para hacer concreto propuestos para un trabajo específico. A menos que sea especificado de otra forma por el comprador, los ensayos deben ser hechos usando materiales de concreto de referencia.

1.3 Si un aditivo químico ha sido ensayado y se encontró que cumple con las disposiciones de esta especificación usando materiales de referencia, y está siendo considerado para uso con otros materiales para un trabajo específico, son permitidos ensayos adicionales para tal uso si hay acuerdo entre el comprador y el vendedor y se permite que consistan en una parte de los ensayos descritos en esta norma.

1.4 Esta especificación provee tres niveles de ensayo.

1.4.1 *Nivel 1*—Durante la etapa de aprobación inicial, la evidencia de conformidad con los requisitos de desempeño definidos en Tabla 1 demuestra que el aditivo cumple los requisitos de esta especificación. Deben ser realizados ensayos de uniformidad y equivalencia de la sección sobre Uniformidad y Equivalencia del Lote para proporcionar resultados sobre los cuales puedan ser hechas comparaciones posteriores.

1.4.2 *Nivel 2*—Pueden ser solicitados por el comprador, a intervalos dados, reensayos limitados, como los descritos en la sección relacionada a los requisitos generales. La evidencia de conformidad con los requisitos de Tabla 1 demuestra una conformidad continuada del aditivo con los requisitos de la especificación.

1.4.3 *Nivel 3*—Para la aceptación de un lote o para medición de la uniformidad dentro de un lote o entre lotes, deben ser usados, cuando sea especificado por el comprador, los ensayos de Uniformidad y Equivalencia de la sección de Uniformidad y Equivalencia de Lote.

1.5 Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como los estándares. Los valores en pulgada-libra mostrados entre paréntesis son suministrados solamente para información.

<sup>1</sup>Esta especificación está bajo la jurisdicción del Comité C09 sobre Concreto y Agregados para Concreto de la ASTM y es responsabilidad directa del Subcomité C09.23 sobre Aditivos Químicos.

Versión actual aprobada el 1 de junio de 2007. Publicada en julio de 2007. Aprobada inicialmente en 1985. Última versión previa aprobada en 2003 como C 1017/C 1017M-03.

\*Al final de esta norma aparece un Resumen de Cambios.

6.4. Código ACI 211.1-91. (2009).

This document has been approved for use by agencies in the Department of Defense and for listing in the DoD Index of Specifications and Standards.

**ACI 211.1-91**  
(Reapproved 2009)

## Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete

An ACI Standard

Reported by ACI Committee 211

<p>Donald E. Dixon, Chairman</p> <p>Edward A. Abdus-Nur* Bailey G. Barton Leonard W. Bell* Stanley J. Blas, Jr. Ramon L. Carrasquillo Foggy M. Carrasquillo Alan C. Carter Karyn T. Cooney James E. Cook Russell A. Cook* William A. Cordova Wayne J. Costa</p>	<p>Jack R. Piestera, Secretary</p> <p>David A. Crocker Kenneth W. Day Calvin L. Dodd Thomas A. Fox Donald A. Graham George W. Hollon William W. Hotaling, Jr. Robert S. Jenkins Paul Kieger Frank J. Lahn Stanley H. Lee Gary R. Mass*</p>	<p>George R. U. Burg* Chairman, Subcommittee A</p> <p>George B. Southworth Alfred B. Spamer Paul R. Stodola Michael A. Taylor Stanley J. Vignalite William H. Voelker Jack W. Weber* Dean J. White II Milton H. Willis, Jr. Francis C. Wilson Robert Yuan</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Committee Members Voting on 1991 Revision

<p>Gary R. Mass† Chairman</p> <p>Edward A. Abdus-Nur† William L. Baringer† Bailey G. Barton Leonard W. Bell† James E. Bennett, Jr. J. Floyd Best Ramon L. Carrasquillo James E. Cook† Russell A. Cook</p>	<p>David A. Crocker Luis H. Diaz Donald E. Dixon† Calvin L. Dodd Thomas A. Fox George W. Hollon Tarif M. Jabber Stephan M. Lane Stanley H. Lee</p>	<p>George R. U. Burg† Chairman, Subcommittee A</p> <p>Richard C. Meisinger† James E. Olliverson James S. Pierce Sandro Popovic Steven A. Ragan Jere H. Rose† Donald L. Schlegel James M. Shiltone, Sr. Ava Shypala</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Describes, with examples, two methods for selecting and adjusting proportions for normal weight concrete, both with and without chemical admixtures, pozzolanic, and slag materials. One method is based on an estimated weight of the concrete per unit volume; the other is based on calculations of the absolute volume occupied by the concrete ingredients. The procedure takes into consideration the requirements for placeability, consistency, strength, and durability. Example calculations are shown for both methods, including adjustments based on the characteristics of the first trial batch.*

