



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

**INFLUENCIA DEL ADITIVO CHEMA ESTRUCT EN EL  
CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MURO  
ANCLADO EN UNA EDIFICACIÓN DE CINCO PISOS EN EL  
DISTRITO DE SAN BORJA-LIMA**

**PRESENTADA POR**

**SERGIO EDUARDO ALBERCA EGUIZÁBAL**

**JORGE RICARDO TOVAR ZEVALLOS**

**ASESOR**

**JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA**

**ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO**

**TESIS**

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

**LIMA – PERÚ**

**2020**



**CC BY-NC-SA**

**Reconocimiento – No comercial – Compartir igual**

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

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



**USMP**  
UNIVERSIDAD DE  
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**INFLUENCIA DEL ADITIVO CHEMA ESTRUCT EN EL  
CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MURO  
ANCLADO EN UNA EDIFICACIÓN DE CINCO PISOS EN EL  
DISTRITO DE SAN BORJA-LIMA**

**TESIS**

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

**PRESENTADA POR**

**ALBERCA EGUIZABÁL, SERGIO EDUARDO**

**TOVAR ZEVALLOS, JORGE RICARDO**

**LIMA - PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a mis padres, quienes con mucho apoyo y dedicación me enseñaron el buen camino de la vida. Es por ello que soy una persona que cultiva valores y tiene respeto hacia los demás. Estos aportes me enseñaron mucho para poder desempeñarme profesionalmente y cumplir mis metas.

Sergio Eduardo Alberca Eguizábal

## **DEDICATORIA**

La presente investigación se la dedico a mi familia, por el constante apoyo que me ha brindado durante mi vida universitaria

Jorge Ricardo Tovar Zevallos

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quisiéramos agradecer a nuestros padres, quienes nos han ayudado y apoyado durante toda la investigación; a nuestros asesores los ingenieros Juan Manuel Oblitas Santa María y Ernesto Antonio Villar Gallardo, por habernos orientado en los aspectos referentes a esta investigación. También queremos agradecer la ayuda de muchas personas y amigos que han estado presente durante el desarrollo de esta investigación trabajo.

En segundo lugar, no queremos dejar de agradecer a nuestra alma máter, la Universidad de San Martín de Porres, por la excelente calidad de profesores, que con mucha abnegación hace que los alumnos salgan adelante con amplios conocimientos en Ingeniería.

Los autores

## ÍNDICE

RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.1.1. Diagrama causa-efecto (Ishikawa).....	4
1.2. Planteamiento del problema .....	4
1.3. Objetivos de la investigación.....	5
1.4. Justificación .....	6
1.4.1. Importancia de la investigación.....	6
1.4.2. Alcances y limitaciones .....	7
1.4.3. Viabilidad .....	8
1.5. Impacto potencial .....	8
1.5.1. Impacto teórico .....	9
1.5.2. Impacto práctico.....	9
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	10
2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.1.1. Investigaciones internacionales .....	10
2.1.2. Investigaciones nacionales .....	12
2.2. Bases teóricas .....	15
2.2.1. El concreto .....	15
2.2.2. Componentes del concreto .....	15
2.2.3. Propiedades del concreto .....	32
2.2.4. Propiedades del estado endurecido del concreto .....	39
2.2.5. Aditivos Chema .....	43
2.2.6. Muros Anclados .....	47
2.3. Definición de términos básicos .....	56
2.4. Formulación de la Hipótesis.....	57
CAPÍTULO III METODOLOGÍA .....	58
3.1. Tipo de investigación .....	58
3.2. Enfoque de la investigación .....	58
3.3. Nivel de investigación .....	58

3.4. Diseño de la investigación .....	59
3.5. Variables .....	59
3.5.1. Operacionalización de variables .....	59
3.6. Población y muestra .....	60
3.6.1. Población .....	60
3.6.2. Muestra .....	63
3.6.3. Técnicas de Investigación.....	63
3.7. Materiales y equipos .....	64
3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	64
3.9. Procesamiento y análisis estadístico de los datos .....	65
CAPÍTULO IV DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
4.1. Caso de investigación.....	66
4.2. Protocolos de bioseguridad Covid19 .....	66
4.3. Ejecución de los ensayos de laboratorio.....	67
4.3.1. Muestreo de agregados .....	67
4.3.2. Características físicas de los agregados.....	67
4.3.3. Granulometría de agregados .....	82
4.4. Diseño de mezcla .....	88
4.4.1. Diseño de mezcla para el concreto patrón.....	89
4.5. Moldeo de probetas cilíndricas .....	97
4.6. Ensayos del concreto estado fresco y endurecido.....	99
4.6.1. Ensayo en estado fresco.....	99
4.6.2. Ensayo en estado endurecido.....	102
CAPÍTULO V RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	112
5.1. Resultados de ensayos en estado fresco .....	112
5.1.1. Trabajabilidad del concreto .....	112
5.1.2. Peso unitario del concreto.....	114
5.2. Resultados de ensayos en estado endurecido .....	115
5.2.1. Resistencia a compresión.....	115
5.2.2. Resistencia a tracción .....	118
CAPÍTULO VI DISCUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	122
6.1. Contrastación con hipótesis.....	122
6.1.1. Hipótesis 1 .....	122
6.1.2. Hipótesis 2 .....	123



6.1.3. Hipótesis 3 .....	123
6.2. Contratación con antecedentes.....	123
6.2.1. Antecedentes internacionales .....	123
6.2.2. Antecedentes nacionales .....	124
CONCLUSIONES .....	125
RECOMENDACIONES.....	127
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	128
ANEXOS.....	132

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Compuestos del cemento y calor liberado .....	17
Tabla 2 Tipos de cemento .....	19
Tabla 3 Tipos de agregados .....	20
Tabla 4 Límites granulométricos para el agregado grueso H57.....	21
Tabla 5 Límites granulométricos del agregado fino. ....	22
Tabla 6 Valores máximos admisibles para las sustancias en el agua. ....	26
Tabla 7 Consistencia del concreto según su asentamiento .....	34
Tabla 8 Procedimiento para el ensayo a compresión del concreto.....	42
Tabla 9 Operacionalización de variables .....	60
Tabla 10 Peso específico y absorción del agregado fino.....	69
Tabla 11 Peso específico y absorción del agregado grueso.....	71
Tabla 12 Peso unitario suelto del agregado fino.....	73
Tabla 13 Peso unitario suelto del agregado grueso.....	75
Tabla 14 Peso unitario compactado del agregado fino.....	76
Tabla 15 Peso unitario compactado del agregado grueso.....	78
Tabla 16 Contenido de humedad del agregado fino .....	79
Tabla 17 Contenido de humedad del agregado grueso .....	81
Tabla 18 Granulometría del agregado fino .....	84
Tabla 19 Granulometría del agregado grueso .....	87
Tabla 20 Datos obtenidos de laboratorio .....	89
Tabla 21 Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	90
Tabla 22 Relación agua-cemento de acuerdo a la resistencia a la compresión del concreto. ....	91
Tabla 23 Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto. ....	93
Tabla 24 Proporción de los componentes ajustados por humedad del concreto patrón.....	95
Tabla 25 Proporción de los componentes ajustados por humedad del concreto con 1.0 % de aditivo Chema Estruct. ....	96
Tabla 26 Cantidad de materiales para el muestreo del concreto patrón.....	97

Tabla 27 Cantidad de materiales para el muestreo del concreto + 1.0 % de aditivo Chema Estruct.....	97
Tabla 28 Trabajabilidad del concreto patrón.....	112
Tabla 29 Trabajabilidad del concreto con aditivo.....	113
Tabla 30 Peso unitario del concreto.....	114
Tabla 31 Resistencia de compresión a 3 días .....	115
Tabla 32 Resistencia de compresión a 5 días .....	115
Tabla 33 Resistencia de compresión a 7 días .....	116
Tabla 34 Resistencia de tracción a 3 días .....	118
Tabla 35 Resistencia de tracción a 5 días .....	119
Tabla 36 Resistencia de tracción a 7 días .....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Cantidad de obras paralizadas por región y sus causas .....	3
<i>Figura 2.</i> Diagrama causa-efecto de las deficiencias mecánicas del concreto. .....	4
<i>Figura 3.</i> Agregado grueso .....	21
<i>Figura 4.</i> Agregado fino .....	22
<i>Figura 5.</i> Herramientas para el ensayo de consistencia .....	35
<i>Figura 6.</i> Extracción del cono de Abrams y medición del asentamiento .....	36
<i>Figura 7.</i> Gráfico general de elasticidad de un material.....	40
<i>Figura 8.</i> Aditivos Chema.....	44
<i>Figura 9.</i> Chema Estruct .....	45
<i>Figura 10.</i> Chema 1 Polvo .....	46
<i>Figura 11.</i> Chema Plast .....	47
<i>Figura 12.</i> Muros anclados .....	48
<i>Figura 13.</i> Anclajes de muro .....	50
<i>Figura 14.</i> Cabeza de anclaje .....	50
<i>Figura 15.</i> Raíz o bulbo.....	51
<i>Figura 16.</i> Excavación .....	53
<i>Figura 17.</i> Ejecución de anclaje .....	54
<i>Figura 18.</i> Colocación de armadura, encofrado y concreto .....	54
<i>Figura 19.</i> Desencofrado y tensado .....	55
<i>Figura 20.</i> Excavación al siguiente nivel .....	55
<i>Figura 21.</i> Sección 1 Jirón Romero Delgado .....	60
<i>Figura 22.</i> Sección 2 Calle Leo Baumann.....	61
<i>Figura 23:</i> Sección 3 detalle de la vivienda.....	61
<i>Figura 24:</i> Detalle del muro.....	62
<i>Figura 25.</i> Detalle final de las secciones.....	62
<i>Figura 26:</i> Secuencia lógica de la investigación .....	63
<i>Figura 27.</i> Cuarteo de agregado grueso .....	67
<i>Figura 28.</i> Absorción del agregado fino .....	69
<i>Figura 29.</i> Absorción del agregado grueso .....	71
<i>Figura 30.</i> Peso unitario suelto del agregado fino.....	73
<i>Figura 31.</i> Peso unitario suelto del agregado grueso.....	74

<i>Figura 32.</i> Peso unitario compactado del agregado fino .....	76
<i>Figura 33.</i> Peso unitario compactado del agregado grueso.....	77
<i>Figura 34.</i> Contenido de humedad del agregado fino .....	79
<i>Figura 35.</i> Contenido de humedad del agregado grueso .....	80
<i>Figura 36.</i> Lavado del agregado fino (malla 200).....	82
<i>Figura 37.</i> Granulometría del agregado fino .....	83
<i>Figura 38.</i> Curva granulométrica del agregado fino .....	85
<i>Figura 39.</i> Zarandeo del agregado grueso.....	86
<i>Figura 40.</i> Obtención del peso retenido del agregado grueso .....	86
<i>Figura 41.</i> Curva granulométrica del agregado grueso.....	88
<i>Figura 42.</i> Dosis de aditivo Chema Estruct.....	98
<i>Figura 43.</i> Mezcladora de 9p3 .....	98
<i>Figura 44.</i> Probetas cilíndricas de 4"x8" .....	99
<i>Figura 45.</i> Asentamiento del concreto patrón .....	100
<i>Figura 46.</i> Asentamiento del concreto con aditivo .....	100
<i>Figura 47.</i> Peso unitario del concreto .....	101
<i>Figura 48:</i> Curado de probetas .....	102
<i>Figura 49.</i> Prensa hidráulica .....	103
<i>Figura 50.</i> Roturas del concreto patrón a 3 días.....	104
<i>Figura 51.</i> Roturas del concreto + 1.0 % aditivo Chema Estruct a 3 días...	105
<i>Figura 52.</i> Roturas del concreto patrón a 5 días.....	106
<i>Figura 53.</i> Roturas del concreto + 1.0 % aditivo Chema Estruct a 5 días...	107
<i>Figura 54.</i> Roturas del concreto patrón a 7 días.....	108
<i>Figura 55.</i> Roturas del concreto + 1.0 % aditivo Chema Estruct a 7 días...	109
<i>Figura 56.</i> Roturas a tracción del concreto patrón a 3 días. ....	110
<i>Figura 57.</i> Pérdida de asentamiento del concreto.....	113
<i>Figura 58.</i> Peso unitario del concreto fresco.....	114
<i>Figura 59.</i> Gráfica de resistencia a la compresión de roturas .....	116
<i>Figura 60.</i> Proceso circular de resistencia a compresión del concreto patrón .....	117
<i>Figura 61.</i> Proceso circular de resistencia a compresión del concreto con aditivo Chema Estruct.....	118
<i>Figura 62.</i> Histograma de resistencia a la tracción de roturas .....	119
<i>Figura 63.</i> Gráfico de tracción respecto a compresión del concreto patrón	120

*Figura 64.* Gráfico de tracción respecto a compresión del concreto con aditivo  
Chema Estruct .....121

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia .....	133
Anexo 2 Cronograma de actividades .....	135
Anexo 3 Encuestas .....	136
Anexo 4 Panel fotográfico .....	140
Anexo 5 Certificados .....	143
Anexo 6 Hoja técnica de aditivos Chema Estruct .....	145

## RESUMEN

Actualmente, en la construcción de muros anclados en edificaciones, el proceso crítico es el tiempo de fraguado. La presente investigación propone mejorar las propiedades mecánicas del concreto con el uso de un material químico. El objetivo de esta investigación es diseñar una mezcla de concreto, con la incorporación del aditivo Chema Estruct. Para tal efecto, la metodología de esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, puesto que los valores son datos operables y medibles. También es de tipo aplicada, porque usa conocimientos existentes sobre el concreto con el fin de realizar una investigación de campo según las normas técnicas peruanas para un correcto procedimiento. De acuerdo con los resultados obtenidos, se determinó que el concreto diseñado con el aditivo Chema Estruct —a comparación del concreto sin el aditivo— alcanzó mayor resistencia a compresión, pero tuvo un desempeño parcial en el ensayo de tracción; es decir, la aplicación del aditivo no generó alteraciones en este último ensayo endurecido. Finalmente, se determinó un nuevo diseño (con la adición de un porcentaje de 1.0 % con respecto al peso del cemento) para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Se concluyó que el tiempo de fraguado con el aditivo Chema Estruct es menor con respecto al concreto patrón.

**Palabras claves:** concreto, aditivo acelerante, muros anclados, propiedades mecánicas del concreto, diseño de mezcla, Chema



## **ABSTRACT**

Currently, in the construction of walls anchored in buildings, the critical process is the setting time. The present investigation proposes to improve the mechanical properties of concrete with the use of a chemical material. The objective of this research is to design a concrete mix, with the incorporation of the additive Chema Estruct. For this purpose, the methodology of this research has a quantitative approach, since the values are operable and measurable data. It is also of an applied type, because it uses existing knowledge about concrete in order to carry out a field investigation according to Peruvian technical standards for a correct procedure. According to the results obtained, it was determined that the concrete designed with the Chema Estruct additive - compared to the concrete without the additive - achieved greater resistance to compression, but had a partial performance in the tensile test; that is, the application of the additive did not generate alterations in this last hardened test. Finally, a new design was determined (with the addition of a percentage of 1.0 % with respect to the weight of the cement) to improve the mechanical properties of the concrete. It was concluded that the setting time with the Chema Estruct additive is less with respect to the standard concrete.

**Keywords:** concrete, additive accelerant, anchored walls, mechanical properties of concrete, mix design, Chema Estruct

## INTRODUCCIÓN

El concreto es un material muy importante en el mundo de la construcción y que siempre está sujeto a cambios volumétricos según las condiciones climáticas que se presenten. Este material, al ser usado durante muchos años, ha desarrollado ciertos comportamientos vinculados con los componentes utilizados en su proceso de fabricación.

Esta investigación promueve el uso de un material químico aditivo acelerante (Chema Estruct) que brinde una alternativa de solución en pro de mejorar el comportamiento mecánico del concreto. Con este fin, se tomó en cuenta conceptos fundamentales y conocimientos acerca de las reacciones del aditivo al aplicarse en el concreto, de manera que su calidad minimice el riesgo de fallas al ser colocado en estructuras.

El problema de esta investigación se centró en los muros anclados, estructuras que servirán de muestra para llevar a cabo la aplicación del aditivo Chema Estruct. Así, es importante utilizar este material en el concreto, puesto que sus principales características son disminuir el tiempo de fraguado y ganar resistencia a edades tempranas; por lo tanto, la aplicación del aditivo en los muros anclados agilizará el tiempo de desencofrado, de forma que pueda dar pase a las demás partidas y evite horas perdidas tanto en operarios como en maquinarias.

En función de lo anterior, cabe mencionar que el objetivo general consistió en evaluar la influencia del aditivo Chema Estruct en un concreto

diseñado  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para luego analizar los resultados presentados en las propiedades mecánicas del concreto. En esta investigación se utilizaron materiales de muy buena calidad y un aditivo que cumple con un expediente técnico muy calificado.

Los objetivos específicos de esta investigación fueron la determinación de la influencia del aditivo Chema Estruct en la resistencia a compresión en un concreto convencional, la determinación de la influencia del aditivo Chema Estruct en la resistencia a la tracción en un concreto convencional, y la determinación de la influencia del aditivo Chema Estruct en la trabajabilidad en un concreto convencional.

En lo referente a la hipótesis, se planteó el uso del aditivo Chema Estruct para mejorar las propiedades mecánicas del concreto en muros anclados, con el fin de conseguir una solución a las estructuras en su proceso de desencofrado y, de esa manera, acelerar el tiempo y cumplir con la programación en obra.

Por otro lado, esta investigación tuvo como limitación la comparación de las propiedades mecánicas (trabajabilidad, resistencia a la compresión, y resistencia a la tracción.) de un concreto diseñado para un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Un alcance acerca de esta investigación fueron los ensayos aplicados al concreto, que se llevaron a cabo en el laboratorio de materiales de Concretos Lima, localizada en el distrito de Cieneguilla.

Los capítulos de esta tesis siguen el siguiente orden: en el primer capítulo se plantea el problema: planteamiento del problema, la formulación del problema, objetivos de la investigación, la justificación y el impacto potencial; en el segundo capítulo, se desarrolla lo concerniente al marco teórico: antecedentes nacionales e internacionales de la investigación, las bases teóricas, la definición de términos y la formulación de la hipótesis; en el tercer capítulo, se aborda sobre la metodología de la investigación: tipo de investigación realizada, el enfoque de investigación, el diseño de investigación y la operacionalización de variables; en el cuarto capítulo, se toca sobre el desarrollo de la investigación: desarrollo de la investigación, los ensayos y el

diseño de mezcla de la investigación; en el quinto capítulo, se presentan los resultados de la investigación: resultados de la investigación expuestos en gráficas de control; en el sexto capítulo, se aborda sobre la discusión de la investigación: discusiones sobre la investigación y analiza los resultados obtenidos.

En las conclusiones, se da a conocer los resultados y se sintetiza los aspectos más importantes del desarrollo de la investigación.

En las recomendaciones, se plantea sugerencias a próximos investigadores para que consideren los resultados y puedan tomar sus propias decisiones.

Esta investigación incluye anexos, que contienen paneles fotográficos del avance de la investigación.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Descripción del problema**

Cuando se lleva a cabo una edificación, un problema frecuente es el excesivo retraso, puesto que no se completa las actividades planteadas en la programación de obra. Ese problema implica pérdidas de tiempo y, en algunos casos, costos económicos. Si bien el problema se centra en terrenos con áreas menores 600 m<sup>2</sup>, igual conlleva a no completar las demás partidas y a perder horas.

En la mayoría de proyectos relacionados con la construcción de edificios multifamiliares con un área de terreno menor a los 600 m<sup>2</sup>, la partida de concreto armado requiere un alto número de horas hombre (HH), debido a que el personal tiene mucho tiempo de espera en la ejecución de los trabajos correspondientes.

Por otro lado, en los proyectos de construcción con áreas menores a 600 m<sup>2</sup>, se verifica un alto consumo de horas maquina (HM) en las partidas de movimiento de tierras, ya que la excavadora debe esperar a que se termine el trabajo de las estructuras de concreto para poder continuar con su labor.

Cuando se proyecta una obra, se requiere que el proceso constructivo de las estructuras se realice inmediatamente con el fin de que se inicien las demás partidas. Sin embargo, los retrasos de obra, como en el caso de los

muros anclados, conlleva a buscar soluciones que adecúen el uso de materiales químicos (como los aditivos) para agregarlos al concreto con el propósito de acelerar el tiempo de fraguado, y así cumplir con la planificación proyectada.

Los proyectos que usan aditivos para adherirse en el concreto en estructuras como los muros anclados reducen el tiempo de espera y obtienen altas resistencias a edades tempranas.

El concreto en la construcción es la combinación de componentes que le dan la solidez y la seguridad cuando estos son vaciados en las estructuras con el fin de darles una resistencia determinada. Este material posee dos estados: fresco y endurecido. En esta investigación, ambos estados se sometieron a ensayos estandarizados por normas internacionales y peruanas con el fin de asegurar la calidad del concreto elaborado.

El concreto es la unidad básica utilizada en la construcción. Es un material muy utilizado por sus propiedades más resaltantes, que son la durabilidad, la trabajabilidad y la resistencia a cargas aplicadas en él. Es utilizado en distintos elementos (edificaciones, pavimentos, puentes, presas, etc.) de las diferentes ramas de la ingeniería civil en nuestro país. El uso del concreto por antonomasia se debe a su fácil cambio de estado fresco a sólido, su adecuación al molde establecido, su alta resistividad al clima, al fuego y a la compresión —muy similar a las piedras—, además de su bajo costo, ya que siempre se encuentra cerca a los lugares de construcción.

En nuestro país, se ha llegado a elaborar concreto de diseño  $f'c = 420$  kg/cm<sup>2</sup> con una resistencia a la compresión máxima de 670.98 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

El gran problema de las construcciones reside en las deficiencias a altas resistencias y en calidad en el concreto. Para solucionar este problema, en la actualidad se usa el aditivo Mapefluid N200, pues aumenta la resistencia mecánica a edades tempranas, mejora la trabajabilidad, incrementa la durabilidad del concreto y, en caso de que se encuentre el paso de una capa freática, ayuda a que la lechada no se mezcle con el agua. Sin embargo, la

desventaja de este aditivo es que, al no estar fijo, genera pérdida de adherencia en la lechada del anclaje; es decir, el anclaje se suelta al momento de su tensado. Adicionalmente, la aplicación de este aditivo solo es posible cuando el concreto es fluido.

Uno de los aditivos acelerantes más comunes que se utiliza en los proyectos de construcción es Sika Cem Acelerante PE. Entre sus características principales resaltan la reducción del tiempo de desencofrado, la obtención de resistencias mayores con un menor tiempo de espera, la generación de resistencia a las bajas temperaturas y la aplicabilidad a cualquier tipo de estructura. Sin embargo, la desventaja de este aditivo es que, al ser un producto importado, su precio es elevado.

Por estas razones, se propone el uso de aditivos nacionales que presentan las mismas características y, a la vez, dan buenos resultados, son fáciles de adquirir en el mercado y a un menor precio. Específicamente, se propone usar el aditivo Chema Estruct para aligerar el fraguado de las mega construcciones.

En la actualidad, en el contexto peruano, hay un gran número de obras paralizadas en diversas regiones. Esto se grafica en la siguiente figura:

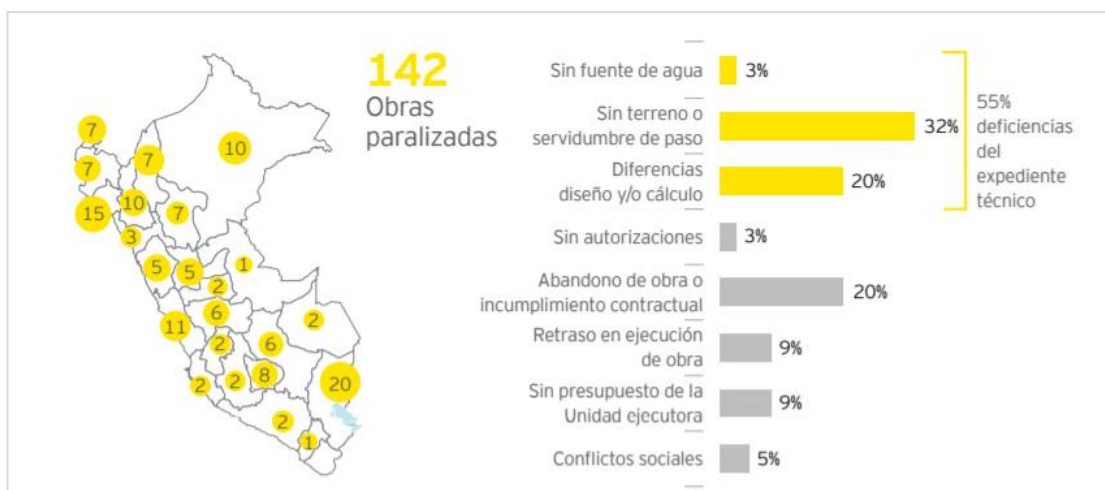


Figura 1. Cantidad de obras paralizadas por región y sus causas  
Fuente: Fuente: Lampadia, 2019

En los siguientes capítulos, se registra cómo se realizaron las investigaciones sobre el concreto y la incorporación del aditivo Chema Estruct.

Así también, se compara los resultados arrojados en los ensayos mecánicos aplicados al concreto con el aditivo mencionado frente al concreto con un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### 1.1.1. Diagrama causa-efecto (Ishikawa)

Según Guaranda (2015), el diagrama de Ishikawa es una herramienta que tiene como finalidad identificar y clasificar las posibles causas y efectos que podrían intervenir en una investigación. Esta técnica muestra una gráfica de pescado que permite controlar las causas de un problema específico para luego darle una solución. A continuación, se presenta un diagrama de Ishikawa —validado por profesionales con muchos años de experiencia en el rubro de la construcción— que considera como efectos a las deficiencias en las propiedades mecánicas del concreto.

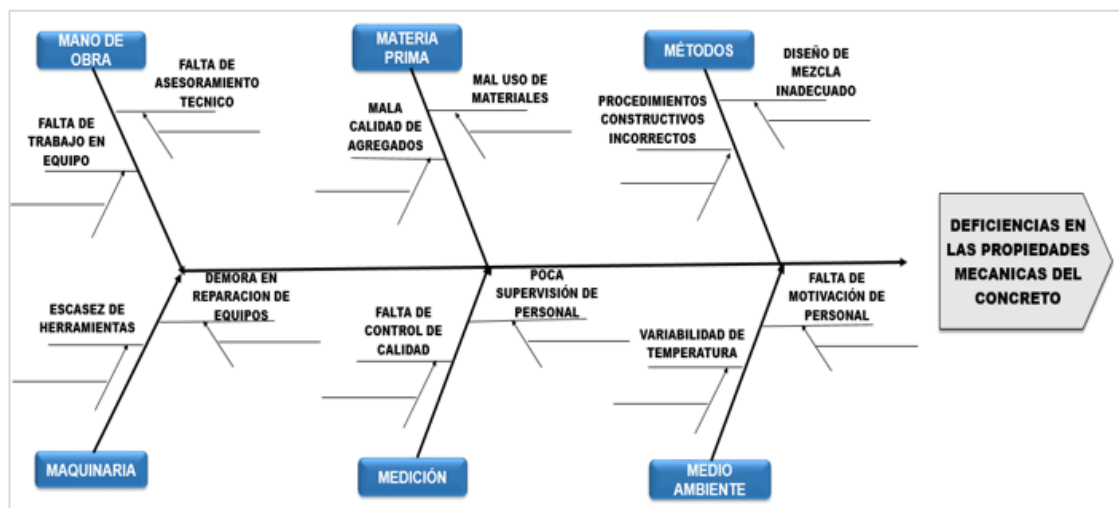


Figura 2. Diagrama causa-efecto de las deficiencias mecánicas del concreto.  
Fuente: Elaborado por los autores

## 1.2. Planteamiento del problema

### Problema general

¿Cómo influye la incorporación del aditivo Chema Estruct en las propiedades mecánicas del concreto para muros anclados en el distrito de San Borja?



