

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**PROPIEDADES DE CONSISTENCIA Y RESISTENCIA DE DISEÑO DEL
CONCRETO A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO EN FUNCIÓN AL
AGUA Y EL TIEMPO**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR
BACH. MUÑOZ CELIS DAVIS RAFAEL
BACH. VELASCO GIRALDO ENRIQUE ANTONIO

ASESORA: MG. ING. CHAVARRÍA REYES LILIANA JANET

LIMA - PERÚ
AÑO: 2018

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, la cual fue el motor para lograr mis objetivos y así poder hacerla feliz y a Dios que me permite mejorar como persona y profesional día a día.

Davis Rafael Muñoz Celis

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi familia y amigos por su apoyo constante y confianza para desarrollarme en mi profesión. A mis padres, por mantenerme fuerte en mis convicciones y objetivos profesionales.

Enrique Antonio Velasco Giraldo

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres por ser los principales responsables de nuestra educación, por mostrarnos el camino, por levantarnos en el fracaso y acompañarnos en el éxito, por ese amor que solo ellos saben brindarnos.

A nuestra familia por sus palabras de aliento, por creer en nosotros y en nuestra capacidad que nos motivó a superar obstáculos.

A la Universidad Ricardo Palma por brindarnos las herramientas necesarias para crecer con una cultura de valores, ser mejores profesionales y aportar al desarrollo nuestro país.

A nuestra asesora, por confiar en nosotros, guiarnos y darnos su apoyo en todo momento.

Por último, a la empresa HORMIX S.A. por brindarnos su apoyo y respaldo en todo momento para la información oportuna.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación e importancia de la investigación.....	4
1.5 Limitaciones de la investigación.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes de la investigación.....	6
2.1.1. En el ámbito nacional:.....	6
2.1.2. En el ámbito internacional.....	7
2.2. Bases teóricas.....	7
2.2.1. Concreto.....	7
2.2.2. Componentes del concreto.....	7
2.3. Concretos especiales.....	12
2.3.1. Concreto premezclado.....	12
2.3.2. Concreto bombeado.....	13
2.4. Manejabilidad del concreto.....	14
2.4.1. Factores que influyen en la manejabilidad.....	15
2.4.2. Fluidez de la pasta.....	17
2.4.3. Ensayos del concreto fresco.....	17
2.5. Definición de términos básicos.....	21

5.2.2. Módulo de finura.....	47
5.2.3. Peso unitario.....	47
5.2.4. Peso específico y absorción	51
5.2.5. Contenido de humedad	55
5.2.6. Material que pasa la malla #200	56
5.3. Diseño de mezcla.....	57
5.4. Características de los materiales.....	58
5.4.1. Dosificación de los materiales	59
5.5. Ensayos de concreto en estado fresco	63
5.5.1. Elaboración de especímenes de concreto.....	63
5.5.2. Asentamiento de la mezcla de concreto (NTP 339.035).....	64
5.6. Ensayos de concreto en estado endurecido	67
5.6.1. Resistencia a la compresión (NTP 339.034).....	67
5.7. Desarrollo de modelo matemático.....	78
5.7.1. Definición de variables	81
CAPÍTULO VI: CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	89
6.1. Análisis estadístico	89
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXOS.....	100
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	100
Anexo 2: Certificado de calidad del cemento.....	101
Anexo 3: Ficha técnica del aditivo polifuncional	103
Anexo 4: Certificado de laboratorio.....	105
Anexo 5: Certificado de calibración de la maquina de compresión axial electro- hidráulica digital.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vaciado por bombeo de concreto premezclado	13
Figura 2: Cono de Abrams.....	19
Figura 3: Instalaciones Hormix.....	57
Figura 4: Cantera Yerbabuena	59
Figura 5: Proceso de mezclado del concreto	61
Figura 6: Mezcla de concreto.....	61
Figura 7: Elaboración de probetas de concreto.....	63
Figura 8: Elaboración de probetas de concreto.....	64
Figura 9: Elaboración de probetas	64
Figura 10: Asentamiento a los 0 minutos	65
Figura 11: Adición de agua.....	65
Figura 12: Asentamiento a los 60 minutos	65
Figura 13: Asentamiento con adición de agua.....	65
Figura 14: Asentamiento a los 90 minutos	65
Figura 15: Rotura de probetas.....	65
Figura 16: Grafico de perdida de asentamiento	66
Figura 17: Gráfico de recuperación de asentamiento mediante la adición de agua en el tiempo	67
Figura 18: Evolución de la resistencia a la compresión patrón	74
Figura 19: Evolución de la resistencia a la compresión con adición de agua a los 30 minutos	75
Figura 20: Evolución de la resistencia a la compresión con adición de agua a los 60 minutos	76
Figura 21: Evolución de la resistencia a la compresión con adición de agua a los 90 minutos	77
Figura 22: Resistencia a la compresión promedio	78
Figura 23: Gráfico de la variación del slump respecto al agua.....	80
Figura 24: Valores acumulados del slump incrementando agua	83
Figura 25: Gráfico Agua vs Slump	84
Figura 26: Gráfico de Agua vs Resistencia	85
Figura 27: Modelo matemático.....	87
Figura 28: Gráfico de distribución Normal.....	90

Figura 30: Correlación de Pearson agua vs resistencia.....	93
Figura 31: Correlación de Pearson tiempo vs slump.	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requisitos para el agua de mezcla	9
Tabla 2: Propiedades del Aditivo Polifuncional para concreto	11
Tabla 3: Número de capas por espécimen	20
Tabla 4: Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldear especímenes de prueba	20
Tabla 5: Operacionalización de variables	23
Tabla 6: Muestras para ensayo de compresión	25
Tabla 7: Límites granulométricos del agregado fino	27
Tabla 8: Análisis granulométrico del agregado fino – Muestra EF1	28
Tabla 9: Análisis granulométrico del agregado fino – Muestra EF2	29
Tabla 10: Análisis granulométrico del agregado fino – Muestra EF3	30
Tabla 11: Módulo de finura del agregado fino – Promedio.....	31
Tabla 12: Peso unitario del agregado fino – Muestra EF1	33
Tabla 13: Peso unitario del agregado fino – Muestra AF2	34
Tabla 14: Peso unitario del agregado fino – Muestra AF3	35
Tabla 15: Peso unitario del agregado fino – Promedio	35
Tabla 16: Peso específico y absorción fino – Muestra EF1.....	37
Tabla 17: Peso específico y absorción fino – Muestra EF2.....	38
Tabla 18: Peso específico y absorción fino – Muestra EF3.....	39
Tabla 19: Resumen del peso específico y absorción del agregado fino - Promedio	40
Tabla 20: Resumen contenido de humedad del agregado fino-Muestra EF1, EF2, EF3	40
Tabla 21: Contenido de humedad del agregado fino-Promedio	41
Tabla 22: Material que pasa por la malla #200 – Muestras EF1, EF2 y EF3	42
Tabla 23: Material que pasa por la malla #200 del agregado fino - Promedio.....	42
Tabla 24: Requerimientos de Granulometría del agregado grueso.....	43
Tabla 25: Análisis granulométrico del agregado grueso – Muestra EG1	44
Tabla 26: Análisis granulométrico del agregado grueso – Muestra EG2	45
Tabla 27: Análisis granulométrico del agregado grueso – Muestra EG3	46
Tabla 28: Módulo de finura agregado grueso - Promedio	47
Tabla 29: Peso unitario del agregado grueso – Muestra AG1	48
Tabla 30: Peso unitario del agregado grueso – Muestra AG2	49

Tabla 31: Peso unitario del agregado grueso – Muestra AG3	50
Tabla 32: Peso unitario del agregado grueso – Promedio	50
Tabla 33: Peso específico y absorción grueso – Muestra EG1.....	52
Tabla 34: Peso específico y absorción grueso – Muestra EG2.....	53
Tabla 35: Peso específico y absorción grueso – Muestra EG3.....	54
Tabla 36: Resumen peso específico y absorción grueso – Promedio	55
Tabla 37: Contenido de humedad del agregado grueso – EG1, EG2, EG3.....	55
Tabla 38: Contenido de humedad del agregado grueso - Promedio	56
Tabla 39: Material que pasa la malla #200 del agregado grueso – EG1, EG2 y EG3....	56
Tabla 40: Material que pasa la malla #200 del agregado grueso – Muestra Promedio ..	57
Tabla 41: Características del cemento	58
Tabla 42: Características del agregado fino.....	58
Tabla 43: Características del agregado grueso	59
Tabla 44: Características del agua	59
Tabla 45: Dosificación inicial para diseño patrón	60
Tabla 46: Dosificación final para el diseño patrón	60
Tabla 47: Dosificación de los materiales para 0.025 m ³	60
Tabla 48: Diseño de mezcla.....	62
Tabla 49: Seguimiento de ensayo de pérdida de asentamiento	66
Tabla 50: Pérdida de asentamiento y recuperación mediante la adición de agua.....	67
Tabla 51: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.70....	68
Tabla 52: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.75... 68	
Tabla 53: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.80... 69	
Tabla 54: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.85... 69	
Tabla 55: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.70... 70	
Tabla 56: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.75... 70	
Tabla 57: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.80... 71	
Tabla 58: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.85... 71	
Tabla 59: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.70... 72	
Tabla 60: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.75.... 72	
Tabla 61: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.80.... 73	
Tabla 62: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.85... 73	
Tabla 63: Muestras de resistencia (kg/cm ²) - Patrón	74

Tabla 64: Muestras de resistencia (kg/cm ²) – 30 minutos	75
Tabla 65: Muestras de resistencia (kg/cm ²) – 60 minutos	76
Tabla 66: Muestras de resistencia (kg/cm ²) – 90 minutos	77
Tabla 67: Slump patrón.....	79
Tabla 68: Slump con adición de agua	79
Tabla 69: Variación de Slump con adición de agua en el tiempo.....	79
Tabla 70: Corrección de la cantidad de agua respecto al tiempo.....	81
Tabla 71: Variación del slump respecto al tiempo	81
Tabla 72: Definición de variables	81
Tabla 73: Slump con adición de agua	82
Tabla 74: Slump patrón sin adición de agua.....	82
Tabla 75: Incremento de slump por cada tiempo.....	82
Tabla 76: Valores acumulados del slump incrementando agua.....	82
Tabla 77: Agua vs Slump.....	84
Tabla 78: Agua vs Resistencia.....	85
Tabla 79: Resultados - Despejando variables	86
Tabla 80: Cuadro de resumen de resultados	88
Tabla 81: Tabla de distribución Normal	89
Tabla 82: Resultados estadísticos	89
Tabla 83: Estadísticos descriptivos agua vs resistencia.....	91
Tabla 84: Correlaciones agua vs resistencia.	91
Tabla 85: Variables entradas agua vs resistencia.....	91
Tabla 86: Resumen del modelo agua vs resistencia.	92
Tabla 87: ANOVA.....	92
Tabla 88: Coeficientes agua vs resistencia.	92
Tabla 89: Datos de regresión tiempo vs slump.....	93
Tabla 90: Resumen de datos de regresión tiempo vs slump.	94
Tabla 91: Estadísticos descriptivos tiempo vs slump.	94
Tabla 92: Correlaciones tiempo vs slump.....	94
Tabla 93: Variables entradas tiempo vs slump.	95
Tabla 94: Resumen del modelo tiempo vs slump.	95
Tabla 95: ANOVA.....	95
Tabla 96: Coeficientes regresión tiempo vs slump.	95

RESUMEN

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo y experimental, que responde al problema ocasionado por las pérdidas de asentamiento del concreto por demoras circunstanciales en obra o excesos de tiempo en el vaciado de concreto, para resolverlo se planteó como objetivo la obtención de un modelo matemático que estime el comportamiento del concreto en estado endurecido con respecto a la adición de agua en estado fresco. Para este estudio se eligió el diseño de mezcla convencional de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de la empresa de concreto premezclado HORMIX SAC con la cual abastece la demanda en la zona Lima Norte, para los ensayos se utilizó cemento Quisqueya Tipo I Estructural, agregados de la Cantera Yerbabuena y aditivo Sika TM-40 tal y como es en la producción industrial, en total se tomaron 6 muestras del diseño de mezcla, se realizó 46 ensayos de asentamiento y 144 ensayos de resistencia a la compresión. Se hicieron adiciones de agua para 30, 60 y 90 minutos, a través de ensayos se estimó la cantidad de agua adicional para mantener el asentamiento y se relacionaron con los ensayos de resistencia a la compresión, que se plasmaron en un modelo matemático, resolviendo en que rangos la adición de agua recupera el asentamiento solicitado o aceptable y como se ve comprometida la resistencia de diseño, se obtuvo los resultados en los cuales las resistencias con adición de agua a los 90 minutos se encuentran por debajo de la resistencia de diseño.

Palabras Clave: Modelo matemático, Resistencia, Asentamiento, Adición de agua.

ABSTRACT

This research had a quantitative and experimental approach, which responds to a problem caused by the consequences of the settlement of concrete by the circumstances in the work or time in the vacuum of the concrete, to solve the problem as the objective of obtaining of a mathematical model that estimates the behavior of concrete in the state. For this study, the design of conventional mix of strength $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ of the ready-mix concrete company HORMIX SAC was chosen with the service of attention to the demand in the Lima North zone, for the tests the maintenance has been carried out of the structure Quisqueya Type I Structural, aggregates of the Yerbabuena quarry and additive Sika TM-40, as it is in the industrial production, in total 6 samples of the design of the mixture were taken, 46 settlement tests and 144 tests of resistance. Water additions were made for 30, 60 and 90 minutes, through the tests the amount of additional water was estimated for the settlement and the relationship with the compression resistance tests, which were shaped in a mathematical model, resolving in which ranges the addition of water recovers the settlement is accepted and the resistance of the design is accepted, the results are obtained in which the resistance with the water supply at 90 minutes is below the resistance of the design.

Keywords: Mathematical model, Resistance, Settlement, Addition of water.

INTRODUCCIÓN

La concretera Hormix S.A., actualmente viene abasteciendo concreto premezclado en obras privadas en diferentes zonas del territorio peruano, siendo una de ellas el concreto premezclado, “concreto convencional resistencia $f'c$ 210 kg/cm² Huso 67 ASTM = $\frac{3}{4}$ Asentamiento de diseño 5 ± 1 ". Dicho concreto será estudiado en la presente tesis. El sistema de control sobre el asentamiento en la actualidad es empírico, es por ello que se pretende implementar un modelo matemático que estime el comportamiento del concreto en estado endurecido, por la necesidad que se tiene de adicionar agua al concreto en estado fresco con la intención de mejorar el asentamiento, problema que se viene suscitando en la actualidad debido al bajo o nulo control de calidad que se tiene en las obras de autoconstrucción en Lima, ya sea la mala preparación de encofrado por mano de obra no calificada o deficiente programación por falta de profesionales en campo, las demoras en el vaciado son comunes bajo estas circunstancias, teniendo en cuenta por norma que el productor de concreto premezclado solo garantiza la calidad del producto por 30 minutos después del arribo a obra, los encargados de obra solicitan la adición de agua al “tanteo” bajo su responsabilidad para recuperar el asentamiento del concreto y así facilitar su colocación, este caso nos lleva al estudio de la presente investigación para conocer de manera específica la cantidad de agua que se necesita para recuperar el asentamiento y en qué medida se ve reducida su resistencia final.

En el capítulo 1 se realizó la descripción de la investigación, presentando la descripción de la problemática y justificación de la tesis, la formulación del problema, la limitación y viabilidad de la investigación. Ahí se detalla la problemática por la cual se originó la tesis. También se desarrollaron los objetivos de la investigación, como objetivo principal se planteó realizar el diseño de concreto usando las dosificaciones y materiales que se usa actualmente en la producción industrial de la empresa HORMIX para determinar los parámetros a usar en el modelo matemático. Los objetivos secundarios fueron determinar los rangos en los que la adición de agua permite mantener la resistencia de diseño y cómo se comporta el asentamiento del concreto a dichas adiciones.