*The proportioning of heavyweight concrete for such purposes as radiation shielding and bridge counterweight structures is described in an appendix. This appendix uses the absolute volume method, which is generally accepted and is more convenient for heavyweight concrete.*

*There is also an appendix that provides information on the proportioning of mass concrete. The absolute volume method is used because of its general acceptance.*

**Keywords:** absorption; admixtures; aggregates; blast-furnace slag; cementitious materials; concrete durability; concrete; consistency; durability; exposure; fine aggregates; fly ash; heavyweight aggregates; heavyweight concrete; mass concrete; mix proportioning; pozzolanic; quality control; radiation shielding; silica fume; slump test; volume; water-cement ratio; water-cementitious ratio; workability.

ACI Committee Reports, Guides, Standard Practices, and Commentaries are intended for guidance in planning, designing, constructing, and inspecting construction. This document is intended for the use of individuals who are competent to evaluate the significance and limitations of its content and recommendations, and who will accept responsibility for the application of the material it contains. The American Concrete Institute disclaims any and all responsibility for the stated principles. The Institute shall not be liable for any loss or damage arising therefrom.

References to this document shall not be made in contract documents. If items found in this document are desired by the Architect/Engineer to be a part of the contract documents, they shall be restated in mandatory language for incorporation by the Architect/Engineer.

**CONTENTS**

Chapter 1—Scope, p. 2

Chapter 2—Introduction, p. 2

Chapter 3—Basic relationship, p. 2

Chapter 4—Effects of chemical admixtures, pozzolanic, and other materials on concrete proportions, p. 4



## 6.5. Diseños de mezcla de concreto elaboradas

- *Diseño P(0)*

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA

M.F. Arena	<b>2.9</b>	Vol. Agregados :	<b>0.64</b>
M.F. Piedra # 5	<b>7.7</b>	Arena :	<b>52</b> %
M.F. Piedra # 67	<b>6.7</b>		
M.F. Global	<b>4.7</b>	Piedra # 67 :	<b>48</b> %

**Dosificación**

LBTPA-001-19	=	<b>0.25</b> %
LBTPA-001-19	=	<b>0.00</b> %

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m <sup>3</sup>	HUM. %	ABS. %	PESO SSS kg/m <sup>3</sup>	VOL.	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA	UNIDAD
Cemento Tipo I	UNACEM	3130			<b>386</b>	0.1233	386	21.23	kg
Agua	Laboratorio Mbs	1000			216	0.2160	141	7.75	L
Arena	Jicamarca	2660	10.5	1.6	886	0.3332	979	53.86	kg
Piedra # 67	Jicamarca	2700	0.4	0.9	830	0.3075	834	45.86	kg
LBTPA-001-19	MBS	1130			0.97	<b>0.0009</b>	0.97	0.047	L
LBTPA-001-19	MBS	1090			0.00	<b>0.0000</b>	0.00	0.000	L
Aire atrapado					2.0%	0.0200			
<b>TOTAL</b>					2319	<b>1.000</b>	2341		

- *Diseño P(1)*

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA

M.F. Arena	<b>2.9</b>	Vol. Agregados :	<b>0.66</b>
M.F. Piedra # 5	<b>7.7</b>	Arena :	<b>52</b> %
M.F. Piedra # 67	<b>6.7</b>		
M.F. Global	<b>4.7</b>	Piedra # 67 :	<b>48</b> %