## **Problemas específicos**

- ¿Cómo influye la resistencia a la compresión con la aplicación del aditivo Chema Estruct en el concreto para la construcción de un muro anclado en una edificación de cinco pisos?
- ¿Cómo influye la resistencia a la tracción con la aplicación del aditivo Chema Estruct en el concreto para la construcción de un muro anclado en una edificación de cinco pisos?
- ¿Cómo influye la trabajabilidad con la aplicación del aditivo Chema Estruct en el concreto para la construcción de un muro anclado en una edificación de cinco pisos?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

Para determinar los objetivos de investigación, se recurrió a la evaluación externa de expertos. Los resultados obtenidos fueron clasificados como objetivo general y objetivos específicos.

#### **Objetivo general**

Determinar la influencia del aditivo Chema Estruct en las propiedades mecánicas del concreto para mejorar el tiempo de fraguado y tensado en muros anclados en el distrito de San Borja.

#### **Objetivos específicos**

- Determinar la resistencia a la compresión con la aplicación del aditivo Chema Estruct en el concreto para la construcción de un muro anclado en una edificación de cinco pisos.
- Determinar la resistencia a la tracción con la aplicación del aditivo Chema Estruct en el concreto para la construcción de un muro anclado en una edificación de cinco pisos.
- Determinar la trabajabilidad con la aplicación del aditivo Chema Estruct en el concreto para la construcción de un muro anclado en una edificación de cinco pisos.

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Importancia de la investigación**

En algunos de los casos, el aumento de tiempo en la ejecución se debe al espacio reducido que tiene el terreno, lo que impide realizar varias actividades a la vez. Esto obliga a buscar soluciones para ejecutar partidas con menor tiempo de espera. En tal sentido, esta investigación pretende demostrar la influencia del aditivo Chema Estruct en un concreto convencional  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con el fin de solucionar el problema del tiempo y los plazos estimados para la finalización en la ejecución de un proyecto.

Específicamente, esta investigación busca encontrar soluciones para la mejora de procesos en los muros anclados gracias al uso de un aditivo dentro del concreto que consiga, en menor tiempo, mayor resistencia a la compresión, tracción en el estado endurecido y trabajabilidad fluida en el estado fresco del concreto. La reducción del tiempo en estos puntos críticos permite reducir los tiempos de espera antes del tensado de un muro anclado.

Además, se plantea la incorporación del aditivo Chema Estruct para acelerar el tiempo de fraguado, lo cual resulta vital en proyectos que tienen áreas de terreno menores a los 600 m<sup>2</sup>, en los que el espacio para realizar las partidas de movimiento de tierras, muro anclado y cimentación es reducido.

En consecuencia, resulta importante investigar tanto en el producto Chema Estruct como la calidad de los concretos que normalmente se usan en nuestro país, ya que, al unificar una mezcla con el aditivo, se reducirá el tiempo de fraguado, se ahorrará las horas máquina, las horas hombre y el alquiler del encofrado; es decir, se contribuirá a ahorrar gastos y a reducir el tiempo estimado de la ejecución de la partida de muros anclados, a la vez que se conseguirá un concreto más compacto.

El estudio del componente acelerante Chema Estruct busca dar a conocer el uso de este aditivo con sus aplicaciones, ventajas, características, propiedades y comportamientos. Si bien las características y propiedades son parecidas en los aditivos acelerantes, la diferencia estriba en que Chema

Estruct no afecta la adherencia de la lechada del concreto con el terreno. Otros aditivos acelerantes sí presentan este tipo de problemas, que se evidencian al momento del tensado del anclaje con el muro. Otra ventaja que posee el Chema Estruct es su factor económico, inferior al de otros acelerantes con las mismas características.

Asimismo, la investigación establece una comparación entre el concreto simple sin aditivo y el concreto con acelerante Chema Estruct. Una razón más para esta investigación es el contexto peruano: debido a que en el país se ha incrementado la construcción de edificios nuevos y modernos, las empresas constructoras se beneficiarían con la disminución del costo y el tiempo de construcción gracias al uso de este acelerante.

#### **1.4.2. Alcances y limitaciones**

Los datos se obtuvieron en la ciudad de Lima-Perú desde el mes de mayo del 2020 hasta el mes de junio del mismo año. Los costos fueron acordes con los de la ciudad mencionada.

La limitación de esta tesis consistió en la dificultad para comparar las propiedades mecánicas (trabajabilidad, resistencia a la compresión, y resistencia a la tracción) de un concreto diseñado para un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con un concreto con el mismo diseño de mezcla, pero con el aditivo CHEMA Estruct. Los ensayos, realizados según las Normas Técnicas Peruanas y las Normas Americanas ASTM (American Society of Testing Materials), sirvieron para comparar las propiedades del concreto en estado fresco (trabajabilidad) y en estado endurecido (resistencia a la compresión y a la tracción).

Los ensayos de las características físicas de los agregados y el diseño de mezcla se llevaron a cabo en Concretos Lima —empresa ubicada en la avenida Santa Rosa Manzana P, en el distrito de Cieneguilla— durante un periodo de 7 días. Los ensayos en estado endurecido (compresión y tracción) fueron realizados en Control Mix Express —empresa ubicada en la cooperativa Las Vertientes Calle 4, en el distrito de Villa El Salvador— durante un periodo de 10 días. Debido al estado de emergencia producido por el covid-

19, la limitación consistió en la dificultad para usar estos laboratorios y en la reducción de cantidad de muestras a analizar.

### **1.4.3. Viabilidad**

Para la viabilidad se consideró lo siguiente:

- Recursos informativos obtenidos de la Biblioteca y el Repositorio de la base de datos de la FIA USMP.
- Los permisos requeridos y aceptados por Concretos Lima y Control Mix Express para garantizar el uso y desarrollo de ensayos de laboratorio durante el estado de emergencia por el covid-19.
- El cumplimiento de los siguientes aspectos:
  - a) Revisión de la literatura especializada en lo referente al planteamiento de tesis.
  - b) Análisis a partir de los resultados obtenidos en el ensayo de las muestras.
  - c) Desarrollo del problema con miras a una nueva alternativa de solución.
  - d) Evaluación en el plano de la responsabilidad ambiental, referida al uso y el diseño de medidas de mitigación.
  - e) Análisis detallado de la viabilidad económica del proyecto.
  - f) Determinación del impacto económico y la accesibilidad del proyecto.

El laboratorio de Concretos Lima facilitó las herramientas para el diseño de la mezcla, mientras que el laboratorio de Control Mix Express facilitó la prensa hidráulica a la compresión y el equipo hidráulico de tracción.

### **1.5. Impacto potencial**

Para determinar el impacto potencial, se evaluó los puntos positivos que fueron parte de la investigación. De esa manera, se clasificó dos tipos (impacto teórico e impacto práctico) que dan fundamentos de razón a la justificación.

### **1.5.1. Impacto teórico**

Esta investigación aporta una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas del concreto a edades tempranas gracias a la incorporación de un aditivo. El enfoque de investigación es cuantitativo, pues se basó en datos reales que posteriormente fueron cuantificados. Además, es una investigación descriptiva porque describe la situación problemática que presentan los proyectos de construcción en la etapa de muro anclado.

### **1.5.2. Impacto práctico**

Esta investigación proporcionará un valor agregado al uso de aditivos nacionales que, aunque presentan las mismas características que los extranjeros, tienen menor costo de adquisición. La investigación pretende resolver la demora y la baja resistencia a edades tempranas. Esta investigación es experimental porque se realizó en un laboratorio, según las normas correspondientes.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

Para llevar a cabo esta investigación, se tomó como referencia cinco fuentes internacionales y cinco fuentes nacionales. Todas ellas tienen en común la influencia de un aditivo acelerante que mejora las propiedades mecánicas en la elaboración del concreto.

##### **2.1.1. Investigaciones internacionales**

**Castellón y De la Ossa (2013)** demostraron que la compresión en concretos elaborados con cemento tipo I y cemento tipo III varía con aditivos que aceleran y retrasan su resistencia. La investigación contribuyó a identificar las diferentes reacciones del concreto frente a la influencia de aditivos acelerantes y retardantes, pues comparó los diferentes datos de resistencia de cada tipo de cemento.

**Rosero, C. (2015)** analizó el diseño y las aplicaciones de muros anclados para un correcto diseño en su utilización en la etapa de excavaciones en la construcción de edificios con procesos americanos. Los ensayos se llevaron a cabo durante años y demostraron ser efectivos.

La investigación utilizó una aplicación programada que plasmó los cálculos mediante un simple ingreso de datos, con el fin de entender la complejidad en el análisis y el diseño de muros anclados.

Esta investigación proporcionó un diseño de mezcla optimizada con la adición de un aditivo acelerante que generó mayor estabilidad en los muros anclados en excavaciones de gran profundidad.

**Valdez, P. (2011)** discutió, estudió y aplicó los principales aspectos del diseño y la construcción de muros anclados de hormigón proyectado. Así también, identificó los temas más relevantes para el diseño de muros anclados, y analizó ensayos de visualización al arrancamiento del anclaje del muro. Finalmente, sintetizó la teoría del proceso constructivo para su correcta aplicación como manual por ingenieros civiles y profesionales.

La investigación proporcionó la secuencia correcta de ejecución de muros anclados con ayuda de una explicación de los procesos a seguir para la proyección de anclajes.

**Figuroa, Rodríguez y Zelada (2011)** describieron el análisis, las generalidades y los diseños de las estructuras de retención (muros pantalla) en El Salvador para establecer la diferencia entre muros pantalla convencionales y muros pantalla no convencionales. Asimismo, detallaron los criterios fundamentales de muros con anclajes activos, los tipos de apuntalamientos —incluso presentaron una metodología para calcular sus cargas—, los modos de falla externa (capacidad de carga, deslizamiento) e interna (flexión, tensión directa) dentro del muro anclado.

La investigación aportó nuevos diseños de estructuras para la contención que optimizaron propiedades mecánicas como la tracción y la compresión.

**Mozo, D. (2012)** investigó el comportamiento de los muros pantalla que pueden servir como entibación. Así también, analizó diseños de muros anclados en suelos arenosos con el programa GGU-FLOW2D para determinar el escurrimiento debajo del muro anclado y obtener su geometría modelada con diferentes coeficientes de permeabilidad para un suelo anisotrópico y un suelo isotrópico.

Además, analizó las distribuciones diferentes de empuje de sobrecargas y estáticos para conocer su impacto en el diseño de muros anclados y, finalmente, presentar limitaciones que influyan en la solidez de los muros anclados.

A partir del aporte de información sobre densidad de carga y deslizamientos del suelo, la investigación proporcionó resultados de los comportamientos de los muros anclados frente a suelos de baja resistencia y poca compactación.

### **2.1.2. Investigaciones nacionales**

Baca, P. (2016) evaluó la influencia del porcentaje y el tipo de aditivo acelerante sobre la resistencia a la compresión de concreto elaborado con cemento Pacasmayo tipo IC.

Los testigos de concreto midieron 15 cm de diámetro x 30 cm de altura. Se elaboraron con aditivo, arena, cemento, piedra, agua y Sika 3 con la finalidad de reemplazar en diversos porcentajes en función del peso de las probetas. Luego, se curó correctamente alrededor de 7 días para realizar ensayos en estado endurecido. De los resultados obtenidos, se determinó que el porcentaje del aditivo acelerante aumentó.

La investigación ayudó a realizar un correcto diseño de mezcla según la proporción de aditivo acelerante que requiere un concreto para optimizar su resistencia a la compresión y mejorar el tiempo de fraguado.

En este sentido, se determinó que el aditivo Sika 3 acelerante agregado al 4 % a un concreto, mejoró la resistencia a la compresión (209.3 kg/cm<sup>2</sup>) —a comparación del concreto patrón (164.3 kg/cm<sup>2</sup>)— y que el aditivo Chema 3 agregado al concreto en el mismo porcentaje presentó mejores resultados que el aditivo Sika 3.

Garay, L. (2016) propuso opciones para mejorar el concreto preparado en obra a partir de un aditivo superplastificante que brindó mayor resistencia a la compresión. Adicionalmente, el autor mencionó soluciones a los defectos



en el concreto de las autoconstrucciones a través de ensayos y registros que siguieron las normas ASTM (American Society of Testing Materials).

La investigación contribuyó a un mejor análisis y utilización de un aditivo acelerante en su aplicación al concreto —que resultó más resistente a edades tempranas— en el vaciado de losas de viviendas.

Finalmente, el autor propuso alternativas de mejora para la producción del concreto elaborado en obras de autoconstrucción dirigidas a proporcionar conocimientos técnicos a los encargados de la ejecución de obras y a los dueños de casas. Este conocimiento técnico se centró no solo en cómo usar los aditivos a partir de una dosificación estándar para un concreto, sino en los procedimientos para disminuir los altos niveles de informalidad. Es recomendable que este estudio se aplique en otras edificaciones a nivel nacional, cuyas situaciones podrían ser peores o similares.

Gomero, B. (2006) estableció las razones de empleo, así como las diferencias y las condiciones de uso más frecuentes en el comportamiento final del concreto. Su objetivo fue incrementar la resistencia y la durabilidad del concreto y mejorar significativamente la calidad de la estructura.

En dicha investigación, el autor indicó que el mineral no es un componente de vital importancia para la creación del concreto, dado que este concreto presenta una reacción química en su contacto con el agua que modifica las propiedades originales del concreto o mortero.

Asimismo, presentó casos en los que el aditivo fue la única alternativa para obtener los resultados requeridos, mientras que en otros casos los objetivos se consiguieron con algunas variaciones en la composición o propiedades de la mezcla. Todo ello disminuyó los costos del uso de aditivos.

La investigación ayudó a analizar el comportamiento del concreto con diferentes tipos de aditivos y adiciones de minerales.

Vilca, P. (2008) diseñó un concreto de alta resistencia gracias a aditivos y micro sílice. Para este fin, comparó un concreto patrón de 638.09 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días con otros concretos con aditivos y micro sílice. Concluyó que la

resistencia a la compresión del concreto se incrementa conforme a su edad, y llega a 1400.05 kg/cm<sup>2</sup> con el uso de aditivos más micro sílice a los 180 días.

El autor propuso el uso del aditivo superplasticante con una dosis de 1.5 % (en función al peso del cemento), lo que disminuyó la cantidad requerida de agua (28 %) y aumentó el peso unitario (6 %) en estado fresco de la mezcla (concreto) con aditivo.

La investigación demostró que la manera más rápida de lograr una alta resistencia es con ayuda de componentes agregados al diseño de mezcla de un concreto. Finalmente, demostró que una correcta dosificación aumenta la resistencia a la compresión en estado endurecido del concreto.

Flores, M. y López, A. (2019) aplicaron un procedimiento en la ejecución de excavación y vaciado de concreto en muros anclados. El procedimiento permitió continuar con el tren de actividades propuesto.

Los autores indicaron que un problema en la construcción de sótanos radica en las partidas de excavaciones, porque los terrenos con linderos colindantes con las calles requieren el empleo de un sistema más seguro del que proporcionan las calzaduras.

La investigación se destinó a terrenos de 400 m<sup>2</sup> y de 1000 m<sup>2</sup>, por lo cual se aplicó un sistema diferente del proceso de excavación para cada tipo de terreno.

Luego del uso de un aditivo acelerante al concreto en terrenos de poca dimensión, la investigación demostró mejora en la confiabilidad del proceso constructivo de muros anclados, disminución del costo económico, optimización de procesos y reducción de tiempos en la realización de un proyecto que contenía 86 paños de muro anclado.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. El concreto**

Según Rivva (2018), el concreto es un material heterogéneo compuesto principalmente por la combinación de cemento, agua y agregados finos y gruesos. El concreto, en palabras de Colmenarez (2014), es un aglomerante que al fraguar y endurecer adquiere una resistencia parecida a las piedras en estado natural. Para Abanto (2017), con una estructura que contiene cantidades adecuadas de cemento Portland, agregados, agua y aire provocan se obtiene un elemento con mejores propiedades de durabilidad y de resistencia a la compresión.

Así, el concreto es una mezcla de varios componentes (cemento, agua, cemento, agregado grueso y, algunas veces, aditivos) en determinadas proporciones que, al ser combinados, de forma manual o mecánica en mezcladoras, producen una pasta manejable y moldeable, pero que al secarse se endurece y adquiere gran resistencia. La mezcla de estos componentes debe tener una adecuada dosificación para preparar el concreto según las especificaciones técnicas requeridas.

En consecuencia, la realización del diseño es primordial para un proceso de elaboración de concreto. Con este fin, los materiales (cemento, agregados y agua) deben someterse a un proceso de ensayo para seleccionar la calidad de cada uno y así determinar si cada uno es o no óptimo para elaborar el concreto. Si luego de cumplir los requerimientos para el diseño, el concreto presentara fallas, debe descartarse por ser perjudicial para la estructura propuesta.

### **2.2.2. Componentes del concreto**

Para que el concreto cumpla con su característica principal (durabilidad), la calidad de sus componentes debe ser óptima, por lo cual es fundamental conocer las características de cada componente y cómo influyen en el producto terminado.

El concreto es elaborado a partir de la mezcla de agua, agregado grueso, cemento Portland y, algunas veces, aditivos. Cada material cumple una función importante en cada estado del concreto, en consecuencia, deben ser dosificados mediante un diseño para conseguir una determinada resistencia a la compresión en cada estado.

#### **2.2.2.1. Cemento Portland**

El cemento Portland es un material artificial, cuyo componente principal (Clinker) se mezcla con silicatos o sulfatos de calcio en una molienda y se obtiene un solo componente.

Según la Asociación de Cemento Pórtland (2004), se trata de un tipo de cemento hidráulico fraguado y endurecido por una acción química producto del contacto con el agua. Al mezclarse el cemento con el agua, surge una pasta a la que se adiciona los agregados que actúan como adhesivo para formar el concreto.

Para Abanto (2017), cuatro componentes principales conforman más del 90 % del peso del cemento. Cada uno de ellos cumplen una función específica.

##### **Silicato tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ )**

- Su abreviatura es  $\text{C}_3\text{S}$ .
- Constituye entre el 50 % y el 70 % del Clinker.
- Su función principal es producir una resistencia inicial alta del cemento.
- Al contacto con el agua, desprende una elevada temperatura llamada hidratación.

##### **Silicato dicálcico ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ )**

- Su abreviatura es  $\text{C}_2\text{S}$ .
- Constituye entre el 15 % y el 30 % del Clinker.
- Su función principal es brindar resistencia a largo plazo al cemento, ya que su fraguado y su endurecimiento son lentos.
- Posee un bajo calor de hidratación.

### Aluminato tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ )

- Su abreviatura es  $\text{C}_3\text{A}$ .
- Constituye entre el 5 % y el 10 % del Clinker.
- Libera gran calor de hidratación durante los primeros días.
- El yeso agregado al Clinker durante la molienda se mezcla con este compuesto para regular el tiempo de fraguado.
- La reacción de este compuesto produce sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que se limita su contenido.

### Aluminoferrito tetracálcico ( $4\text{FaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

- Su abreviatura es  $\text{C}_4\text{AF}$ .
- Constituye entre el 5 % y el 15 % del Clinker.
- Tiene facilidad de hidratación, pero su aporte es insignificamente a la resistencia.

Pasquel (1998) considera que la reacción del cemento con el Clinker ocasiona la dispersión de millones de partículas de productos de hidratación. Este proceso es exotérmico, es decir, genera un flujo de calor al exterior (calor de hidratación). Según Abanto (2017), el proceso de hidratación permite que el cemento, al entrar en estado de fragua y endurecimiento, aumente de temperatura. Al contacto con el agua, cada compuesto del cemento libera una cantidad determinada de temperatura elevada en un lapso de tiempo.

Tabla 1  
*Compuestos del cemento y calor liberado*

Compuesto	Formula química	Abreviatura	Calor liberado (cal/g)
Silicato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	120
Silicato dicálcico	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	62
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	207
Aluminoferrito tetracálcico	$4\text{FaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	100

Fuente: Tecnología del Concreto. Abanto (2017).

Para Pasquel (1998), durante la etapa de hidratación de la mezcla, los factores de temperatura, tiempo y la relación de cantidades de agua y cemento determinan diferentes estados (plástico, fraguado inicial, fraguado final y endurecimiento) que a continuación se detallan.

### **Estado Plástico (entre 40 y 120 minutos)**

La combinación cemento y agua forman una masa moldeable. Mientras sea menor esta combinación, la conglomeración de partículas en la masa será mayor y, en consecuencia, la estructura será más resistente.

El elemento principal que reacciona es el aluminato tricálcico ( $C_3A$ ) y la intervención del yeso disminuye la velocidad con la que ocurren las reacciones.

### **Fraguado Inicial (aproximadamente tres horas)**

Se produce cuando se aceleran las respuestas químicas del cemento. Este comienza a endurecerse, disminuye su plasticidad y forma estructuras porosas (gel de hidratos de silicatos de calcio). Todo ello vuelve menos deformable a la pasta. En el fraguado inicial se presenta el calor de hidratación.

### **Fraguado Final**

La pasta consigue endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. Las partículas ensambladas y endurecidas forman la estructura del gel.

### **Endurecimiento**

Con el tiempo, aumenta las características a la resistencia. En este estado, las partículas de hidratación dejan de ser muy solubles, lo cual posibilita la continuación del proceso de endurecimiento aún bajo agua.

Pasquel (1998) también indica que existen dos fenómenos de fraguado en el cemento. El primero, o fraguado falso, es causado por el calentamiento en la trituración del Clinker con ayuda del yeso, lo que genera una pérdida de deshidratación parcial, y luego —al combinar el agua con el cemento durante los primeros momentos en la etapa del mezclado— se aprecia una aparente cristalización. El siguiente fenómeno, o fraguado violento, sucede al no añadir la cantidad suficiente de yeso en la fabricación del cemento, lo que genera el

endurecimiento instantáneo al contacto con el agua y, en consecuencia, la pérdida total de la plasticidad de la pasta de cemento. Sin embargo, este tipo de fraguado es poco probable porque, en los lugares donde se fabrica el cemento, la adición de yeso se controla con mucha precisión.

En síntesis, el cemento Pórtland es un material de un valor importante al momento de la fabricación del concreto. Es generado al momento de pulverizar el Clinker, una sustancia en polvo que al entrar en contacto con el agua origina una pasta plástica y moldeable que libera energía en forma de calor. Este proceso es conocido como hidratación. La masa permite a los agregados adherirse para formar el concreto. Luego, debido a los componentes del cemento, la pasta primero fragua y después adquiere endurecimiento, con lo que se obtiene resistencia y durabilidad.

Abanto (2017) menciona que existen cinco tipos de cemento Pórtland (Clinker + yeso), los cuales se encuentran en la NTP 334.009 y se utilizan según requerimientos específicos siguientes:

Tabla 2  
*Tipos de cemento*

<b>Cemento</b>	<b>Descripción</b>
Tipo I	De uso general. Para usos que no requieren propiedades especiales.
Tipo II	Utilizado cuando se busca obtener moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
Tipo III	Utilizado cuando se necesita alta resistencia a edad temprana. Este cemento desarrolla una resistencia a la compresión en 3 días igual a la lograda en 28 día por cementos tipo I y II.
Tipo IV	Utilizado cuando se requiere bajo calor de hidratación.
Tipo V	Este cemento posee alta resistencia a los sulfatos. Normalmente es utilizado en estructuras hidráulicas expuestas a agua con alto contenido de álcalis.

Fuente: Tecnología del Concreto. Abanto (2017).

Pasquel (1998) considera que, para fines de diseño de mezcla, los cementos estándar (del tipo I al tipo V) tienen un peso específico de 3.15 g/cm<sup>3</sup>, mientras que los cementos puzolánicos, más livianos, tienen un peso específico entre 2.85 g/cm<sup>3</sup> y 3.00 g/cm<sup>3</sup>.

### 2.2.2.2. Agregados

Según Abanto (2017), los agregados son materiales inactivos que se mezclan con aglomerantes (cemento, cal, etc.) y agua para obtener concretos y morteros.

Los agregados forman aproximadamente el 75 % del volumen del concreto; debido a esto, es muy importante su selección, pues aportarán resistencia y durabilidad al concreto.

Tabla 3  
*Tipos de agregados*

<b>Agregado grueso</b>	<b>Agregado fino</b>
Grava	Arena gruesa
Piedra chancada	Arena fina

Fuente: Tecnología del Concreto. Abanto (2017).

#### **Agregado grueso**

Según Abanto (2017), el agregado grueso es todo el material que queda atrapado dentro del tamiz N.º 4. Se obtiene de la disgregación mecánica o natural que presentan las rocas según la norma NTP 400.037.

Los agregados gruesos se dividen en gravas y piedra chancada. El mismo autor define grava como los fragmentos de piedra provenientes del desgaste natural de las rocas ubicadas en laderas de los ríos. La piedra chancada se consigue luego de triturar las gravas, con el fin de obtener agarre en el concreto y aportarle resistencia.





Figura 3. Agregado grueso  
Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 4  
Límites granulométricos para el agregado grueso H57

Malla	Porcentaje que pasa
1 1/2" (37.5 mm)	100%
1" (25 mm)	95 % – 100 %
3/4" (19 mm)	-
1/2" (12.5 mm)	25 % – 60 %
3/8" (9.5 mm)	-
N.º 4 (4.75 mm)	0 % – 10 %
N.º 8 (2.36 mm)	0 % – 5 %

Fuente: NTP 400.037 (2001).

Según la NTP 400.012, el módulo de finura del agregado grueso se calcula de la siguiente manera:

$$M_f = \frac{\sum \% \text{retenido acum. (1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

### Agregado fino

Según Abanto (2017), la arena y la piedra se disgregan naturalmente y son trituradas hasta un punto de finura, de manera que el material pequeño pase por el tamiz N.º 3/8. El resultado se considera agregado fino según la norma NTP 400.037.

Cabe mencionar que la arena se obtiene de un proceso natural de desintegración de las rocas por acción del viento o del agua de río.



Figura 4. Agregado fino  
Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 5  
Límites granulométricos del agregado fino.

Malla	Porcentaje que pasa
3/8" (9.5 mm)	100%
N.º 4 (4.75 mm)	95 % – 100 %
N.º 8 (2.36 mm)	80 % – 100 %
N.º 16 (1.18 mm)	50 % – 85 %
N.º 30 (0.6 mm)	25 % – 60 %
N.º 50 (0.3 mm)	10 % – 30 %
N.º 100 (0.15 mm)	2 % – 10 %

Fuente: NTP 400.037 (2001).

Rivva (2018) recomienda que el valor del módulo de finura del agregado fino deberá estar dentro del rango 2.35-3.15. Indica también que, luego de realizar el ensayo granulométrico y los cálculos correspondientes, se debe obtener los porcentajes retenidos acumulados para cada tamiz. Estos datos son necesarios para hallar el módulo de finura del agregado fino.

Según la NTP 400.012, el módulo de finura del agregado fino se calcula de la siguiente manera:

$$Mf = \frac{\sum \%retenido\ acumulado\ (N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

### **Características físicas de los agregados**

Pasquel (1998) establece que las características físicas de los agregados son procesos de ensayos o pruebas estándar que cuantifican las propiedades del concreto con valores de referencia para emplearlos en el diseño de la mezcla.

#### **a) Peso específico**

Pasquel (1998) recomienda que el coeficiente se obtenga de dividir las partículas de agregado entre el volumen de los mismos, sin considerar el vacío entre ellas.

La NTP 400.022 establece un ensayo de peso específico normalizado para agregado fino, mientras que la NTP 400.021 establece el peso específico para el agregado grueso.

#### **Peso específico del agregado fino**

Los materiales están establecidos en la NTP 400.022. El proceso consta de cuatro pasos.

1. Pesar una muestra de agregado fino (aproximadamente 100 gramos) luego de haber sido sumergida en agua durante 24 horas, mediante una cocina eléctrica.
2. Colocar la muestra en un picnómetro con agua destilada, a la cual se le extrae aire mediante un extractor.
3. Quitar el agua del picnómetro hasta la mitad y llenarlo con el agregado fino para obtener el peso.
4. Colocar el picnómetro más el agregado fino en una estufa por 15 minutos para pesar el picnómetro totalmente seco extraído de la estufa.

$$P. E. = \frac{A}{(B + A - C)} \text{ g/cm}^3$$

Donde:

A: Peso del agregado fino

B: Peso del picnómetro + agua destilada

C: Peso del picnómetro + agua destilada + peso del agregado fino

### **Peso específico del agregado grueso**

Los materiales están establecidos en la NTP 400.021. El proceso consta de tres pasos.