En el capítulo 2 se desarrolló el marco teórico, en el cual se hizo la recopilación bibliográfica en la que se basa la investigación. Se presentaron los antecedentes de la

investigación y las bases teóricas que sirvieron para realizar las definiciones conceptuales y posteriormente el sistema de hipótesis en el capítulo 3.

En el capítulo 4 se realizó el diseño metodológico, en donde se definió el diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas de recolección de datos, las técnicas para el procesamiento del análisis de datos, el cuadro de operacionalización de variables y el cronograma y presupuesto de la tesis.

En el capítulo 5 se realizó la presentación de resultados, este capítulo está dividido en tres partes las cuales se detallan a continuación:

Análisis e interpretación de los resultados el cual está comprendido por las propiedades de agregado fino y por las del agregado grueso, obtenidas por medio de ensayos normalizados y el diseño de mezcla del concreto.

Resultados de la investigación, se desarrollaron los ensayos del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido y se elaboraron gráficos y tablas con los resultados obtenidos.

Contrastación de hipótesis, se realizó la validación estadística de las hipótesis planteadas en la tesis.

En el capítulo 6 se presenta la contrastación de la hipótesis, las conclusiones, recomendaciones para futuras investigaciones y bibliografía.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Las concretas a través de controles de calidad establecen diseños de mezcla optimizados con factores de seguridad según las normas vigentes, lo que proporciona que la resistencia requerida sea mayor que la resistencia de diseño. Ese margen permite asegurar la resistencia de diseño ante eventuales imprevistos que afecten de manera adversa al concreto.

Cuando el concreto llega a la obra y surgen inconvenientes que demoran el vaciado se va perdiendo la consistencia de este, lo que afecta la correcta colocación del concreto por lo cual en muchos casos optan por añadir agua al concreto para aportarle plasticidad hasta un nivel aceptable o especificado. Esto puede hacerse cuando el concreto llega al lugar de trabajo siempre y cuando no se exceda el revenimiento especificado y/o la relación agua/cemento.

En nuestro país este caso es muy común, la mayoría de los maestros de obra piden añadir agua para mejorar el asentamiento y obtener mayor trabajabilidad en el concreto. Sin embargo, esta adición se hace sin ningún criterio y mediante el ensayo prueba y error, se inspecciona la apariencia para detener la adición. Esta práctica normalmente excede el asentamiento deseado y/o la relación agua/cemento sin tener la seguridad de como esta última se ha incrementado.

Existen estudios que demuestran que la adición de agua en obra perjudica directamente la resistencia, por ello la necesidad de investigar esa disminución a manera de conocer cómo se comporta el concreto endurecido y en que circunstancia se ve vulnerada la resistencia de diseño.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida un modelo matemático puede estimar la influencia de la adición de agua en el asentamiento y la resistencia de diseño?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la cantidad de agua que se debe adicionar al concreto premezclado para recuperar el asentamiento y no afectar la resistencia de diseño del concreto?
- b) ¿En qué medida el tiempo afectara el asentamiento del concreto premezclado?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un modelo matemático que estime la cantidad de agua que se debe adicionar al concreto en estado fresco, a fin de obtener el asentamiento y la resistencia de diseño, mediante ensayos de laboratorio de concreto en estado fresco y endurecido, desarrollando gráficos en una hoja de cálculo.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Estimar la cantidad de agua que se puede adicionar al concreto premezclado para mantener la resistencia de diseño dentro de los parámetros permitidos.
- b) Determinar la influencia del tiempo en el asentamiento del concreto premezclado.

1.4 Justificación e importancia de la investigación

En nuestro país la mayoría de las viviendas son construidas por maestros de obra o albañiles que no son conscientes de los temas técnicos del cuidado del concreto, por ello es “normal” que pidan la adición de agua en obra del concreto premezclado sin tomar en cuenta que este reduce significativamente su resistencia, es por ello por lo que se encuentra una necesidad de prevenir esta reducción de resistencia buscando las cantidades y tiempos menos críticos en la vida útil del concreto fresco. Ello nos permitirá estimar la reducción en función de ciertas variables como el tiempo y agua. Esta investigación recolecta información sobre el comportamiento en estado fresco y endurecido del concreto, bajo condiciones de relaciones agua/cemento que sobrepasan las propias del diseño de mezcla, analiza resultados de sus parámetros para formular un modelo matemático que nos permite estimar el costo que genera recuperar el asentamiento en estado fresco, en la resistencia del concreto endurecido.

Así tener la seguridad de que nuestro concreto no está significativamente mermado o en qué casos si está comprometido en su resistencia de diseño.

1.5 Limitaciones de la investigación

La presente investigación se realizó en Lima metropolitana, no existen estudios que relacionen el tiempo, asentamiento, agua y resistencia en un modelo. Los materiales utilizados para los agregados fueron de canteras ubicadas en la zona de Lima norte, que suministran a la empresa Hormix, se utilizó aditivo polifuncional para concreto SIKA TM-40, el tipo de cemento utilizado fue Quisqueya tipo I estructural y es fabricado en base a la norma ASTM C150. Los ensayos se realizaron bajo temperaturas ambientales que oscilan entre 17°C – 22 °C. El tiempo de elaboración de la investigación tuvo un periodo de 6 meses.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Durante el transcurso del tiempo se han registrado estudios con enfoques diferentes referidos al presente tema de investigación. En el ámbito internacional existen estudios de la relación directa que tiene agua de mezcla con la resistencia del concreto, estos estudios se hacen de manera local dadas las diversas variables que existen en sus resultados. No existe una metodología propuesta para determinar la influencia que tiene el agua en la resistencia, sin embargo, existen indicadores que permiten su cálculo.

2.1.1. En el ámbito nacional:

(Tufino Santiago, 2009) En su investigación plantea:

Realizar ensayos a la compresión y verificar la veracidad de los resultados que se encuentran en libros, revistas y otros medios que no tienen ninguna validación por la NTP (Norma Técnica Peruana), el procedimiento consistió en elaborar mezclas de concreto de 5 relaciones a/c diferentes, utilizando cemento portland Tipo I con agregados según indica la Norma Técnica Peruana, concluyendo de los ensayos a compresión que a menor relación a/c, mayor será la resistencia a la compresión. (p.8)

(Huarcaya Garzon, 2014) Presenta su investigación y tiene como objetivo:

El diseño de concreto que mantenga su fluidez por varias horas, incrementando el tiempo de trabajabilidad y también se estudió el comportamiento del asentamiento del concreto usando el aditivo polifuncional para concreto (Sikament 290N) y el aditivo superplastificante de alto desempeño y retenedor de trabajabilidad para concreto (Viscoflow 20E) respondiendo al problema de actualidad; ya que en la industria de la construcción existen megaproyectos, por lo que los requerimientos son cada vez mayores, por ello que son necesarios la utilización de concretos con mayor trabajabilidad y manteniendo la fluidez por muchas horas con el objetivo de poder transportar, colocar y compactar correctamente al concreto.(p.23)

2.1.2. En el ámbito internacional

(Orbe Pinchao & Zúñiga Morales, 2013). Su tesis tiene como objetivo principal “reducir los costos de producción mediante la optimización del recurso cementos en hormigones estándar, los que fueron diseñados mediante el código ACI, obteniéndose resistencias que sobrepasaron las requeridas dejando un rango de seguridad muy amplio”. (p. 5)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto

(Pasquel Carbajal, 1998) Define al concreto como:

El concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

De esta definición se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original.

En consecuencia, para poder dominar el uso de este material, hay que conocer no sólo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de los componentes y su interrelación, ya que son en primera instancia los que le confieren su particularidad. (p. 11)

2.2.2. Componentes del concreto

(Pasquel Carbajal, 1998). Menciona que el cemento portland es un componente del concreto y lo define como:

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera que obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

El nombre proviene de la similitud en apariencia y el efecto publicitario que pretendió darle en el año 1824 Joseph Apsdin un constructor inglés, al patentar un proceso de calcinación de caliza arcillosa que producía un cemento que al

hidratarse adquiriría según él, la misma resistencia que la piedra de la isla de Portland cerca del puerto de Dorset.

Es en 1845 cuando se desarrolla el procedimiento industrial del cemento Portland moderno que con algunas variantes persiste hasta nuestros días y que consiste en moler rocas calcáreas con rocas arcillosas en cierta composición y someter este polo a temperaturas sobre los 1300 °C produciéndose lo que se denomina el Clinker, constituido por bolas endurecidas de diferentes diámetros, que finalmente se muelen añadiéndoseles yeso para tener como producto definitivo un polvo sumamente fino. (p. 17)

(Torres Carrillo, 2004). Define a los agregados como:

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial. Los agregados en la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupa entre el 62% y 78% de la unidad cubil del concreto.

La estructura interna del concreto es la que establece su comportamiento resistente, debido en gran parte a la capacidad de la pasta para adherirse a los agregados, y soporte mecánico propiciado por el acomodo de las partículas inertes y sus características propias; es decir, que el resultado del comportamiento se debe a la conjunción de ambos.

La estructura del concreto no es homogénea, y en consecuencia no es isotrópica, es decir no mantiene las mismas propiedades en diferentes direcciones. Esto se debe principalmente a los diferentes materiales que intervienen, su variabilidad individual, así como al proceso de elaboración, en que durante la etapa en que la pasta es plástica, se posibilita el acomodo aleatorio de los diferentes componentes hasta su ubicación definitiva al endurecer. (p. 20)

(Torres Carrillo, 2004). Define que el agua es parte del concreto y lo define como:

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo, algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades.

El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este material interviene en la reacción química

con el material cementante (cemento) para lograr la formación de gel; se define como gel a la parte sólida de la pasta la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

En su estructura el gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas el conjunto de las cuales forman una red eslabonada que contiene material amorfo. El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto especialmente en sus resistencias mecánicas y en su módulo de elasticidad.

Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen cerca del 75% del peso del cemento Portland, reaccionan con el agua para formar dos nuevos compuestos: el hidróxido de calcio y el hidrato de silicato de calcio. Este último es el componente cementante más importante en el concreto. Las propiedades ingenieriles del concreto, fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional - principalmente depende del gel del hidrato de silicato de calcio. Es la médula del concreto.

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va. a emplearse.

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites mostrados en la Tabla N°1.

Tabla 1: Requisitos para el agua de mezcla

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaCHO ₃)	1000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1000	ppm	Máximo
PH	5 a 8	ppm	Máximo

Fuente: Curso básico de tecnologías del concreto (p.21)

(Torres Carrillo, 2004). Define a los aditivos como:

Un aditivo es definido, tanto por el Comité 116R del ACI como por la Norma ASTM C 125, como “un material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”.

Nuestra Norma técnica peruana NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades (p. 22)

Aditivo polifuncional para concreto:

Plastiment TM-40 es un aditivo para concretos que puede ser empleado como plastificante, superplastificante y mantensor de trabajabilidad de mezclas de concreto según la dosificación utilizada, cuyas características se describen en la Tabla N°2

Muy adecuado para plantas de concreto al obtener con un único aditivo tres efectos diferentes solo con la variación de la proporción de este. Plastiment TM-40 no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

Tabla 2: Propiedades del Aditivo Polifuncional para concreto

PROPIEDADES			
NOMBRE	PLASTIMENT TM-40		
TIPO	ADITIVO POLIFUNCIONAL PARA CONCRETO		
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> - Facilita los vaciados en encofrados difíciles. - Aumento de las resistencias mecánicas en todas sus edades. - Mayor adherencia a las armaduras. - Permite reducir agua de la mezcla, para lograr concretos fluidos, dependiendo de la dosis y el tipo de cemento). - Incrementa considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto. - Proporciona una gran trabajabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejeras. - No mancha el concreto. - Ofrece concreto de alta fluidez. 		
USOS	<p>Plastiment TM-40 está particularmente indicado para:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Todo tipo de concretos en especial los fabricados en plantas concretoras, con la ventaja de poder utilizarse como plastificante, superplastificante y mantensor de trabajabilidad del concreto (dependiendo de la aplicación). - En concretos bombeados, porque permite obtener consistencias adecuadas sin aumentar la relación agua/cemento. - Se usa para hacer entregas de concreto a sitios distantes de la planta de concreto premezclado, no retardando el tiempo de fraguado del concreto. - Puede ser usado en zonas con diferentes tipos de clima. - Para elementos con alta cuantía de acero de refuerzo. - Para encofrados dificultosos por su forma. 		
DATOS TÉCNICOS	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Densidad : 1.21 +/- 0.02</td> <td style="width: 50%;">Apariencia : Pardo Oscuro</td> </tr> </table>	Densidad : 1.21 +/- 0.02	Apariencia : Pardo Oscuro
Densidad : 1.21 +/- 0.02	Apariencia : Pardo Oscuro		
DOSIFICACIÓN RECOMENDADA	<ul style="list-style-type: none"> - Como plastificante: del 0.4% al 0.6% del peso del cemento. - Como superplastificante: del 0.7% al 1.1% del peso del cemento - Como mantensor de trabajabilidad: del 0.4% al 1.0% del peso del cemento. 		
DOSIFICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Como Plastificante y superplastificante: Debe incorporarse junto con el agua de amasado y mezclarse el tiempo suficiente para lograr uniformizar el concreto. - Como Mantensor de trabajabilidad: Al combinarse con un aditivo superplastificante tipo F puede mejorar considerablemente la trabajabilidad de la mezcla en el tiempo ya sea en lugares cálidos o fríos sin efectos negativos sobre el tiempo de fraguado del concreto. 		

Fuente: Elaboración propia

2.3. Concretos especiales

El concreto preparado con cemento Portland, agua y agregados, tiene uso como material de construcción debido a sus características favorables. Pero algunas veces resulta difícil hacer uso adecuado de estas propiedades, por ejemplo, en el momento de su colocación, ya sea por el rápido o lento endurecimiento o por la consistencia de la mezcla, etc. Para resolver estos problemas se han implementado o adaptado procesos constructivos, o adecuado concretos adicionado aditivos o sustancias que modifican algunas de las propiedades de la mezcla; por lo antes mencionado puede ésta clase de hormigón recibir un nombre particular.

2.3.1. Concreto premezclado

Si en lugar de mezclar y dosificar el concreto en la obra, una planta central lo entrega listo para su colocación, se dice que este hormigón es "concreto premezclado".

Este tipo de concreto es usado ampliamente debido a sus numerosas ventajas en comparación con el método tradicional de preparación en obra. El concreto premezclado es particularmente útil en obras que están congestionadas o en la construcción de vías donde solo se disponga de un espacio pequeño para tener una planta mezcladora y almacenar los agregados. Sin embargo, la ventaja principal del concreto premezclado consiste en que este hormigón puede hacerse condiciones controladas.

El proceso de producción y entrega del concreto premezclado inicia en el mezclado que hace en una planta central para luego transportar el concreto en un camión (mixer) como se aprecia en la figura 1, que lo agita lentamente, a fin de evitar la segregación y un indebido endurecimiento; este concreto se conoce como de mezclado central.

(Rivera López, 2016). También existe la producción de concreto mezclado en tránsito o concreto mezclado en el camión; aquí los materiales se dosifican en una planta central pero se mezclan en el vehículo mezclador (mixer), ya sea durante el recorrido o en la obra inmediatamente antes de descargar el concreto. El mezclado en tránsito permite un recorrido más largo y es menos vulnerable en caso de retraso, pero la capacidad del vehículo mezclador (mixer) es de solamente las 3/4 partes que si el camión se usara para agitar

el concreto premezclado. Algunas veces el concreto se mezcla parcialmente en la planta central y el mezclado se complementa en la vía, a fin de aumentar la capacidad del vehículo.