**Dosificación**

LBTPA-001-19	=	<b>0.25</b> %
LBTPA-003-19	=	<b>1.00</b> %

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m <sup>3</sup>	HUM. %	ABS. %	PESO SSS kg/m <sup>3</sup>	VOL.	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA	UNIDAD
Cemento Tipo I	UNACEM	3130			<b>386</b>	0.1233	386	23.16	kg
Agua	Laboratorio Mbs	1000			199	0.1990	124	7.41	L
Arena	Jicamarca	2660	10.5	1.6	910	0.3420	1005	60.32	kg
Piedra # 67	Jicamarca	2700	0.2	0.9	852	0.3157	854	51.25	kg
LBTPA-001-19	MBS	1130			0.97	<b>0.0009</b>	0.97	0.051	L
LBTPA-003-19	MBS	1090			3.84	<b>0.0035</b>	3.84	0.211	L
Aire					2.0%	0.0200			
<b>TOTAL</b>					2352	<b>1.000</b>	2374		

- *Diseño P(2)*

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA**

M.F. Arena	<b>2.9</b>	Vol. Agregados :	<b>0.67</b>
M.F. Piedra # 5	<b>7.7</b>	Arena :	<b>52</b> %
M.F. Piedra # 67	<b>6.7</b>		
M.F. Global	<b>4.7</b>	Piedra # 67 :	<b>48</b> %

**Dosificación**

LBTPA-001-19	=	<b>0.25</b> %
LBTPA-003-19	=	<b>1.50</b> %

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m <sup>3</sup>	HUM. %	ABS. %	PESO SSS kg/m <sup>3</sup>	VOL.	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA	UNIDAD
Cemento Tipo I	UNACEM	3130			<b>386</b>	0.1233	386	23.16	kg
Agua	Laboratorio Mbs	1000			189	0.1890	112	6.75	L
Arena	Jicamarca	2660	10.5	1.6	924	0.3472	1021	61.24	kg
Piedra # 67	Jicamarca	2700	0.2	0.9	865	0.3205	867	52.03	kg
LBTPA-001-19	MBS	1130			0.97	<b>0.0009</b>	0.97	0.051	L
LBTPA-003-19	MBS	1090			5.81	<b>0.0053</b>	5.81	0.320	L
Aire					2.0%	0.0200			
<b>TOTAL</b>					<b>2371</b>	<b>1.000</b>	<b>2393</b>		

- *Diseño P(3)*

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA**

M.F. Arena	<b>2.9</b>	Vol. Agregados :	<b>0.68</b>
M.F. Piedra # 5	<b>7.7</b>	Arena :	<b>52</b> %
M.F. Piedra # 67	<b>6.7</b>		
M.F. Global	<b>4.7</b>	Piedra # 67 :	<b>48</b> %

**Dosificación**

LBTPA-001-19	=	<b>0.25</b> %
LBTPA-003-19	=	<b>2.00</b> %

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m <sup>3</sup>	HUM. %	ABS. %	PESO SSS kg/m <sup>3</sup>	VOL.	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA	UNIDAD
Cemento Tipo I	UNACEM	3130			<b>386</b>	0.1233	386	23.16	kg
Agua	Laboratorio Mbs	1000			179	0.1790	101	6.08	L
Arena	Jicamarca	2660	10.5	1.6	937	0.3524	1036	62.15	kg
Piedra # 67	Jicamarca	2700	0.2	0.9	878	0.3253	880	52.81	kg
LBTPA-001-19	MBS	1130			0.97	<b>0.0009</b>	0.97	0.051	L
LBTPA-003-19	MBS	1090			7.72	<b>0.0071</b>	7.72	0.425	L
Aire					2.0%	0.0200			
<b>TOTAL</b>					<b>2389</b>	<b>1.000</b>	<b>2412</b>		

- *Diseño P(4)*

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA**

M.F. Arena	<b>2.9</b>	Vol. Agregados :	<b>0.69</b>
M.F. Piedra # 5	<b>7.7</b>	Arena :	<b>52</b> %
M.F. Piedra # 67	<b>6.7</b>		
M.F. Global	<b>4.7</b>	Piedra # 67 :	<b>48</b> %

**Dosificación**

LBTPA-001-19	=	<b>0.25</b> %
LBTPA-003-19	=	<b>2.50</b> %

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m <sup>3</sup>	HUM. %	ABS. %	PESO SSS kg/m <sup>3</sup>	VOL.	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA	UNIDAD
Cemento Tipo I	UNACEM	3130			<b>386</b>	0.1233	386	23.16	kg
Agua	Laboratorio Mbs	1000			167	0.1670	88	5.27	L
Arena	Jicamarca	2660	10.5	1.6	954	0.3586	1054	63.25	kg
Piedra # 67	Jicamarca	2700	0.2	0.9	894	0.3310	896	53.74	kg
LBTPA-001-19	MBS	1130			0.97	<b>0.0009</b>	0.97	0.051	L
LBTPA-003-19	MBS	1090			9.66	<b>0.0089</b>	9.66	0.532	L
Aire					2.0%	0.0200			
<b>TOTAL</b>					2411	<b>1.000</b>	2434		