1. Sumergir una muestra de piedra chancada durante 24 horas para saturar sus poros.
2. Extraer la muestra del agua, secar con trapos industriales su superficie y pesar, luego sumergir la muestra y pesarla nuevamente.
3. Extraer la muestra, secarla al horno (a 110 °C aproximadamente) y pesarla luego de 24 horas.

El peso específico del agregado grueso se obtiene de la siguiente forma:

$$P. E. = \frac{\textit{Peso seco}}{\textit{Peso Saturado Superficialmente Seco} - \textit{Peso Sumergido}} \frac{\textit{g}}{\textit{cm}^3}$$

### **b) Peso unitario suelto**

En este ensayo, se llena la porción de agregado en un recipiente de un determinado volumen, sin aplicar compactación. Para ello, se vierte despacio el agregado grueso dentro del envase, hasta llenarlo. Los materiales y procedimientos están establecidos en la NTP 400.017.

$$P. U. S. = \frac{\text{Peso del material suelto}}{\text{Volumen del recipiente}} \text{ g/cm}^3$$

1. Los recipientes utilizados tienen los siguientes volúmenes:
2. El recipiente para el agregado fino pesa 2,726 g y su volumen es 2,758 cm<sup>3</sup>.
3. El recipiente para el agregado grueso pesa 7,245 g y su volumen es 9,358 cm<sup>3</sup>.

#### **c) Peso unitario compactado**

Este ensayo consiste en adicionar cantidad de agregado en un recipiente de un determinado volumen. Se trata de un volumen ocupado por el agregado y con una menor cantidad de vacíos (condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas). Para realizar este ensayo, se compacta el agregado mediante 25 golpes con una varilla lisa de 5/8" en 3 capas. Los materiales y procedimientos están establecidos en la NTP 400.017.

$$P. U. C. = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}} \text{ g/cm}^3$$

#### **d) Absorción**

Esta propiedad es importante, pues permite la corrección del agua de mezcla del concreto y, de esta forma, influye en las propiedades de resistencia y trabajabilidad. Según la NTP 400.022 y NTP 400.021, el porcentaje de absorción para los agregados finos y gruesos se calcula de la siguiente forma:

$$\%Abs = \frac{\text{Peso saturado superficialmente seco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100\%$$

#### **e) Contenido de humedad**

Pasquel (1998) indica que la humedad de los agregados es la cantidad de agua superficial que contiene en estado natural. El ensayo consiste en pesar una muestra de agregado y dejarla en el horno durante 24 horas a 110°C, para luego pesarla nuevamente. Según la NTP 339.185, el contenido de humedad se obtiene de la siguiente manera:

$$\%W = \frac{\text{Peso húmedo (en estado natural)} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100\%$$

### 2.2.2.3. Agua

Según Pasquel (1998), el agua mantiene hidratado al cemento y, al mezclarse con él, desarrolla sus propiedades; por lo tanto, debe poseer ciertas condiciones para no ocasionar problemas colaterales.

El agua que se utiliza para la mezcla cumple siguientes funciones principales:

- Reacciona con el cemento para hidratarlo y formar la pasta.
- Funcionar como lubricante y proporciona trabajabilidad al formar la pasta de cemento.
- Consegue la cantidad de vacío elemental en la pasta, de modo que las partículas en hidratación tengan un área para desarrollarse.

Tabla 6

*Valores máximos admisibles para las sustancias en el agua.*

Sustancias disueltas	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
P.H	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Tecnología del Concreto. Abanto (2017).

Abanto (2017) establece cinco condiciones para que el agua se utilice en las mezclas de concreto:

1. El agua debe estar libre de sustancias que puedan alterar el desarrollo de la mezcla de concreto. Debe ser limpia y no contener aceites, ácidos y materiales orgánicos.
2. El agua debe ser analizada químicamente, siempre y cuando se dude de su calidad. Los resultados deben estar por debajo del valor máximo admisible para compuestos disueltos dentro del agua.
3. El agua debe ser evaluada mediante la aplicación de ensayos mecánicos al concreto. Se realizarán ensayos de resistencia a la

compresión a distintas edades del concreto (7 y 28 días). Los datos que proporcionan los ensayos deben indicar que la resistencia a la compresión de la mezcla elaborada con agua a utilizar en obra será mayor o igual al 90 % de la toma de muestras de concreto elaboradas con agua potable.

4. También se puede realizar un ensayo con papel tornasol para determinar la existencia de ácidos en el agua. Si al sumergir el papel en agua, esta toma un color rojizo, quiere decir que el agua es ácida.
5. Se puede considerar el agua de mar para mezclas bajo ciertas condiciones:
  - Mezclas de concretos simples (no mayores de 175 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días).
  - No se utilizará agua de mar para concretos expuestos o de gran importancia para acabados.
  - No se deberá usar agua de mar en concretos vaciados en climas cálidos.

En el estado fresco y en el estado endurecido del concreto, la relación entre el agua y el cemento depende de sus necesidades de consistencia y resistencia.

#### **2.2.2.4. Aditivos**

Abanto (2017) indica que los aditivos son aquellos elementos añadidos a los componentes principales del concreto con el objetivo de cambiar alguna de sus propiedades y lograr una mejora según el fin que se requiera.

La Asociación Colombiana de Productores de Concreto (2010) sostiene que “los aditivos son componentes del concreto o mortero que además del agua, agregados, cemento hidráulico y en algunos casos fibra de refuerzo, son adicionados a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado” (p. 89).

Los aditivos utilizados en las mezclas de concreto deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma NTP 334.089. El uso de estos se encuentra en las especificaciones técnicas del proyecto.

Los aditivos aplicados al concreto permiten que el futuro trabajo sea más adecuado y cumpla con las especificaciones técnicas.

### **Mejora en las propiedades del concreto con aditivos**

Según la Asociación Colombiana de Productores de Concreto (2010), el concreto con aditivo es más durable y resistente; por el contrario, según expertos, el concreto sin aditivos presenta múltiples grietas que la hacen menos duradera y más débil.

Cabe recalcar que los aditivos modifican las propiedades del concreto de una forma beneficiosa en sus estados fresco y endurecido.

#### **En el estado fresco**

Para esta asociación, con los aditivos se obtiene manejabilidad, disminución de la segregación por aumento cohesivo de la mezcla e incremento de la bombeabilidad, lo que reduce la presión.

#### **En el estado endurecido**

Según la misma asociación (2010), a diferentes edades, con los aditivos se reduce la permeabilidad y se incrementa la resistencia a la compresión, a la tracción, a la flexión y a la naturaleza extrema de exposición.

Abanto (2017) explica que los aditivos son utilizados en la elaboración del concreto para mejorar una o varias de sus características:

- mejorar la trabajabilidad
- retardar o acelerar el tiempo de fragua inicial
- conseguir una alta resistencia del concreto a temprana edad
- modificar la velocidad con la que se produce el calor de hidratación
- disminuir la exudación
- aumentar sus propiedades mecánicas en condiciones severas de ambiente
- aminorar la permeabilidad del concreto a los líquidos
- reducir la contracción



- mejorar la adherencia del concreto viejo con el concreto nuevo
- mejorar la adherencia del concreto con el acero de refuerzo

Los aditivos requieren ser evaluados antes de su uso en la fabricación del concreto. Según Abanto (2017), puede ocurrir que cuando se use un aditivo, una propiedad del concreto mejore, pero otras cambien de forma adversa. Por ejemplo, la durabilidad de un concreto aumenta cuando se utiliza un incorporador de aire, pero su resistencia disminuye.

La calidad del aditivo dependerá del tipo de marca usada y de las proporciones de materiales para diseñar concreto. Los expertos en temas de concreto recomiendan usar siempre el aditivo para que el concreto adopte buenas propiedades y obtenga buena resistencia a la edad que se necesite. En el Perú, las marcas más utilizadas de aditivos para concreto son Sika y Chema.

Existe una gran variedad de aditivos para el concreto, debido a que es un material utilizado en diferentes estructuras y puede adaptarse a distintos requerimientos. Los aditivos, según la NTP. 339.086, se clasifican en:

#### **a) Acelerantes**

Pasquel (1998) indica que “los aditivos acelerantes son sustancias que reducen el tiempo de endurecimiento de la pasta de cemento y/o aceleran el tiempo normal de desarrollo de la resistencia” (p. 115).

Según la Asociación Colombiana de Productores de Concreto (2010), la incorporación de acelerantes al concreto permite reducir el tiempo de fraguado y acelerar el desarrollo de las propiedades mecánicas a edades tempranas. Existen acelerantes, como el cloruro de calcio, que reaccionan directamente con el cemento; mientras que otros (como la trietanolamina) catalizan la reacción.

Las ventajas del uso de acelerantes en el concreto, según Pasquel (1998), son cinco:

- desencofrado de estructuras en menor tiempo

- menor tiempo de espera para trabajar en un acabado especial
- reducción del tiempo de curado
- entrega de obra en menor tiempo
- mayor velocidad del calor de hidratación, lo que contrarrestan el efecto de los climas con baja temperatura

## **b) Retardantes**

La Asociación de Cemento Portland (2004) asegura que “los aditivos retardadores (retardantes) se usan para retrasar la tasa de fraguado del concreto” (p. 143).

Uno de los factores a tener en cuenta en la fragua del concreto es el clima. El uso de los retardantes, según esta asociación (2010), compensa la reducción del tiempo de fraguado, lo que genera elevadas temperaturas de ambiente (mayores a 30°C). Estos aditivos mantienen trabajable al concreto mientras se realizan las operaciones de colocación. Además, evitan la formación de juntas fías en el concreto.

Pasquel (1998) indica que los retardantes aumentan el tiempo en el que el concreto endurece y facilitan una etapa de plasticidad más alta. Todo ello contribuye con la ejecución constructiva de una estructura.

La dosificación de este aditivo, según Pasquel (1998), constituye entre el 0.2 % y el 0.5 % del peso del cemento.

Es posible aumentar el tiempo de fraguado del concreto mediante el uso de aditivos retardantes. Además, como lo indica la Asociación de Cemento Portland (2004), estos aditivos también son usados para disminuir el revenimiento y mejorar la trabajabilidad. Finalmente, son muy utilizados en la colocación del concreto en climas cálidos.

## **c) Incorporadores de aire**

Pasquel (1998) menciona que este tipo de aditivos forman un elemento que adiciona vacíos en el concreto, de manera que logran controlar los efectos de tensión y agrietamiento originados por el congelamiento del agua dentro del concreto.

Según la Asociación de Cemento Portland (2004), los aditivos que incorporan aire se utilizan para agregar y estabilizar burbujas microscópicas de aire dentro del concreto. Este aditivo mejora drásticamente la durabilidad de concretos expuestos a periodos de congelación-deshielo.

El concreto con incorporador de aire se aplica antes o durante el mezclado para añadir pequeñas burbujas de aire distribuidas en toda en la pasta de cemento. Según la Asociación de Cemento Portland (2004), también mejora la trabajabilidad del concreto fresco y disminuye la exudación.

#### **d) Reductores de agua-plastificantes**

Los plastificantes o reductores de agua son desarrollados a partir de la definición de la ley de Abrams, según la cual, la resistencia a la compresión del concreto es inversamente proporcional a la relación agua/cemento del mismo.

Para Pasquel (1998), los aditivos reductores de agua mejoran las características de trabajabilidad y resistencia, ya que reducen la relación agua/cemento de la mezcla. En consecuencia, aumentan la manejabilidad, pero la velocidad se pierde, por lo que se podría presentar problemas durante la colocación del concreto.

Por su parte, la Asociación de Cemento Portland (2004) recalca que estos aditivos no afectan la exudación del concreto, pero pueden aumentar la retracción por secado.

#### **e) Superplastificantes**

Este aditivo está compuesto por melanina sulfatada o condensados de naftalina formaldehído. Con la utilización de este aditivo se puede obtener concretos de mayor resistencia a edades tempranas. Según la Asociación Colombiana de Productores de Concreto (2010), también pueden reducir entre 12 % y 30 % la cantidad de agua.

La Asociación de Cemento Portland (2004) menciona que este aditivo puede producir concretos con baja relación de agua/cemento, alta y

trabajabilidad y resistencia mejorada. La disminución del agua en la mezcla puede llegar al 30 %, lo que permite una resistencia a la compresión final mayor que 715 kg/cm<sup>2</sup>. Los concretos elaborados con superplastificantes pueden tener vacíos mayores de aire incorporado.

Pasquel (1998) indica que la dosificación usual para este tipo de aditivos es del 0.2 % al 2 % del peso del cemento. Se debe tener precaución con las sobredosificaciones, pues suelen causar segregación si la mezcla tiene retardo en el tiempo de fraguado. Por otro lado, si se quiere aprovechar al máximo las características de este aditivo, se puede emplear concretos de alta resistencia (750 kg/cm<sup>2</sup>) con una relación de agua/cemento de 0.30. Además, para una mezcla simple con asentamientos de 2" a 3", podría producir asentamientos de 6" a 8".

#### **f) Impermeabilizantes**

La Asociación de Cemento Portland (2004) sostiene que “los aditivos impermeabilizantes reducen la tasa en la cual el agua bajo presión se transmite a través del concreto” (p. 147).

Para Pasquel (1998), esta categoría de aditivos está direccionada a obras del sector hidráulico —cisternas, tanques elevados, piscinas, lagunas de oxidación y represas—, pues buscan la estanqueidad en sus estructuras (retener líquidos). Por otro lado, si no se brinda las condiciones óptimas a la estructura de concreto para que no exista fisuración, no se puede asegurar totalmente que la estructura esté impermeabilizada.

#### **2.2.3. Propiedades del concreto**

Rivva (2018) explica que la selección de la cantidad de unidades cúbicas de concreto debería conseguir un concreto con facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad y otras propiedades necesarias para cada caso particular.

Existen dos tipos de estados del concreto (estado fresco y estado endurecido) que presentan diversas propiedades.

## Propiedades del estado fresco del concreto

### 2.2.3.1. Trabajabilidad

Permite conocer la simplicidad con la que un concreto es trabajado, transportado y colocado. Además, según Rivva (2018), esta propiedad involucra la capacidad de compactación, modelado, cohesividad, capacidad de uniformidad y fluidez.

Al ser una propiedad que determina la simplicidad con la que un concreto es manipulado, busca una correcta homogeneidad. Rivva (2018) indica que, para que el diseño de mezcla logre una buena trabajabilidad del concreto, se recomienda lo siguiente:

- Usar cementos de alta fineza (3300 cm<sup>2</sup>/g).
- Usar mínima cantidad de agua, así como el cuidado de la proporción de cemento en la mezcla y la granulometría de los agregados, ya que estos regulan la cantidad de agua que se requiere para la mezcla.
- Considerar que la cantidad de agregados que traspase la malla N.º 50 se encuentre entre 10 % y 30 %; mientras que la cantidad de agregados que traspase la malla N.º 100 se encuentre entre 2 % y 10 %. En el caso de ausencia de partículas finas, estas pueden reemplazarse por puzolana (mejora la trabajabilidad y aumenta la impermeabilidad), pero debe ser controlada, ya que aumenta el periodo de endurecimiento del concreto.
- Incorporar aire a la mezcla de concreto, pues reduce la cantidad del agregado fino, reduce la exudación y segregación del concreto, así como mejora su operación y colocación en las estructuras.

Pasquel (1998) indica que durante muchos años el método para medir la trabajabilidad ha sido el ensayo de asentamiento del cono de Abrams o método Slump; sin embargo, esta prueba demuestra la uniformidad del concreto. Se puede elaborar concretos de igual asentamiento, pero con trabajabilidades muy distintas bajo las mismas condiciones de trabajo.

### 2.2.3.2. Consistencia

Según Abanto (2017), la consistencia del concreto se relaciona directamente con la cantidad de humedad que posee la mezcla.

Rivva (2018) considera que, mientras más húmeda sea una mezcla, el concreto fluirá más fácilmente durante el proceso de colocación. Esto se debe a la propiedad de la consistencia que determina el grado de humedad de acuerdo a la fluidez de la mezcla.

La Asociación de Cemento Portland (2014) remarca que “si la consistencia es muy seca y rígida, la colocación y compactación del concreto serán difíciles y las partículas más grandes de agregados pueden separarse de la mezcla” (p. 4).

Las normas norteamericanas ASTM C39 y NTP 339.035 clasifican al concreto por el asentamiento de la mezcla en estado fresco. Para determinar el asentamiento, se utiliza el ensayo del cono de Abrams o método de Slump.

#### Ensayo de asentamiento

El ensayo de asentamiento se utiliza para analizar el comportamiento del concreto en estado fresco. Consiste en generar la muestra de concreto fresco dentro de un molde cónico, para luego tomar datos de su asentamiento. Con el resultado se clasificará la mezcla del concreto por su capacidad de adaptarse al encofrado o molde.

Tabla 7  
*Consistencia del concreto según su asentamiento*

<b>Consistencia</b>	<b>Asentamiento</b>
Seca	1" a 2" (25 mm a 50 mm)
Plástica	3" a 4" (75 mm a 100 mm)
Fluida	6" a 7" (150 mm a 175 mm)

Fuente: Diseño de Mezclas, Rivva (2018).

Los concretos secos o consistentes son aquellos que, al apretar la mezcla con la mano, se adhiere a esta la lechada de cemento. Luego del colocado y el vibrado, la superficie del concreto queda blanda y casi uniforme.

Los concretos plásticos contienen una cantidad de agua requerida para proporcionar a la masa una apariencia pastosa.

Los concretos fluidos poseen mayor cantidad de agua, por esto su forma es de una masa blanda. Este tipo de concreto se utiliza únicamente en estructuras en las que el gran contenido de agua en la mezcla carezca de importancia.

El equipo necesario para aplicar el método Slump consiste en un tronco cónico, cuyos dos círculos de las bases son paralelos entre sí. Los diámetros de sus bases son 10 cm (superior) y 20 cm (inferior), su altura es 30 cm y su espesor es 1.5 mm. El molde está hecho de una plancha de acero galvanizada con asas y aletas de pie soldadas para facilitar el procedimiento.

Para generar una compactación, se utiliza una barra de acero liso (5/8" de diámetro y 60 cm de longitud) con punta semiesférica y un cucharón metálico, tal como se aprecia en la figura 5.



*Figura 5.* Herramientas para el ensayo de consistencia  
Fuente: Elaborado por los autores

El procedimiento para realizar el ensayo de consistencia o método de Slump es el siguiente:

1. El molde se coloca encima de una superficie plana y húmeda, se pisan las orejas para mantener el molde inmóvil. Luego, se vacía una primera capa de concreto hasta  $\frac{1}{3}$  de volumen del molde que se compacta con una varilla que golpea 25 veces uniformemente toda la capa de concreto.
2. Se repite el procedimiento aplicando en otras 2 capas, pero por separado.
3. La última capa debe vaciarse con exceso, para luego enrasar la muestra al terminar la compactación. Se levanta cuidadosamente el molde cuando se haya llenado y enrasado hasta la superficie.
4. Una vez retirado el molde, el concreto se asienta. Luego se coloca el molde al costado de la muestra y, con la barra de acero, se toma un nivel de referencia horizontal con el molde e, inmediatamente, se mide con una regla graduada, tal como se aprecia en la figura 6. La diferencia de altura de la mezcla y el molde se denomina Slump.



*Figura 6.* Extracción del cono de Abrams y medición del asentamiento  
Fuente: Elaborado por los autores



## **Peso unitario del concreto**

Según la NTP 339.046, este ensayo en estado fresco del concreto determina la masa por unidad de volumen. Su importancia radica en la posibilidad de compararlo con un diseño teórico a través del ensayo de rendimiento.

Los materiales utilizados para este ensayo están especificados en la NTP 339.046. El proceso consta de cinco pasos.

1. Se determina el peso y volumen del recipiente vacío.
2. Se llena el recipiente en 3 capas de concreto. Por cada capa, se golpea (con una varilla de 5/8") de forma uniforme hasta que penetre 1" en la capa.
3. Por cada capa llena de concreto, se golpea con un martillo de goma (de 10 a 15 veces) para eliminar los vacíos formados en el concreto.
4. Con una plancha metálica, se enrasa de forma superficial y se limpia los bordes alrededor del recipiente para darle un buen acabado.
5. Finalmente, se registra el peso del recipiente más el concreto para realizar el cálculo del peso unitario.

$$P. U. = \frac{PR + PC - PR}{VR} \text{ Kg/m}^3$$

Donde:

- PR: Peso del recipiente vacío
- PC: Peso del concreto
- VR: Volumen del recipiente vacío

### **2.2.3.3. Segregación**

Abanto (2017) considera que la segregación es la separación de los componentes del concreto en su etapa fresca. Durante las operaciones de traslado y ubicación, las partículas más grandes (agregado grueso) se asientan en la parte baja de la mezcla, mientras que las partículas más pequeñas (agregado fino) ascienden a la superficie.

Pasquel (1998) menciona que la viscosidad del mortero se debe a una insuficiencia en la concentración de la pasta o a una insuficiencia granulométrica. Las partículas más gruesas son retiradas del mortero, a esta separación se le llama segregación.

#### **2.2.3.4. Exudación**

Pasquel (1998) menciona que la exudación es una “propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto” (p. 141).

La Asociación Colombiana de Productores de Concreto (2010) cataloga la exudación como un tipo de sedimentación o segregación que se inicia con el agua de mezclado y tiende a subir a la parte superior de la mezcla de concreto recién vaciado. Los sólidos no pueden contener el agua durante el fraguado.

Abanto (2017) considera que el ascenso del agua en la parte superior del concreto se produce por la sedimentación de los agregados. Este fenómeno ocurre luego de que el concreto se ubique dentro del encofrado. Un factor que influye en la exudación es la dosificación incorrecta de la mezcla (exceso de agua).

Por otro lado, no debe considerarse a la exudación como una condición de anomalía del concreto. Erróneamente se espolvorea cemento en la capa superior del concreto cuando se presenta exudación. Esto forma una capa superior de pasta que no llega a tener contacto con la mezcla original, pues el agua brota de la mezcla. Debido a esta mala práctica, la capa delgada de pasta se agrieta, el concreto se contrae y se genera cambios volumétricos.

Si no se controla la exudación, la parte superior del concreto en el momento de la aplicación de una capa sobre la otra puede llegar a disminuir la resistencia del elemento. Esto sucede por el aumento de la relación agua-cemento. Además, el agua puede originar un concreto de poca duración y con porosidades.

### **2.2.3.5. Contracción**

Uno de los problemas más comunes en el concreto es la fisuración. La mezcla de cemento, según Pasquel (1998), no necesariamente se contrae debido a la baja proporción de agua que presenta en la mezcla, sino también debido a la contracción por secado, que ocurre durante el estado fresco y endurecido, si existe una disminución de agua significativa en el diseño realizado.

Sin embargo, este proceso es reversible con la reposición del agua perdida por el secado de la mezcla. Si no se toman las medidas necesarias, el concreto se fisurará, y este fenómeno sí es irreversible.

### **2.2.4. Propiedades del estado endurecido del concreto**

#### **2.2.4.1. Durabilidad**

Según Abanto (2017), la durabilidad es la propiedad del concreto para resistir satisfactoriamente diversas condiciones (clima, ataques químicos, etc.) una vez colocado en la estructura. Un concreto es durable si puede resistir de manera satisfactoria a las condiciones de servicio para las cuales se diseñó y a las cuales está sometido.

#### **2.2.4.2. Elasticidad**

Pasquel (1998) indica que “en general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente” (p. 142).

Abanto (2017) resalta que, si un material llega hasta cierta deformación máxima, habrá llegado a su límite elástico, como se aprecia en la figura 3. Al sobrepasar lo delimitado, se producirá una permanente deformación (fisura) y cambiarán las propiedades del material.

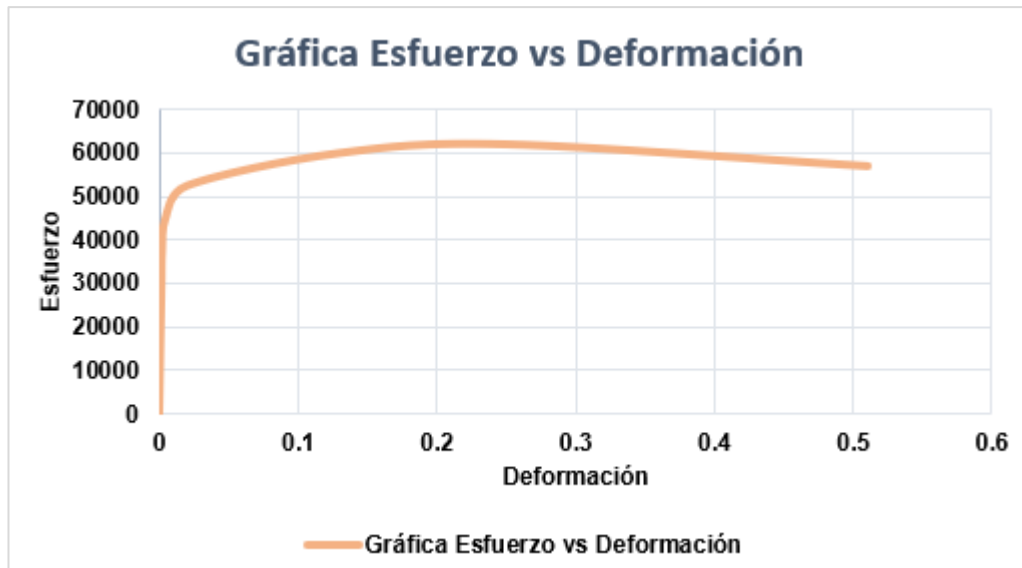


Figura 7. Gráfico general de elasticidad de un material  
Fuente: Tecnología del Concreto, Tomás Flavio Abanto Castillo (2017)

El concreto se comporta linealmente en sus deformaciones cuando es sometido a cargas; no obstante, se define un “módulo de elasticidad estático” del concreto. Por ejemplo, en el caso de la elasticidad para un concreto diseñado para un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  es  $218,819.79 \text{ kg/cm}^2$ .

Rivva (2018) considera que en el diseño de mezcla debe considerarse que el módulo de elasticidad del concreto depende de los siguientes factores:

- la resistencia a la compresión del concreto y de todos los factores que la afectan
- la naturaleza petrográfica de los agregados
- la tensión de trabajo
- forma y tiempo de operaciones de curado del concreto
- grado de humedad del concreto

#### 2.2.4.3. Impermeabilidad

Según García (2008), se logra la impermeabilidad al disminuir la proporción de agua en el concreto. La excedencia de agua genera vacíos y cavidades al final de la evaporación, de manera que el agua puede penetrar el concreto.

Abanto (2017) menciona que la impermeabilidad es la capacidad del concreto para resistir la penetración de agua u otras sustancias (líquido, gas, iones, etc.); es decir, esta propiedad se relaciona con la vulnerabilidad al ataque de sustancias perjudiciales a la estructura.

El exceso del agua depende de la cantidad de vacíos que tenga la pasta de cemento. El uso de aditivos de aire hará que la relación agua-cemento sea más baja, lo que aumentará la impermeabilidad.

#### **2.2.4.4. Resistencia**

La Asociación Colombiana de Productores de Concreto (2010) explica que la resistencia consiste en soportar esfuerzos, y presenta cuatro tipos: comprensión, flexión, tracción y corte. El concreto tiene una resistencia alta a los esfuerzos de comprensión y muy baja a la tracción.

Según García (2008), la resistencia se obtiene con ayuda de una muestra cilíndrica expuesta a esfuerzos de compresión. El concreto incrementa su resistencia con el tiempo. La resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más frecuente de esta propiedad. Esto indica que la resistencia otorga un mejor comportamiento al concreto al comparar la tracción con la compresión.

Abanto (2017) señala que, a los 14 días posteriores a la colocación del concreto, este aumentará su resistencia a 90 % (el mayor incremento en este periodo). Luego, al día 28, el concreto incrementará su resistencia al 99 %.

#### **Resistencia a la compresión**

La Asociación Colombiana de Productores de Concreto (2010) sostiene que “en términos generales, la gran mayoría de estructura de concreto son diseñadas bajo la suposición de que este resiste únicamente esfuerzos de comprensión, por consiguiente, para propósitos de diseño estructural, la resistencia a la compresión es el criterio de calidad, y de allí que los esfuerzos de trabajo estén prescritos por los códigos en términos de porcentajes de la resistencia a compresión” (p. 124).

## Ensayo de resistencia a la compresión

Según la Asociación Colombiana de Productores de Concreto (2010), “la resistencia a la compresión se mide con una prensa, que aplica carga sobre la superficie del cilindro a una velocidad específica mientras ocurre la falla” (p. 126).