El proceso de agitar difiere del de mezclar únicamente en la velocidad de rotación de la mezcladora, la velocidad de agitación, en los mixer, esta entre 2 y 6 revoluciones por minuto mientras que la velocidad de mezclado puede variar de 4 a 16 revoluciones por minuto. (p. 256-258)

En la figura N°1 se muestra un vaciado de concreto premezclado.



Figura 1: Vaciado por bombeo de concreto premezclado

Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Concreto bombeado

(Rivera López, 2016). El concreto normal, mezclado, se vierte en una tolva y con ayuda de una bomba con válvulas de aspiración y compresión, se impulsa y transporta el concreto por una tubería. La granulometría del agregado debe ser controlada debido a que el concreto confeccionado debe ser dócil (manejable) y pueda retener el agua con el fin de evitar la segregación. El hormigón bombeado evita el empleo de carretillas, vagonetas, grúas, elevadores o cucharones, etc.

Se deben tener cuidados como por ejemplo, cerciorarse que la presión sea suficiente para transportar el hormigón hasta el sitio deseado; se recomienda que la tubería tenga un diámetro mínimo de 3 veces el tamaño

máximo del agregado, la tubería no debe ser de aluminio porque el aluminio reacciona con el cemento generando hidrógeno, este gas introduce vacíos en el concreto endurecido con la consiguiente pérdida de resistencia; la tubería no debe formar ángulos muy agudos porque se puede atascar y se debe tener en cuenta la eficiencia de la bomba porque a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar disminuye la eficiencia de la bomba, reduciéndose la altura hasta la cual puede bombearse. (p. 258)

2.4. Manejabilidad del concreto

(Rivera López, 2016). La manejabilidad es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser mezclado, manejado, transportado, colocado, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o se segregue).

El grado de manejabilidad apropiado para cada estructura, depende del tamaño y forma del elemento que se vaya a construir, de la disposición y tamaño del refuerzo y de los métodos de colocación y compactación. Así por ejemplo, un elemento delgado o muy reforzado necesita una mezcla más fluida que un elemento masivo o poco reforzado.

Un método indirecto para determinar la manejabilidad de una mezcla, consiste en medir su consistencia o fluidez por medio del ensayo de "asentamiento con el cono o slump". Es una prueba que se usa comúnmente en las construcciones de todo el mundo; la prueba no mide la trabajabilidad del concreto, sino que determina la consistencia o fluidez de la mezcla; es muy útil para detectar variaciones en la uniformidad de una mezcla de proporciones determinadas.

El molde para la prueba de asentamiento con el cono o slump es un tronco de cono de 10 cm de diámetro menor, 20 cm de diámetro mayor y 30 cm de altura; el tronco de cono se humedece y se coloca en una superficie rígida, plana, húmeda y no absorbente, con la abertura más pequeña hacia arriba.

Debe tenerse en cuenta que dos mezclas que tengan la misma consistencia no son igualmente manejables. Para que ello sea así, deben tener además el mismo grado de plasticidad. Esta propiedad puede observarse durante el ensayo de asentamiento, al golpear lateralmente el tronco de cono del

concreto fresco con la varilla. Una mezcla plástica se asentará sin cambiar sustancialmente en forma; en cambio, una mezcla poco plástica se derrumbará y se desmenuzará. Por otra parte, mezclas de diferentes consistencias que sean difíciles de derrumbar con la varilla, posiblemente son mezclas ásperas con exceso de agregado grueso. (p.83)

2.4.1. Factores que influyen en la manejabilidad

Los factores que influyen en la manejabilidad de una mezcla son:

a) Gradación del agregado fino

Una arena mal gradada, con exceso o defecto de partículas de un tamaño dado, puede presentar una gran cantidad de espacios vacíos que deben ser llenados con pasta de cemento y agua para que la mezcla sea manejable y no quede porosa. Las recomendaciones más importantes, relacionadas con la gradación de la arena son:

- El agregado fino no debe retener más de un 45% entre dos mallas consecutivas, considerando la serie de tamices números 4, 8, 16, 30, 50 y 100.
- Para que la mezcla sea más manejable, cohesiva, tenga menos agua superficial y presente buena textura para un buen acabado, el agregado fino que se utilice, especialmente en muros delgados con acabado liso, debe tener más de un 15% de partículas que pase por la malla No. 50 (297 μm) y más de un 4% por la malla No. 100 (149 μm).
- Debe evitarse la utilización de arenas muy finas o muy gruesas; con las primeras se obtendrán mezclas que se segregan y con las segundas mezclas ásperas.

b) Gradación del agregado grueso

(Rivera López, 2016). Respecto a la gradación del agregado grueso puede decirse lo mismo que para el agregado fino. Una grava o un triturado mal gradado, presentará exceso de vacíos que deben ser llenados con mortero para que la mezcla sea manejable.

Un concepto diferente sobre la influencia de la granulometría de los agregados en la manejabilidad, resistencia y contenido de cemento de una

mezcla se emplea para dosificar concretos de granulometría discontinua; si se utiliza un agregado grueso de granulometría discontinua (eliminando tamaños intermedios) y un agregado fino en el cual se descartan las partículas más finas, es posible obtener una igual resistencia con un menor contenido de cemento e igual manejabilidad que con unos agregados de granulometría continua.

Tal fenómeno se atribuye al hecho de que las partículas individuales se colocan de tal manera que quedan en contacto unas con otras, los vacíos se llenan con una matriz uniforme y las cargas de compresión son transmitidas especialmente por el contacto directo entre las partículas del agregado grueso y no por el mortero (que es más débil). Este último transmite los esfuerzos de tracción y cizalladura. (p.86)

c) Forma y textura superficial de los agregados

Los agregados gruesos con partículas alargadas, aplanadas, ásperas, rugosas y angulosas exigen una mayor cantidad de mortero en una mezcla que los compuestos por partículas redondeadas y lisas, para conservar una manejabilidad comparable. Para los agregados finos, a su vez, puede hacerse la misma observación, con respecto al contenido de agua o de pasta.

Las principales recomendaciones relacionadas con la forma y textura de los agregados son las siguientes:

- Debe tratar de utilizarse, en lo posible, las arenas naturales en lugar de las obtenidas durante el proceso de trituración de rocas (arenas manufacturadas o trituradas).
- Entre los agregados gruesos especialmente los triturados, deben preferirse los que tienen forma aproximadamente redondeada o cúbica. Puede permitirse un porcentaje moderado de partículas aplanadas o alargadas para que su efecto en la manejabilidad de la mezcla no sea importante (máximo 15%).

d) Cantidades relativas de pasta y agregados.

La manejabilidad del concreto fresco está determinada por el efecto lubricante de la pasta de cemento y agua, el cual está influenciado por la cantidad de pasta con respecto a la de los agregados. Si esta relación tiene un valor alto los

agregados podrán moverse libremente dentro de la masa de concreto. Si la cantidad de pasta se reduce hasta un punto en que no es suficiente para llenar los espacios vacíos y permitir que los agregados "floten", la mezcla se volverá granulosa y áspera.

2.4.2. Fluidéz de la pasta

(Rivera López, 2016) Para una cantidad de pasta y agregados, la plasticidad de la mezcla dependerá de las cantidades relativas de agua y cemento en la pasta. Una pasta con poca agua y mucho cemento será muy rígida, no podrá admitir la adición de los agregados sin llegar a ser enteramente inmanejable. Por el contrario, si el contenido de agua es alto y del cemento es bajo, la pasta puede llegar a ser tan fluida que no es capaz de impedir la segregación de los agregados (especialmente de los tamaños gruesos); los sólidos más pesados se asentarán y el agua se acumulará en la superficie de la mezcla produciendo el fenómeno conocido como exudación.

La pasta fresca es una suspensión, más no una solución de cemento en agua. Mientras más diluida, mayor será el espacio entre las partículas de cemento y entonces más débil será la estructura de la pasta en cualquier estado de hidratación de la misma. Por lo tanto, en mezclas plásticas la resistencia del concreto variará como una función inversa de la relación agua/cemento, la cual es una manera de expresar el grado de dilución de la pasta. (p.87)

2.4.3. Ensayos del concreto fresco

- Toma de muestras del concreto fresco (ASTM C172): Para realizar las muestras a ser usadas en los ensayos de resistencia, se requiere un mínimo de 28lts (0.028m³). Muestras más pequeñas no están prohibidas para ensayos de rutina de contenido de aire, temperatura y revenimiento.

El procedimiento usado en el muestreo debe incluir el uso de toda precaución que permitan obtener muestras que sean realmente representativas de la naturaleza y características del hormigón.

A continuación, se indica el procedimiento indicado por la norma NTP 339.183 Las muestras deberán ser lo más representativas del hormigón objeto de control, para lo que se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

Primero, cuando se trate de mezcladoras fijas o camiones hormigoneros, la muestra debe obtenerse pasando el recipiente de recogida a través de toda la corriente de descarga, o haciendo que dicha corriente vaya a parar al recipiente para obtener el volumen necesario. Debe cuidarse que la velocidad de descarga no sea tan pequeña que pueda producirse la segregación del hormigón.

Segundo, las muestras para los distintos ensayos se tomarán en el intervalo de vertido más o menos a la mitad de la descarga, no al principio ni al final.

Tercero, cuando se trate de hormigoneras de pavimentación o en cualquier tipo de transporte en donde no sea posible tomar las muestras durante la descarga, la muestra se compondrá tomando al azar, al menos, cinco porciones de la descarga completa del hormigón. Las cinco porciones se tomarán distribuidas en el interior de la masa evitando los bordes de la misma y en donde hayan podido producirse segregaciones.

Cuarto, la muestra debe estar protegida del sol, viento y lluvia, debiendo evitarse su desecación. Antes de su utilización para preparar la muestra para el ensayo, se vuelve a mezclar sobre una plancha metálica perfectamente limpia y ligeramente humedecida. El período de tiempo entre la toma de la muestra y su utilización no debe exceder de 15 min.

- Ensayos de consistencia: Los métodos para medir la consistencia del hormigón fresco son numerosos y empíricos. Aunque no existe un método universal, el más comúnmente utilizado (y también el más sencillo) es el Cono de Abrams, para realizar este método se utiliza un molde sin fondo de forma troncocónica, provisto de dos asas para manipularlo, con dimensiones y forma como se muestran en la figura N°2 y se realiza el siguiente procedimiento:

Humedézcase el interior del cono y colóquese sobre una superficie plana, húmeda y no absorbente. La superficie debe ser firme y estar nivelada.

Luego se introduce el hormigón en tres capas, siendo cada una un tercio de la capacidad del molde, varillando cada capa 25 veces, llegando hasta la siguiente capa pero sin atravesarla, distribuyendo el varillado de manera uniforme sobre toda el área. (Tabla N°3). La varilla compactadora estándar será de acero de 16mm de diámetro por 60cm de largo, con uno de sus extremos redondeados para formar una punta hemisférica. (Tabla N°4). No debe emplearse un trozo de acero de refuerzo, úsese la varilla compactadora para eliminar el exceso de

hormigón de la parte superior del cono y límpiase el hormigón derramado alrededor del fondo del cono.

Procédase levantar el cono verticalmente, con lentitud y cuidado. Evítese realizar un movimiento de torsión, sacudir o chocar el cono contra el hormigón. Colóquese el cono de revenimiento sobre la superficie cercana al hormigón revenido, pero de modo que no toque éste; tiéndase la varilla compactadora a través de la parte superior del cono. Mídase la cantidad de revenimiento, desde la parte de abajo de la varilla hasta la parte superior de la muestra revenida, sobre el centro original de la base de esta última.

Finalmente, deséchese este hormigón una vez que se ha medido el asentamiento. No debe utilizarse para hacer los cilindros de prueba.

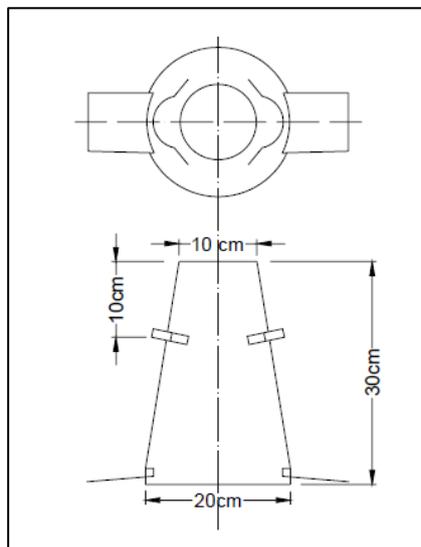


Figura 2: Cono de Abrams

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Número de capas por espécimen

Tipo y tamaño de espécimen mm (Pulg)	Modo de consolidación	Número de capas de aproximadamente igual profundidad
Cilindros		
Diámetro en mm (Pulg)		
75 a 100 (3 o 4)	varillado	2
150 (6)	varillado	3
225 (9)	varillado	4
Hasta de 225 (9)	varillado	2
Prismas y cilindros horizontales para escurrimiento plástico:		
Profundidad en mm (Pulg)		
Hasta 200 (8)	varillado	2
Más de 200 (8)	varillado	3 o más
Hasta 200 (8)	varillado	1
Más de 200 (8)	varillado	2 o más

Fuente: Norma ASTM C143

Tabla 4: Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldear especímenes de prueba

CILINDRO		
Diámetro del cilindro mm (Pulg)	Diámetro de la varilla mm (Pulg)	Número de golpes/capa
75 (3) < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
Área Superficial superior del espécimen cm ² (pulg ²)	Diámetro de la varilla mm (pulg)	Número de golpes/capa
160 (25) o menos	10 (3/8)	25
165 a 310 (26 a 49)	10 (3/8)	Una por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de superficie
320 (50) a más	10 (3/8)	Una por cada 14 cm ² (2 pulg ²) de superficie
CILINDROS HORIZONTALES PARA ESCURRIMIENTO PLASTICO		
Diámetro del cilindro mm (Pulg)	Diámetro de la varilla mm (Pulg)	Número de golpes/capa
150 (6)	16 (5/8)	50 total, 25 a lo largo de ambos lados de eje

Fuente: NTP 339.183

2.5. Definición de términos básicos

a) Concreto: (Mc Corman & Brown, 2011) “El concreto es una mezcla de arena, grava, roca triturada, u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento y agua. En ocasiones, uno o más aditivos se agregan para cambiar ciertas características del concreto, tales como la ductilidad, durabilidad y tiempo de fraguado” (p. 19)

Además, la calidad del concreto dependerá de la calidad de sus componentes y buen diseño de mezcla.

b) Resistencia del concreto: Es la característica mecánica principal del concreto y se define como la capacidad del concreto para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm^2 o MPa.

c) Asentamiento del concreto: El asentamiento es una medida de la consistencia de concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla e indica qué tan seco o fluido está el concreto.

d) Concreto en estado fresco: Una de las propiedades del concreto fresco Es la trabajabilidad, y la trabajabilidad la veremos en el estado fresco del concreto, por el cual nos regimos a hacer nuestro diseño de mezclas de acuerdo a las condiciones de trabajabilidad en obra.

e) Agregado Fino: Se denomina agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz 3/8” y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. El agregado fino podrá consistir en arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente. Además, que las partículas serán limpias, libre de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto.

f) Agregado Grueso: Se define como agregado grueso a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa por el tamiz 4.75 mm (N°4) y cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 o ASTM C33.