- *Diseño P(5)*

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA**

M.F. Arena	<b>2.9</b>	Vol. Agregados :	<b>0.66</b>
M.F. Piedra # 5	<b>7.7</b>	Arena :	<b>52</b> %
M.F. Piedra # 67	<b>6.7</b>		
M.F. Global	<b>4.7</b>	Piedra # 67 :	<b>48</b> %

**Dosificación**

LBTPA-001-19	=	<b>0.25</b> %
LBTPA-002-19	=	<b>1.00</b> %

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m <sup>3</sup>	HUM. %	ABS. %	PESO SSS kg/m <sup>3</sup>	VOL.	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA	UNIDAD
Cemento Tipo I	UNACEM	3130			<b>386</b>	0.1233	386	23.16	kg
Agua	Laboratorio Mbs	1000			199	0.1990	129	7.75	L
Arena	Jicamarca	2660	9.8	1.6	910	0.3420	999	59.94	kg
Piedra # 67	Jicamarca	2700	0.3	0.9	852	0.3157	855	51.29	kg
LBTPA-001-19	MBS	1130			0.97	<b>0.0009</b>	0.97	0.051	L
LBTPA-002-19	MBS	1210			3.88	<b>0.0032</b>	3.88	0.192	L
Aire					2.0%	0.0200			
<b>TOTAL</b>					2352	<b>1.000</b>	2374		

• *Diseño P(6)*

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA**

M.F. Arena	<b>2.9</b>	Vol. Agregados :	<b>0.67</b>
M.F. Piedra # 5	<b>7.7</b>	Arena :	<b>52</b> %
M.F. Piedra # 67	<b>6.7</b>		
M.F. Global	<b>4.7</b>	Piedra # 67 :	<b>48</b> %

**Dosificación**

LBTPA-001-19	=	<b>0.25</b> %
LBTPA-002-19	=	<b>1.50</b> %

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m <sup>3</sup>	HUM. %	ABS. %	PESO SSS kg/m <sup>3</sup>	VOL.	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA	UNIDAD
Cemento Tipo I	UNACEM	3130			<b>386</b>	0.1233	386	23.16	kg
Agua	Laboratorio Mbs	1000			189	0.1890	118	7.09	L
Arena	Jicamarca	2660	9.8	1.6	924	0.3472	1014	60.85	kg
Piedra # 67	Jicamarca	2700	0.3	0.9	865	0.3205	868	52.07	kg
LBTPA-001-19	MBS	1130			0.97	<b>0.0009</b>	0.97	0.051	L
LBTPA-002-19	MBS	1210			5.79	<b>0.0048</b>	5.79	0.287	L
Aire					2.0%	0.0200			
<b>TOTAL</b>					<b>2371</b>	<b>1.000</b>	<b>2393</b>		

• *Diseño P(7)*

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA**

M.F. Arena	<b>2.9</b>	Vol. Agregados :	<b>0.68</b>
M.F. Piedra # 5	<b>7.7</b>	Arena :	<b>52</b> %
M.F. Piedra # 67	<b>6.7</b>		
M.F. Global	<b>4.7</b>	Piedra # 67 :	<b>48</b> %

**Dosificación**

LBTPA-001-19	=	<b>0.25</b> %
LBTPA-002-19	=	<b>2.00</b> %

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m <sup>3</sup>	HUM. %	ABS. %	PESO SSS kg/m <sup>3</sup>	VOL.	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA	UNIDAD
Cemento Tipo I	UNACEM	3130			<b>386</b>	0.1233	386	23.16	kg
Agua	Laboratorio Mbs	1000			179	0.1790	107	6.42	L
Arena	Jicamarca	2660	9.8	1.6	937	0.3524	1029	61.76	kg
Piedra # 67	Jicamarca	2700	0.3	0.9	878	0.3253	881	52.85	kg
LBTPA-001-19	MBS	1130			0.97	<b>0.0009</b>	0.97	0.051	L
LBTPA-002-19	MBS	1210			7.71	<b>0.0064</b>	7.71	0.382	L
Aire					2.0%	0.0200			
<b>TOTAL</b>					<b>2389</b>	<b>1.000</b>	<b>2412</b>		