El tiempo para que se realice este ensayo es de 2 a 3 minutos. Luego de dicho tiempo, la prensa arroja una determinada cantidad que deberá dividirse entre el área de la sección transversal de la probeta. De esta manera, se obtiene la rotura del concreto.

$$R = \frac{P}{A}$$

R= Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

P= Carga máxima (kg)

A= Sección normal a la carga (cm<sup>2</sup>)

Las normas ASTM C39 y NTP 339.034 establecen que el procedimiento para el ensayo de compresión es el siguiente:

Tabla 8

*Procedimiento para el ensayo a compresión del concreto*

---

### Procedimiento para ensayos de compresión al concreto

---

1. Se requiere una máquina de ensayo que mantenga la velocidad de carga continua y uniforme.
2. Se mide el diámetro y la altura de la probeta cilíndrica, con una aproximación de 0.1 mm, con un calibrador micrométrico.
3. Se coloca la probeta sobre el bloque inferior de apoyo y se centra sobre el mismo.
4. Se aplica la carga en forma continua y constante para evitar choques. La velocidad de carga estará en el rango de 0.14 a 0.34 MPa/s.
5. Se anota la carga máxima, el tiempo de rotura y toda otra observación relacionada con el concreto ensayado.

---

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.034.

La Norma Técnica Peruana 339.034 (2001) indica que “la carga de ensayo como la indicada por la máquina y la carga aplicada evaluada de las lecturas del dispositivo de verificación serán registradas en cada punto de ensayo” (p.9).

$$E = A - B$$
$$EP = 100 (A - B) / B$$

E= Error  
EP=Porcentaje de error  
A= Carga indicada en la maquina (kN)  
B= Carga aplicada como lo determinamos (kN)

### Resistencia a la tracción

Abanto (2017) sostiene que “la resistencia del concreto a la tracción (Ft) es relativamente baja, aproximadamente del 10 al 15 % de su resistencia a la compresión (F’c)” (p. 38).

Para hallar la resistencia a la tracción mediante ensayos, existe un método indirecto: se carga a compresión la probeta de 15 cm de diámetro x 30 cm de longitud a lo largo de dos líneas axiales diametralmente opuestas, hasta que se fisure. Se deberán ensayar dos cilindros como mínimo para cada edad y se considerará el valor promedio.

Donde:

P: Carga máxima aplicada en kg  
L: Longitud del cilindro en cm  
D: Diámetro del cilindro en cm  
Rt: Resistencia a la tracción del concreto en kg/cm<sup>3</sup>

$$Rt = 2P / \pi LD$$

### 2.2.5. Aditivos Chema

En un artículo, Aditivos Chema (2019) señala que su empresa “fue fundada en el año 1968 al mismo tiempo que la empresa constructora ITICSA, encargada de la venta y fabricación de los productos Chema en el ámbito del territorio peruano, logrando establecerse como una empresa líder”.

Aditivos Chema (2019) indica que, desde que Fernando Maggi Vera fundó la empresa ITICSA en 1968, se vendió los productos de Chema por todo el Perú y se erigió en líder del mercado, pues desplazó a sus competidores directos. Desde que comenzó a comercializar sus productos, la empresa ha participado en diversas obras civiles muy importantes en nuestro país.

El artículo también menciona que sus logros, la calidad de sus productos, la garantía que ofrece y el buen servicio a sus clientes, le han merecido elogios de sus competidores. Gracias a esos reconocimientos, Aditivos Chema ha obtenido diversos premios por su gran trayectoria.



*Figura 8.* Aditivos Chema  
Fuente: Aditivos Chema, 2020

#### **Aditivos Chema Estruct**

En un artículo, Aditivos Chema (2019) señala que este producto “es un aditivo acelerante de fragua para concreto armado, efectivo para disminuir el tiempo de fraguado y ganar resistencias tempranas del concreto”. Asimismo, considera que este aditivo es ideal para el uso de cementos como Tipo I y Tipo V. Además, tiene una característica que los distingue de los demás aditivos en el mercado: es anticongelante e inhibidor de corrosión del acero.

Así también, dicho artículo indica que “las ventajas que tiene este aditivo acelerante son las siguientes: acelerar las resistencias iniciales en el concreto, permite una rápida puesta en servicio, actúa como inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo, reduce los costos de construcción al reducir los tiempos de espera”. Cabe aclarar que la trabajabilidad en estado fresco debe tener un asentamiento de 6” a más, ya que dentro de ese margen el



muro obtendrá un acabado uniforme sin cangrejas en la cara delantera (cara visible) u otras fallas. Por otra parte, la resistencia a la compresión ayuda al proceso de tensado, pues no se puede tensar el muro si la resistencia no es la deseada.

Con respecto al uso del aditivo Chema Estruct, se indica que “desencofra en menor tiempo estructuras de concreto armado, vaciados de concreto a baja temperatura, uso para morteros de anclaje con altas resistencias, vaciados en zonas con aguas subterráneas”.

Es justamente en función del aditivo que esta tesis se realiza. El objetivo es que se aplique a todo el país, pues la realidad de este es diferente a la de países desarrollados, en los que la tecnología en la construcción es mucho más costosa. En consecuencia, Chema Estruct significa una alternativa cómoda por su costo y de alta calidad como acelerante de fraguado de losas aligeradas y macizas.

Así, en esta investigación se considerará tanto el producto Chema Estruct como la calidad de los concretos que normalmente se usan en nuestro país, pues se determinará si, al unificarlos se conseguirá disminuir costos, tiempo de fraguado, tiempo de trabajo, energía empleada y materiales demandados a la vez que se conseguirá un concreto más compacto.



*Figura 9.* Chema Estruct  
Fuente: Elaborado por los autores

En la figura N.º 9 se muestra el aditivo Chema Estruct adquirido de Sodimac, tienda que se caracteriza por tener los mejores materiales de construcción con la calidad correspondiente.

### **Aditivos Chema 1 Polvo**

En su artículo, Aditivos Chema (2019) indica que este producto es un aditivo impermeabilizante con propiedades hidrófobas que funcionan como obstrucción a la porosidad del concreto e impiden la absorción capilar interna. Su uso no altera la resistencia y la fragua del concreto, pero brinda impermeabilidad a morteros y concretos, y evita la aparición del salitre.

Cabe mencionar que este aditivo es utilizado para obras hidráulicas y túneles, es decir, para todo tipo de estructura expuesta a humedad y altas presiones de agua.



Figura 10. Chema 1 Polvo  
Fuente: Aditivos Chema, 2020

### **Aditivos Chema Plast**

En su artículo, Aditivos Chema (2019) sostiene que este aditivo (plastificante de color marrón de uso universal) reduce el agua hasta en 20 %, de manera que aumenta la resistencia a la compresión y permite diseñar

mezclas de concreto de fácil colocación. Con su uso, se otorga plasticidad y se mejora el acabado del concreto, así también, se aumenta su trabajabilidad y se facilita la colocación de elementos estructurales con un alto rango de densidad. Debido a su grado alto de resistencia al salitre, aumenta la durabilidad del concreto. Este aditivo es destinado a obras hidráulicas y concreto estructurales, como las edificaciones.



Figura 11. Chema Plast  
Fuente: Aditivos Chema, 2020

### 2.2.6. Muros Anclados

En un artículo del *Mundo Avenida* (2017), se indica que un muro anclado es “un tipo de muro de retención que está anclado al suelo que está reteniendo, de ahí su nombre. Los muros anclados se usan mucho en las torres de apartamentos cuando hay que hacer sótanos, y la excavación no es tan problemática como para ocupar una pantalla de pilotes”. Asimismo, considera que los muros anclados poseen una capa de concreto más rugosa, se identifican fácilmente por las cabezas de anclaje, y pueden ser observados a gran distancia en una construcción.

Se trata de una estructura flexible con función de contención, que facilita los deslizamientos producidos por el suelo. Esto obliga a realizar la construcción de los muros por fases, cuya parte más crítica es el perfilado del terreno para el primer vaciado de muro, es decir, cuando aún no se tiene los muros contiguos anclados.

Este sistema por lo general se utiliza en la construcción de edificios de dos a más sótanos de profundidad, ya que es actualmente uno de los sistemas más seguros y eficientes en nuestro país. También sirve para evitar daños a las construcciones contiguas a las del proyecto.

Normalmente, el tamaño de los paños es de 3.00 m de alto; mientras que de largo varía entre 4.50 m y 5.00 m; sin embargo, debe dejarse mechas laterales e inferiores para los empalmes de los paños adyacentes e inferiores. En el caso de que se presenten columnas dentro de los muros, su proceso contractivo será desde arriba hacia abajo, como se aprecia en la figura 12.



*Figura 12.* Muros anclados  
Fuente: Elaboración propia

### **Antecedentes:**

Elías et al (2003), citado por Valdez (2011, p. 5), sugiere que la técnica de estabilizar los taludes comenzó a realizarse a comienzos 1971 en Versalles, Francia durante la construcción de una vía férrea. En esta ocasión, un talud de 18 m de altitud con un suelo arenoso llegó a ser estabilizado.

Byrne et al (1998), citado por Valdez (2011, p. 5), indica que la primera estabilización de un talud con este tipo de estructura en Estados Unidos de Norteamérica fue en 1976, en Pórtland, Oregon. Se utilizó para sujetar una excavación de gran profundidad en los subsuelos del Hospital Buen Samaritano.

A lo largo del tiempo, en Estados Unidos de Norteamérica y en el continente europeo, se ha podido corroborar el uso de muros anclados de concreto proyectado, pues es una buena alternativa económica que reduce el tiempo de construcción.

### **Definiciones:**

#### **Anclajes**

Yepes, V. (2016) considera que los anclajes son sistemas de contención compuestos por tirantes. Funcionan a compresión en un talud macizo (muros, zapatas, etc.), aumentan su resistencia y lo vuelven más estable. Para este autor, es común que los anclajes posean armaduras de acero alojadas en el interior de las perforaciones que se realizan en el terreno, lo cual impide la reducción de la presión generada en los suelos detrás del talud. Por ende, la función principal del anclaje es direccionar las fuerzas de tracción obtenidas de las inclusiones, “hacia la roca u otro tipo de suelo mediante la resistencia movilizada en la interface entre el material que tiene alrededor y el anclaje”, como se muestra en la figura 13.



Figura 13. Anclajes de muro  
Fuente: Elaboración propia

### **Cabeza del anclaje**

Según Pérez M. (2004), la cabeza del anclaje siempre se encuentra en la superficie de la estructura, y se apoya en la placa con ayuda de una tuerca que le proporciona fuerza desde el cable (de acero o barra) a la parte superior del terreno, como se aprecia en la en la figura 14.



Figura 14. Cabeza de anclaje  
Fuente: Elaboración propia

### **El tendón**

Según Pérez, M. (2004), el tendón une la cabeza con la raíz del cable anclaje, este puede estirarse y proporcionar fuerza de resistencia de la raíz a

la estructura. Para que el acero se deforme con libertad, se coloca un vaina de material plástico.

### La raíz o bulbo

La raíz o bulbo, según Pérez, M. (2004), consiste en un cuerpo — introducido dentro de la estructura y el terreno— que trabaja en el extremo del anclaje con el fin de fijarlo en el macizo que lo rodea. Este cuerpo puede formarse en un suelo, generalmente con una inyección controlada que adopta la forma de un bulbo, tal como se muestra en la figura 15.

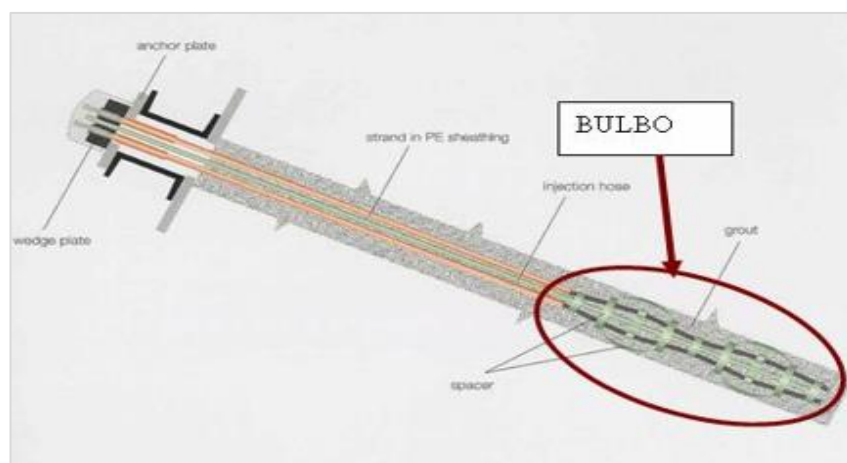


Figura 15. Raíz o bulbo  
Fuente: Rosas, 2012

### La inyección

La inyección, para Pérez, M. (2004), es un diseño de mezcla cuya base es el cemento Pórtland. Su función es brindar recubrimiento de protección al tendón y proporcionarle transferencia de carga con el suelo.

### El postensado de un anclaje

Según Pérez, M. (2004), el postensado de un anclaje es “un proceso por el cual se aplica al muro una fuerza mayor al empuje del suelo por medio de un gato hidráulico generando la tracción necesaria que se denomina fuerza de postensado” (p. 7).

## **Tipos de anclaje:**

### **Anclajes por vida útil**

La siguiente información está basada en Yepes, V. (2016).

#### **Anclaje temporal**

Es un medio sustituto dentro de la construcción. Su función es mantener estable una estructura durante un tiempo determinado (dependiendo de las normas), para luego utilizar otros elementos que lo reemplacen.

#### **Anclaje permanente**

Se calcula con criterios de seguridad más elevados. El principal peligro es la corrosión que se presentan en el bulbo y un alargamiento libre en la cabeza de anclaje.

### **Anclajes por su forma de trabajo**

#### **Anclaje activo**

Es aquel que, después de instalado, proporciona un pretensado que llega a una carga aceptable. De esta manera, el terreno se comprime entre el muro y la zona de anclaje.

#### **Anclaje pasivo**

Es el que entra en tracción por sí mismo cuando se presenta una fuerza exterior y se opone la cabeza al movimiento del terreno (o estructura), por lo que puede sufrir gran desplazamiento. Utiliza barras de acero (bulones o pernos).

#### **Anclaje mixto**

Proporciona a la estructura pretensado inferior a la carga admisible, y conserva parte de su capacidad de resistencia ante posibles solicitaciones.

### **Proceso constructivo**



## Excavación

Se realiza por anillos con ayuda de puntos dejados por el topógrafo, de manera que no se puede continuar con el siguiente anillo si no se tiene todo el anillo previo anclado, como se observa la figura 16.



*Figura 16.* Excavación  
Fuente: Elaboración propia

## Ejecución de Anclaje

Se realiza la perforación al terreno con el ángulo indicado en planos, después se introduce los cables y la lechada de concreto, según la resistencia indicada en planos, como se aprecia en la figura 17.



Figura 17. Ejecución de anclaje  
Fuente: Elaboración propia

### **Colocación de armadura, encofrado y concreto**

Con ayuda de una grúa, se coloca la armadura diseñada según planos, luego se procede al encofrado y, finalmente, al vaciado de concreto, según se observa en la figura 18.



Figura 18. Colocación de armadura, encofrado y concreto  
Fuente: Elaboración propia

## Desencofrado y tensado del anclaje

Se retira el encofrado y luego se tensa el anclaje, como se observa en la figura 19.



Figura 19. Desencofrado y tensado  
Fuente: Elaboración propia

## Excavación al siguiente nivel

Se excava el siguiente anillo una vez que todos los muros del anillo anterior estén tensados, tal como se aprecia en la figura 20.



Figura 20. Excavación al siguiente nivel  
Fuente: Elaboración propia

### 2.3. Definición de términos básicos

**Aglutinante.** Sustancia que permite unir y mantener juntas dos superficies de contacto.

**Aire incluido.** Burbujas de aire intencionalmente incorporadas en el mortero durante el mezclado.

**Álcalis.** Conjunto de sustancias producidas a partir de los metales alcalinos.

**Calor hidratación.** Cantidad de calor producida durante los procesos de fraguado y endurecimiento.

**Cemento hidráulico.** Cemento que fragua y se endurece por la interacción química con el agua.

**Cemento Portland.** Cemento producido por la pulverización del Clinker, usualmente combinado con sulfato de calcio.

**Consistencia.** Grado de fluidez de una mezcla determinado de acuerdo con un procedimiento estándar.

**Contenido de aire.** Diferencia entre el volumen de la mezcla y el volumen resultante de la suma de los volúmenes absolutos de los componentes.

**Curado.** Proceso para controlar las condiciones ambientales del fraguado y el endurecimiento.

**Dosificación.** Proporción, en peso o en volumen, de los distintos materiales que integran una mezcla.

**Durabilidad.** Cantidad que posee el concreto para soportar condiciones para las que fue diseñado.

**Exudación.** Se produce cuando parte del agua del amasado tiende a subir hacia la superficie del concreto colocado y compactado.

**Rotura.** Proceso requerido por una carga máxima por una unidad de superficie; es decir, una probeta colocada para aplicarle una fuerza a compresión.

**Segregación.** des homogeneización de una mezcla fresca de concreto que tiende a separarse del agregado grueso.

**Tiempo de fraguado.** Tiempo requerido por una mezcla fresca.

**Relación agua/cemento.** Relación entre la masa de agua, excluyendo la absorbida por los agregados, y la masa de cemento.

## **2.4. Formulación de la Hipótesis**

Para determinar la hipótesis, se consideró los estudios obtenidos durante la ejecución de la investigación, de esa manera, se determinó los posibles resultados favorables para la investigación.

### **Hipótesis general**

Aditivo Chema Estruct mejora las propiedades mecánicas del concreto para un muro anclado en el distrito de San Borja.

### **Hipótesis específicas**

- **Hipótesis 1**  
El uso del aditivo Chema Estruct en el concreto incrementa la resistencia a la compresión.
  
- **Hipótesis 2**  
El uso del aditivo Chema Estruct en el concreto no incrementa la resistencia a la tracción.
  
- **Hipótesis 3**  
El uso del aditivo Chema Estruct en el concreto tiene mejor trabajabilidad.

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación fue aplicada, pues usó conocimientos existentes relacionados con el uso de aditivos en la elaboración del concreto, a partir del uso de un aditivo acelerante (Chema Estruct). Así también, la investigación buscó determinar el desempeño del concreto con el aditivo a través de ensayos normados en estado fresco y endurecido.

### **3.2. Enfoque de la investigación**

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que los valores de las variables son números (datos operables y medibles).

### **3.3. Nivel de investigación**

- a) **Correlacional.** La investigación busca medir el grado de relación entre el desempeño de las propiedades del concreto y la incorporación del aditivo Chema Estruct en la elaboración del concreto. Se estudian las relaciones entre las variables dependientes e independientes.
- b) **Descriptiva.** La investigación describe hechos observados durante su desarrollo para determinar el efecto del aditivo Chema Estruct en las propiedades del concreto.

### 3.4. Diseño de la investigación

Para el desarrollo de la tesis, se utilizó el diseño experimental, porque se establecen porcentajes de participación para las variables independientes (aditivo Chema Estruct) a través de ensayos normados de laboratorio para medir los efectos causados en la variable dependiente (propiedades del concreto).

Los ensayos se llevaron a cabo en distintas edades del concreto para comparar los resultados de cada tipo de concreto (según el porcentaje de intervención del aditivo Chema Estruct).

También se consideró el modelo longitudinal, debido a que todas las muestras y sus respectivos ensayos se realizaron en un laboratorio de ensayos con el fin de establecer la diferencia entre las propiedades y características de cada muestra.

### 3.5. Variables

En la tesis, se identificó el objeto de estudio, la variable dependiente y la independiente.

- **Objeto de estudio:** Comparar las propiedades de un concreto convencional ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ) frente a las propiedades de un concreto con el aditivo Chema Estruct, para determinar su desempeño a través de ensayos normalizados de laboratorio.
- **Variable independiente:** Aditivo Chema Estruct
- **Variable dependiente:** Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

#### 3.5.1. Operacionalización de variables

Las variables se operaron según se describe a continuación.

Tabla 9  
Operacionalización de variables

Variables	Indicadores
Variable Independiente: Aditivo Chema Estruct	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso unitario</li> <li>• Porcentaje de aditivo Chema Estruct</li> </ul>
Variable Dependiente: Propiedades mecánicas del concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la compresión</li> <li>• Resistencia a la tracción</li> <li>• Trabajabilidad</li> </ul>

Fuente: Elaborado por los autores

### 3.6. Población y muestra

#### 3.6.1. Población

La población tomada para la investigación fue un muro anclado ubicado en la obra Madrid Friendly de una edificación de cinco pisos, del cual se observó su comportamiento mecánico. A continuación, se muestra las imágenes detalladas en secciones de los muros anclados con los respectivos nombres de las calles en donde están ubicadas y la cantidad de pisos que contiene cada una.