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

- h) Agua de Mezcla: El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales, reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto, y procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.
- i) Fisuras de concreto: Las fisuras son un gran problema para los elementos estructurales, estos pueden ser estructurales y no estructurales. Existen numerosas causas de la fisuración bajo una variedad de circunstancias de origen y momento de aparición.
- j) Contracción plástica: Agrietamiento por contracción plástica: El agrietamiento por contracción plástica en el concreto generalmente ocurre en superficies muy grandes como pisos y losas, ya que están sujetos a pérdidas rápidas de humedad causadas por viento, y/o temperaturas altas. Los factores que agravan la contracción del concreto es el diseño de la mezcla y el curado. Si el concreto no es curado adecuadamente o contiene demasiada agua con certeza se agrietará.
- k) Asentamiento plástico: Después del vibrado del concreto, éste tiene la tendencia de continuar consolidándose. Durante este período, el concreto plástico puede ser restringido con acero de refuerzo dando lugar a vacíos y/o a grietas adyacente al elemento restringido.
- l) Dosificación de concreto: Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el concreto, a fin de obtener la resistencia a la compresión, tracción y flexión. Se determinará la relación a/c mediante el método de combinación, la cantidad de agregados que será dado en kg, la cantidad de tereftalato de polietileno será de 200g/m³, 400g/m³ y 600g/m³.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis principal

Al desarrollar un modelo matemático, se relaciona la cantidad de agua que se debe adicionar en el tiempo para recuperar el asentamiento y mantener la resistencia de diseño del concreto premezclado.

3.1.2. Hipótesis secundaria

- a) La adición de agua en 30, 60 y 90 minutos efectuados para recuperar el asentamiento reducirá la resistencia del concreto premezclado.
- b) El tiempo reduce el asentamiento del concreto premezclado.

3.2. Variables

3.2.1. Definición conceptual de la variable

Modelo matemático: Modelo numérico que emplea relaciones entre variables, parámetros o rangos para estudiar comportamientos de sistemas complejos.

Propiedades de consistencia y resistencia: Características del concreto en estado fresco y endurecido que se pueden medir a través de ensayos establecidos por las normas ASTM, ACI, NTP.

3.2.2. Operacionalización de las variables

Tabla 5: Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE		
VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
Modelo matemático	Agua	Litros
	Tiempo	Minutos
VARIABLE DEPENDIENTE		
VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
Propiedades de consistencia y resistencia	Asentamiento	pulg.
	Resistencia a la compresión	Kg.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y nivel de investigación

La presente investigación es de Tipo Descriptivo, ya que se analizaron y describieron las variables en función a sus indicadores.

Además, es de nivel descriptivo, puesto que en esta investigación se describen los procesos y cálculos realizados, de enfoque cuantitativo puesto que el análisis de los ensayos realizados fue a través de resultados numéricos de la resistencia del concreto.

4.2. Diseño de investigación

Es experimental ya que mediante ensayos de laboratorio se obtuvieron datos variados, es longitudinal debido a que por medio de los ensayos de laboratorio se obtuvieron una serie de datos en dos o más ocasiones los cuales fueron representados en tablas, cuadros, gráficos y es prospectivo porque al haberse realizado ensayos se obtuvieron datos desde el inicio de la investigación hasta el final los cuales sirvieron para la evaluación del problema.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población del objeto de esta investigación es el concreto premezclado de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ producido por la empresa Hormix S.A.

4.3.2. Muestra

Comprendió de 6 muestras del diseño de mezcla, se realizó 46 ensayos de asentamiento y 144 ensayos de resistencia a la compresión, lo que se muestra en la Tabla N°6.

Tabla 6: Muestras para ensayo de compresión

N° PRUEBA	EDAD DE ROTURA	PERIODO (min)							
		0		30		60		90	
1	7	A/C1-T11	A/C1-T12	A/C2-T21	A/C2-T22	A/C3-T31	A/C3-T32	A/C3-T41	A/C3-T42
	14	A/C1-T13	A/C1-T14	A/C2-T23	A/C2-T24	A/C3-T33	A/C3-T34	A/C3-T43	A/C3-T44
	28	A/C1-T15	A/C1-T16	A/C2-T25	A/C2-T26	A/C3-T35	A/C3-T36	A/C3-T45	A/C3-T46
2	7	A/C1-T11	A/C1-T12	A/C2-T21	A/C2-T22	A/C3-T31	A/C3-T32	A/C3-T41	A/C3-T42
	14	A/C1-T13	A/C1-T14	A/C2-T23	A/C2-T24	A/C3-T33	A/C3-T34	A/C3-T43	A/C3-T44
	28	A/C1-T15	A/C1-T16	A/C2-T25	A/C2-T26	A/C3-T35	A/C3-T36	A/C3-T45	A/C3-T46
3	7	A/C1-T11	A/C1-T12	A/C2-T21	A/C2-T22	A/C3-T31	A/C3-T32	A/C3-T41	A/C3-T42
	14	A/C1-T13	A/C1-T14	A/C2-T23	A/C2-T24	A/C3-T33	A/C3-T34	A/C3-T43	A/C3-T44
	28	A/C1-T15	A/C1-T16	A/C2-T25	A/C2-T26	A/C3-T35	A/C3-T36	A/C3-T45	A/C3-T46
4	7	A/C1-T11	A/C1-T12	A/C2-T21	A/C2-T22	A/C3-T31	A/C3-T32	A/C3-T41	A/C3-T42
	14	A/C1-T13	A/C1-T14	A/C2-T23	A/C2-T24	A/C3-T33	A/C3-T34	A/C3-T43	A/C3-T44
	28	A/C1-T15	A/C1-T16	A/C2-T25	A/C2-T26	A/C3-T35	A/C3-T36	A/C3-T45	A/C3-T46
5	7	A/C1-T11	A/C1-T12	A/C2-T21	A/C2-T22	A/C3-T31	A/C3-T32	A/C3-T41	A/C3-T42
	14	A/C1-T13	A/C1-T14	A/C2-T23	A/C2-T24	A/C3-T33	A/C3-T34	A/C3-T43	A/C3-T44
	28	A/C1-T15	A/C1-T16	A/C2-T25	A/C2-T26	A/C3-T35	A/C3-T36	A/C3-T45	A/C3-T46
6	7	A/C1-T11	A/C1-T12	A/C2-T21	A/C2-T22	A/C3-T31	A/C3-T32	A/C3-T41	A/C3-T42
	14	A/C1-T13	A/C1-T14	A/C2-T23	A/C2-T24	A/C3-T33	A/C3-T34	A/C3-T43	A/C3-T44
	28	A/C1-T15	A/C1-T16	A/C2-T25	A/C2-T26	A/C3-T35	A/C3-T36	A/C3-T45	A/C3-T46

CANTIDAD DE MUESTRAS:	144
------------------------------	-----

Fuente: Elaboración propia

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de ensayos de materiales de la empresa HORMIX S.A.C. donde se analizaron muestras de concreto mediante el ensayo de resistencia a la compresión, habiéndose obtenido una serie de datos registrados en formatos.

4.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de instrumentos

Los formatos utilizados para la recolección de los ensayos que se realizaron a las muestras de concreto están el laboratorio de ensayos de materiales regulados por la Universidad Ricardo Palma.

4.4.3. Procedimientos para la recolección de datos

Se realizaron ensayos a los agregados, de esta forma se obtuvieron las características de los materiales, a partir de dicha caracterización de realizó el diseño de mezcla por el método ACI. La recolección de datos de las muestras de concreto se realizó a través de ensayos.

4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

El procesamiento de la data de los ensayos realizados en laboratorio se realizó a través del software Microsoft Excel. Los resultados del procesamiento de la información son presentados en esta investigación en cuadros estadísticos, gráficos y tablas.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Propiedades del agregado fino

Para esta investigación se realizaron tres ensayos de granulometría en el laboratorio de la empresa Hormix S.A.

Los procedimientos que se utilizaron para los ensayos de material y equipos fueron correspondientes a la Norma Técnica Peruana.

5.1.1. Granulometría del agregado fino

Es la disgregación de las partículas del agregado fino en función a su dimensión, medido a través del peso retenido en los tamices.

La granulometría deberá ser preferiblemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la serie de Tyler. El porcentaje retenido no deberá retener más de 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera. El agregado fino deberá estar graduado según los límites indicados en la Norma NTP 400.037 y ASTM C33 (Tabla N° 7).

Tabla 7: Límites granulométricos del agregado fino

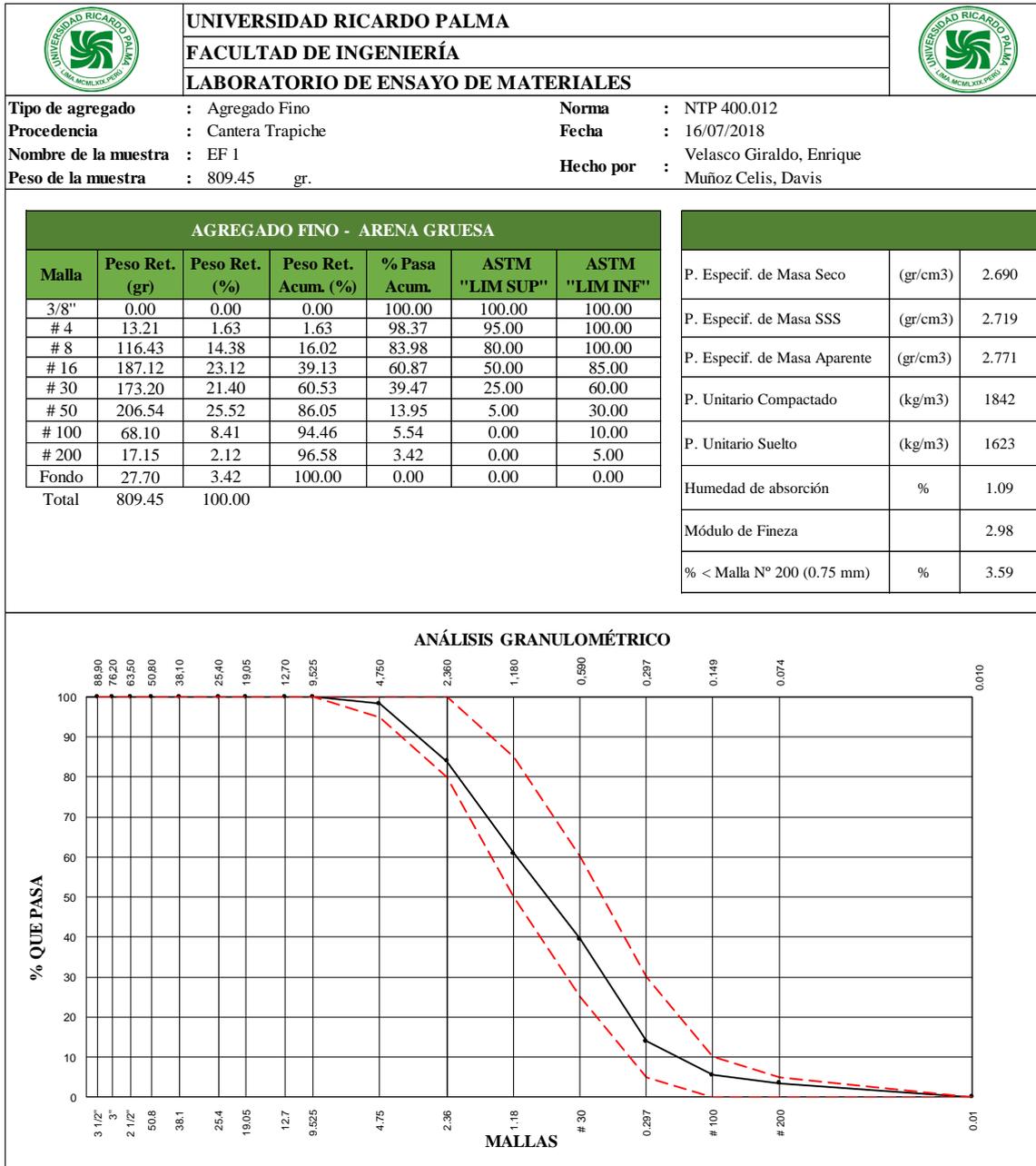
TAMIZ		Porcentaje que pasa (en masa)
9.5 mm	(3/8 pulg)	100
4.75 mm	(No. 4)	95 a 100
236 mm	(No. 8)	80 a 100
1.18 mm	(No. 16)	50 a 85
600µm	(No. 30)	25 a 60
300µm	(No. 50)	10 a 30*
150µm	(No. 100)	2 a 10**

Fuente: NTP 400.037 y ASTM C 33

Se determinó la granulometría del agregado fino como se muestra en las tablas N°8, N°9, N°10.

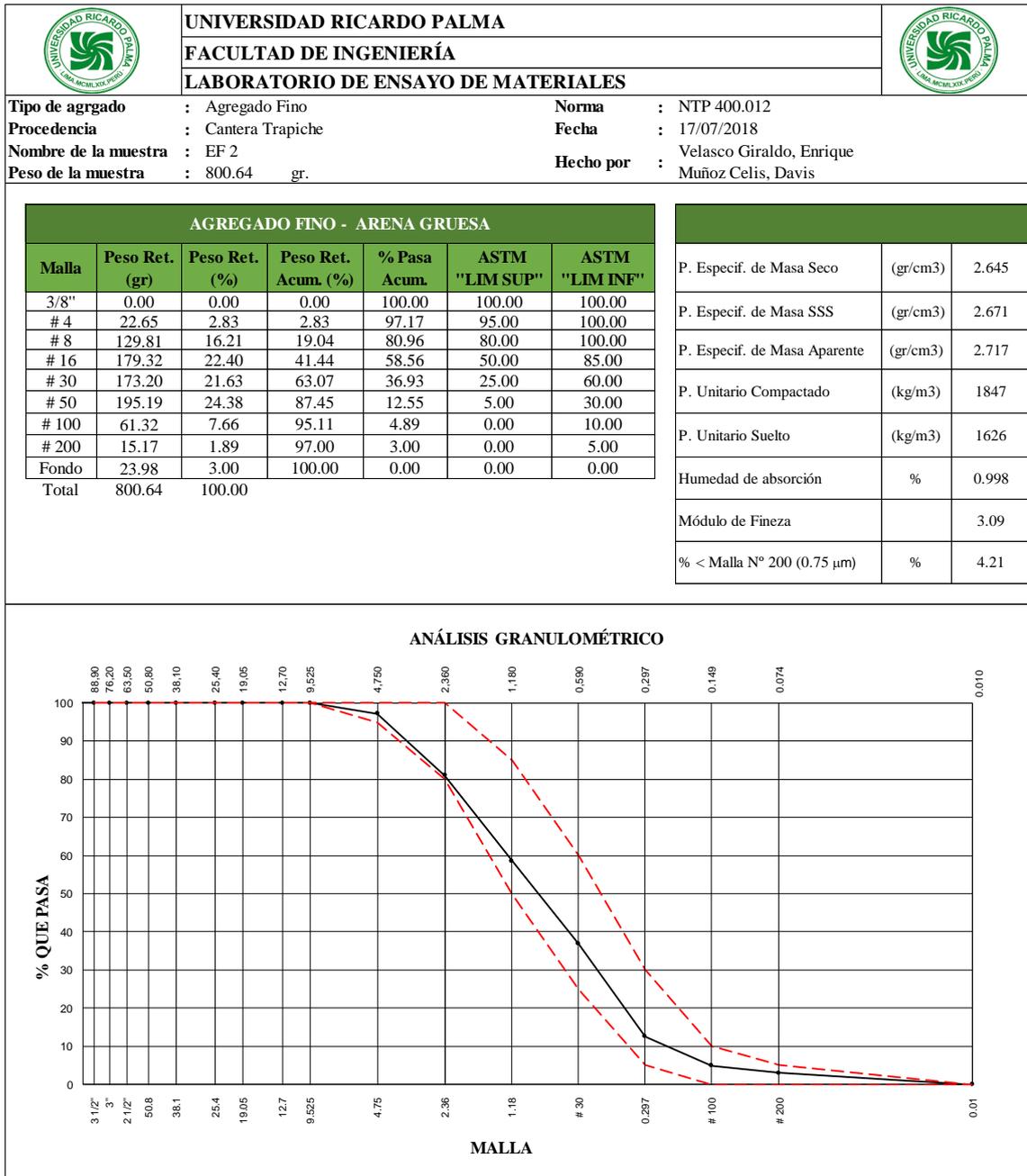
Los procedimientos que se utilizaron para los ensayos de material y equipos fueron correspondientes a la norma NTP 400.012