• *Diseño P(8)*

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA**

M.F. Arena	<b>2.9</b>	Vol. Agregados :	<b>0.69</b>
M.F. Piedra # 5	<b>7.7</b>	Arena :	<b>52</b> %
M.F. Piedra # 67	<b>6.7</b>		
M.F. Global	<b>4.7</b>	Piedra # 67 :	<b>48</b> %

**Dosificación**

LBTPA-001-19	=	<b>0.25</b> %
LBTPA-002-19	=	<b>2.50</b> %

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m <sup>3</sup>	HUM. %	ABS. %	PESO SSS kg/m <sup>3</sup>	VOL.	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA	UNIDAD
Cemento Tipo I	UNACEM	3130			<b>386</b>	0.1233	386	23.16	kg
Agua	Laboratorio Mbs	1000			167	0.1670	94	5.63	L
Arena	Jicamarca	2660	9.8	1.6	954	0.3586	1048	62.85	kg
Piedra # 67	Jicamarca	2700	0.3	0.9	894	0.3310	897	53.79	kg
LBTPA-001-19	MBS	1130			0.97	<b>0.0009</b>	0.97	0.051	L
LBTPA-002-19	MBS	1210			9.63	<b>0.0080</b>	9.63	0.478	L
Aire					2.0%	0.0200			
<b>TOTAL</b>					2411	<b>1.000</b>	2434		

## 6.6. Norma técnica ASTM C143.



Designation: C 143/C 143M – 00

An American National Standard

### Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C 143/C 143M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

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

#### 1. Scope

1.1 This test method covers determination of slump of hydraulic-cement concrete, both in the laboratory and in the field.

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

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

1.4 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

#### 2. Referenced Documents

##### 2.1 ASTM Standards:

C 172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete<sup>2</sup>

C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials<sup>2</sup>

#### 3. Summary of Test Method

3.1 A sample of freshly mixed concrete is placed and compacted by rodding in a mold shaped as the frustum of a cone. The mold is raised, and the concrete allowed to subside. The vertical distance between the original and displaced position of the center of the top surface of the concrete is measured and reported as the slump of the concrete.

#### 4. Significance and Use

4.1 This test method is intended to provide the user with a procedure to determine slump of plastic hydraulic-cement concretes.

**NOTE 1**—This test method was originally developed to provide a technique to monitor the consistency of unhardened concrete. Under laboratory conditions, with strict control of all concrete materials, the slump is generally found to increase proportionally with the water content of a given concrete mixture, and thus to be inversely related to concrete strength. Under field conditions, however, such a strength relationship is not clearly and consistently shown. Care should therefore be taken in relating slump results obtained under field conditions to strength.

4.2 This test method is considered applicable to plastic concrete having coarse aggregate up to 1 1/2 in. [37.5 mm] in size. If the coarse aggregate is larger than 1 1/2 in. [37.5 mm] in size, the test method is applicable when it is performed on the fraction of concrete passing a 1 1/2-in. [37.5-mm] sieve, with the larger aggregate being removed in accordance with the section titled “Additional Procedure for Large Maximum Size Aggregate Concrete” in Practice C 172.

4.3 This test method is not considered applicable to non-plastic and non-cohesive concrete.

**NOTE 2**—Concretes having slumps less than 1/2 in. [15 mm] may not be adequately plastic and concretes having slumps greater than about 9 in. [230 mm] may not be adequately cohesive for this test to have significance. Caution should be exercised in interpreting such results.

#### 5. Apparatus

5.1 **Mold**—The test specimen shall be formed in a mold made of metal not readily attacked by the cement paste. The metal shall not be thinner than 0.060 in. [1.5 mm] and if formed by the spinning process, there shall be no point on the mold at which the thickness is less than 0.045 in. [1.15 mm]. The mold shall be in the form of the lateral surface of the frustum of a cone with the base 8 in. [200 mm] in diameter, the top 4 in. [100 mm] in diameter, and the height 12 in. [300 mm]. Individual diameters and heights shall be within  $\pm 1/16$  in. [3 mm] of the prescribed dimensions. The base and the top shall be open and parallel to each other and at right angles to the axis of the cone. The mold shall be provided with foot pieces and handles similar to those shown in Fig. 1. The mold shall be constructed without a seam. The interior of the mold shall be relatively smooth and free from projections. The mold shall be free from dents, deformation or adhered mortar. A mold which clamps to a nonabsorbent base plate is acceptable instead of the one illustrated provided the clamping arrangement is such that it can be fully released without movement of the mold and the base is large enough to contain all of the slumped concrete in an acceptable test.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.60 on Fresh Concrete Testing.