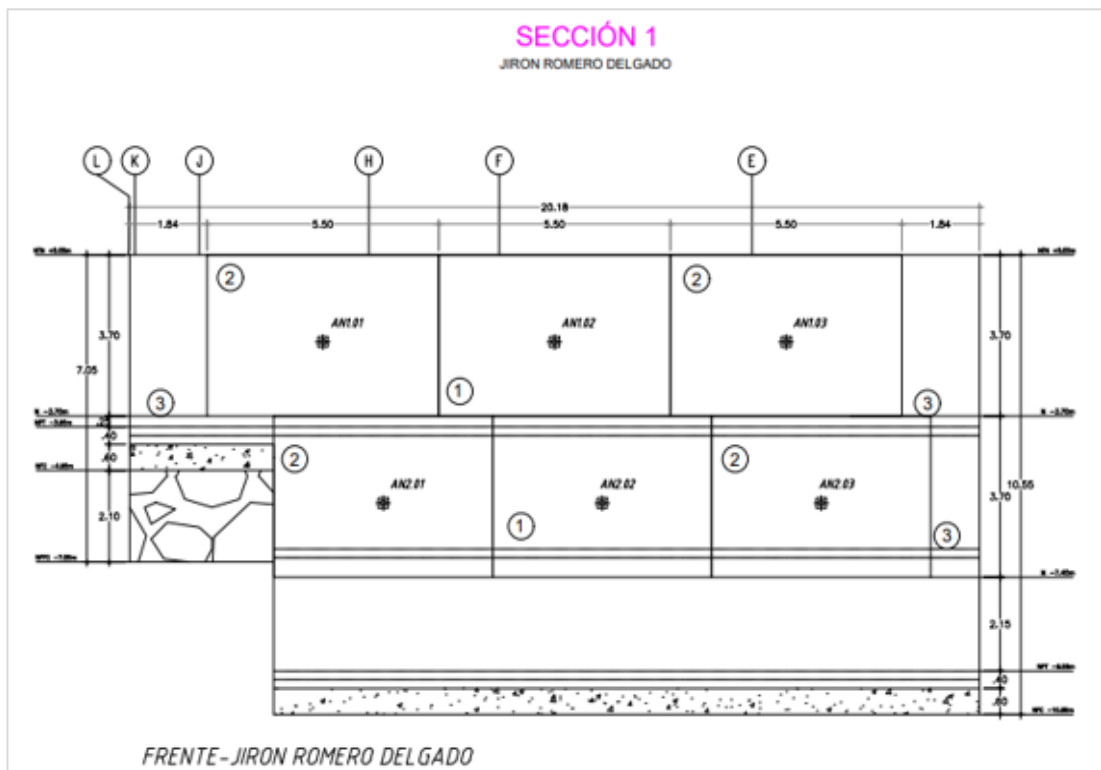


Figura 21. Sección 1 Jirón Romero Delgado  
Fuente: Elaborado por los autores



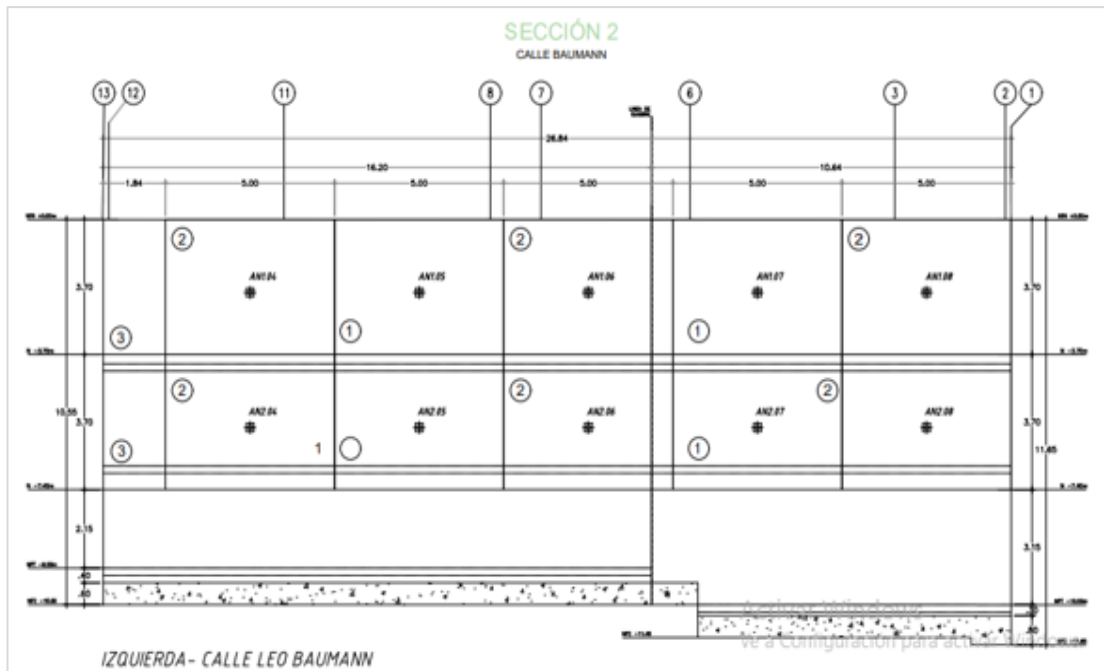


Figura 22. Sección 2 Calle Leo Baumann  
Fuente: Elaborado por los autores

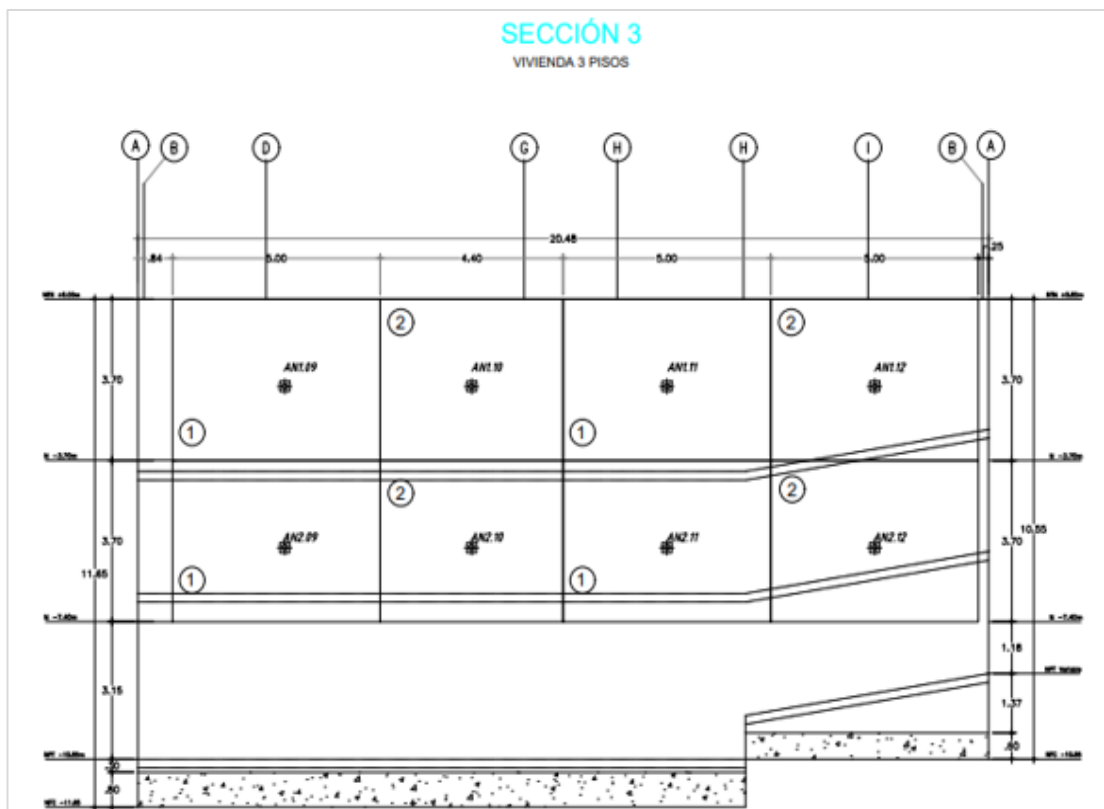


Figura 23: Sección 3 detalle de la vivienda  
Fuente: Elaborado por los autores

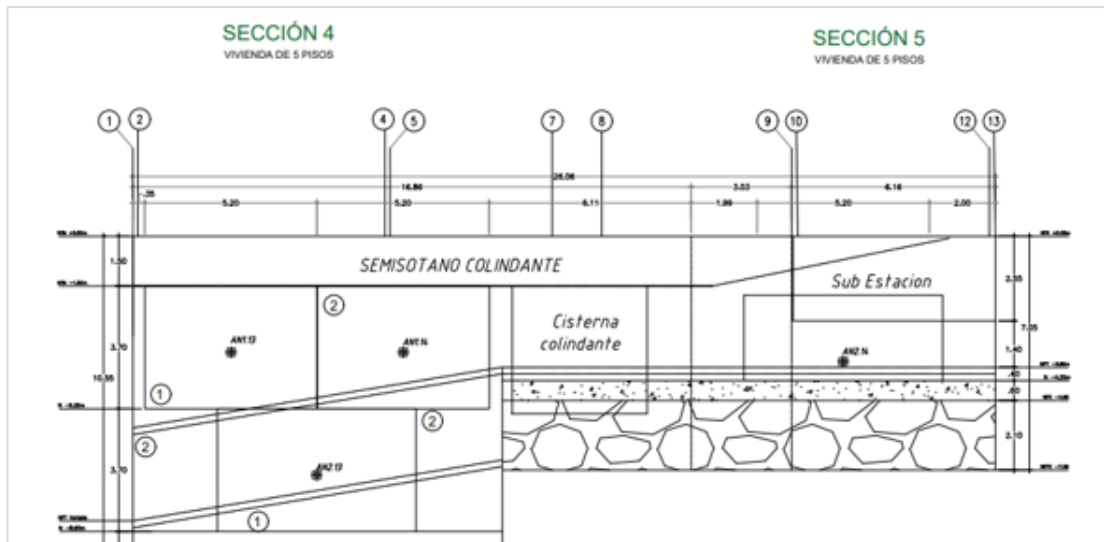


Figura 24: Detalle del muro  
Fuente: Elaborado por los autores

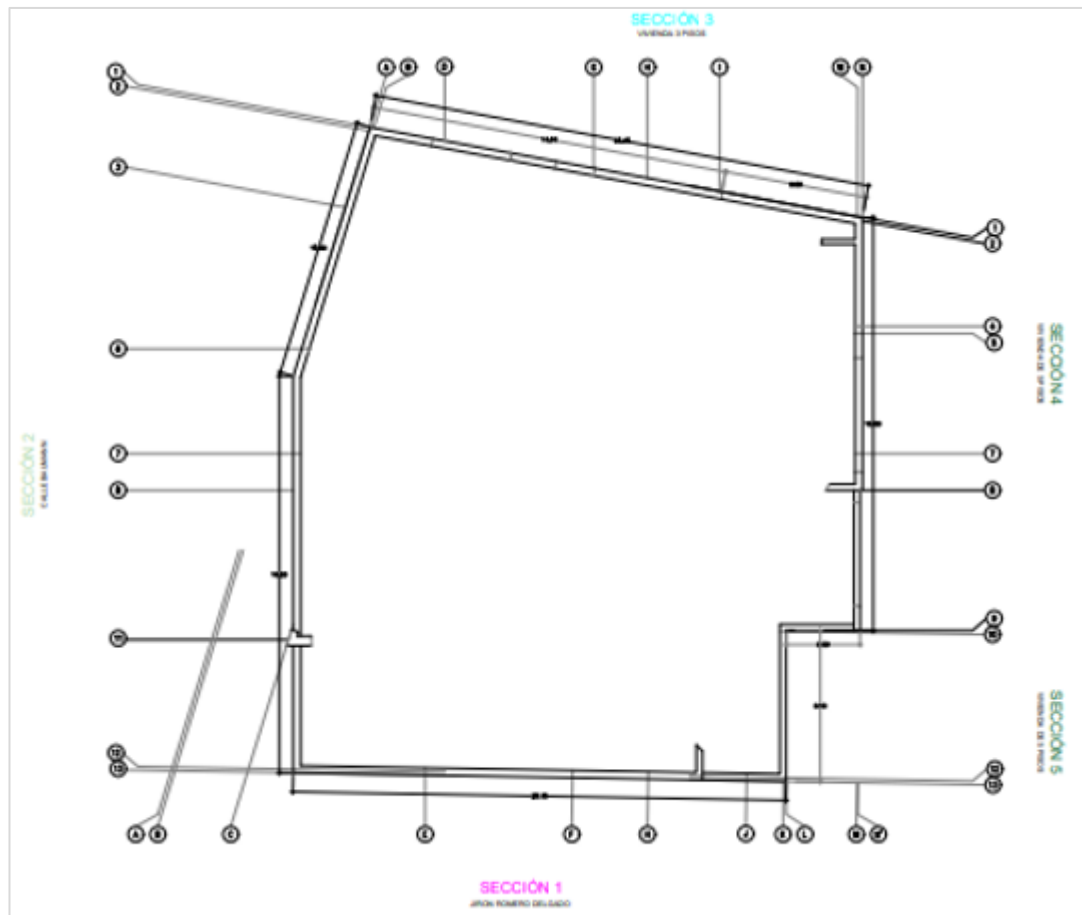


Figura 25. Detalle final de las secciones  
Fuente: Elaborado por los autores

### 3.6.2. Muestra

Se elaboró un diseño de mezcla para un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con una dosificación de 1.0 % de aditivo Chema Estruct, luego se realizó una muestra de 24 probetas de concreto, a la cual se aplicó los ensayos en estado fresco (trabajabilidad) y en estado endurecido (resistencia a la compresión y resistencia a la tracción).

### 3.6.3. Técnicas de Investigación

Se realizó la siguiente secuencia lógica para demostrar la hipótesis.

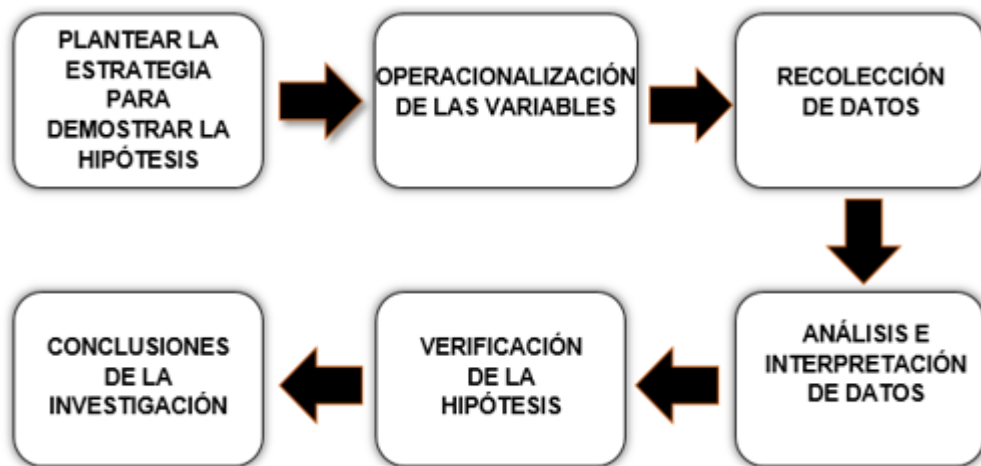


Figura 26: Secuencia lógica de la investigación  
Fuente: Elaborado por los autores

1. Para el planteamiento de la estrategia, se realizaron ensayos normados de laboratorio con una sola dosis de aditivos Chema Estruct y un diseño de mezcla base para un concreto de un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
2. En este paso se definieron las variables implicadas y se manipularon para la experimentación.
  - a. V. Independiente (x): Aditivo Chema Estruct
  - b. V. Dependiente (y): Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.
3. Se realizaron dos diseños de mezcla en total, ambos con una relación agua-cemento 0.45, y uno de ellos con 1.0 % de aditivo Chema Estruct. Para las mezclas de concreto en estado fresco, se realizaron ensayos de consistencia, y para los testigos elaborados se realizaron ensayos

mecánicos según NTP 339.034 (ensayos a compresión) y NTP 339.084 (ensayos a tracción).

4. De acuerdo con el avance de la investigación y la aplicación de los ensayos, se realizaron análisis para comparar los asentamientos de las mezclas de concreto con los resultados de los ensayos mecánicos a distintas edades del concreto. Se empleó estadística aplicada a fin de analizar los resultados obtenidos para cada ensayo.
5. Se realizó el contraste de la hipótesis de acuerdo con los resultados obtenidos.
6. Por último, se determinaron las conclusiones según la interpretación de los resultados.

### **3.7. Materiales y equipos**

Para llevar a cabo los ensayos de concreto en ambos estados, se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- cono de Abrams
- prensa hidráulica a la compresión
- balanza digital
- mezcladores de 9 pie<sup>3</sup>
- moldes para testigos de 4"x 8"

En cuanto a los materiales para la elaboración del concreto, se utilizó cemento, agregados, agua potable y aditivo Chema Estruct. En el metrado de materiales, se constató la cantidad de materiales utilizados en los ensayos correspondientes.

### **3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se utilizó la técnica de observación experimental para la recolección de datos, ya que estos se obtuvieron durante la ejecución de los ensayos normados en el laboratorio.

Se emplearon los siguientes instrumentos: diseños de mezcla predeterminados (instrumentos de comparación), hojas de registro de datos (instrumento de recolección) y formatos para el registro de la medición de las

propiedades del concreto en ambos estados, sin y con la incorporación del aditivo Chema Estruct como instrumento de análisis.

### **3.9. Procesamiento y análisis estadístico de los datos**

Los datos obtenidos en los ensayos al concreto fueron procesados en hojas de cálculo de Microsoft Excel de Office 2016. La información contenida en los formatos fue necesaria para conocer los cambios en las propiedades mecánicas del concreto con la adición del aditivo Chema Estruct.

En dichos formatos, se ingresó los datos de los ensayos a los agregados (características físicas, granulometría y diseño de mezcla). Así también, se elaboró cuadros para el concreto patrón y el concreto con el aditivo Chema Estruct, con el fin de consignar los ensayos en estado endurecido (resistencia a compresión y tracción en los determinados días) para demostrar que la adición del aditivo genera cambios favorables en el concreto.

Todo el proceso se realizó bajo la verificación de las normas técnicas peruanas con el objetivo de realizar un proceso correcto y no incurrir en errores.

## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. Caso de investigación**

En el presente trabajo de investigación, se diseñó una mezcla con 1.0 % de aditivo Chema Estruct para comparar este tipo de concreto con un diseño de mezcla con un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con relación a/c de 0.45.

#### **4.2. Protocolos de bioseguridad Covid19**

Debido a la actual pandemia, Perú fue declarado en estado de emergencia el 26 de marzo del 2020. Esto conllevó a tomar medidas sanitarias importantes (aseo frecuente de manos, uso de mascarillas y guantes). El objetivo de estas medidas sanitarias fue establecer protocolos de bioseguridad para el desarrollo de las actividades en todos los campos especializados.

De igual forma, dentro de los protocolos de bioseguridad, se establecieron sistemas de vigilancia y contención frente al riesgo de ser contagiados por el Covid19, puesto el laboratorio de Concretos Lima era, a la vez, usado por otros grupos de investigación.

### 4.3. Ejecución de los ensayos de laboratorio

#### 4.3.1. Muestreo de agregados

Según la NTP 400.043, el muestreo de agregados permite extraer muestras obtenidas del campo al tamaño requerido. Consiste en disminuir las muestras de gran volumen a un tamaño apropiado a través de técnicas para observar la calidad del material.

##### a) Agregado fino

Aproximadamente 500 g de agregado fino se pasó por un equipo cuarteador con la finalidad de reducir el tamaño de sus partículas.

##### b) Agregado Grueso

Con el agregado grueso se utilizó el mismo equipo cuarteador, que cuenta con dos receptáculos en los que ingresa el material para reducir su tamaño.



Figura 27. Cuarteo de agregado grueso  
Fuente: Elaborado por los autores

#### 4.3.2. Características físicas de los agregados

##### a) Peso específico y absorción

## Agregado fino

El peso específico del agregado fino se determinó con el peso seco y el volumen absoluto de dicho agregado. Por otro lado, con el porcentaje de absorción del agregado fino se corrigió la cantidad de agua necesaria en el diseño de mezcla.

Normas utilizadas: NTP 400.022 – ASTM C128

Materiales usados para el ensayo:

- balanza
- picnómetro
- extracto de vacíos
- cocina eléctrica

## Peso específico

Datos:

A= Peso agregado fino = 500 g

B= Peso Picnómetro + agua destilada = 668.7 g

C= Peso picnómetro + agua destilada + agregado fino = 982.6 g

Cálculos:

$$P. E. = \frac{A}{(B + A - C)} \text{ g/cm}^3$$

$$P. E. = \frac{500}{(668.7 + 500 - 982.6)} \text{ g/cm}^3$$

$$P. E. = 2.69 \text{ g/cm}^3$$

## Absorción

Datos:

A= Peso saturado superficialmente seco = 500 g

B= Peso seco = 492.7 g



Cálculos:

$$\%Abs = \frac{\text{Peso saturado superficialmente seco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100\%$$

$$\%Abs = \frac{500 - 492.7}{492.7} \times 100\%$$

$$\%Abs = 1.48\%$$



Figura 28. Absorción del agregado fino  
Fuente: Elaborado por los autores

### Resultados:

Tabla 10

*Peso específico y absorción del agregado fino*

<b>Peso específico y porcentaje de absorción (NTP 400.022 - ASTM C128)</b>			
<b>Identificación:</b>	AGREGADO FINO	<b>Fecha:</b>	21/07/2020
<b>Proveedor:</b>	CANTERA SAN JACINTO		
Peso seco (g)			500.00
Peso saturado superficialmente seco - SSS (g)			492.7
<b>Absorción (%)</b>			1.48
Peso muestra saturado superficialmente seco - SSS (g)			500.00
Peso muestra seca			492.7
Peso de picnómetro + agua destilada (g)			668.7
Peso de picnómetro + agua destilada + muestra (g)			982.6
<b>P.E. (g/cm<sup>3</sup>)</b>			2.69

Fuente: Elaborado por los autores

## Agregado grueso

El peso específico del agregado grueso tuvo como finalidad obtener volúmenes que sean ocupados por el agregado en el concreto de forma exacta. Este ensayo determinó la cantidad de agua sumergida en 24 horas.

Normas utilizadas: NTP 400.021- ASTM C128

Materiales usados para el ensayo:

- balanza
- equipo cuarteador
- base de madera
- recipiente
- cesta de malla

## Peso específico

Datos:

Peso seco = 3,845.50 g

Peso superficialmente seco = 3,879.02 g

Peso sumergido = 2,477.45 g

Cálculos:

$$P.E. = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso Saturado Superficialmente Seco} - \text{Peso Sumergido}} \text{ g/cm}^3$$

$$P.E. = \frac{3,845.50}{3,879.02 - 2,477.45} \text{ g/cm}^3$$

$$P.E. = 2.74 \text{ g/cm}^3$$

## Absorción

Datos:

Peso saturado superficialmente seco = 551.5 g

Peso seco = 546.1 g

Cálculos:

$$\%Abs = \frac{\text{Peso saturado superficialmente seco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100\%$$

$$Abs = \frac{551.5 - 546.1}{546.1} \times 100\%$$

$$Abs = 0.99\%$$

Tabla 11  
*Peso específico y absorción del agregado grueso*

<b>Peso específico y porcentaje de absorción (NTP 400.021 - ASTM C128)</b>			
<b>Identificación:</b>	AGREGADO GRUESO	<b>Fecha:</b>	21/07/2020
<b>Proveedor:</b>	CANTERA SAN JACINTO		
Peso seco (g)			551.5
Peso saturado superficialmente seco - SSS (g)			546.1
Peso sumergido			205.00
<b>P.E. (g/cm<sup>3</sup>)</b>			<b>2.74</b>
<b>Absorción (%)</b>			<b>0.99</b>

Fuente: Elaborado por los autores



Figura 29. Absorción del agregado grueso  
Fuente: Elaborado por los autores

## **b) Peso unitario suelto**

### **Agregado fino**

Es un material totalmente árido que se agrega con un cucharón a un recipiente metálico con determinadas dimensiones y volúmenes. Finalmente, se enraza con una varilla.

Normas utilizadas: NTP 400.017 – ASTM C29

Materiales usados para el ensayo:

- recipiente metálico
- varilla metálica
- cucharón

Datos:

Peso del material suelto = 4,137 kg

Volumen del recipiente = 0,002758 m<sup>3</sup>

Cálculos:

$$\text{P. U. S.} = \frac{\text{Peso del material suelto}}{\text{Volumen del recipiente}} \text{ kg/m}^3$$

$$\text{P. U. S.} = \frac{4,137}{0,002758} \text{ kg/m}^3$$

$$\text{P. U. S.} = 1500 \text{ kg/m}^3$$



Figura 30. Peso unitario suelto del agregado fino  
Fuente: Elaborado por los autores

### Resultados:

Tabla 12  
*Peso unitario suelto del agregado fino*

<b>Peso unitario suelto (NTP 400.017 - ASTM C29)</b>			
Identificación:	AGREGADO FINO	Fecha:	22/07/2020
Proveedor:	CANTERA SAN JACINTO		
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1500		

Fuente: Elaborado por los autores

### **Agregado grueso**

El procedimiento del ensayo consistió en llenar un recipiente con agregado grueso, sin aplicar compactación por varillado, para luego calcular el peso unitario suelto dividiendo el peso del agregado contenido en el molde entre el volumen del mismo.

Normas utilizadas: NTP 400.017 – ASTM C29

Materiales usados para el ensayo:

- recipiente metálico

- varilla metálica
- cucharón

Datos:

Peso del material suelto= 14.504 kg

Volumen del recipiente= 0,009358 m<sup>3</sup>

Cálculos:

$$P. U. S. = \frac{\text{Peso del material suelto}}{\text{Volumen del recipiente}} \text{ g/cm}^3$$

$$P. U. S. = \frac{14.504}{0,009358} \text{ kg/m}^3$$

$$P. U. S. = 1550 \text{ kg/m}^3$$



Figura 31. Peso unitario suelto del agregado grueso  
Fuente: Elaborado por los autores

## Resultados:

Tabla 13

*Peso unitario suelto del agregado grueso*

<b>Peso unitario suelto (NTP 400.017 - ASTM C29)</b>			
Identificación:	AGREGADO GRUESO	Fecha:	22/07/2020
Proveedor:	CANTERA SAN JACINTO		
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1550		

Fuente: Elaborado por los autores

### c) **Peso unitario compactado**

#### **Agregado Fino**

Con ayuda de un cucharón, este material fue agregado al recipiente asignado. Se agregó en tres capas, y cada una fue compactada 25 veces con una varilla.

Normas utilizadas: NTP 400.017 – ASTM C29

Materiales usados para el ensayo:

- recipiente metálico con volumen 2,758 cm<sup>3</sup>
- varilla metálica
- cucharón metálico

Datos:

Peso del material compactado = 4.827 kg

Volumen del recipiente = 0,002758 m<sup>3</sup>

Cálculos:

$$P. U. C. = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}} \text{ kg/m}^3$$

$$P. U. C. = \frac{4,827}{0,002758} \text{ kg/m}^3$$

$$P. U. C. = 1750 \text{ Kg/m}^3$$



Figura 32. Peso unitario compactado del agregado fino  
Fuente: Elaborado por los autores

### Resultados:

Tabla 14

*Peso unitario compactado del agregado fino*

<b>Peso unitario compactado (NTP 400.017 - ASTM C29)</b>			
Identificación:	AGREGADO FINO	Fecha:	22/07/2020
Proveedor:	CANTERA SAN JACINTO		
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1750		

Fuente: Elaborado por los autores

### Agregado grueso

El procedimiento del ensayo consistió en llenar el recipiente con agregado a través de tres capas, en cada una se aplicó compactación por varillado. Luego, se calculó el peso unitario compactado dividiendo el peso del agregado contenido en el volumen del molde.

Normas utilizadas: NTP 400.017 – ASTM C29

Materiales usados para el ensayo:



- recipiente metálico con volumen 9,358 cm<sup>3</sup>
- varilla metálica
- cucharón metálico

Datos:

Peso del material compactado = 15,909 kg

Volumen del recipiente = 0,009358 m<sup>3</sup>

Cálculos:

$$\text{P. U. C.} = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}} \text{ kg/m}^3$$

$$\text{P. U. C.} = \frac{15,909}{0,009358} \text{ kg/m}^3$$

$$\text{P. U. C.} = 1700 \text{ kg/m}^3$$



Figura 33. Peso unitario compactado del agregado grueso  
Fuente: Elaborado por los autores

## Resultados:

Tabla 15

*Peso unitario compactado del agregado grueso*

<b>Peso unitario compactado (NTP 400.017 - ASTM C29)</b>			
<b>Identificación:</b>	AGREGADO GRUESO	<b>Fecha:</b>	22/07/2020
<b>Proveedor:</b>	CANTERA SAN JACINTO		
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1700		

Fuente: Elaborado por los autores

### d) Contenido de humedad

#### Agregado fino

En este ensayo se calculó la cantidad de agua que posee el agregado y se efectuó la determinación de la masa obtenida por la suma del agua absorbida.

Normas utilizadas: NTP 339.185 – ASTM C566

Materiales usados para el ensayo:

- recipiente metálico
- balanza
- cucharón metálico
- horno

Datos:

Peso húmedo = 500 g

Peso seco = 498.3 g

Cálculos:

$$\%W = \frac{\text{Peso húmedo (en estado natural)} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100\%$$

$$\%W = \frac{500 - 498.3}{498.3} \times 100\%$$

$$\%W = 0.34\%$$



Figura 34. Contenido de humedad del agregado fino  
Fuente: Elaborado por los autores

### Resultados:

Tabla 16  
Contenido de humedad del agregado fino

Contenido de humedad (NTP 339.185 - ASTM C566)			
<b>Identificación:</b>	AGREGADO FINO	<b>Fecha:</b>	23/07/2020
<b>Proveedor:</b>	CANTERA SAN JACINTO		
Peso húmedo (g)			500
Peso seco (g)			498.3
<b>Contenido de humedad (%)</b>			<b>0.34</b>

Fuente: Elaborado por los autores

### Agregado grueso

En este procedimiento del ensayo se calculó la cantidad de agua que posee el agregado y se determinó la masa obtenida por la suma del agua absorbida.

Normas utilizadas: NTP 339.185 – ASTM C566

Materiales usados para el ensayo:

- recipiente metálico
- balanza

- cucharón metálico
- horno

Datos:

Peso húmedo = 675.80 g

Peso seco = 670.50 g

Cálculos:

$$\%W = \frac{\text{Peso húmedo (en estado natural)} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100\%$$

$$\%W = \frac{675.80 - 670.50}{670.50} \times 100\%$$

$$\%W = 0.79\%$$



Figura 35. Contenido de humedad del agregado grueso  
Fuente: Elaborado por los autores

## Resultados:

Tabla 17

*Contenido de humedad del agregado grueso*

<b>Contenido de humedad (NTP 339.185 - ASTM C566)</b>			
<b>Identificación:</b>	AGREGADO GRUESO	<b>Fecha:</b>	23/07/2020
<b>Proveedor:</b>	CANTERA SAN JACINTO		
Peso húmedo (g)			675.80
Peso seco (g)			670.50
<b>Contenido de humedad (%)</b>			<b>0.79</b>

Fuente: Elaborado por los autores

### e) Malla 200

#### Agregado fino

Se realizó el ensayo de malla 200 en el agregado fino con una muestra (500 gramos aproximadamente) que fue introducida en el horno a una determinada temperatura. La muestra se pesó para obtener el peso seco, posteriormente se lavó y se introdujo en el horno para secarlo, así se obtuvo el peso seco lavado.

Normas utilizadas: NTP 400.018

Materiales usados para el ensayo:

- recipiente metálico
- balanza
- cucharón metálico
- horno

Datos:

Peso muestra = 540.1 g

Peso seco = 533.4 g

Peso seco lavado = 520.70 g

Cálculos:

$$\text{Malla 200} = \frac{\text{Peso seco} - \text{Peso seco lavado}}{\text{Peso seco lavado}} \times 100\%$$

$$\text{Malla 200} = \frac{533.4 - 520.70}{520.70} \times 100\%$$

$$\text{Malla 200} = 2.44 \%$$



Figura 36. Lavado del agregado fino (malla 200)  
Fuente: Elaborado por los autores

### 4.3.3. Granulometría de agregados

#### Agregado fino

La norma que establece la granulometría de los agregados finos determina el procedimiento para realizar el tamizado. Estos materiales presentan características granulométricas, módulo de finura y expresión gráfica (huso granulométrico) dentro de los límites máximos y mínimos permisibles.

Normas utilizadas: NTP 400.012 – ASTM C136/C33

Tamices utilizados: N.º 4, N.º 8, N.º 16, N.º 30, N.º 50, N.º 100, N.º 200,  
y Fondo

Datos del peso retenido del agregado fino:

- N.º 4 = 7.5 g
- N.º 8 = 125.3 g
- N.º 16 = 271.2 g
- N.º 30 = 235.3 g
- N.º 50 = 132.4 g
- N.º 100 = 106 g
- N.º 200 = 43 g
- Fondo = 64 g



*Figura 37.* Granulometría del agregado fino  
Fuente: Elaborado por los autores

En la figura N.º 37, se observa el zarandeo para realizar el ensayo de granulometría del agregado, con el fin de determinar los pesos retenidos en cada tamiz.

Tabla 18  
Granulometría del agregado fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS								
AGREGADO FINO								
NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012								
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD								
Laboratorio:	Laboratorio de Materiales – Concretos Lima			Fecha:	24/07/2020			
Ubicación:	Av. Santa Rosa- Cieneguilla			Ejecutado por:	Sergio Alberca Jorge Tovar			
DATOS DE LA MUESTRA								
Identificación:	MUESTRA N.º 01							
Proveedor:	CANTERA SAN JACINTO							
Tamiz	Aber t. (mm)	Peso ret. (g)	% Ret.	% Ret. acum	% Que pasa	NTP 400.037 Agregado fino		Descripción de la muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.0 0	100	100	<b>Características físicas</b>  Módulo de Finura 2.8 - Mat.< Malla 2.4 % 200 4
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.0 0	100	100	
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.0 0	100	100	
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.0 0	100	100	
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.0 0	100	100	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.0 0	100	100	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.0 0	100	100	
N.º 4	4.75	7.5	0.76	0.00	99.24	95	100	
N.º 8	2.36	125.3	12.72	13.49	86.21	80	100	
N.º 16	1.18	271.3	27.54	41.03	58.97	50	85	
N.º 30	0.60	235.3	23.90	64.92	35.08	25	60	
N.º 50	0.30	132.4	13.45	78.37	21.63	5	30	
N.º 100	0.15	106	10.76	89.13	10.87	0	10	
N.º 200	0.08	43	4.37	93.50	6.50	0	0	
Fondo	-	664	6.50	100.0 0	0.00			
Total		984.7	100.0	M.F.	2.88			

Fuente: Elaborado por los autores



A continuación, se muestra la curva granulométrica del agregado fino, según el porcentaje de muestra que pasa en cada tamiz estándar.