Tabla 8: Análisis granulométrico del agregado fino – Muestra EF1



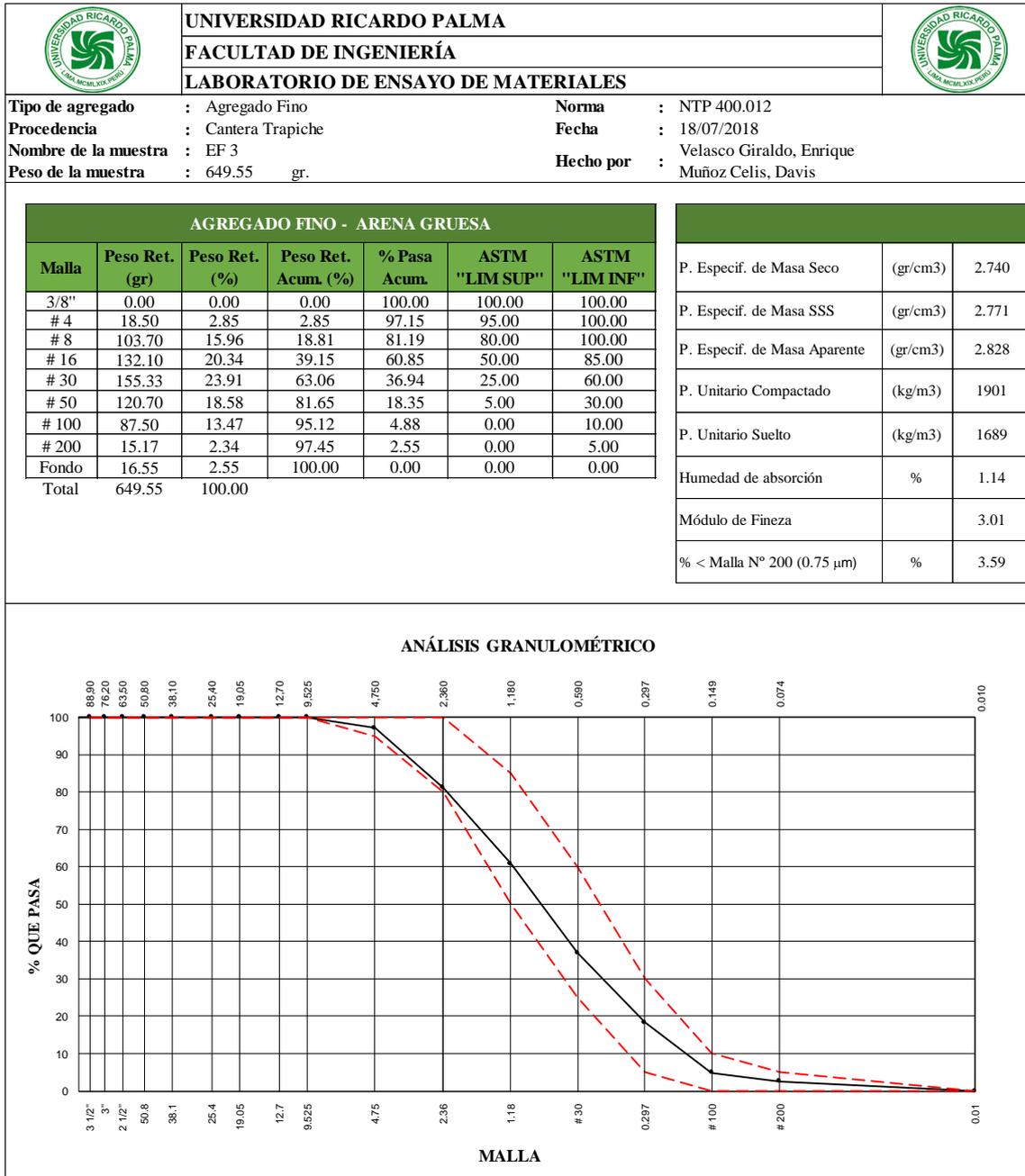
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Análisis granulométrico del agregado fino – Muestra EF2



Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Análisis granulométrico del agregado fino – Muestra EF3



Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Módulo de finura

El módulo de finura es la sumatoria de los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas, dividido entre 100. Las series estandarizadas consisten en mallas, cada una del doble del tamaño de la que le antecede: ASTM N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4 y 3/8", hasta la malla de tamaño más grande según la Norma NPT 400.011. (Ecuación N°1).

$$\text{Modulo de finura (mf)} = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado}}{100} \dots (1)$$

Los valores establecidos en las normas tienen un rango entre 2,3 y 3,1 donde un valor mayor indica una gradación más gruesa. En la tabla N° 11 se muestran los resultados de módulos de finura de los ensayos realizados

Tabla 11: Módulo de finura del agregado fino – Promedio

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
	FACULTAD DE INGENIERIA			
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
AGREGADO FINO				
Tipo de agregado	: Arena	Norma	: N.T.P. 400.018	
Procedencia	: Cantera Trapiche	Fecha	:18/07/2018	
Muestra	: Promedio	Hecho por	Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis	
RESUMEN MODULO DE FINURA - AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			UNIDAD
	EF1	EF2	EF3	
MODULO DE FINURA	2.98	3.09	3.01	%
	3.03			%

Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Peso unitario

Es la densidad de masa de un agregado que se necesita para saturar un envase con un volumen unitario específico. El peso unitario, va a depender del compactado del agregado y de la distribución y tamaños de las partículas. Por lo cual se tiene que especificar el grado de compactación,

según Norma NTP 400.017 se reconoce dos formas: suelto y compactado (Tabla 12, 13, 14 y 15).

a) Peso unitario suelto

Es cuando se introduce en un envase el agregado seco hasta que rebose, luego es nivelado pasando la varilla por la superficie. De esta forma se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del envase calculado.

$$f = \frac{100}{W_a} \dots (2)$$

$$PUs = f * W_s \dots (3)$$

b) Peso unitario compactado

El recipiente se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen del recipiente con 25 golpes utilizando la varilla compactadora de punta semiesférica de 5/8" de diámetro. Se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado al igual que en el cálculo del peso unitario suelto.

$$PUs = f * W_c \dots (4)$$

Tabla 12: Peso unitario del agregado fino – Muestra EF1

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
AGREGADO FINO			
Tipo de agregado	: Arena	Norma	: N.T.P. 400.017
Procedencia	: Cantera Trapiche	Fecha	: 24/07/2018
Peso de la muestra	: 4600 gr	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis
PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO - EF 1			
PESO UNITARIO SUELTO - EF1			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6.389	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.824	kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	4.565	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4.637	kg
PESO DEL AGUA	Wa	2.813	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	355.492	m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1623	kg/ m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO - EF1			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		7.006	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.824	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Ws	5.182	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4.637	kg
PESO DEL AGUA	Wa	2.813	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	355.492	m ⁻³
PESO UNITARIO COMPACTADO	PUC	1842	kg/ m ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Peso unitario del agregado fino – Muestra AF2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
AGREGADO FINO			
Tipo de agregado :	Arena	Norma	: N.T.P. 400.017
Procedencia :	Cantera Trapiche	Fecha	: 24/07/2018
Peso de la muestra:	4600 gr	Hecho Por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis
PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO - EF 2			
PESO UNITARIO SUELTO - EF2			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6.398	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.824	kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	4.574	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4.637	kg
PESO DEL AGUA	Wa	2.813	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	355.492	m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1626	kg/ m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO - EF2			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		7.020	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.824	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Ws	5.196	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4.637	kg
PESO DEL AGUA	Wa	2.813	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	355.492	m ⁻³
PESO UNITARIO COMPACTADO	PUC	1847	kg/ m ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Peso unitario del agregado fino – Muestra AF3

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
AGREGADO FINO			
Tipo de agregado	: Arena	Norma	: N.T.P. 400.017
Procedencia	: Cantera Trapiche	Fecha	: 24/07/2018
Peso de la muestra	: 4600 gr	Hecho Por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis
PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO - EF 3			
PESO UNITARIO SUELTO - EF3			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6.575	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.824	kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	4.751	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4.637	kg
PESO DEL AGUA	Wa	2.813	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	355.492	m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1689	kg/ m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO - EF3			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		7.172	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.824	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Ws	5.348	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4.637	kg
PESO DEL AGUA	Wa	2.813	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	355.492	m ⁻³
PESO UNITARIO COMPACTADO	PUC	1901	kg/ m ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Peso unitario del agregado fino – Promedio

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
		FACULTAD DE INGENIERIA				
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
AGREGADO FINO						
Tipo de agregado	: Arena	Norma	: N.T.P. 400.017			
Procedencia	: Cantera Trapiche	Fecha	: 24/07/2018			
Peso de la muestra	: 4600 gr	Hecho Por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis			
RESUMEN PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO						
ENSAYO	SÍMBOLO	MUESTRA			PROMEDIO	UNIDAD
		EF1	EF2	EF3		
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1623	1626	1689	1646	kg/ m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	PUC	1842	1847	1901	1863	kg/ m ³

Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Peso específico y absorción

a) Peso específico

Según la Norma ASTM C128 se define como la relación de la masa (o peso en aire) de una unidad de volumen de material respecto a una masa de agua del mismo volumen a una temperatura determinada, expresada en tres formas (Tabla 16, 17, 18 y 19).

Según la Norma NTP 400.022 establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado fino.

b) Peso específico de masa (G):

Es la relación del volumen del material sólido, incluidos todos los poros permeables e impermeables del material.

c) Peso específico de masa saturada superficialmente seca

(G_{ss}):

Es similar que el peso específico de masa, a excepción que la masa incluye el agua en los poros permeables.

d) Peso específico aparente (G_a):

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos los poros impermeables, más no los capilares.

e) Porcentaje de absorción del agregado fino:

Se refiere a la relación de la disminución de masa respecto a la masa de la muestra seca, se determina midiendo la disminución de masa de una muestra saturada y de superficie seca después de secarla en un horno durante 24 horas a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Tabla 16: Peso específico y absorción fino – Muestra EF1

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
AGREGADO FINO			
Tipo de agregado	: Arena gruesa	Norma	: N.T.P. 400.022
Procedencia	: Cantera Trapiche	Fecha	: 27/06/2018
Peso de la muestra	: 500 gr.	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN - EF1			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA FIOLA		160.36	gr.
PESO DE LA ARENA SSS		500	gr.
PESO DE LA ARENA SSS + PESO DE LA FIOLA		660.36	gr.
PESO DE LA ARENA SSS + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA		977.8	gr.
PESO DEL AGUA	W	317.4	gr.
PESO DE LA ARENA SECA	A	494.61	gr.
VOLUMEN DE LA FIOLA	V	501.26	ml
1. PESO ESPECIFICO DEMASA (G):			
$G = \frac{A}{(V - W)} = 2.690 \text{ gr/cm}^3$			
2. PESO ESPECIFICO DEMASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G_{sss}):			
$G_{sss} = \frac{500}{(V - W)} = 2.719 \text{ gr/cm}^3$			
3. PESO ESPECIFICO APARENTE (G_a):			
$G_a = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)} = 2.771 \text{ gr/cm}^3$			
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%):			
$a \% = \frac{(500 - A)}{A} * 100 = 1.09 \%$			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Peso específico y absorción fino – Muestra EF2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
	FACULTAD DE INGENIERIA			
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
AGREGADO FINO				
Tipo de agregado	: Arena gruesa	Norma	: N.T.P. 400.022	
Procedencia	: Cantera Trapiche	Fecha	: 27/06/2018	
Peso de la muestra	: 500 gr.	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis	
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN - EF2				
DESCRIPCIÓN		SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA FIOLA			160.36	gr.
PESO DE LA ARENA SSS			500	gr.
PESO DE LA ARENA SSS + PESO DE LA FIOLA			660.36	gr.
PESO DE LA AREA SSS + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA			974.5	gr.
PESO DEL AGUA		W	314.1	gr.
PESO DE LA ARENA SECA		A	495.06	gr.
VOLUMEN DE LA FIOLA		V	501.26	ml
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):				
$G = \frac{A}{(V - W)} = 2.645 \text{ gr/cm}^3$				
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G_{sss}):				
$G_{sss} = \frac{500}{(V - W)} = 2.671 \text{ gr/cm}^3$				
3. PESO ESPECIFICO APARENTE (G_a):				
$G_a = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)} = 2.717 \text{ gr/cm}^3$				
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%):				
$a \% = \frac{(500 - A)}{A} * 100 = 0.998 \%$				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Peso específico y absorción fino – Muestra EF3

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
	FACULTAD DE INGENIERIA			
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
AGREGADO FINO				
Tipo de agregado	: Arena gruesa	Norma	: N.T.P. 400.022	
Procedencia	: Cantera Trapiche	Fecha	: 27/06/2018	
Peso de la muestra	: 500 gr.	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis	
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN - EF3				
DESCRIPCIÓN		SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA FIOLA			160.36	gr.
PESO DE LA ARENA SSS			500	gr.
PESO DE LA ARENA SSS + PESO DE LA FIOLA			660.36	gr.
PESO DE LA AREA SSS + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA			981.2	gr.
PESO DEL AGUA		W	320.8	gr.
PESO DE LA ARENA SECA		A	494.36	gr.
VOLUMEN DE LA FIOLA		V	501.26	ml
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):				
$G = \frac{A}{(V - W)} = 2.740 \text{ gr/cm}^3$				
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G_{sss}):				
$G_{sss} = \frac{500}{(V - W)} = 2.771 \text{ gr/cm}^3$				
3. PESO ESPECIFICO APARENTE (G_a):				
$G_a = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)} = 2.828 \text{ gr/cm}^3$				
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%):				
$a\% = \frac{(500 - A)}{A} * 100 = 1.14\%$				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Resumen del peso específico y absorción del agregado fino - Promedio

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
	FACULTAD DE INGENIERIA					
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
AGREGADO FINO						
Tipo de agregado	:	Arena gruesa	Norma	:	N.T.P. 400.022	
Procedencia	:	Cantera Trapiche	Fecha	:	27/06/2018	
Peso de la muestra	:	500 gr.	Hecho por	:	Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis	
RESUMEN PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN						
ENSAYO	SÍMBOLO	MUESTRA			PROMEDIO	UNIDAD
		EF1	EF2	EF3		
PESO ESPECÍFICO DE MASA	G	2.690	2.645	2.740	2.692	gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO DE MASA SSS	Gsss	2.719	2.671	2.771	2.721	gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO APARENTE	Ga	2.771	2.717	2.828	2.772	gr/cm ³
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	a%	1.09	0.998	1.14	1.076	gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia

5.1.5. Contenido de humedad

Se define como el exceso de agua en un estado saturado superficialmente seco, expresado en porcentaje (%). Si el agregado tiene una humedad menor a la absorción, se tiene que agregar más agua al concreto para compensar lo que absorben los agregados. Por el contrario, si la humedad está por encima de la absorción, el agua a agregar al concreto será menor, ya que los agregados aportarán agua (Tabla 20 y 21).

Como se sabe, el contenido de agua de la mezcla influye en la resistencia y otras propiedades del concreto. En consecuencia, se tiene que controlar el dosaje de agua.