Current edition approved Aug. 10, 2000. Published October 2000. Originally published as D 138 – 22 T. Last previous edition C 143 – 98.

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



## 6.7. Norma técnica ASTM C39M.

ASTM Internacional ha autorizado la traducción de esta norma pero no se responsabiliza por la exactitud técnica o lingüística de la traducción. Solo la edición inglesa que ASTM publicó y protegió por la propiedad literaria debe ser considerada la versión oficial.

This Spanish standard is based on ASTM C 39/C 39M-05<sup>1</sup>, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens<sup>1</sup>, 2005. Copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Translated and reprinted pursuant to license agreement with ASTM International.

Esta norma en español está basada en la norma ASTM C 39/C 39M-05<sup>1</sup>, Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto<sup>1</sup>, 2005, esta norma está protegida por los derechos de autor de la ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Traducida y reimpresa según el acuerdo de licencia con ASTM International.



Designación: C 39/C 39M – 05<sup>1</sup>

### Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto<sup>1</sup>

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija C 39/C 39M; el número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción inicial o, en el caso de una revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reaprobación. Una epsilon ( $\epsilon$ ) como superíndice un cambio de la editorial desde la última revisión o reaprobación.

*Esta norma ha sido aprobada para su utilización por las agencias del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.*

<sup>1</sup> NOTA—La nota 1 fue corregida editorialmente en setiembre de 2006.

#### 1. Alcance\*

1.1 Este método de ensayo trata sobre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Se encuentra limitado al concreto que tiene un peso unitario mayor que 50 lb/ft<sup>3</sup> [800 kg/m<sup>3</sup>].

1.2 Los valores indicados en unidades pulgada-libra o en unidades SI deben ser considerados como los estándares. Dentro del texto, las unidades SI se muestran entre corchetes. Los valores indicados en cada sistema no son exactamente equivalentes; por eso, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con esta especificación.

1.3 *Esta norma no pretende tener en cuenta todo lo relativo a seguridad. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias previo al uso. (Peligro—Deben ser provistos los medios para contener los fragmentos de concreto durante la rotura repentina de especímenes. La tendencia a una rotura repentina se incrementa con el aumento de la resistencia del concreto y es más probable cuando la máquina de ensayo es relativamente flexible. Las precauciones de seguridad dadas en el Manual of Aggregate and Concrete Testing son recomendadas.)*

1.4 El texto de las notas de referencia de esta norma proveen material explicativo. Estas notas no serán consideradas como requerimientos de la norma.

#### 2. Documentos citados

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

- C 31/C 31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
- C 42/C 42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
- C 192/C 192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
- C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens

<sup>1</sup> Este método de ensayo se encuentra bajo la jurisdicción del Comité C09 de ASTM sobre Concreto y Agregados de Concreto y es responsabilidad directa del Subcomité C09.61 sobre Ensayos de Resistencia de Concreto.

Versión actual aprobada el 1 de noviembre de 2005. Publicada en noviembre de 2005. Aprobada inicialmente en 1921. Última versión previa aprobada en 2004 como C 39/C 39M – 04a.

<sup>2</sup> Para consultar las normas ASTM citadas, visite el sitio Web de ASTM, [www.astm.org](http://www.astm.org), o contacte el Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org), para obtener información sobre *Annual Book of ASTM Standards*; consulte la página titulada *Document Summary* en el sitio Web de ASTM.

\*Al final de esta norma aparece una sección de Resumen de Cambios.

## 6.8. Hoja Técnica del aditivo LBTPA-001-19.



# LBTPA-001-19

## Aditivo reductor de agua de rango medio y retardante inicial

### DESCRIPCIÓN

LBTPA-001-19 es un aditivo retardante inicial, reductor de agua de rango medio, multicomponente y libre de cloruros formulado para producir una reducción de agua de medio rango (5 a 15%) y un excelente desempeño a través de un rango de asentamiento de 75 a 115 mm en concreto.