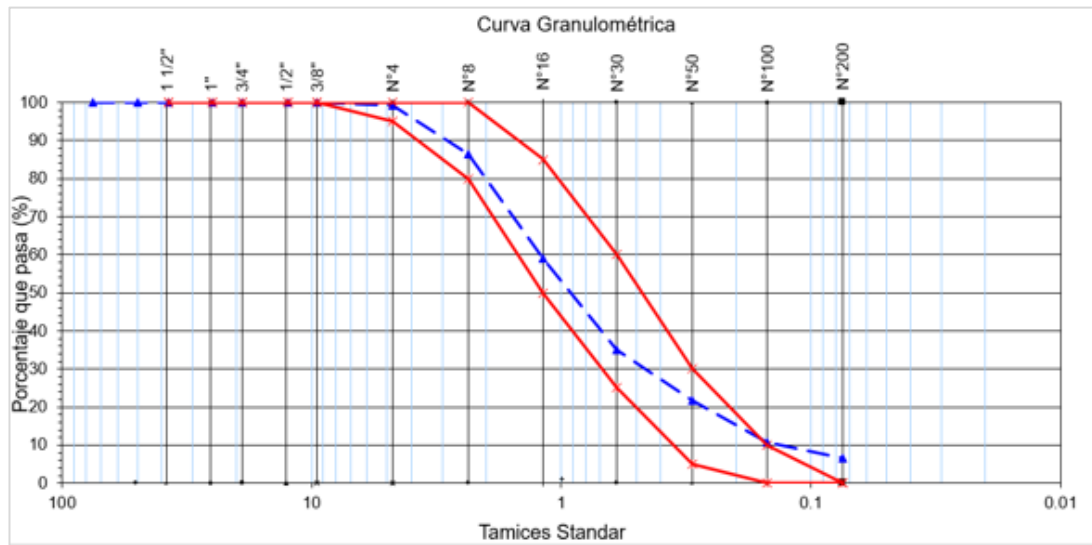


Figura 38. Curva granulométrica del agregado fino  
Fuente: Elaborado por los autores

### Agregado grueso

Para este ensayo, se siguió la norma que determina el tamaño máximo del agregado introducido dentro de los tamices correspondientes. El tamaño del agregado indicó los límites que se debe seleccionar para diseñar la gráfica.

Normas utilizadas: NTP 400.012 – ASTM C136/C33

Tamices utilizados: 1 1/2", 3/4", 1/2", 3/8", N.º 4, N.º 8, N.º 16, N.º 30, N.º 50, N.º 100, y Fondo

Datos del peso retenido del agregado grueso:

- 1 1/2" = 0.00
- 3/4" = 2174.2 g
- 1/2" = 3287.3 g
- 3/8" = 965.9 g
- N.º 4 = 585.1 g
- N.º 8 = 50.3 g
- N.º 16 = 0.00
- N.º 30 = 0.00

- N.º 50 = 0.00
- N.º 100 = 0.00
- Fondo = 35.3 g



Figura 39. Zarandeo del agregado grueso  
Fuente: Elaborado por los autores



Figura 40. Obtención del peso retenido del agregado grueso  
Fuente: Elaborado por los autores

En la figura N.º 39 se muestra el zarandeo para calcular los pesos retenidos en cada tamiz, y así determinar el peso retenido del agregado grueso.

Tabla 19  
Granulometría del agregado grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS										
AGREGADO GRUESO										
NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012										
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD										
Laboratorio:	Laboratorio de Materiales – Concretos Lima			Fecha:	24/07/2020					
Ubicación:	Av. Santa Rosa- Cieneguilla			Ejecutado por:	Sergio Alberca Jorge Tovar					
DATOS DE LA MUESTRA										
Identificación:	MUESTRA N.º 01									
Proveedor:	CANTERA SAN JACINTO									
Tamiz	Aber t. (mm)	Peso ret. (g)	% Ret.	% Ret. acum -	% Que pasa	NTP 400.037 Agregado fino		Descripción de la muestra		
						Mínimo	Máximo			
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.0 0	100	100	<b>Características físicas</b>		
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.0 0	100	100	Módulo de finura	7.1	-
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.0 0	100	100	Mat.< Malla 200	6.5	%
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.0 0	100	100			
3/4"	19.00	2174.2	30.63	30.63	100.0 0	100	100			
1/2"	12.50	3287.3	46.31	76.94	100.0 0	100	100			
3/8"	9.50	965.9	13.61	90.55	100.0 0	100	100			
N.º 4	4.75	585.1	8.24	98.79	100.0 0	95	100			
N.º 8	2.36	0.00	0.71	99.50	0.50	80	100			
N.º 16	1.18	0.00	0.00	99.50	0.50	50	85			
N.º 30	0.60	0.00	0.00	99.50	0.50	25	60			
N.º 50	0.30	0.00	0.00	99.50	0.50	5	30			
N.º 100	0.15	0.00	0.00	99.50	0.50	0	10			
N.º 200	0.08	0.00	0.00	99.50	0.50	0	0			
Fondo	-	35.3	0.50	100.0 0	0.50					
Total		7098.1		M.F.	7.17					

Fuente: Elaborado por los autores



Tabla 20  
*Datos obtenidos de laboratorio*

<b>Cemento</b>		
Tipo	Cemento tipo I	
Marca	Sol	
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	3.12	
<b>Agua</b>		
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	1000	
<b>Agregados</b>		
Tipo de agregado	Arena fina	Piedra H57
Cantera	San Jacinto	San Jacinto
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.69	2.74
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1500	1550
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1750	1700
Malla 200 (%)	2.44	6.55
Módulo de finura	2.88	7.17
Tamaño máximo nominal		3/4"
Contenido de humedad (%)	0.34	0.79
Contenido de absorción (%)	1.48	0.99
<b>Aditivo Chema Estruct</b>		
Tipo de aditivo	Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	
Acelerante	1130	

Fuente: Elaborado por los autores

#### **4.4.1. Diseño de mezcla para el concreto patrón**

Se definió como concreto patrón al concreto sin la adición del aditivo Chema Estruct. En el diseño de mezcla se siguió detalladamente los pasos del método del ACI 211.1 para obtener resultados óptimos.

##### **Paso N.º 1: Elección del asentamiento**

Se consideró un asentamiento de 3" a 4" (75 mm a 100 mm).

##### **Paso N.º 2: Tamaño máximo nominal del agregado**

De acuerdo con el material utilizado en la determinación de las características del agregado grueso, el tamaño máximo nominal corresponde a 3/4".

### Paso N.º 3: Estimación del agua de mezclado

En la elección de la cantidad de agua para la mezcla, se consideró el asentamiento de 3" a 4" para un concreto sin aire incorporado y un tamaño máximo nominal del agregado de 3/4". De acuerdo con estos datos, se escogió la cantidad de agua de la siguiente tabla:

Tabla 21

*Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.*

Slump mm (pulg)	Agua, kg por m <sup>3</sup> de concreto, para los tamaños máximos nominales de agregado indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
25 a 50 (1 a 2)	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100 (3 a 4)	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175 (6 a 7)	243	228	202	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire atrapado, en porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
25 a 50 (1 a 2)	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100 (3 a 4)	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175 (6 a 7)	243	228	202	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire atrapado, en porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: Comité ACI 211.1

Según la tabla N.º 21, la cantidad de agua estimada para la mezcla es 205 kg/m<sup>3</sup>.

### Paso N.º 4: Estimación del contenido de aire

De acuerdo con los datos mencionados en el paso número 3, la cantidad de aire según la tabla N.º 21 es 2.00 %.

## Paso N.º 5: Selección de la relación agua-cemento (a/c)

Para la selección de la relación agua-cemento se consideró la siguiente tabla:

Tabla 22

Relación agua-cemento de acuerdo a la resistencia a la compresión del concreto.

Resistencia a la compresión a los 28 días kg/cm <sup>2</sup>	Relación agua-cemento	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450	0.38	0.31
400	0.43	0.34
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.72

Fuente: Comité ACI 211.1.

De acuerdo con la tabla N.º 22, se planteó la evaluación de un concreto con un  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>; sin embargo, no hubo datos disponibles para la desviación estándar (no se cuenta con registros anteriores), por lo que se diseñó con la resistencia a la compresión media requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup> y, a sabiendas de que no se utilizaría aditivos incorporadores de aire en la mezcla, la relación agua-cemento se obtuvo interpolando los datos:

$$250 \text{ --- } 0.62$$

$$294 \text{ --- } x$$

$$300 \text{ --- } 0.55$$

Donde se despejó la variable "x" de la siguiente ecuación:

$$\frac{300 - 294}{0.55 - x} = \frac{300 - 250}{0.55 - 0.62}$$

Se obtuvo una relación agua-cemento de 0.56.

### **Paso N.º 6: Cálculo del contenido de cemento**

La cantidad de cemento por m<sup>3</sup> de concreto se obtuvo de la siguiente forma:

$$\text{Contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Agua de mezcla (kg/m}^3\text{)}}{\text{Relación a/c}}$$

Reemplazando:

$$\text{Contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{205}{0.56}$$

$$\text{Contenido de cemento} = 366.07 \text{ kg/m}^3$$

### **Paso N.º 7: Cálculo de los volúmenes absolutos del agua, aire y cemento**

- Vol. absoluto del agua = 0.205 m<sup>3</sup>
- Vol. absoluto del aire = 0.02 m<sup>3</sup>
- Vol. absoluto del cemento = Peso seco / P.E. = 366.07/3120 = 0.117 m<sup>3</sup>

### **Paso N.º 8: Cálculo del volumen total de agregados por m<sup>3</sup> de concreto**

- Vol. total de agregados = 1 – (Vol. agua + Vol. cemento + Vol. aire)
- Vol. total de agregados = 1 – (0.205 + 0.117 + 0.02)
- Vol. total de agregados = 0.66 m<sup>3</sup>

### **Paso N.º 9: Cálculo del contenido de agregado grueso en kg**

Según la tabla N.º 20, el módulo de finura del agregado fino es 2.88, para el que se obtiene el volumen del agregado grueso varillado de la siguiente tabla:



Tabla 23

*Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.*

Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg)	Volumen del agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8)	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2)	0.59	0.57	0.55	0.53
19.00 (3/4)	0.66	0.64	0.62	0.60
25 (1)	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 1/2)	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (1)	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3)	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6)	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Comité ACI 211.1.

El tamaño máximo nominal mencionado en el paso N.º 3 es 3/4", entonces, el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto se obtuvo interpolando los siguientes datos:

$$2.80 \text{ --- } 0.62$$

$$2.85 \text{ --- } x$$

$$3.00 \text{ --- } 0.60$$

Donde se despejó la variable "x" de la siguiente ecuación:

$$\frac{3.00 - 2.85}{0.60 - x} = \frac{3.00 - 2.80}{0.60 - 0.62}$$

Se obtuvo un volumen de 0.615 m<sup>3</sup> de agregado grueso por metro cúbico de concreto.

Para obtener la cantidad de agregado grueso expresado en kilogramos, se multiplicó su peso unitario compactado (tabla N.º 20):

$$\text{Peso A.G.} = 0.615 \text{ m}^3 \times 1700 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso A.G.} = 1045.5 \text{ kg}$$

### **Paso N.º 10: Cálculo del contenido de agregado fino**

Para obtener la cantidad de agregado fino, se empleó el método de los volúmenes absolutos, mediante el cual todos los componentes de la mezcla ya hallados se expresaron en metros cúbicos. El peso específico del agregado grueso se muestra en la tabla N.º 20.

- Vol. Cemento = 0.117 m<sup>3</sup>
- Vol. Agua = 0.205 m<sup>3</sup>
- Vol. Aire = 0.02 m<sup>3</sup>
- Vol. A. G. =  $\frac{\text{Peso A.G.}}{\text{P.E.}} = \frac{104.5 \text{ kg}}{2740 \text{ kg/m}^3} = 0.38 \text{ m}^3$
- Vol. A.F. = 1 – (0.117 + 0.205 + 0.02 + 0.38) = 0.28 m<sup>3</sup>

Para obtener el peso del agregado fino se multiplicó su volumen absoluto por su peso específico. El peso específico del agregado fino se muestra en la tabla N.º 20.

$$\text{Peso A.F.} = 0.28 \text{ m}^3 \times 2690 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso A.F.} = 753.2 \text{ kg}$$

### **Paso N.º 11: Cálculo del aporte de agua de los agregados**

El aporte de agua de los agregados se obtuvo de la siguiente forma:

$$\text{Agua del agregado} = \text{Peso seco} \times (\text{Cont. de Humedad (\%)} - \text{Absorción (\%)})$$

$$\text{Agua del A.F.} = 753.2 \text{ kg} \times (0.34 \% - 1.48 \%) = -8.58 \text{ kg}$$

$$\text{Agua del A.G.} = 1045.5 \text{ kg} \times (0.79 \% - 0.99 \%) = -2.09 \text{ kg}$$

### **Paso N.º 12: Corrección de la cantidad de agua**

El agua corregida se obtuvo de la resta del agua inicial con el aporte de agua de los agregados.

$$\text{Agua corregida} = \text{agua inicial} - (\text{agua del A.F.} + \text{agua del A.G.})$$

$$\text{Agua corregida} = 205 - (-8.58. + -2.09)$$

Agua corregida = 215.67 kg

### Paso N.º 13: Cálculo de los pesos húmedos de los agregados

Los pesos húmedos para cada agregado se obtuvieron de la siguiente forma:

$$\text{Peso húmedo} = \text{Peso seco} \times (1 + \text{Contenido de humedad del agregado})$$

$$\text{Peso húmedo del A.F.} = 753.2 \text{ kg} \times (1.0034) = 755.76 \text{ kg}$$

$$\text{Peso húmedo del A.G.} = 1045.5 \text{ kg} \times (1.0079) = 1053.76 \text{ kg}$$

### Paso N.º 14: Proporción de los componentes ajustados por humedad

Para hallar la proporción de los materiales, se dividió sus respectivos pesos corregidos por humedad entre el peso del cemento.

$$\text{Cemento} = 366.07 / 366.07 = 1.00$$

$$\text{Agregado fino} = 755.76 / 366.07 = 2.06$$

$$\text{Agregado grueso} = 1053.76 / 366.07 = 2.88$$

$$\text{Agua} = 215.67 / 366.07 = 0.59$$

De esta manera, se determinó los pesos corregidos por cada material para el concreto patrón.

Tabla 24

*Proporción de los componentes ajustados por humedad del concreto patrón.*

<b>Diseño de concreto patrón (a/c=0.56)</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Volúmenes absolutos (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Pesos (kg/m<sup>3</sup> de concreto)</b>	<b>Proporción</b>
Cemento	0.177	366.07	1.00
Agregado fino	0.28	755.76	2.06
Agregado grueso	0.38	1053.76	2.88
Agua	0.205	215.67	0.59

Fuente: Elaborado por los autores

#### 4.4.2 Diseño de mezcla para el concreto + 1.0 % aditivo Chema Estruct

Para realizar el diseño del concreto con el aditivo Chema Estruct, se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Se empleó un asentamiento de 6" a 7" (150 mm a 175 mm). Dicho asentamiento es una mezcla fluida de la que se obtuvo un fraguado adecuado para la estructura elegida (muro anclado).
- b) Las proporciones del agregado grueso fueron las mismas para el diseño del concreto, pero las proporciones del agregado fino sí variaron.
- c) La cantidad de aditivo añadido se obtuvo multiplicando el peso del cemento por la dosis seleccionada (1 %). El resultado fue convertido a 250 g.
- d) La relación a/c varía, por ende, se usó un valor (0.45 como máximo) especificado en la hoja técnica de aditivos Chema.
- e) La cantidad de cemento y agua varían, por ende, se realizó los ajustes para determinar los cálculos correctos con el fin de emplearlos en el diseño de mezcla con el aditivo Chema Estruct.

A continuación, se presenta una tabla con los ajustes para el concreto con 1.0 % de aditivo Chema Estruct.

Tabla 25  
*Proporción de los componentes ajustados por humedad del concreto con 1.0 % de aditivo Chema Estruct.*

<b>Diseño de concreto con 1.0 % de aditivo Chema Estruct (a/c=0.45)</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Volúmenes absolutos (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Pesos (kg/m<sup>3</sup> de concreto)</b>	<b>Proporción</b>
Cemento	0.144	448.89	1.00
Agregado fino	0.25	674.79	1.50
Agregado grueso	0.38	1053.76	2.35
Agua	0.202	211.76	0.47
Aditivo Chema Estruct	0.00367	3.66	0

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 26

*Cantidad de materiales para el muestreo del concreto patrón.*

<b>Cantidades de materiales para mezcla en trompo</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Pesos (kg/m<sup>3</sup> de concreto)</b>	<b>Pesos (kg)</b>	<b>+20 % (Desperdicio)</b>
Cemento	0.144	448.89	1.00
Agregado fino	0.25	674.79	1.50
Agregado grueso	0.38	1053.76	2.35
Agua	0.202	211.76	0.47
Aditivo Chema Estruct	0.00367	3.66	0

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 27

*Cantidad de materiales para el muestreo del concreto + 1.0 % de aditivo Chema Estruct*

<b>Cantidades de materiales para mezcla en trompo</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Pesos (kg/m<sup>3</sup> de concreto)</b>	<b>Pesos (kg)</b>	<b>+20 % (desperdicio)</b>
Cemento	448.89	20.29	24.35
Agregado fino	674.79	30.50	36.60
Agregado grueso	1053.76	47.63	57.16
Agua	211.76	9.57	11.49
+1.00 % Aditivo Chema Estruct	3.66	0.25	

Fuente: Elaborado por los autores

#### **4.5. Moldeo de probetas cilíndricas**

Para el moldeo de probetas se utilizaron 24 moldes cilíndricos que se moldearon en dos capas, luego se compactaron con una varilla y, finalmente, se enrasaron.

Las normas utilizadas fueron NTP 339.033 – ASTM C31.

El proceso de llenado se realizó en forma secuencial. Las probetas no fueron identificadas en el instante de su moldeo, sino posteriormente en la parte superior, mediante un plumón indeleble.



*Figura 42.* Dosis de aditivo Chema Estruct  
Fuente: Elaborado por los autores



*Figura 43.* Mezcladora de 9p3  
Fuente: Elaborado por los autores

La descarga desde el mezclador tipo trompo se realizó directamente sobre una carretilla tipo *buggy*, en la que se homogenizó el concreto manualmente a través de una pala.



*Figura 44.* Probetas cilíndricas de 4"x8"  
Fuente: Elaborado por los autores

En la figura N.º 44, se muestra las probetas moldeadas. Se utilizó un cucharón metálico, varilla y un martillo de goma.

Las probetas permanecieron 24 horas en el lugar donde fueron moldeadas. La temperatura ambiente máxima registrada fue 24. 2º C y la mínima fue 17. 3º C. Asimismo, se determinó el peso de cada probeta y las medidas de los diámetros establecidos en un plano horizontal pasante a media altura de cada muestra y en direcciones perpendiculares entre sí.

#### **4.6. Ensayos del concreto estado fresco y endurecido**

##### **4.6.1. Ensayo en estado fresco**

##### **Trabajabilidad**

La norma utilizada fue NTP 339.035. Con anterioridad al moldeo de probetas cilíndricas, se efectuó la determinación del asentamiento mediante del Ensayo con el Cono de Abrams. Al finalizar el proceso de llenado, se repitió la medición de tal parámetro.

En la figura N.º 44, se muestra el ensayo del asentamiento del concreto patrón. Su resultado fue una consistencia de 4", medida que se encuentra dentro del rango establecido en su diseño de mezcla.



*Figura 45.* Asentamiento del concreto patrón  
Fuente: Elaborado por los autores

En la figura N.º 45, se muestra el ensayo del asentamiento del concreto con el aditivo Chema Estruct, con una consistencia de 6". La consistencia estuvo en el rango establecido en el diseño de la mezcla.



*Figura 46.* Asentamiento del concreto con aditivo  
Fuente: Elaborado por los autores



## Peso unitario del concreto

Esta propiedad mostró la masa por la unidad de volumen dentro del concreto. Se utilizó un cucharón metálico, un recipiente metálico con un volumen de 0.0070 m<sup>3</sup>, una varilla de 3/8" con punta semiesférica, y un martillo de goma.

Normas utilizadas: NTP 339.046 - ASTM C-138



Figura 47. Peso unitario del concreto  
Fuente: Elaborado por los autores

Datos obtenidos del concreto patrón:

- PT: 3.3984 kg
- PC: 20.10 kg
- VR: 0.00709655 m<sup>3</sup>

$$P. U. = \frac{20.10 - 3.3984}{0.00709655} \text{ Kg/m}^3$$

$$P. U. = 2353 \text{ Kg/m}^3$$

Datos obtenidos del concreto + 1 % de aditivo Chema Estruct:

- PT: 3.3984 kg
- PC: 20.15 kg
- VR: 0.00709655 m<sup>3</sup>

$$P. U. = \frac{20.15 - 3.3984}{0.00709655} \text{ Kg/m}^3$$

$$P. U. = 2361 \text{ Kg/m}^3$$

De acuerdo con los resultados, se observó que la diferencia entre los pesos del concreto patrón y el concreto adicionado con Chema Estruct no variaron, debido a que el incremento del aire disminuye el peso unitario y, en caso contrario, la mayor compactación incrementa el peso.

#### 4.6.2. Ensayo en estado endurecido

##### Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión fue el punto clave de la investigación, pues se observó los resultados favorables que propone el concreto + 1.0 % de aditivo Chema Estruct frente al concreto patrón.

Norma utilizada: NTP 339.034



Figura 48: Curado de probetas  
Fuente: Elaborado por los autores

En la figura N.º 48, se muestran las probetas sumergidas en agua saturada con cal bajo condiciones de temperatura controlada de  $23 \pm 2$  ° C (ASTM C31). En el momento de la inmersión, la temperatura del agua de la pileta fue de 22.3 ° C. La temperatura del agua fue monitoreada diariamente. Se registró tal parámetro para un punto situado en el área media de la pileta mediante un termómetro de máxima y mínima marca BOROSIL, modelo TP 101.

A continuación, se muestra la prensa hidráulica de marca Orión, con la que se realizaron las roturas a los días determinados.



*Figura 49.* Prensa hidráulica  
Fuente: Elaborado por los autores

La prensa hidráulica (con capacidad de 120 toneladas) fue calibrada el mes de marzo del 2020. Cada rotura se registró en una hoja de cálculo, luego se observó la resistencia que había marcado cada probeta del concreto patrón y del concreto con aditivo Chema Estruct. A continuación, se presenta los tipos de fracturas en las probetas.

### **Tipos de fractura verificados:**

- Tipo cónica (a)
- Tipo cono y columna (b)
- Tipo cono y corte (c)
- Tipo corte (d)
- Tipo columnar (e)

De esa manera, se inició los ensayos en estado endurecido: resistencia a compresión y tracción del concreto patrón y del concreto con aditivo Chema Estruct.

### **Roturas de probetas a 3 días del concreto patrón**

Después de haber sido sumergidas bajo agua para el proceso de curado, se realizó las roturas del concreto patrón a los 3 días (30/07/2020). El resultado fue una resistencia promedio de 145.35 kg/cm<sup>2</sup>. A continuación, se muestra las imágenes de las roturas del concreto patrón.



*Figura 50.* Roturas del concreto patrón a 3 días.  
Fuente: Elaborado por los autores

## **Roturas de probetas a 3 días del concreto + 1.0 % del aditivo Chema Estruct**

Después de haber sido sumergidas bajo agua para el proceso de curado, se realizó las roturas del concreto + 1.0 % del aditivo Chema Estruct a los 3 días (30/07/2020). El resultado fue una resistencia promedio de 215.29 kg/cm<sup>2</sup>. A continuación, se muestra las imágenes de las roturas del concreto +1.0 % de aditivo Chema Estruct.



*Figura 51.* Roturas del concreto + 1.0 % aditivo Chema Estruct a 3 días.

Fuente: Elaborado por los autores

## **Roturas de probetas a 5 días del concreto patrón**

Después de haber sido sumergidas bajo agua para el proceso de curado, se realizó las roturas del concreto patrón a los 5 días (01/08/2020). El resultado fue una resistencia promedio de 158.42 kg/cm<sup>2</sup>. A continuación, se muestra las imágenes de las roturas del concreto patrón.



*Figura 52.* Roturas del concreto patrón a 5 días.  
Fuente: Elaborado por los autores

En la figura N.º 52, se observa que las probetas ensayadas en 5 días presentaron una fractura tipo cónica en el ensayo a compresión.

### **Roturas de probetas a 5 días del concreto + 1.0 % del aditivo Chema Estruct**

Después de haber sido sumergidas bajo agua para el proceso de curado, se realizó las roturas del concreto + 1.0 % aditivo Chema Estruct a los 5 días con fecha 01/08/2020. El resultado fue una resistencia promedio de 235.49 kg/cm<sup>2</sup>. A continuación, se muestra las imágenes de las roturas del concreto patrón.



*Figura 53.* Roturas del concreto + 1.0 % aditivo Chema Estruct a 5 días  
Fuente: Elaborado por los autores

En la figura N.º 53 se observa que las probetas ensayadas en 5 días presentaron una fractura tipo como en el ensayo a compresión.

#### **Roturas de probetas a 7 días del concreto patrón**

Después de haber sido sumergidas bajo agua para el proceso de curado, se realizó las roturas del concreto patrón a los 7 días (03/08/2020). El resultado fue una resistencia promedio de 223.66 kg/cm<sup>2</sup>. A continuación, se muestra las imágenes de las roturas del concreto patrón



*Figura 54.* Roturas del concreto patrón a 7 días  
Fuente: Elaborado por los autores

### **Roturas de probetas a 7 días del concreto + 1.0 % del aditivo Chema Estruct**

Después de haber sido sumergidas bajo agua para el proceso de curado, se realizó las roturas del concreto + 1.0 % aditivo Chema Estruct a los 7 días (03/08/2020). El resultado fue una resistencia promedio de 275.54 kg/cm<sup>2</sup>. A continuación, se muestra las imágenes de las roturas del concreto patrón.





*Figura 55. Roturas del concreto + 1.0 % aditivo Chema Estruct a 7 días*  
Fuente: Elaborado por los autores

En la figura N.º 55, se observa que las probetas ensayadas en 7 días presentaron una fractura tipo cono y columnar en el ensayo a compresión.

### **Resistencia a la tracción**

En este ensayo se demostró que la resistencia a la tracción es una propiedad en estado endurecido del concreto, por lo cual se observó los resultados del concreto patrón frente al concreto con aditivo.

### **Roturas de probetas a 3 días del concreto patrón**

Se realizó el ensayo a la tracción del concreto patrón a los 3 días (30/07/2020) y se obtuvo como resultado un valor de 25.63 kg/cm<sup>2</sup>.



*Figura 56.* Roturas a tracción del concreto patrón a 3 días.  
Fuente: Elaborado por los autores

En la figura N.º 56, se observa que las probetas ensayadas a tracción en 3 días del concreto patrón presentaron una resistencia a la tracción moderada.

#### **Roturas de probetas a 3 días del concreto + 1.0 % del aditivo Chema Estruct**

Se realizó el ensayo a la tracción del concreto + 1.0 % del aditivo Chema Estruct a los 3 días (30/07/2020) y se obtuvo como resultado un valor de 26.02 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **Roturas de probetas a 5 días del concreto patrón**

Se realizó el ensayo a la tracción del concreto patrón a los 5 días (01/08/2020) y se obtuvo como resultado un valor de 27.74 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **Roturas de probetas a 5 días del concreto + 1.0 % del aditivo Chema Estruct**

Se realizó el ensayo a la tracción del concreto + 1.0 % del aditivo Chema Estruct a los 5 días (01/08/2020) y se obtuvo como resultado un valor de 26.48 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Roturas de probetas a 7 días del concreto patrón**

Se realizó el ensayo a la tracción del concreto patrón a los 7 días (03/08/2020) y se obtuvo como resultado un valor de 27.91 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Roturas de probetas a 7 días del concreto + 1.0 % del aditivo Chema Estruct**

Se realizó el ensayo a la tracción del concreto + 1.0 % del aditivo Chema Estruct a los 7 días (03/08/2020) y se obtuvo como resultado un valor de 26.50 kg/cm<sup>2</sup>.

Con respecto a las roturas a 7 días de la resistencia a la tracción, se observó que hay un ligero incremento por partes de ambos concretos. De esto se interpreta que, con la aplicación del aditivo, la resistencia a la tracción no presenta cambios favorables en el concreto.

De esta manera, se demuestra el ensayo de las características físicas de los agregados, así como el diseño de mezcla en estado fresco (trabajabilidad y peso unitario del concreto) y en estado endurecido (resistencia a compresión y tracción), con lo que se finaliza el Capítulo IV.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Este capítulo presenta los resultados del comportamiento obtenido a partir de un concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> con el aditivo Chema Estruct sometido a distintos ensayos para determinar las propiedades y características que lo diferencian con respecto a un concreto del mismo diseño, pero sin aditivo. Se analizaron los diseños de mezcla propuestos para establecer los ensayos que se iban a ejecutar en el estado fresco y en el estado endurecido.