Tabla 20: Resumen contenido de humedad del agregado fino-Muestra EF1, EF2, EF3

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
	FACULTAD DE INGENIERIA					
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
AGREGADO FINO						
Tipo de agregado	:	Arena	Norma	:	N.T.P. 400.018	
Procedencia	:	Cantera Trapiche	Fecha	:	24/07/2018	
Peso de la muestra	:	700 gr	Hecho por	:	Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis	
CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO FINO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRAS			UNIDAD	
		EF1	EF2	EF3		
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	A	700	706	701	gr	
PESO DE LA MUESTRA SECA	B	680.33	683.97	680.74	gr	
CONTENIDO DE AGUA	(A-B)	19.67	22.03	20.26	gr	
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	2.81	3.12	2.89	%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Contenido de humedad del agregado fino-Promedio

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
	FACULTAD DE INGENIERIA				
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
AGREGADO FINO					
Tipo de agregado	: Arena	Norma	: N.T.P. 400.018		
Procedencia	: Cantera Trapiche	Fecha	: 24/07/2018		
Peso de la muestra	: 700 gr	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis		
RESUMEN CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO FINO					
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRAS			UNIDAD
		EF1	EF2	EF3	
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	2.81	3.12	2.89	%
PROMEDIO % CONTENIDO DE HUMEDAD		2.94			%

Fuente: Elaboración propia

5.1.6. Material que pasa la malla #200

Según la Norma NTP 400.018 el porcentaje que pasa la malla N° 200 se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por cien.

Empieza el ensayo superponiendo los tamices N° 16 (1,18 mm) y el N° 200 (0,075 mm) de tal manera que el de mayor abertura quede en la parte superior, luego se coloca la muestra de ensayo en el recipiente y se agrega suficiente cantidad de agua para cubrirla, luego el contenido del recipiente se agita con el vigor necesario como para separar completamente el polvo de las partículas gruesas, y hacer que éste quede en suspensión, de manera que pueda ser eliminado por decantación de las aguas de lavado.

Se vierten las aguas del lavado en los tamices cuidando en lo posible que no se produzca el arrastre de las partículas gruesas. Se repite la operación hasta que el agua del lavado sea clara, se reintegra a la muestra lavada todo el material retenido en el tamiz N° 200 y finalmente se seca la muestra a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$.

El mayor porcentaje que pasa la malla N°200 del ensayo es 4.21% (Tabla 22 y 23) por lo que se determina que el agregado fino es apto para ser utilizado en la presente investigación ya que no excede el límite permitido por la Norma N.T.P 400.018 (máximo permitido para agregado fino de 5%).

Tabla 22: Material que pasa por la malla #200 – Muestras EF1, EF2 y EF3

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
	FACULTAD DE INGENIERIA				
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
AGREGADO FINO					
Tipo de agregado	: Arena	Norma	: N.T.P. 400.018		
Procedencia	: Cantera Trapiche	Fecha	: 24/07/2018		
Peso de la muestra	: 700 gr	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis		
MATERIAL QUE PASA LA MALLA #200 - AGREGADO FINO					
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRAS			UNIDAD
		EF1	EF2	EF3	
PESO DE LA MUESTRA	P1	700	700	706	gr
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	674.87	670.53	676.91	gr
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200	(P1-P2)	25.13	29.47	29.09	gr
% QUE PASA LA MALLA N° 200	A	3.59	4.21	4.12	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Material que pasa por la malla #200 del agregado fino - Promedio

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
	FACULTAD DE INGENIERIA				
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
AGREGADO FINO					
Tipo de agregado	: Arena	Norma	: N.T.P. 400.018		
Procedencia	: Cantera Trapiche	Fecha	: 24/07/2018		
Peso de la muestra	: 700 gr	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis		
RESUMEN MATERIAL QUE PASA LA MALLA #200 - AGREGADO FINO					
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRAS			UNIDAD
		EF1	EF2	EF3	
% QUE PASA LA MALLA N° 200	A	3.59	4.21	4.12	%
PROMEDIO % QUE PASA LA MALLA N° 200		3.97			%

Fuente: Elaboración propia

5.2. Propiedades del agregado grueso

5.2.1. Granulometría

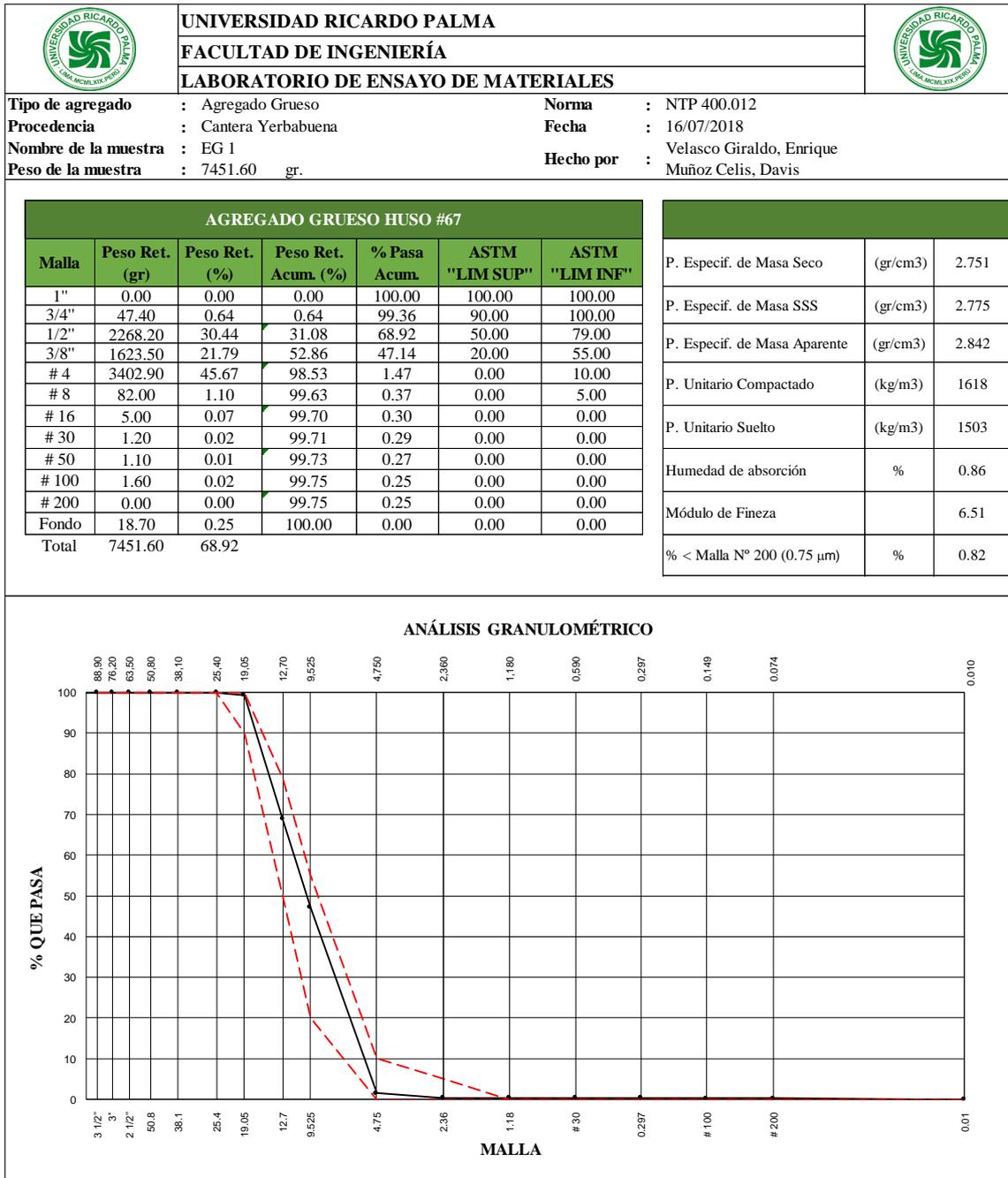
La granulometría del agregado grueso (Tabla 24, 25, 26, y 27) se define como la distribución del tamaño de sus partículas. Esta granulometría se determina haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices ordenados, por abertura, de mayor a menor. Esta serie de tamices son 2"; 1½"; 1"; ½"; ¾"; N° 4; N° 8; N° 16; N° 30; N° 50; N° 100.

Tabla 24: Requerimientos de Granulometría del agregado grueso

REQUERIMIENTOS DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO														
N° ASTM	TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100mm (4")	90mm (3 1/2")	75mm (3")	63mm (2 1/2")	50 mm (2")	37.5mm (1 1/2")	25 mm (1")	19mm (3/4")	12.5mm (1/2")	9.5mm (3/8")	4.75mm N°4	2.36mm N°8	1.18 mm N°16
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	2 1/2" a 1 1/2"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	2" a 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	2" a N°4				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	1 1/2" a 3/4"						90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	1 1/2" a N°4						95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	1" a 1/2"						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	1" a 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	1" a N°4						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	3/4" a 3/8"							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	3/4" a N°4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	1/2" a N°4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	3/8" a N°8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

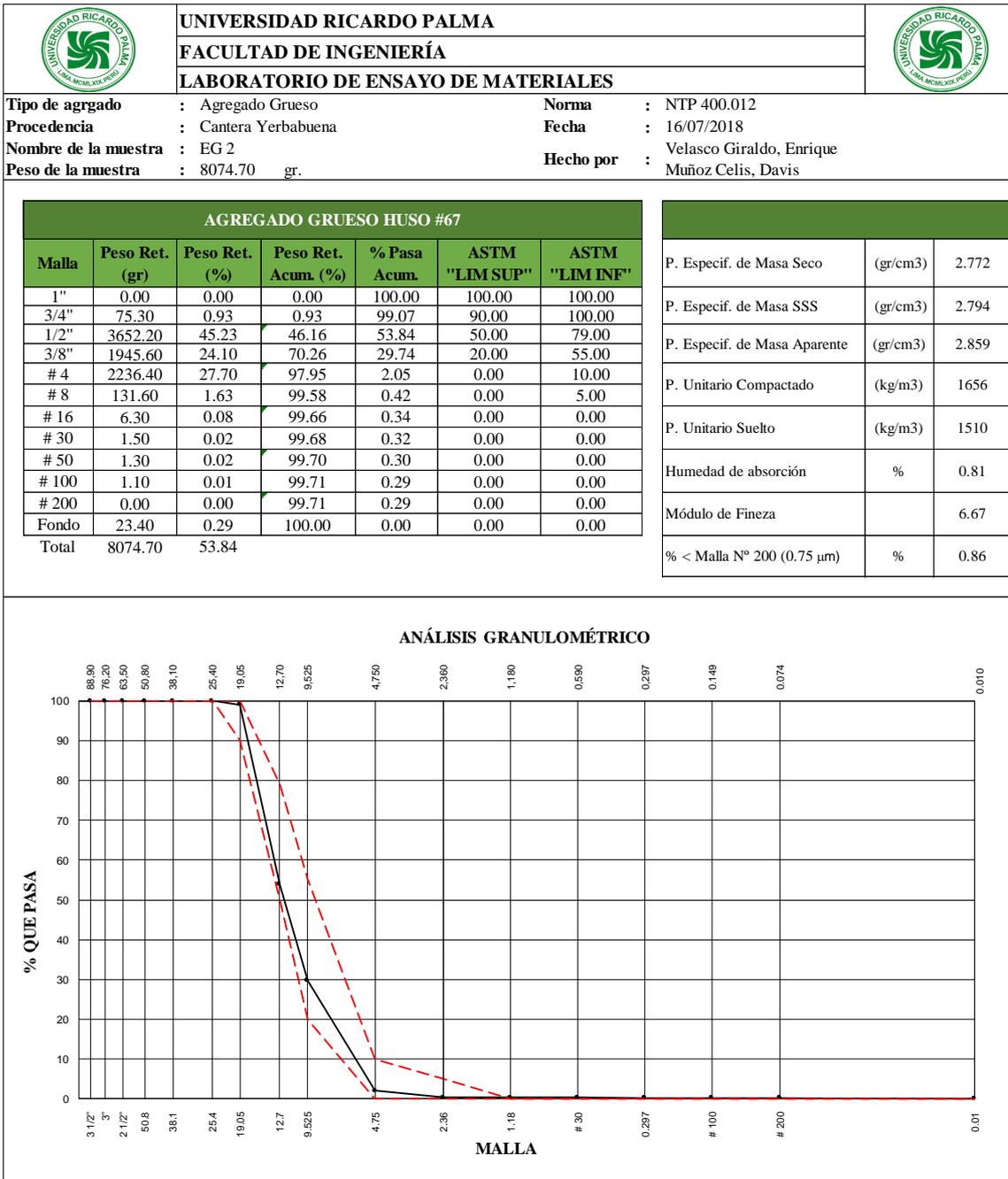
Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Análisis granulométrico del agregado grueso – Muestra EG1



Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Análisis granulométrico del agregado grueso – Muestra EG2



Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Módulo de finura

Es la sumatoria de los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas, dividido entre 100. Las series estandarizadas consisten en mallas, cada una del doble del tamaño de la que le antecede: ASTM N° 100; N° 50; N° 30; N° 16; N° 8; N° 4 y 3/8”, hasta la malla de tamaño más grande (Tabla 28) según la Norma NPT 400.011

Tabla 28: Modulo de finura agregado grueso - Promedio

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
	FACULTAD DE INGENIERIA			
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
AGREGADO GRUESO				
Tipo de agregado	: PIEDRA HUSO 67	Norma	: N.T.P. 400.018	
Procedencia	: Cantera Yerbabuena	Fecha	: 17/07/2018	
Peso de la muestra	: Promedio	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis	
RESUMEN MODULO DE FINURA -AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			UNIDAD
	EG1	EG2	EG3	
MODULO DE FINURA	6.51	6.67	6.66	%
	6.61			%

Fuente: Elaboración propia

5.2.3. Peso unitario

El peso unitario del agregado grueso, al igual que el agregado fino, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, expresado en kg/m³. Es una característica importante del concreto, porque es índice de propiedades que a su vez influyen decisivamente en el empleo que se le da. El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1 500 y 1 700 kg/m³ (Tabla 29, 30, 31 y 32).

El peso unitario del agregado está influenciado por: su gravedad específica; su granulometría; su perfil y textura superficial; su condición de humedad; y su grado de compactación de masa. La norma N.T.P. 400.017 reconoce dos formas: suelto y compactado.

a) Peso unitario suelto

Es cuando se introduce en un envase (TM ½”) el agregado seco hasta que rebose, luego es nivelado pasando la varilla por la superficie. De esta forma se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del envase calculado (Tabla 29, 30, 31 y 32).