### USOS RECOMENDADOS

- Aumenta el tiempo de fraguado del concreto a lo largo del rango de dosificación recomendado.
- Mejor calidad en trabajabilidad, bombeabilidad y acabado en mezclas que contengan filler calizo.
- Desarrollo de resistencias comparables con los aditivos reductores y retardantes en todas las edades.

LBTPA-001-19 cumple con los requisitos de la norma ASTM C494 para aditivos retardantes Tipo B y reductores de agua y retardante Tipo D, específicamente:

- Reduce el contenido de agua para el asentamiento recomendado
- Reducción de contracciones en estado plástico
- Incremento en el desarrollo de las resistencias a la compresión y a la flexión en todas las edades.

### VENTAJAS

LBTPA-001-19 ayuda a la producción de un concreto de calidad proporcionando las siguientes ventajas:

- Trabajabilidad y bombeabilidad superior en aplicaciones en clima caluroso
- Reduce la segregación, LBTPA-001-19 resulta efectivo ya sea como un aditivo único o como parte de un sistema de aditivos de Master Builders Solutions

### CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

LBTPA-001-19 se recomienda en todo concreto que requiera extender el fraguado inicial, la trabajabilidad y para acabados superiores.

### RECOMENDACIONES DE USO

#### Dosificación:

Se recomienda dosificar al aditivo LBTPA-001-19 en un rango de 400 mL a 550 mL por cada 100 kg de material cementante, en la mayoría de las mezclas de concreto para climacaluroso.

En caso que la temperatura ambiente sea inferior a los 15°C deberá tomarse las precauciones necesarias para proteger el concreto ya que pueden presentarse tiempos de fraguado iniciales y finales muy prolongados.

### CONSIDERACIONES

#### Temperatura:

Si el aditivo LBTPA-001-19 se congela, llévese a una temperatura de 2°C o más y agítese hasta que esté completamente reconstituido.

### DATOS TECNICOS

Aspecto:	Líquido
Color:	Marrón
Densidad:	1,15 g/cm <sup>3</sup>
pH:	Mín 9.0

### ALMACENAMIENTO

LBTPA-001-19 tiene una vida útil de 12 meses como mínimo. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor.



## 6.9. Hoja Técnica del aditivo LBTPA-002-19



# LBTPA-002-19

## Aditivo reductor de agua para producir concreto Rheoplástico

### DESCRIPCIÓN

LBTPA-002-19 es un aditivo reductor de agua de alto rango diseñado para producir concreto rheoplástico. Este concreto fluye fácilmente manteniendo una alta plasticidad por tiempos más prolongados que el concreto superplastificado convencional. El concreto rheoplástico tiene la baja proporción agua: material cementicio del concreto sin asentamiento, dando excelentes propiedades de ingeniería (endurecimiento).

### USOS RECOMENDADOS

- Concreto donde se desea una alta plasticidad características de fraguado normal y desarrollo rápido de resistencias
- Aplicaciones de concreto pretensado, prefabricado y premezclado
- Aplicaciones de construcción subterránea civil y minera: shotcrete por vía húmeda o seca, grouts de alto desempeño, grouts de túneles y suspensiones de inyección

### VENTAJAS

#### En el concreto plástico:

- Rango de plasticidad de 200 a 280 mm (8-11 in)
- Retención prolongada de asentamiento
- Tiempos de fraguado controlados
- Permite mezclas
- cohesivas sin segregación y mínima exudación de agua.

#### En el concreto endurecido:

- Mayores resistencias iniciales en comparación con los superplastificantes convencionales
- Mayor resistencia final a compresión
- Mayor módulo de elasticidad
- Mejor resistencia de adhesión al acero
- Baja permeabilidad y alta durabilidad
- Menor retracción y deformación
- Integridad estructural del elemento terminado altamente confiable

#### Otros:

- Cumple con la especificación ASTM C 494 para aditivos reductores de agua tipo A y aditivos reductores de agua de alto- rango Tipo F
- Menos dependencia de energía de consolidación
- Menor costo de mano de obra y mayor productividad
- Permite cambios en las especificaciones de ingeniería ya que es factible aumentar los límites de caída libre del concreto fresco, los espesores de las coladas y temperaturas del concreto, así como ajustes económicos en las mezclas.

### CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

#### Velocidad de endurecimiento

LBTPA-002-19 ha sido diseñado para producir características normales de fraguado para todo el rango de dosificación que se recomienda. El tiempo de fraguado del concreto depende de la composición física y química de los ingredientes básicos del concreto, la temperatura del concreto y las condiciones ambientales.

Deben hacerse mezclas de prueba con los materiales de la obra para determinar la dosificación requerida para el tiempo de fraguado especificado y un requerimiento de resistencia determinado.

#### Manejabilidad

El concreto al que se ha adicionado LBTPA-002-19 tiene la capacidad de mantener una condición rheoplástica de 200 a 280 mm (8 a 11 in) de asentamiento si se requiere. La duración precisa para poder trabajar la mezcla no solo depende de la temperatura, sino también del tipo de cemento, materiales cementicios suplementarios, proporciones de la mezcla, la naturaleza de los agregados, el método de transporte y la dosificación.

## 6.10. Hoja Técnica del aditivo LBTPA-003-19.



# LBTPA-003-19

**Aditivo superplastificante/reductor de agua de alto rango para producción de concretos de baja viscosidad y reología mejorada con un buen mantenimiento de consistencia.**

### DESCRIPCIÓN

LBTPA-003-19 es un aditivo superplastificante de última generación, basado en la nueva tecnología de polímeros exclusiva de Master Builders Solutions, especialmente diseñado para la producción de concretos de baja viscosidad incluso con reducidos contenidos de agua debido a su innovadora formulación que permite una adsorción retardada de las partículas de cemento obteniendo una hidratación mucho más eficiente.

### USOS RECOMENDADOS

Diseñado para mejorar la reología y con ello su trabajabilidad, bombeabilidad y la puesta en obra del concreto fabricado. Permite la fabricación de concretos de elevada fluidez y de alta resistencia, con un buen mantenimiento de consistencia. LBTPA-003-19 cumple con las especificaciones de la clasificación tipo F según la ASTM C494.

### CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

- Gran poder reductor de agua.
- Mejora el acabado y la textura de la superficie del concreto.
- Aumenta las resistencias iniciales y finales del concreto
- Buen mantenimiento de consistencia para cubrir los tiempos de transporte, sin retraso de fraguado.
- Facilita el bombeo y reduce el tiempo de aplicación y compactación
- Dota al concreto de un excelente comportamiento reológico, con reducida viscosidad y pegajosidad, y docilidad mejorada.
- Excelente cohesión

### RECOMENDACIONES DE USO

LBTPA-003-19 se añade al concreto durante su amasado, con la última parte del agua de mezcla. Debe mezclarse un tiempo suficiente para garantizar la completa homogeneización del aditivo en toda la masa.

LBTPA-003-19 es compatible con los plastificantes y retardantes de la gama MasterPozzolith, MasterPolyheed y MasterSet de MBS.

LBTPA-003-19 puede ser añadido directamente al camión mezclador, para restablecer concretos que hayan perdido consistencia. En este caso, se debe asegurar la plena compatibilidad entre aditivos antes de la aplicación.

No es recomendable añadir el aditivo antes del agua de amasado, sobre el cemento y los agregados.

#### Dosificación:

El rango de dosificación recomendado para LBTPA-003-19 es de 650 ml a 1500 ml por 100 kg de cemento en función del tipo de materiales y tipo de concreto a fabricar, dependiendo del uso esto puede variar por la naturaleza de los agregados y condiciones insitu.

Dosificaciones diferentes a las recomendadas son posibles con ensayos previos que justifiquen su buen desempeño.

### CONSIDERACIONES

Si el LBTPA-003-19 se congela, llévese a una temperatura de +20°C o más, y agítese hasta que esté completamente reconstituido. No use aire comprimido para agitarlo.

### DATOS TECNICOS

Aspecto:	Líquido
Color:	Marrón
Densidad:	1,10 g/cm <sup>3</sup>
pH:	Min 5.0

### ALMACENAMIENTO

LBTPA-003-19 tiene una vida útil de 12 meses como mínimo. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor.

### 6.11. Panel fotográfico de pruebas en laboratorio.



*Insumos para la tanda de prueba.*



*Medición de aditivos superplastificantes*



*Aditivos:  
LBTPA-001-19  
LBTPA-002-19  
LBTPA-003-19*



**Proceso de mezclado del concreto**



**Ensayos del concreto y endurecido**