#### 5.1. Resultados de ensayos en estado fresco

##### 5.1.1. Trabajabilidad del concreto

Con anterioridad al moldeo de probetas cilíndricas, se determinó el asentamiento mediante el ensayo del cono de Abrams. Al finalizar el proceso de llenado, se repitió la medición de tal parámetro. En las siguientes tablas se presentan los valores obtenidos y los respectivos horarios.

Tabla 28  
*Trabajabilidad del concreto patrón*

Pérdida del concreto patrón		
Tiempo [min]	Hora	Asentamiento
0	11:45	4"
30	12:15	3 ¾"
60	12:30	3 ½"
90	12:45	2 ½"
120	13:00	2"

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 29  
*Trabajabilidad del concreto con aditivo*

Pérdida del concreto con aditivo		
Tiempo [min]	Hora	Asentamiento
0	14:45	6"
30	15:15	5 ¾"
60	15:30	5 ½"
90	13:45	4 ½"
120	16:00	4"

Fuente: Elaborado por los autores

A continuación, se presenta una gráfica sobre la trabajabilidad de cada tipo de concreto. En ella se consigna el tiempo tomado con la finalidad de medir el asentamiento de cada uno e interpretar sus resultados.

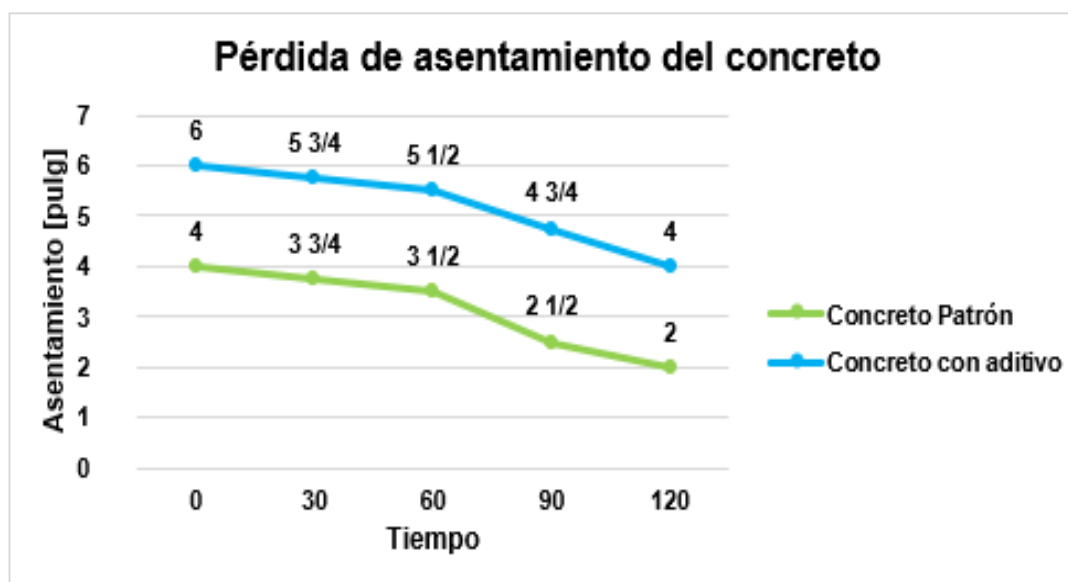


Figura 57. Pérdida de asentamiento del concreto  
 Fuente: Elaborado por los autores

En la gráfica N.º 57, se observa el comportamiento del concreto patrón frente al concreto con aditivo Chema Estruct. De esto se puede interpretar que

- El concreto patrón presentó un asentamiento inicial de 4", resultado que cumplió con el diseño planteado de la investigación.
- Al pasar la media hora, el asentamiento del concreto patrón obtuvo un resultado de 3 ¾", mientras que la mezcla perdió trabajabilidad.

- Al finalizar las dos horas y media, el concreto patrón perdió por completo la trabajabilidad, de lo cual se dedujo que el concreto deja de ser moldeable para cualquier tipo de estructura.
- El concreto con aditivo Chema Estruct obtuvo un asentamiento de 6", por lo que cumplió con el diseño planteado y, al finalizar las dos horas y media, el concreto obtuvo un resultado de 4". De esto se interpretó que el concreto, al pasar tiempo límite de vida, aún seguía siendo trabajable, es decir, mantuvo facilidad para el mezclado, colocación y acabado en las estructuras.

### 5.1.2. Peso unitario del concreto

A continuación, se presenta un cuadro con los valores obtenidos del ensayo del peso unitario del concreto.

Tabla 30  
Peso unitario del concreto

Peso unitario del concreto			
Diseño	Concreto patrón	Concreto con aditivo	Diferencia de pesos (kg/m <sup>3</sup> )
P.U (kg/m <sup>3</sup> )	2353	2361	8

Fuente: Elaborado por los autores

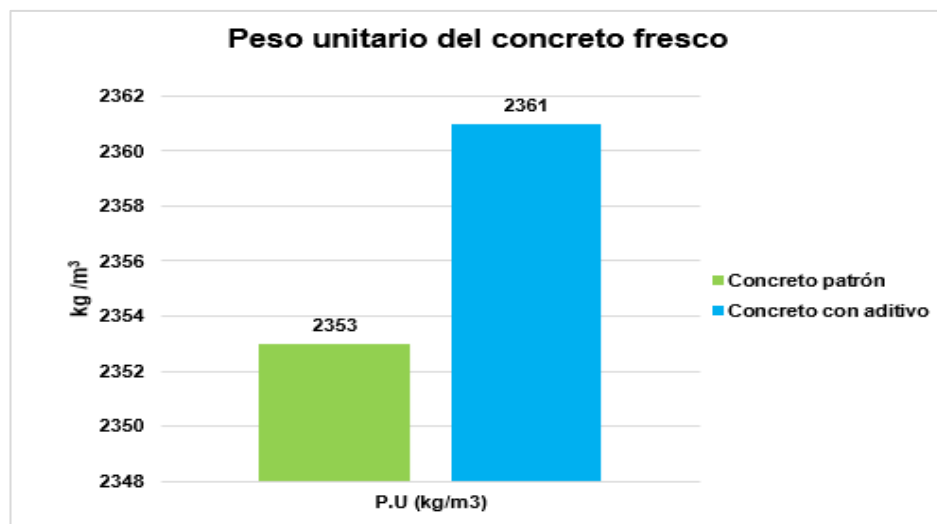


Figura 58. Peso unitario del concreto fresco  
Fuente: Elaborado por los autores

En la figura N.º 58, se observa que el peso del concreto con aditivo Chema Estruct es mayor en 8 kg/m<sup>3</sup> que el del concreto patrón. De lo cual se deduce que, a pesar de que el concreto con aditivo tiene mayor peso, no genera un resultado notorio; es decir, que la aplicación del aditivo Chema Estruct en el concreto no origina alguna alteración mayor.

## 5.2. Resultados de ensayos en estado endurecido

### 5.2.1. Resistencia a compresión

#### Resistencia a la compresión a 3 días

A continuación, se presenta los ensayos de compresión a los 3 días del concreto patrón frente al concreto con aditivo.

Tabla 31  
Resistencia de compresión a 3 días

Resistencia a la compresión a los 3 días							
Descripción	N.º probetas	Diámetro (cm)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto patrón	1	10.07	10.12	20.30	80.44	11,692.00	145.35
	2	10.17					
Concreto con aditivo	3	10.12	10.13	20.35	80.60	17,352.00	215.29
	4	10.14					

Fuente: Elaborado por los autores

#### Resistencia a la compresión a 5 días

A continuación, se presenta los ensayos de compresión a los 5 días del concreto patrón frente al concreto con aditivo.

Tabla 32  
Resistencia de compresión a 5 días

Resistencia a la compresión a los 5 días							
Descripción	N.º probetas	Diámetro (cm)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto patrón	5	10.22	10.21	20.30	80.44	12,970.00	158.42
	6	10.20					
Concreto con aditivo	7	10.13	10.14	20.35	80.75	19,016.00	235.49
	8	10.15					

Fuente: Elaborado por los autores

## Resistencia a la compresión a 7 días

A continuación, se presenta los ensayos de compresión a los 7 días del concreto patrón frente al concreto con aditivo.

Tabla 33  
Resistencia de compresión a 7 días

Resistencia a la compresión a los 7 días							
Descripción	N.º probetas	Diámetro (cm)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto patrón	9	10.25	10.18	20.25	81.39	18,204.00	223.66
	10	10.11					
Concreto con aditivo	11	10.22	10.20	20.40	81.71	22,514.00	275.54
	12	10.18					

Fuente: Elaborado por los autores

Luego de haber realizado las roturas correspondientes a los 3,5 y 7 días, se efectuó un histograma con los resultados obtenidos para analizar y dar la interpretación correspondiente.

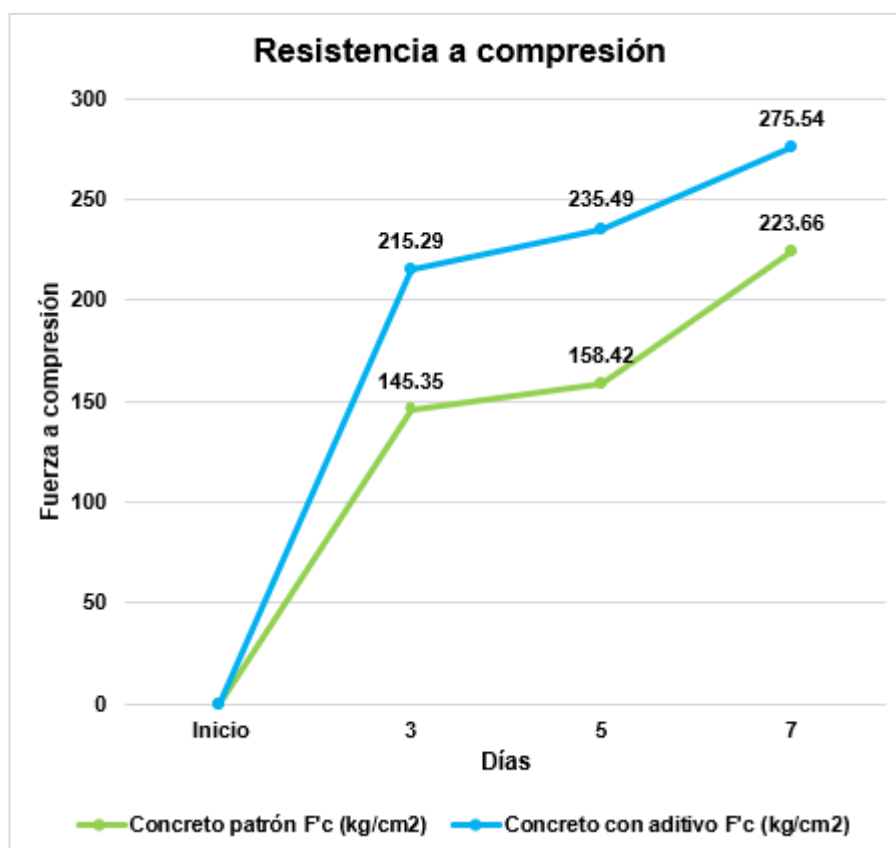


Figura 59. Gráfica de resistencia a la compresión de roturas  
Fuente: Elaborado por los autores



En la figura N.º 59, se observa las resistencias a compresión obtenidos en los días mencionados. Con tales resultados se interpreta lo siguiente:

- El concreto patrón, a los 3 días de haber adquirido su resistencia a la compresión, obtuvo como resultado 145 kg/cm<sup>2</sup>. Esto llevó a concluir que su resistencia obtenida fue menor al diseño planteado y no cumplió con el objetivo.
- Respecto al concreto con aditivo Chema Estruct, a los 3 días, obtuvo un resultado de 215.39 kg/cm<sup>2</sup>, con lo que superó el diseño planteado y cumplió con el objetivo de investigación que es obtener altas resistencias a edades tempranas para agilizar el tiempo de fraguado y tensado en los muros anclados.
- Después de los 3 días, el concreto patrón y el concreto con aditivo Chema Estruct obtuvieron resistencias representativas, por tanto, los resultados son indiferentes para esta investigación, es decir, la obtención de altas resistencias a edades tempranas.

A continuación, se presenta gráficos de proceso circular sobre el avance de cada concreto. En ellos se indica el porcentaje que alcanzaron en los 7 días de resistencia a la compresión.

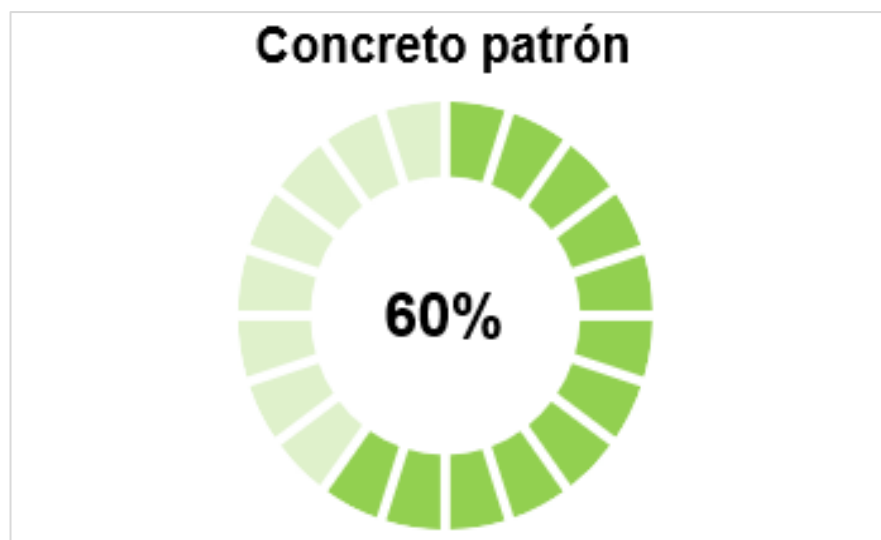


Figura 60. Proceso circular de resistencia a compresión del concreto patrón  
Fuente: Elaborado por los autores

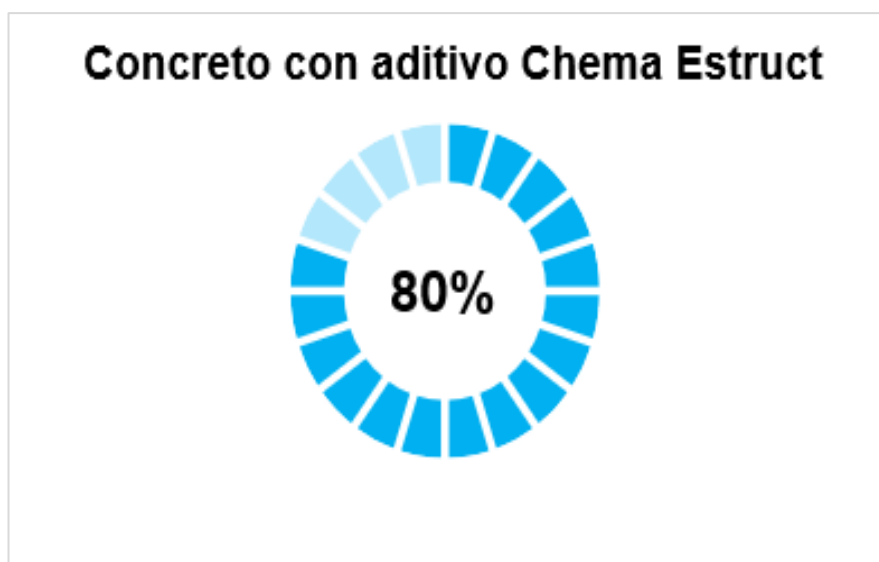


Figura 61. Proceso circular de resistencia a compresión del concreto con aditivo Chema Estruct  
Fuente: Elaborado por los autores

En la figura N.º 60, se verifica 60 % del porcentaje alcanzado en los 7 días de roturas.

En la figura N.º 61, se observa que el concreto con aditivo Chema Estruct obtuvo 80 % en solo 7 días; es decir, con el aditivo mencionado se obtuvo resultados óptimos en la resistencia a compresión.

### 5.2.2. Resistencia a tracción

#### Resistencia a la tracción a 3 días

Tabla 34  
Resistencia de tracción a 3 días

Resistencia a la tracción a los 3 días							
Descripción	N.º probetas	Diámetro (cm)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	T (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto patrón	13	10.12	10.19	20.40	81.55	8,368.00	25.63
	14	10.26					
Concreto con aditivo	15	10.15	10.17	20.30	81.23	8,437.00	26.02
	16	10.18					

Fuente: Elaborado por los autores

## Resistencia a la tracción a 5 días

Tabla 35  
Resistencia de tracción a 5 días

Resistencia a la tracción a los 5 días							
Descripción	N.º probetas	Diámetro (cm)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	T (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto patrón	17	10.19	10.16	20.25	81.07	8,964.00	27.74
	18	10.12					
Concreto con aditivo	19	10.11	10.13	20.20	81.60	8,511.00	26.48
	20	10.15					

Fuente: Elaborado por los autores

## Resistencia a la tracción a 7 días

Tabla 36  
Resistencia de tracción a 7 días

Resistencia a la tracción a los 7 días							
Descripción	N.º probetas	Diámetro (cm)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	T (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto patrón	21	10.17	10.19	20.40	81.55	9,115.00	27.91
	22	10.21					
Concreto con aditivo	23	10.31	10.29	20.35	81.16	8,045.00	26.50
	24	10.27					

Fuente: Elaborado por los autores

A continuación, se presenta el histograma de resultados de las roturas a tracción.

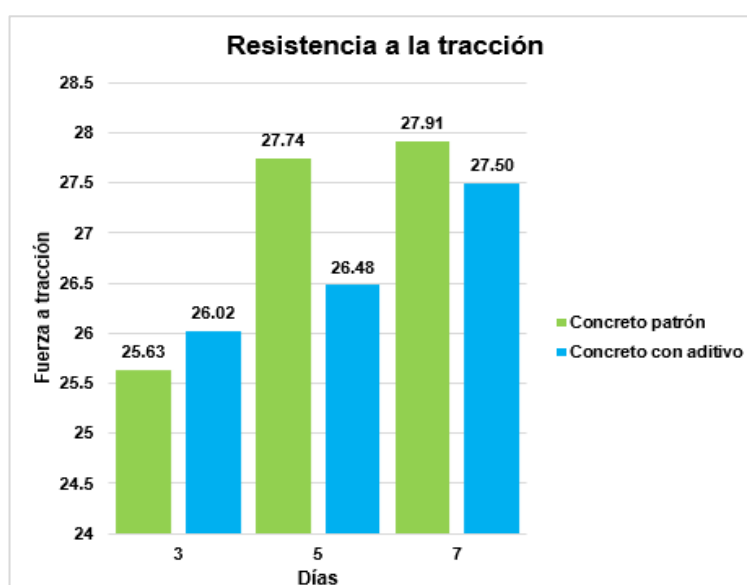


Figura 62. Histograma de resistencia a la tracción de roturas a tracción.  
Fuente: Elaborado por los autores

En la figura N.º 62, se observa los resultados de las resistencias a tracción obtenidos en los días mencionados. Con tales resultados se interpreta lo siguiente:

- A los 3 días, la resistencia a tracción del concreto patrón fue 26.63 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la del concreto con aditivo fue 26.02 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, la aplicación del aditivo Chema Estruct no aumentó la resistencia a tracción para este tipo de ensayo en estado endurecido.
- A los 7 días, la resistencia a tracción del concreto patrón fue 27.91 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la del concreto con aditivo fue un 27.50 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, la aplicación del aditivo Chema Estruct no aumentó la resistencia a tracción para este tipo de ensayo en estado endurecido.

A continuación, se presenta gráficas de la resistencia a tracción respecto a la resistencia a compresión de cada tipo de concreto.

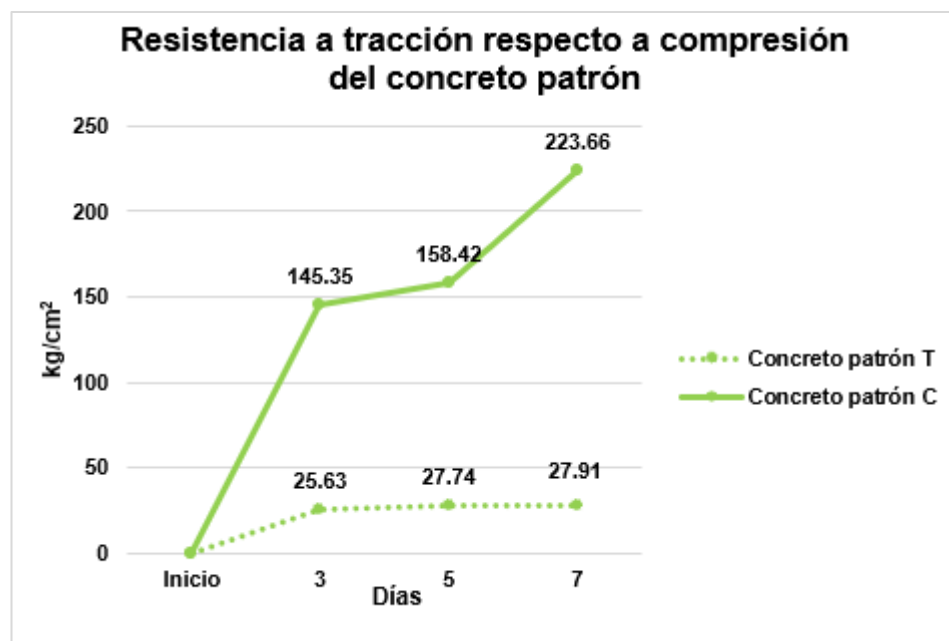


Figura 63. Gráfico de tracción respecto a compresión del concreto patrón  
Fuente: Elaborado por los autores

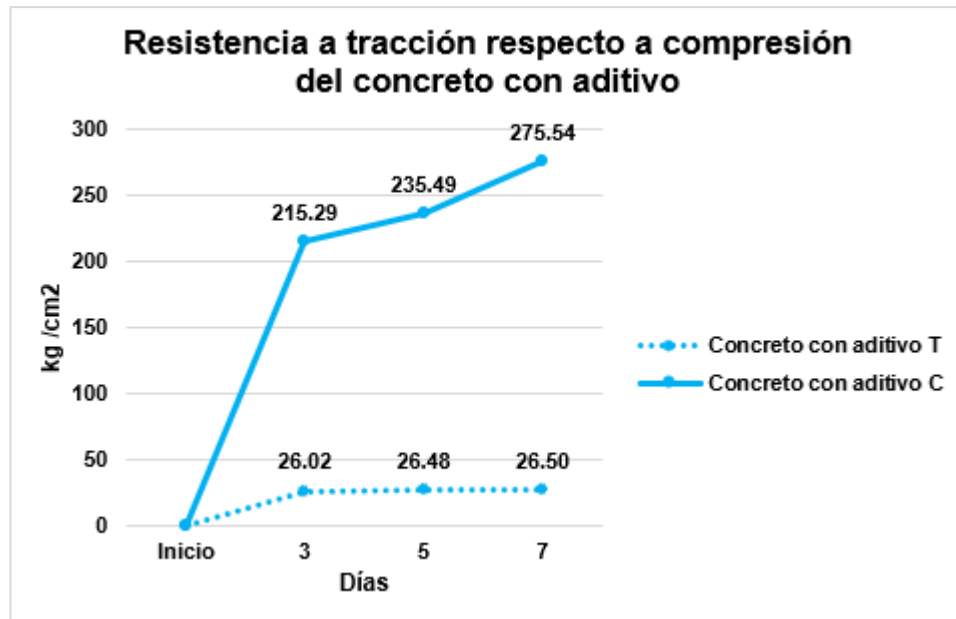


Figura 64. Gráfico de tracción respecto a compresión del concreto con aditivo Chema Estruct

Fuente: Elaborado por los autores

En las figuras N.º 63 y figura N.º 64 se muestra la resistencia de tracción y compresión de cada concreto. Se observa que la resistencia a compresión tuvo resultados notorios con la influencia del aditivo Chema Estruct al transcurrir los días, sin embargo, para la resistencia a tracción mantuvo resultados parciales sin ningún avance.

De esa manera, a través de tablas, histogramas y gráficos de procesos circulares se consigna el resultado de cada concreto y cómo se comporta con la adición del aditivo Chema Estruct, con lo que se finaliza el Capítulo V.

## **CAPÍTULO VI**

### **DISCUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **6.1. Contrastación con hipótesis**

La investigación tuvo como finalidad determinar si las hipótesis son ciertas o no. Para ello, se ejecutaron los ensayos de ambas muestras en estado fresco (trabajabilidad y peso unitario) y en estado endurecido (resistencia a compresión y resistencia a tracción). Al culminar los ensayos, se obtuvieron datos necesarios para determinar las diferencias existentes entre las muestras del Chema Estruct y las muestras del concreto patrón.

##### **6.1.1. Hipótesis 1**

Al obtener los resultados, se determinó que con la aplicación del aditivo Chema Estruct aumentó la resistencia a compresión del concreto diseñado con un  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, pues se presentaron resultados significativos en los días de ensayo. Por lo cual, el concreto con aditivo Chema Estruct obtuvo un incremento de 80 % de resistencia a compresión con respecto al concreto patrón. Así, mientras mayor sea la proporción del aditivo Chema Estruct, las resistencias obtenidas serán mayores. En consecuencia, la muestra con Chema Estruct al final de los 7 días sigue aumentando. Por lo tanto, se valida la hipótesis 1.

### **6.1.2. Hipótesis 2**

Después de obtener los resultados del ensayo a tracción, se observó que en estado endurecido no presenta resultados significativos tanto para el concreto patrón como para el concreto con aditivo Chema Estruct. Por lo tanto, se concluyó que las resistencias a tracción determinadas para ambas mezclas no presentan resultados notorios con la aplicación de aditivo acelerante. Por lo tanto, no se valida la hipótesis 2.

### **6.1.3. Hipótesis 3**

Para determinar la trabajabilidad se usó el cono de Abrams, que precisó el asentamiento de cada concreto. El concreto patrón obtuvo un slump inicial de 4", que cumplió con el diseño establecido, pero, al finalizar las horas de pérdida de asentamiento, obtuvo un slump final de 2".

El concreto con aditivo Chema Estruct obtuvo un slump inicial de 6" y un slump final de 4". Al terminar el ensayo, se demostró que el concreto con Chema Estruct poseía un valor positivo mayor comparado con el concreto patrón, pues el asentamiento final presentado por el concreto con aditivo es un slump trabajable (facilidad de moldeo, colocación y acabado). Cabe mencionar que los materiales utilizados fueron los mismos, con la única excepción de la incorporación del Chema Estruct en una de las muestras. En consecuencia, se concluyó que, ante mayor presencia de finos, el asentamiento será mayor. Por lo tanto, se valida la hipótesis 3.

## **6.2. Contrastación con antecedentes**

### **6.2.1. Antecedentes internacionales**

Castellón y De la Ossa (2013) compararon la compresión en concretos con cemento tipo I y III. La reacción varió con aditivos que aceleraron y retrasaron su resistencia, y mostró resistencias diferentes en cada uno de los dos tipos de cemento (I y III). Se observó que, para la resistencia a la compresión, en contraste con la tesis propuesta, se utilizó un aditivo acelerante que generó altas resistencias a edades tempranas en el cemento tipo I, material que aumentó su dosificación para obtener un óptimo resultado.

Figuroa, Rodríguez, Zelada. (2011) describieron el análisis, generalidades y diseños de los muros pantalla. Establecieron diferencias entre los convencionales y no convencionales, detallaron criterios sobre los muros con anclaje con tipos de apuntalamientos donde se generaron cargas. En contraste con la tesis propuesta, concluyeron que el muro anclado, estructura que fue parte del objetivo de investigación, generó resultados óptimos en la resistencia a compresión ( $215 \text{ kg/cm}^2$  a los 3 días). Respecto a la resistencia a tracción no se obtuvo resultados significativos, de esa manera se contrastó la tesis.