Tabla 29: Peso unitario del agregado grueso – Muestra AG1

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
AGREGADO GRUESO			
Tipo de agregado	: PIEDRA HUSO 67	Norma	: N.T.P. 400.017
Procedencia	: Cantera Yerbabuena	Fecha	: 25/07/2018
Peso de la muestra	: 14000 gr	Hecho Por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis
PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO - EG 1			
PESO UNITARIO SUELTO - EG1			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		15.811	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.824	kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	13.987	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4.637	kg
PESO DEL AGUA	Wa	9.306	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	107.458	m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1503	kg/ m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO - EG1			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		16.881	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.824	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Ws	15.057	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4.637	kg
PESO DEL AGUA	Wa	9.306	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	107.458	m ⁻³
PESO UNITARIO COMPACTADO	PUC	1618	kg/ m ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Peso unitario del agregado grueso – Muestra AG2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
AGREGADO GRUESO			
Tipo de agregado	: PIEDRA HUSO 67	Norma	: N.T.P. 400.017
Procedencia	: Cantera Yerbabuena	Fecha	: 25/07/2018
Peso de la muestra	: 14000 gr	Hecho Por:	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis
PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO - EG 2			
PESO UNITARIO SUELTO - EG2			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		15.876	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.824	kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	14.052	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4.637	kg
PESO DEL AGUA	Wa	9.306	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	107.458	m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1510	kg/ m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO - EG 2			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		17.235	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.824	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Ws	15.411	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4.637	kg
PESO DEL AGUA	Wa	9.306	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	107.458	m ⁻³
PESO UNITARIO COMPACTADO	PUC	1656	kg/ m ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Peso unitario del agregado grueso – Muestra AG3

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
AGREGADO GRUESO			
Tipo de agregado	: PIEDRA HUSO 67	Norma	: N.T.P. 400.017
Procedencia	: Cantera Yerbabuena	Fecha	: 25/07/2018
Peso de la muestra	: 14000 gr	Hecho Por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis
PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO - EG 3			
PESO UNITARIO SUELTO - EG3			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		15.857	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.824	kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	14.033	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4.637	kg
PESO DEL AGUA	Wa	9.306	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	107.458	m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1508	kg/ m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO - EG3			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		17.170	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.824	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Ws	15.346	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4.637	kg
PESO DEL AGUA	Wa	9.306	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	107.458	m ⁻³
PESO UNITARIO COMPACTADO	PUC	1649	kg/ m ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Peso unitario del agregado grueso – Promedio

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
	FACULTAD DE INGENIERIA					
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
AGREGADO GRUESO						
Tipo de agregado	: PIEDRA HUSO 67	Norma	: N.T.P. 400.017			
Procedencia	: Cantera Yerbabuena	Fecha	: 25/07/2018			
Peso de la muestra	: 14000 gr	Hecho Por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis			
RESUMEN PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO						
ENSAYO	SÍMBOLO	MUESTRA			PROMEDIO	UNIDAD
		EG 1	EG 2	EG 3		
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1503	1510	1508	1507	kg/ m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	PUC	1618	1656	1649	1641	kg/ m ³

Fuente: Elaboración propia

5.2.4. Peso específico y absorción

a) Peso específico

Es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua se debe realizar los procedimientos correctos que están especificados en la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.021. Se usa en ciertos cálculos para proporciónamiento de mezclas y control. El valor del peso específico para agregados normales oscila entre 2 500 y 2 750. Existen 3 tipos de peso específico que vienen a ser los mismos que se realizaron al agregado fino (Tabla 33, 34, 35 y 36).

b) Peso específico de masa (G)

Es la relación del volumen del material sólido, incluidos todos los poros permeables e impermeables del material.

c) Peso específico de masa saturada superficialmente seca (G_{ss})

Es similar que el peso específico de masa, a excepción que la masa incluye el agua en los poros permeables.

d) Peso específico aparente (G_a)

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos los poros impermeables, más no los capilares.

e) Porcentaje de absorción del agregado grueso

Se denomina absorción del agregado grueso cuando tiene todos sus poros saturados pero la superficie del mismo está seca.

Es en esta condición como se hacen los cálculos de dosificación para elaborar concreto. La absorción del agregado grueso se determina de acuerdo con la norma ASTM C 566 de manera que se pueda controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla.

Tabla 33: Peso específico y absorción grueso – Muestra EG1

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
	FACULTAD DE INGENIERIA			
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
AGREGADO GRUESO				
Tipo de agregado	: Agregado grueso	Norma	: N.T.P. 400.021	
Procedencia	: Cantera Yerbabuena	Fecha	: 27/06/2018	
Peso de la muestra	: 5000 gr	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis	
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN - EG1				
DESCRIPCIÓN		SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA PIEDRA SSS		B	5000	gr.
PESO DE LA PIEDRA SSS DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA			3827.38	gr.
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA			629.4	gr.
PESO DE LA PIEDRA SATURADA DENTRO DEL AGUA		C	3197.98	gr.
PESO DE LA PIEDRA SECA		A	4957.37	ml
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):				
$G = \frac{A}{(B - C)} = 2.751 \text{ gr/cm}^3$				
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G_{sss}):				
$G_{sss} = \frac{B}{(B - C)} = 2.775 \text{ gr/cm}^3$				
3. PESO ESPECIFICO APARENTE (G_a):				
$G_a = \frac{B}{(A - C)} = 2.842 \text{ gr/cm}^3$				
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%):				
$a \% = \frac{(B - A)}{A} * 100 = 0.86 \%$				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Peso específico y absorción grueso – Muestra EG2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
AGREGADO GRUESO			
Tipo de agregado	: Agregado grueso	Norma	: N.T.P. 400.021
Procedencia	: Cantera Yerbabuena	Fecha	: 27/06/2018
Peso de la muestra	: 5000 gr	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN - EG2			
DESCRIPCION		SIMBOLO	CANTIDAD
PESO DE LA PIEDRA SSS		B	5000
PESO DE LA PIEDRA SSS DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA			3840.14
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA			629.4
PESO DE LA PIEDRA SATURADA DENTRO DEL AGUA		C	3210.74
PESO DE LA PIEDRA SECA		A	4959.83
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):			
$G = \frac{A}{(B - C)} = 2.772 \text{ gr/cm}^3$			
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G_{sss}):			
$G_{sss} = \frac{B}{(B - C)} = 2.794 \text{ gr/cm}^3$			
3. PESO ESPECIFICO APARENTE (G_a):			
$G_a = \frac{B}{(A - C)} = 2.859 \text{ gr/cm}^3$			
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%):			
$a \% = \frac{(B - A)}{A} * 100 = 0.81 \%$			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Peso específico y absorción grueso – Muestra EG3

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
AGREGADO GRUESO			
Tipo de agregado	: Agregado grueso	Norma	: N.T.P. 400.021
Procedencia	: Cantera Yerbabuena	Fecha	: 27/06/2018
Peso de la muestra	: 5000 gr	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN - EG3			
DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA PIEDRA SSS	B	5000	gr.
PESO DE LA PIEDRA SSS DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3828.51	gr.
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA		629.4	gr.
PESO DE LA PIEDRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	C	3199.11	gr.
PESO DE LA PIEDRA SECA	A	4957.86	ml
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):			
$G = \frac{A}{(B - C)} = 2.753 \text{ gr/cm}^3$			
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G_{sss}):			
$G_{sss} = \frac{B}{(B - C)} = 2.776 \text{ gr/cm}^3$			
3. PESO ESPECIFICO APARENTE (G_a):			
$G_a = \frac{B}{(A - C)} = 2.843 \text{ gr/cm}^3$			
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%):			
$a \% = \frac{(B - A)}{A} * 100 = 0.85 \%$			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 36 se muestra el resumen de los promedios para el agregado grueso de los ensayos de peso específico de masa, peso específico de masa saturada superficialmente seca, peso específico aparente y porcentaje de absorción

Tabla 36: Resumen peso específico y absorción grueso – Promedio

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
	FACULTAD DE INGENIERIA					
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
AGREGADO GRUESO						
Tipo de agregado	: Agregado grueso	Norma	: N.T.P. 400.021			
Procedencia	: Cantera Yerbabuena	Fecha	: 27/06/2018			
Peso de la muestra	: 5000 gr	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis			
RESUMEN PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN						
ENSAYO	SÍMBOLO	MUESTRA			PROMEDIO	UNIDAD
		EG1	EG2	EG3		
PESO ESPECÍFICO DE MASA	G	2.751	2.772	2.753	2.759	gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO DE MASA SSS	G _{sss}	2.775	2.794	2.776	2.782	gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO APARENTE	G _a	2.842	2.859	2.843	2.848	gr/cm ³
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	a%	0.86	0.81	0.85	0.840	gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia

5.2.5. Contenido de humedad

Es el exceso de agua en un estado saturado superficialmente seco y expresa en porcentaje (%). en caso el agregado tenga una humedad menor a la absorción, se tiene que agregar más agua al concreto para compensar lo que absorben los agregados. De lo contrario, si la humedad está por encima de la absorción, el agua a agregar al concreto será menor, ya que los agregados aportarán agua (Tabla 37 y 38).

Tabla 37: Contenido de humedad del agregado grueso – EG1, EG2, EG3

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
	FACULTAD DE INGENIERIA					
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
AGREGADO GRUESO						
Tipo de agregado	: PIEDRA HUSO 67	Norma	: N.T.P. 400.018			
Procedencia	: Cantera Yerbabuena	Fecha	: 24/07/2018			
Peso de la muestra	: 6753.6 gr	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis			
CONTENIDO DE HUMEDAD -AGREGADO GRUESO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRAS			UNIDAD	
		EG1	EG2	EG3		
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	A	5004	5023	4996	gr	
PESO DE LA MUESTRA SECA	B	4963.47	4983.82	4957.03	gr	
CONTENIDO DE AGUA	(A-B)	40.53	39.18	38.97	gr	
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	0.81	0.78	0.78	%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Contenido de humedad del agregado grueso - Promedio

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
	FACULTAD DE INGENIERIA				
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
AGREGADO GRUESO					
Tipo de agregado	: PIEDRA HUSO 67	Norma	: N.T.P. 400.018		
Procedencia	: Cantera Yerbabuena	Fecha	: 24/07/2018		
Peso de la muestra	: 6753.6 gr	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis		
RESUMEN CONTENIDO DE HUMEDAD -AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRAS			UNIDAD
		EG1	EG2	EG3	
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	0.81	0.78	0.78	%
PROMEDIO % CONTENIDO DE HUMEDAD		0.79			%

Fuente: Elaboración propia

5.2.6. Material que pasa la malla #200

Consiste en determinar la cantidad de finos que se presenta en el agregado grueso, material que puede ser perjudicial para el concreto. Según la Norma Técnica Peruana NTP 400.018 el porcentaje que pasa la malla N° 200 se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por cien (Tabla N°39 y 40)

Tabla 39: Material que pasa la malla #200 del agregado grueso – EG1, EG2 y EG3

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
	FACULTAD DE INGENIERIA				
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
AGREGADO GRUESO					
Tipo de agregado	: PIEDRA HUSO 67	Norma	: N.T.P. 400.018		
Procedencia	: Cantera Yerbabuena	Fecha	: 24/07/2018		
Peso de la muestra	: 6753.6 gr	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis		
MATERIAL QUE PASA LA MALLA #200 -AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRAS			UNIDAD
		EG1	EG2	EG3	
PESO DE LA MUESTRA	P1	6753.6	6591	6518	gr
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	6698.22	6534.32	6461.29	gr
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200	(P1-P2)	55.38	56.68	56.71	gr
% QUE PASA LA MALLA N° 200	A	0.82	0.86	0.87	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Material que pasa la malla #200 del agregado grueso – Muestra Promedio

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
	FACULTAD DE INGENIERIA				
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
AGREGADO GRUESO					
Tipo de agregado	:PIEDRA HUSO 67	Norma	: N.T.P. 400.018		
Procedencia	: Cantera Yerbabuena	Fecha	: 25/07/2018		
Peso de la muestra	: 6753.6 gr	Hecho por	: Velasco G. Enrique Muñoz C. Davis		
RESUMEN MATERIAL QUE PASA LA MALLA #200 -AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRAS			UNIDAD
		EG1	EG2	EG3	
% QUEPASA LA MALLA N° 200	A	0.82	0.86	0.87	%
PROMEDIO % QUEPASA LA MALLA N° 200		0.85			%

Fuente: Elaboración propia

5.3. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla producido por la empresa Hormix (Figura N°3) está basado en el reglamento estructural para edificaciones Comité ACI 318, capítulo 5.3 dosificación basada en la experiencia en obra o en mezclas de prueba o en ambas, en las que primero se determina la desviación estándar de la muestra, luego la resistencia promedio a la compresión requerida, y por último la dosificación de la mezcla requerida para producir esa resistencia promedio, ya sea mediante mezclas de prueba o un adecuado registro de experiencias. La mezcla seleccionada debe producir una resistencia promedio considerablemente más alta que la resistencia especificada $f'c$. El nivel de sobre resistencia requerido depende de la variabilidad de los resultados de los ensayos.



Figura 3: Instalaciones Hormix

Fuente: Elaboración propia

5.4. Características de los materiales

En las tablas N°41, 42, 43 y 44 se detallan las características de los materiales (agregados, cemento y agua) con los que se realizó el diseño de mezcla de la empresa HORMIX.

El cemento utilizado es de la marca Quisqueya de uso estructural, un producto importado de la marca CEMEX, se detallan algunas de sus características en la tabla 41, y el certificado de calidad se adjunta en el anexo N°1.

Tabla 41: Características del cemento

CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO	
Marca	Quisqueya
Tipo	Tipo I
Peso Específico	3150 kg/m³

Fuente: Elaboración propia

El agregado fino proviene de canteras ubicadas en el cono norte de Lima, en la tabla N°42 se describen las características físicas del agregado fino, además se muestra el contenido de humedad y absorción que servirán para el ajuste del diseño de mezcla así como de la muestra.

Tabla 42: Características del agregado fino

CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO		
Peso Específico de Masa Seco	(gr/cm ³)	2.69
Peso Específico de Masa SSS	(gr/cm ³)	2.719
Peso Específico de Masa Aparente	(gr/cm ³)	2.771
Peso Unitario Compactado	(kg/m ³)	1842
Peso Unitario Suelto	(kg/m ³)	1623
Absorción	%	1.09
Módulo de Fineza		2.98
Contenido de Humedad	%	2.94
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	%	3.97

Fuente: Elaboración propia

El agregado grueso proviene de la cantera Yerbabuena (Figura N°4) de la empresa UNICON, en la tabla N°43 se muestra el resumen de características físicas del agregado grueso, además del contenido de humedad y absorción que servirán para el ajuste del diseño de mezcla así como de la muestra.

Tabla 43: Características del agregado grueso

CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO		
Peso Específico de Masa Seco	(gr/cm ³)	2.759
Peso Específico de Masa SSS	(gr/cm ³)	2.782
Peso Específico de Masa Aparente	(gr/cm ³)	2.848
Peso Unitario Compactado	(kg/m ³)	1641
Peso Unitario Suelto	(kg/m ³)	1507
Absorción	%	0.84
Módulo de Fineza		6.61
Contenido de Humedad	%	0.79
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	%	1.85

Fuente: Elaboración propia



Figura 4: Cantera Yerbabuena

Fuente: Elaboración propia

El agua de amasado empleado para la mezcla de concreto fue de la red pública igual que lo es para fabricación industrial, está comprobado que el agua de la red pública es apta para la fabricación del concreto.

Tabla 44: Características del agua

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	
Procedencia	Red Pública
Peso Especifico	1000 Kg/M3

Fuente: Elaboración propia

5.4.1. Dosificación de los materiales

Habiendo detallado las características de los agregados, se calculó el diseño de mezcla (Tabla N°45, 46 y 47), como fue mencionado en el numeral 5.3 del presente documento, el diseño de mezcla producido por la empresa Hormix que se muestra en la tabla N°48 está basado en el reglamento estructural para edificaciones Comité ACI 318.

Debido a que solo se tuvo una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/m}^3$ todos los diseños presentados solo tuvieron adiciones de agua para un tiempo definido.

Los datos obtenidos tanto para el cemento, agregado fino, agregado grueso y agua son para diseños de 1 m^3 de concreto (diseño patrón).

Tabla 45: Dosificación inicial para diseño patrón

MATERIALES	PESOS	UNIDAD
Cemento	270	kg
Agua	195	kg
Arena	1005	kg
Piedra	858	kg
Aditivo	2.8	kg

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber realizado el ajuste de corrección por humedad y absorción de los agregados, se obtuvo la dosificación corregida. (Tabla N° 46)

Tabla 46: Dosificación final para el diseño patrón

MATERIALES	PESOS	UNIDAD
Cemento	270	kg
Agua	176.7	kg
Arena	1035	kg
Piedra	865	kg
Aditivo	2.8	kg

Fuente: Elaboración propia

La dosificación de los materiales de la mezcla para un volumen de prueba de $0,025 \text{ m}^3$ se muestra en la tabla N°47

Tabla 47: Dosificación de los materiales para 0.025 m^3

MATERIALES	PESOS	UNIDAD
Cemento	6.75	kg
Agua	4.42	kg
Arena	25.87	kg
Piedra	21.62	kg
Aditivo	69.88	gr

Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Proceso de mezclado de materiales

Se realizó el proceso de mezclado de los materiales en las instalaciones de la planta HORMIX como se muestra en las imágenes N°5 y 6, para ello se colocó el 50% del agua debido a que la arena y el cemento absorben el agua en gran proporción, por eso al verter

todos los agregados se coloca el 50% de agua restante y se deja mezclar por 3 minutos con el fin de que toda la mezcla llegue a homogenizarse.