### **6.2.2. Antecedentes nacionales**

Baca, P. (2016) evaluó la influencia del porcentaje y el tipo de aditivo acelerante sobre la resistencia a la compresión de concreto elaborado con cemento Pacasmayo tipo IC. Observó que la dosis utilizada del aditivo (en función del peso del cemento y no del peso de cada probeta), en contraste con la tesis propuesta, incrementó la resistencia a la compresión y mejoró la trabajabilidad del concreto. Además, a tan solo 3 días de ensayo a compresión, se obtuvo su máxima resistencia a comparación del resultado que el autor obtuvo ( $209.3 \text{ kg/cm}^2$ ) con un aditivo Sika 3 acelerante.

Garay, L. (2016) evaluó opciones para mejorar el concreto preparado en obra en cuanto a la mayor resistencia a la compresión por medio de uso de aditivo superplastificantes. Observó que el aditivo acelerante utilizado, en contraste con la tesis propuesta, generó óptimos resultados en los estados fresco y endurecido. Además, el aditivo acelerante brindó mayor durabilidad, trabajabilidad y redujo la vulnerabilidad en las construcciones.



## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de la investigación se puede afirmar respecto a la resistencia a compresión del concreto con el aditivo Chema Estruct lo siguiente:

1. La resistencia a la compresión del concreto con aditivo Chema Estruct aumentó en 80 %, por lo tanto, logró mayor resistencia a los 3, 5 y 7 días, a diferencia del concreto sin el aditivo. Esto concuerda con la hipótesis de investigación.
2. Con el aditivo Chema Estruct, la trabajabilidad del concreto aumentó en 20 % con respecto a las probetas sin el aditivo. Por lo tanto, permitió emplear un menor esfuerzo al trasladar y vaciar el concreto.
3. La resistencia a tracción del concreto con aditivo y del concreto patrón no obtuvieron resultados significativos en los días de ensayo. Por consiguiente, la aplicación del aditivo Chema Estruct no generó resultados óptimos.
4. Según la norma NTP 334.088, el aumento mínimo de la resistencia a la compresión al tercer día fue 30 % comparado con el concreto patrón, el cual no es igual para todas las probetas ensayadas con el aditivo. Por lo tanto, se obtuvo un aumento significativo para los diseños del aditivo.
5. La resistencia a la compresión al séptimo día fue igual en todos los diseños, según lo indica la norma NTP 339.034. Este requisito estuvo

presente en todas las probetas con aditivo Chema Estruct, lo cual determinó incrementos significativos.

6. Después de realizados los ensayos, se dedujo que la cantidad optima de aditivo fue 1.0 % y se llegó a dos conclusiones:
  - Se incrementó la resistencia a compresión edades tempranas.
  - Se encontró mayor trabajabilidad del concreto después de 2 horas de pérdida.

## RECOMENDACIONES

1. Observar que la relación costo-beneficio económico es recomendable con el uso del aditivo Chema Estruct cuando se quiera reducir los tiempos de esperas técnicas y los tiempos de encofrado o vaciados de concreto en climas fríos, en los que el tiempo de fraguado es más lento.
2. Controlar la dosis del aditivo que no sea más del 2% al diseño, ya que eso va a causar una acción inversa a la que venimos demostrando en esta investigación, reduciendo su resistencia a la compresión.
3. Examinar el contenido de Chema Estruct en el concreto para observar si se reduce el tiempo de fraguado al inicio y al final; en contraste, con las probetas que solo tienen el concreto convencional.
4. Realizar los ensayos con los resultados de trabajabilidad obtenidos. Se recomienda usar el concreto con aditivo Chema Estruct para cualquier tipo de estructura, puesto que tiene un buen asentamiento después de las 2 horas.
5. Utilizar el Chema Estruct para mejorar en la productividad de la obra en cuanto a la reducción de los tiempos de fraguado y la mejora de la resistencia.
6. Aplicar el aditivo Chema Estruct en una estructura horizontal, como una losa, y observar su comportamiento mecánico.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

- Abanto, T. (2017). *Tecnología del concreto*. 3a ed. Lima: San Marcos.  
Recuperado <https://es.scribd.com/doc/306087568/Tecnologia-Del-Concreto-Flavio-Abanto>
- Aponte Cervantes, Sulca Torres. (2015). *Gestión de riesgos en la ejecución de muros anclados* (tesis de pregrado). Recuperado de [http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2220/aponte\\_mr-sulca\\_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2220/aponte_mr-sulca_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Argos (12 de febrero de 2020). *Propiedades del concreto*. Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/tecnologia-del-concreto?id=155>
- Asociación de Cemento Portland (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Illinois: Asociación de Cemento Portland. Recuperado de [https://www.academia.edu/33383752/Dise%C3%B1o\\_Y\\_Control\\_De\\_Mezclas\\_De\\_Concreto\\_-\\_Steven\\_H.\\_Kosmatka\\_Beatriz\\_Kerkhoff\\_and\\_William\\_C.\\_Panarese\\_1ra\\_Edici%C3%B3n](https://www.academia.edu/33383752/Dise%C3%B1o_Y_Control_De_Mezclas_De_Concreto_-_Steven_H._Kosmatka_Beatriz_Kerkhoff_and_William_C._Panarese_1ra_Edici%C3%B3n)
- Asociación Colombiana de Productores de Concreto (2010). *Tecnología del concreto* 3.ra ed. Bogotá: Asocreto. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/234779446/Tecnologia-Del-Concreto-Tomo-1>
- ASTM C-128 (2005). *Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados fino*. Pennsylvania, EE. UU.
- ASTM C-136 (2005). *Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y grueso*. Pennsylvania: ASTM International.
- ASTM C-143 (2005). *Método de ensayo para el asentamiento en el concreto del cemento hidráulico*. Pennsylvania: ASTM International.
- ASTM C31 (2005). *Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra*. Pennsylvania: ASTM International.

- ASTM C-39 (2005B). *Método de ensayo para la resistencia a la compresión uniaxial de especímenes cilíndricos de concreto*. Pennsylvania: ASTM International.
- ASTM C566 (2004). *Estándar Método de ensayo para medir el contenido total de humedad en agregados mediante secado*. Pennsylvania: ASTM International.
- Baca, P. (2016). *Influencia del porcentaje y tipo de acelerante, sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de un concreto rápido fraguado*. Universidad Nacional de Trujillo (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/2549/BACA%20PINELO%2c%20Jair%20Frank%2c%20BOY%20SANCHEZ%2c%20Jose.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castellón, H. y De la Ossa, K. (2013). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cemento tipo I y tipo III modificados con aditivos acelerantes y retardantes* (tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Colombia. Recuperado de <https://www.slideshare.net/SandroBarretoPoma/tesis-de-grado-51693563>
- Chema (15 de enero de 2020). *Hoja técnica*. Recuperado de <http://www.chema.com.pe/assets/productos/ficha-tecnica/HT%20CHEMA%20ESTRUCT%20V01.2017.pdf>
- Colmenarez, L. (2014). *Definición de términos*. Mérida: Politécnico Universitario de Santiago Mariño
- Diario El Peruano (15 de Julio 2020). *Medidas de Bioseguridad y Control Sanitario para prevenir el COVID-19 en los establecimientos públicos y privados en el distrito de San Martín de Porres tales como, mercados, locales comerciales, industriales y de servicios y dictan diversas disposiciones*. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-medidas-de-bioseguridad-y-control-sanitario-para-p-ordenanza-n-497-mdsmp-1866190-1/>

- Figuroa, G., Rodríguez, F., Zelada, E. (2011). *Análisis y diseño de estructuras de retención de aplicación reciente en el salvador*. (tesis de pregrado, Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Flores, M. y López, A. (2019). *Mejora en la confiabilidad del proceso constructivo de los muros anclados en edificaciones en terrenos entre 400 m<sup>2</sup> y 1000m<sup>2</sup>* (tesis de grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/628152>
- Garay, L. (2016). *Estudio del concreto elaborado en los vaciados de techos de vivienda en Lima y evaluación de alternativa de mejora mediante el empleo de aditivo superplastificante* (tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- García, J. (2008). *Manual técnico de construcción*. 4.a. edición. México D. F: Apasco. Recuperado de <http://usuarios.tinet.cat/oriolcid/manualconstruccion.pdf>
- Gomero, B. (2006). *Aditivos y adicciones minerales para el concreto* (tesis de pregrado. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Indecopi (2001). *Normas Técnicas Peruanas*. 2.a ed. Lima: Indecopi.
- Lampadia. (07 de julio de 2020). *Portal económico del Perú*. Recuperado de [https://lampadia.com/assets/uploads\\_documentos/c47d1-mecanismos-de-inversion-ey-afin.pdf](https://lampadia.com/assets/uploads_documentos/c47d1-mecanismos-de-inversion-ey-afin.pdf)
- Mozo, D. (2012). *Análisis y diseño de muros pantalla en suelos arenosos* (tesis de pregrado), Universidad Católica de Santísima Concepción, Chile.
- Mundo Avenida (16 de marzo de 2020). *Muros anclados*. Recuperado de <https://mundoavenida.com/torres-apartamentos/que-es-un-muro-de-retencion-anclado/>
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos en tecnología del concreto en el Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú. Recuperado de [https://es.slideshare.net/cmanuel\\_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru](https://es.slideshare.net/cmanuel_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru)
- Pérez, M. (2004). *Anclajes y sistemas de anclaje*. Recuperado de: [https://www.academia.edu/8971000/ANCLAJES\\_PDF](https://www.academia.edu/8971000/ANCLAJES_PDF)
- Rivva, E. (2018). *Diseño de mezclas*. 4.ta ed. Lima: Tecnología el concreto.

- Rosas, J. (22 de octubre de 2012). *Geotecnia aplicada y cimentaciones*. Recuperado de <http://geojuanjo.blogspot.com/2012/10/bulbo-o-manta-lo-importante-es-que-el.html>
- Rosero, C. (2015). *Análisis y diseño de muros anclados de hormigón armado y su aplicación es la estabilización de excavaciones profundas de subsuelos* (tesis pregrado. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Valdez, P. (2011). *Manual de diseño y construcción de muros anclados de hormigón proyectado* (tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Ecuador.
- Vilca, P. (2008). *Obtención de concreto de alta resistencia* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Yepes, V. (2019). *Concepto y clasificación de los anclajes* (tesis de pregrado). Recuperado de <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/geotecnia/page/2/>  
<https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/02/08/concepto-y-clasificacion-de-los-anclajes/>

## **ANEXOS**



Anexo 1  
Matriz de consistencia

Título: INFLUENCIA DEL ADITIVO CHEMA ESTRUCT EN EL CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MURO ANCLADO EN UNA EDIFICACIÓN DE CINCO PISOS EN EL DISTRITO DE SAN BORJA-LIMA


PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente:	Peso unitario	Tipo de investigación: Aplicada, porque usa conocimientos existentes en la elaboración del concreto Enfoque de investigación: Cuantitativo, puesto que los valores son datos operables y medibles Diseño de investigación: Experimental, a través de ensayos normados de laboratorio se medirá los efectos causados en las propiedades mecánicas del concreto. Nivel de investigación: Descriptivo Población: Muro anclado, en una edificación de cinco pisos en la obra Madrid Friendly
¿Cómo influye la incorporación del aditivo Chema Estruct en las propiedades mecánicas del concreto para muros anclados en el distrito de San Borja?	Determinar la influencia del aditivo Chema Estruct en las propiedades mecánicas del concreto para mejorar el tiempo de fraguado y tensado en muros anclados en el distrito de San Borja.	Aditivo Chema Estruct mejora las propiedades mecánicas del concreto para un muro anclado en el distrito de San Borja.	Aditivo Chema Estruct	Porcentaje de aditivo Chema Estruct	
Problema Específico	Objetivo Específico	Hipótesis Específica	Variable Dependiente:	Resistencia a la compresión	
¿Cómo influye la resistencia a la compresión con la aplicación del aditivo Chema Estruct en el concreto para la construcción de un muro anclado en una edificación de cinco pisos?	Determinar la resistencia a la compresión con la aplicación del aditivo Chema Estruct en el concreto para la construcción de un muro anclado en una edificación de cinco pisos.	El uso del aditivo Chema Estruct en el concreto incrementa la resistencia a la compresión.	Propiedades mecánicas del concreto	Resistencia a la tracción	
				Trabajabilidad	

<p>¿Cómo influye la resistencia a la tracción con la aplicación del aditivo Chema Estruct en el concreto para la construcción de un muro anclado en una edificación de cinco pisos?</p>	<p>Determinar la resistencia a la tracción con la aplicación del aditivo Chema Estruct en el concreto para la construcción de un muro anclado en una edificación de cinco pisos.</p>	<p>El uso del aditivo Chema Estruct en el concreto no incrementa la resistencia a la tracción.</p>			<p>Muestra: 24 probetas de concreto ensayadas en estado fresco y endurecido Instrumentos: Mezcladora de concreto 9p<sup>3</sup> Equipo de cono Abrams Moldes para testigos de 4"x8" Prensa hidráulica Procedimiento: Plantear la estrategia para demostrar hipótesis Operacionalización de las variables Recolección de datos Aplicación Aditivos NTP. 334.088 Ensayos laboratorio USMP Análisis e interpretación de datos Contrastación de hipótesis Conclusiones de la investigación</p>
<p>¿Cómo influye la trabajabilidad con la aplicación del aditivo Chema Estruct en el concreto para la construcción de un muro anclado en una edificación de cinco pisos?</p>	<p>Determinar la trabajabilidad con la aplicación del aditivo Chema Estruct en el concreto para la construcción de un muro anclado en una edificación de cinco pisos</p>	<p>El uso del aditivo Chema Estruct en el concreto tiene mejor la trabajabilidad.</p>			

Anexo 2  
Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE TESIS																			
Item	Descripción de la Actividad	MAYO								JUNIO				JULIO				AGOSTO	
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2				
1	BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN	INF	INF	INF	INF	INF	INF	INF											
2	PRESENTACIÓN DE AVANCE 1							AV 1	AV 1										
3	PRESENTACIÓN DE AVANCE 2							AV 2	AV 2										
4	PRESENTACIÓN DE AVANCE 3									AV 3	AV 3								
5	PRESENTACIÓN DE AVANCE 4											AV 4	AV 4						
6	PRESENTACIÓN DE AVANCE 5													VA 5	VA 5				
7	ENSAYO DE MATERIALES													EM	EM	EM	EM	EM	
8	DISEÑO DE MEZCLA																		DM
9	ENSAYO EN ESTADO FRESCO																		EEF
10	ENSAYO EN ESTADO ENDURECIDO																		EEF
11	RESULTADOS																		RES
12	ENTREGA FINAL																		RES ENT

Anexo 3  
Encuestas


**USMP** FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 SAN MARTÍN DE PORRES

**Encuesta a expertos**

**1- ¿Qué opina usted sobre el título de la investigación?**

Es un título interesante porque busca la optimización de la partida de muro vaciado mediante el uso de un aditivo.

**2- ¿Qué tan importante es el tema elegido?**

Es un tema importante porque algunas veces no se cuenta con terrenos de gran dimensión lo que dificulta el tiempo de espera entre el tensado de una placa y otra aumentando el tiempo de ejecución de las subestructuras.

**3- ¿Qué tanto se conoce acerca del tema de investigación?**


Es conocida la utilización de aditivos para la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto, esto genera una optimización de los procesos según las propiedades del aditivo.

**4- ¿Cuál sería el efecto o problema que interviene en esta investigación?**

La poca trabajabilidad que presenta el concreto al momento del vaciado, generando posteriormente un mal vibrado que a su vez producen congrejeras.

**5- Con respecto a las 6M, ¿Cuáles serían las causas que intervienen en esta investigación?**

<b>Método:</b> No se da la información requerida para el diseño, mala secuencia de los procesos.	<b>Medición:</b> Falta protocolos de liberación, poca capacitación.
<b>Mano de obra:</b> Falta de asesoramiento técnico, Falta de coordinación ante el personal.	<b>Maquinaria:</b> Mal estado de los mixers, No se sigue el plan de mantenimiento a los equipos.
<b>Medio ambiente:</b> El clima, sobrecarga laboral.	<b>Materia prima:</b> Agregados de mala calidad, cemento en mal estado.

Madrid Edificaciones S.A.C.  
  
 Sr. RENZO RONCALLA RAMIREZ  
 Calidad



### Encuesta a expertos

1- ¿Qué opina usted sobre el título de la investigación?

Es un buen tema de investigación porque habla del concreto, material aglomerante muy utilizado en la construcción, el cual se aplicará un aditivo acelerante para mejorar las estructuras como el caso de muros enclavados.

2- ¿Qué tan importante es el tema elegido?

Es importante porque se plantea demostrar el comportamiento que tiene el concreto, con la finalidad de acelerar su tiempo de fraguado, para darle una buena consistencia y solidez al momento de ser vacados en estructuras.

3- ¿Qué tanto se conoce acerca del tema de investigación?

Se tiene conocimiento acerca del concreto, material que se caracteriza por tener una buena consistencia, y sobre su distinta reacción con el aditivo acelerante dependiendo de las circunstancias que se presenten.

4- ¿Cuál sería el efecto o problema que interviene en esta investigación?

El efecto o problema que interviene en esta investigación son las fallas en el concreto porque no se tiene un conocimiento de como va reaccionar el aditivo sobre el concreto y que efectos ocasionaría.

5- Con respecto a las 6M, ¿Cuáles serían las causas que intervienen en esta investigación?

<b>Método:</b> Falta de procedimientos adecuados	<b>Medición:</b> Falta supervisión, no hay control calidad
<b>Mano de obra:</b> Falta capacitación, Personal no capacitado	<b>Maquinaria:</b> Escasez herramientas, Falta mantenimiento
<b>Medio ambiente:</b> Área de trabajo muy reducida, Falta maquinaria	<b>Materia prima:</b> Falta conformidad en materiales, Uso materia baja calidad

Percy Rios T.  
CIP: 285704



### Encuesta a expertos

1- ¿Qué opina usted sobre el título de la investigación?

Es importante porque gracias a esta demostración, si los datos son favorables al Chema estructural va a impulsar un incremento en la utilización de aditivos nacionales en todo el sector.

2- ¿Qué tan importante es el tema elegido?

Es conocido el uso de aditivos acelerantes en su mayoría de marcas extranjeras que mejoran las propiedades del concreto, y son muy pocos los casos donde se muestra los beneficios de los aditivos de marcas nacionales.

3- ¿Qué tanto se conoce acerca del tema de investigación?

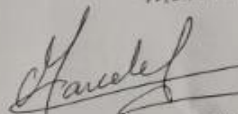
El comportamiento del concreto es conocido frente a superficies lisas, pero no se puede decir lo mismo cuando se realizan muros anclados porque el concreto está en contacto con diferentes tipos de suelo que provocan distintos comportamientos.

4- ¿Cuál sería el efecto o problema que interviene en esta investigación?

Baja resistencia a edades tempranas en el concreto que se utiliza para la ejecución de muros anclados.

5- Con respecto a las 6M, ¿Cuáles serían las causas que intervienen en esta investigación?

<b>Método:</b> Mal manejo de equipo, Secuencia de ejecución incorrecta.	<b>Medición:</b> Poca supervisión de la línea de mandos, falta de coordinación entre las áreas.
<b>Mano de obra:</b> Desconocimiento del comportamiento del concreto, conocimiento técnico insuficiente.	<b>Maquinaria:</b> Demora en la reparación de equipos, falta de stock de equipos en almacén.
<b>Medio ambiente:</b> Excesiva humedad del suelo, Variabilidad de la temperatura.	<b>Materia prima:</b> Agregados que no cumplen con las especificaciones técnicas, materiales adulterados.

  
CIP: 204641



### Encuesta a expertos

1- ¿Qué opina usted sobre el título de la investigación?

Es un tema muy sugestivo por que habla del comparativo del concreto, con la adición del aditivo para mejorar el proceso constructivo de muros anclados.

2- ¿Qué tan importante es el tema elegido?

Es de mucha relevancia por que se centra en la reacción del concreto al ser combinado con el aditivo, para posteriormente observar resultados durante los ensayos y aplicarlos en la estructura.

3- ¿Qué tanto se conoce acerca del tema de investigación?

Existe mucha información acerca de los estados del concreto y como se comporta con la incorporación del aditivo con el propósito de mejoras.

4- ¿Cuál sería el efecto o problema que interviene en esta investigación?

El efecto que interviene en esta investigación sería la baja resistencia del concreto por que la influencia del aditivo, podría ocasionar que el concreto no llegue a su resistencia máxima.

5- Con respecto a las 6M, ¿Cuáles serían las causas que intervienen en esta investigación?

Procedimientos no establecidos	Escasa supervisión
Poco conocimiento de cemento	Medición: falta control de calidad
Mano de obra: Falta de capacitación	Maquinaria: No los y mal mantenimiento
Falta de trabajo en equipo	Excesos herramientas
Medio ambiente: Exceso de trabajo	Materia prima: Mala calidad
Área de trabajo inadecuado	Agregados: Mal uso de materiales

  
 LUIS RUBÉN  
 LEONARDO CHARALLA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CP N° 21119

Anexo 4  
Panel fotográfico

**FOTOGRAFÍA 01:** Planta de Concretos de Lima, ubicada en la avenida Santa Rosa, Cieneguilla.



**FOTOGRAFÍA 02:** Selección de agregados gruesos.





**FOTOGRAFÍA 03:** Área de roturas de probetas.



**FOTOGRAFÍA 04:** Zona de despacho de concreto.



**FOTOGRAFÍA 05:** Obra Madrid Friendly ubicada calle Romero Hidalgo-San Borja.



**FOTOGRAFÍA 06:** Proceso constructivo de concreto armado.



Anexo 5  
Certificados

The certificate is presented on a red and white background. At the top, the Batalla de Junín logo is on the left and the 'ÁREA DE INGENIERÍA' logo is on the right. The central text reads 'CONSTANCIA' followed by 'Otorgada a:' and the name 'SERGIO EDUARDO ALBERCA EGUIZABAL' in large bold letters. Below the name, it states the reason for the certificate: participation in a training course on anchors in March 2020. The date 'Lima, mayo del 2020.' is on the right. Three signatures are shown at the bottom, each with a horizontal line underneath. The first signature is for Manuel Pachas, General Manager. The second is for Ing. Diana Camayo, Design Engineer. The third is for Ing. Evelyn Cerron del Castillo, Design Engineer. Contact information for Batalla de Junín S.A.C. is provided at the bottom, including an email address, a phone number, and a website. A reference code 'BJC 20-0218' is located in the bottom right corner.

**BATALLA DE JUNÍN**  
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES

**ÁREA DE INGENIERÍA**

**CONSTANCIA**

Otorgada a:

**SERGIO EDUARDO ALBERCA EGUIZABAL**

Por su participación en la capacitación sobre Anclajes llevada a cabo en el mes de marzo del 2020.

Se expide el presente para los fines que se estime conveniente.

Lima, mayo del 2020.

Manuel Pachas.  
Gerente General  
BATALLA DE JUNÍN S.A.C.

Ing. Diana Camayo.  
Ingeniera de Diseño  
BATALLA DE JUNÍN S.A.C.

Ing. Evelyn Cerron del Castillo.  
Ingeniera de Diseño CIP N° 225803  
BATALLA DE JUNÍN S.A.C.

comercial@anclajesjunin.com

+51 951694750

www.anclajesjunin.com

BJC 20-0218



**BATALLA DE JUNÍN**

INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES



**ÁREA DE  
INGENIERÍA**

## CONSTANCIA

Otorgada a:

# JORGE RICARDO TOVAR ZEVALLOS

Por su participación en la capacitación sobre Anclajes llevada a cabo en el mes de marzo del 2020.

Se expide el presente para los fines que se estime conveniente.

Lima, mayo del 2020.

Manuel Pachas.  
Gerente General  
BATALLA DE JUNÍN S.A.C.

Ing. Diana Camayo.  
Ingeniera de Diseño  
BATALLA DE JUNÍN S.A.C.

Ing. Evelyn Cerron del Castillo.  
Ingeniera de Diseño CIP N° 225803  
BATALLA DE JUNÍN S.A.C.

comercial@anclajesjunin.com


+51 951694750

www.anclajesjunin.com

BJC 20-0214

## Anexo 6

### Hoja técnica de aditivos Chema Estruct



Hoja Técnica

# CHEMA ESTRUCT

Aditivo acelerante de fragua para concreto armado  
Sin cloruros.

VERSION: 01  
FECHA: 05/09/2017

---

**DESCRIPCIÓN**      **CHEMA ESTRUCT** es un aditivo acelerante de fragua para concreto armado, efectivo para disminuir el tiempo de fraguado y ganar resistencias tempranas del concreto. Es ideal para uso con cementos Portland tipo I y tipo V, puzolánicos, etc.

Además, actúa como un anticongelante e inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo. Producto libre de cloruros. Cumple con la norma ASTM C-494 tipo C.

---

**VENTAJAS**

- Acelera las resistencias iniciales en el concreto, ahorrándose tiempo de espera.
- Permite una rápida puesta en servicio.
- Al ser anticongelante evita que los morteros y concretos sufran daños debido a los ciclos hielo-deshielo.
- Actúa como inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo, ideal para concreto armado.
- Reduce los costos de construcción al reducir los tiempos de espera.
- Es compatible con los aditivos plastificantes de la marca CHEMA.

---

**USOS**

- Para desencofrar en menor tiempo estructuras de concreto armado. A 3 días se puede obtener lo que normalmente se gana en 7 días sin el uso de CHEMA ESTRUCT.
- En vaciados de concreto a baja temperatura o donde se espera una helada; evitará el congelamiento del concreto y fraguará en la mitad del tiempo.
- En terrenos con nivel freático superficial.
- Para elementos de concreto pre fabricados.
- Para morteros de inyección.
- Para morteros de anclaje con altas resistencias mecánicas.
- Para vaciados en zonas con aguas subterráneas, superficiales, para vaciados de concreto estructural y convencional y vaciados donde se requiere una rápida puesta en servicio.

---

**DATOS TÉCNICOS**

- Aspecto	: Líquido.
- Color	: Amarillento.
- Olor	: Inodoro.
- Densidad	: 1.30 – 1.34kg/L.
- pH	: 9.0 – 11.0
- VOC	: 0 g/L.

---

**PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO**

Se recomienda realizar pruebas a pequeña escala para determinar la dosis exacta para el uso en particular. La dosis varía por influencia de los componentes del cemento, el diseño y las condiciones ambientales de la zona.

Mezclar el **CHEMA ESTRUCT** en el agua de amasado al momento en que prepare la mezcla. Por ningún motivo añada sobre la mezcla seca

Se recomienda realizar ensayos previos si se realizan combinaciones de varios de nuestros productos.

**SECCION I IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA**

Nombre del producto : CHEMA ESTRUCT  
Fabricante/distribuidor : IMPORTADORA TECNICA INDUSTRIAL Y COMERCIAL S.A.  
Dirección : Av. Industrial 765  
Ciudad-País : Lima-Perú  
Código postal : Lima 1  
Teléfono : (511) 336-8407  
Fax : (511)336-8408  
Teléfono de emergencias : CETOX: 2732318 / 999012933  
Fecha de elaboración : 05/09/2017

**SECCION II COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES**

Composición general: Solución acuosa de sales alcalinas.

Componentes Peligrosos	Núm. CAS N° EINECS/ELINCS	Símb. Peligro	Riegos (Frases R)	Frases S
Metanoato de sodio	141-53-7	Xi,	R36/37/38	S36/37/39
Dioxonitrato (III) de Sodio	7632-00-0	Xi	R8, 25, 50	S45, 61
2,2',2''-Nitrilotrietanol	102-71-6	----	R36	S26

**SECCION III IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS**

Símbolo de Identificación de los peligros

Xi Irritante



Los peligros también se pueden asociar a los efectos potenciales a la salud:

Contacto con los ojos : Puede causar irritación.  
Contacto con la Piel : Puede causar irritación  
Por Inhalación : La inhalación de los vapores puede causar irritación.  
Por Ingestión : Es tóxico por ingestión.

**SECCION IV PRIMEROS AUXILIOS**

Indicaciones generales : Inmediatamente retirar la ropa con salpicaduras del producto. Proveer al médico la hoja de seguridad.  
Inhalación : Trasladar a la persona a un lugar fresco y bien ventilado. Si hay dificultades en la respiración obtener atención médica inmediata.  
Contacto con la piel : Lavar con abundante agua y jabón, enjuagar con abundante agua.  
Contacto con los ojos : Lavar con abundante agua por 15 minutos manteniendo los párpados abiertos. En caso de irritación, pedir atención médica inmediata.  
Ingestión : No inducir al vómito. Obtener atención médica de inmediato.