Figura 5: Proceso de mezclado del concreto

Fuente: Elaboración Propia



Figura 6: Mezcla de concreto

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48: Diseño de mezcla

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA																																																														
FACULTAD DE INGENIERIA																																																														
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES																																																														
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO																																																														
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA								FECHA		18/07/2018																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>AGREGADOS</th> <th>M.F.</th> <th>MALLA 200</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M.F. Arena</td> <td>3.03</td> <td>3.97%</td> </tr> <tr> <td>M.F. Piedra H67</td> <td>6.61</td> <td>0.85%</td> </tr> <tr> <td>M.F. Piedra H56</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>M.F. Global</td> <td>4.64</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			AGREGADOS	M.F.	MALLA 200	M.F. Arena	3.03	3.97%	M.F. Piedra H67	6.61	0.85%	M.F. Piedra H56			M.F. Global	4.64		Volumen de tanda 0.025 m ³ Cemento 270 kg Adición 0 % fc 210 kg/cm ²		PRUEBA: TESIS HECHO POR: VELASCO GIRALDO MUÑOZ CELIS		SUMINISTRO		BOMBEABLE																																						
AGREGADOS	M.F.	MALLA 200																																																												
M.F. Arena	3.03	3.97%																																																												
M.F. Piedra H67	6.61	0.85%																																																												
M.F. Piedra H56																																																														
M.F. Global	4.64																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vol. Agregados</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Arena</td> <td>55.0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Piedra # 67</td> <td>45.0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Piedra # 56</td> <td>0.0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Vol. Agregados			Arena	55.0	%	Piedra # 67	45.0	%	Piedra # 56	0.0	%	100			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">ADITIVOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Plastiment TM40</td> <td>1.00%</td> <td>% =</td> <td>8.26</td> <td>cc</td> </tr> <tr> <td>Sikament TM140</td> <td>0.00%</td> <td>% =</td> <td>0.00</td> <td>cc</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.00%</td> <td>% =</td> <td>0.00</td> <td>cc</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.00%</td> <td>% =</td> <td>0.00</td> <td>cc</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>			ADITIVOS					Plastiment TM40	1.00%	% =	8.26	cc	Sikament TM140	0.00%	% =	0.00	cc		0.00%	% =	0.00	cc		0.00%	% =	0.00	cc				0.00	kg/m ³	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>PU:</td> <td>2356.643</td> </tr> <tr> <td>Rendimiento</td> <td>1.004174</td> </tr> <tr> <td>% Aire Aprox</td> <td>2.0%</td> </tr> </tbody> </table>		PU:	2356.643	Rendimiento	1.004174	% Aire Aprox	2.0%	RELACIÓN A/C		0.70	
Vol. Agregados																																																														
Arena	55.0	%																																																												
Piedra # 67	45.0	%																																																												
Piedra # 56	0.0	%																																																												
100																																																														
ADITIVOS																																																														
Plastiment TM40	1.00%	% =	8.26	cc																																																										
Sikament TM140	0.00%	% =	0.00	cc																																																										
	0.00%	% =	0.00	cc																																																										
	0.00%	% =	0.00	cc																																																										
			0.00	kg/m ³																																																										
PU:	2356.643																																																													
Rendimiento	1.004174																																																													
% Aire Aprox	2.0%																																																													
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA																																																														
								Volumen abs agg grueso		31.56%																																																				
								Volumen mortero		66.22%																																																				
								Volumen de pasta		27.88%																																																				
								Volumen de aditivo		0.22%																																																				
								Volumen de finos		10.68%																																																				
MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP (kg/m ³)	HUM (%)	ABS. (%)	% H-% A	PESO SECO (kg/m ³)	VOL. (m ³)	PESO S.S.S. (kg/m ³)	P. HÚMEDO (kg/m ³)	TANDA PRUEBA																																																				
										DOSIFICACIÓN	UNIDAD																																																			
Cemento	CEMEX	3120	-	-	-	270	0.08654	270	270.0	6.75	kg																																																			
Agua	-	1000	-	-	-	190	0.19000	190	171.51	4.29	kg																																																			
Arena	TRAPICHE	2638	2.94	1.08	1.86	1017	0.38568	1028	1047.34	26.18	kg																																																			
Piedra H67	YERBA BUENA	2751	0.79	0.84	-0.05	868	0.31555	875	874.94	21.87	kg																																																			
Plastiment TM40	SIKA	1210	-	-	-	2.70	0.00223	2.70	2.6983	67.46	gr																																																			
Aire						2.00%	0.0200																																																							
TOTAL						2348	1.0000	2366	2366	59.09																																																				

Fuente: Elaboración propia

5.5. Ensayos de concreto en estado fresco

Los ensayos que se realizaron al concreto en estado fresco, se hicieron con una muestra patrón para posteriormente adicionar agua.

A continuación, se presenta el desarrollo de los ensayos de concreto fresco siguiendo los procedimientos establecidos por las normas ASTM y la Norma Técnica Peruana.

5.5.1. Elaboración de especímenes de concreto

La elaboración de las probetas, debe comenzar ni bien vertido la mezcla en la carretilla y en una zona plana y libre de vibraciones como se muestra en la figura 7.

El llenado de las probetas se efectuará evitando la segregación y vertiendo el concreto por etapas con un cucharón adecuado.

Luego de colocar la primera capa, compactar de manera enérgica con la barra mediante 25 golpes verticales uniformemente repartidos en forma espiral, comenzando por el borde y terminando en el centro. El proceso se repite para las siguientes capas, de manera que la barra penetre hasta la capa precedente no más de 1”.

Se considerará colocar material en exceso para enrasar a tope con el borde superior del molde. Después de consolidar cada capa, se procederá a golpear ligeramente las paredes del molde, utilizando el martillo de goma, para eliminar los vacíos que pudieran haber quedado.

Si en el llenado de la última capa, el material estuviera en exceso se retirará lo conveniente con la regla y luego se procederá a enrasar la superficie.

Identificar los especímenes, determinando el concreto que representan (Figura 8 y 9).



Figura 7: Elaboración de probetas de concreto

Fuente: Elaboración propia



Figura 8: Elaboración de probetas

Fuente: Elaboración propia



Figura 9: Elaboración de probetas

Fuente: Elaboración propia

5.5.2. Asentamiento de la mezcla de concreto (NTP 339.035)

El ensayo de asentamiento se realiza para poder observar el comportamiento del concreto en estado fresco. Dicha prueba fue desarrollada por Duft Abrams; adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.

El ensayo consistió en extraer una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asentamiento de la mezcla como se muestra en la figura 10, 12 y 14, luego de desmoldarlo según indican las normas ASTM C143/C 143M (Standard Test Method for Slump of Hydraulic - Cement Concrete) y NTP 339.035 (Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams).

En esta investigación primero, se analizó comportamiento del asentamiento del concreto (Tabla N°49) a través del tiempo, posteriormente se analizó el comportamiento del concreto con la adición de agua a los 30, 60 y 90 minutos (Tabla N°50), de esta forma se muestra la pérdida de fluidez en el tiempo con y sin la adición de agua (Figura 11 y 13).



Figura 10: Asentamiento a los 0 minutos
Fuente: Elaboración propia



Figura 11: Adición de agua
Fuente: Elaboración propia



Figura 12: Asentamiento a los 60 minutos
Fuente: Elaboración propia



Figura 13: Asentamiento con adición de agua
Fuente: Elaboración propia



Figura 14: Asentamiento a los 90 minutos
Fuente: Elaboración propia



Figura 15: Rotura de probetas
Fuente: Elaboración propia

Se procedió a realizar los ensayos de pérdida de asentamiento patrón mediante 4 pruebas obteniéndose valores similares, la pérdida de asentamiento es de aproximadamente 1.5 horas.

Tabla 49: Seguimiento de ensayo de pérdida de asentamiento

ASENTAMIENTO				
ENSAYO	TIEMPO (min)			
	0	30	60	90
1	6 1/2	4	2 3/4	1
2	6 3/4	4	2 1/2	1 1/4
3	6 3/4	4 1/4	2 1/2	1
4	6 1/4	4 1/4	2 1/2	1

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico (Figura 16) se observa como varia el asentamiento a lo largo de 90 minutos, los 4 ensayos muestran la misma tendencia y pierden aproximadamente dos pulgadas cada 30 minutos.

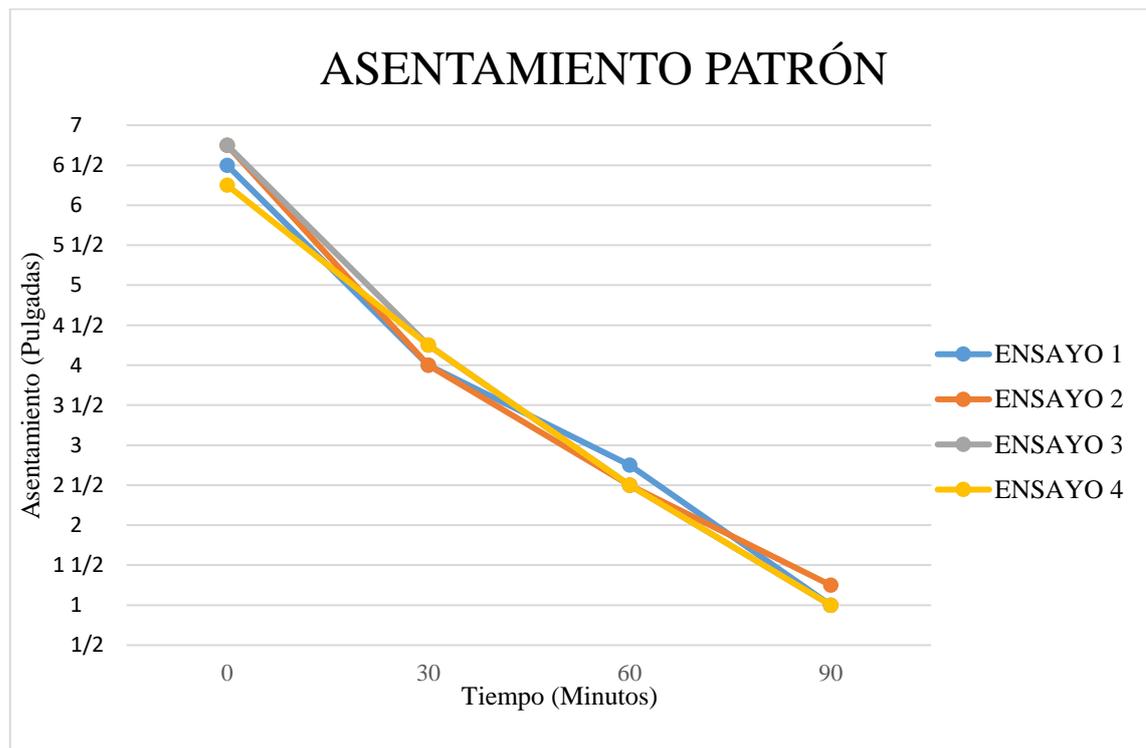


Figura 16: Gráfico de pérdida de asentamiento

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°50 se muestran las pérdidas de asentamiento y recuperaciones mediante las continuas adiciones de agua a partir del minuto 30, luego a 60 y 90 minutos, se resalta en verde la recuperación de los asentamientos luego de la adición.

Tabla 50: Perdida de asentamiento y recuperación mediante la adición de agua

ASENTAMIENTO CON ADICIONES DE AGUA							
ENSAYO	TIEMPO (Min.)						
	0	30		60		90	
1	7	5	6 1/4	4 1/4	6 1/2	4	6
2	6 3/4	4 1/2	6 3/4	4	6	3 1/2	5 3/4
3	6 1/2	3 3/4	5 3/4	4 3/4	6 1/4	4	6
4	6 3/4	4	6 1/2	5	6 1/4	4	5
5	6 1/2	4 3/4	6 1/4	4 3/4	6	3 3/4	5 3/4
6	6 3/4	4 1/4	6 1/2	4 3/4	6 1/2	3 1/2	5 3/4

Fuente: Elaboración propia

En el grafico (Figura 17) se muestra cómo se recupera el asentamiento en el tiempo luego de la adición de agua, se puede apreciar como a medida que pasa el tiempo la adición de agua no recupera por completo el asentamiento.

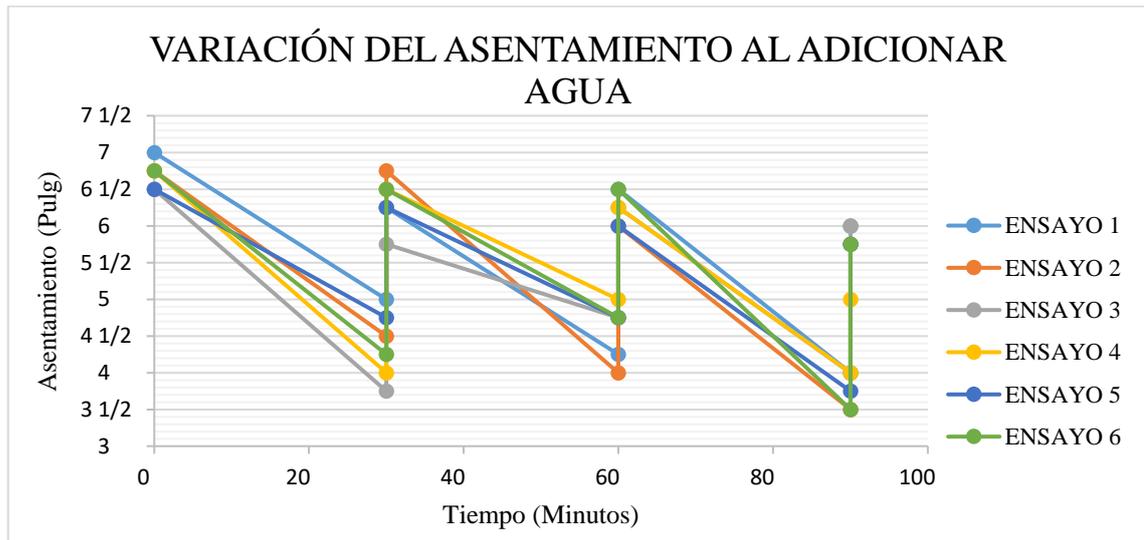


Figura 17: Gráfico de recuperación de asentamiento mediante la adición de agua en el tiempo

Fuente: Elaboración propia

5.6. Ensayos de concreto en estado endurecido

5.6.1. Resistencia a la compresión (NTP 339.034)

La resistencia a la compresión del concreto está referida a la relación que hay entre la carga máxima aplicada por la unidad de área del espécimen antes de la falla, la cual se produce por la zona más débil generando internamente cohesión y fricción (Figura 15). La NTP 339.034 establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, moldeadas con hormigón o de testigos diamantinos extraídos de

concreto endurecido, en las tablas N°51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, se muestran los resultados de resistencia a compresión para diferentes edades.

Todas las probetas de concreto endurecido son fracturadas dentro del tiempo permisible de tolerancias prescritas.

Tabla 51: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.70

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA								
FACULTAD DE INGENIERIA								
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
DESCRIPCION	: CONCRETO			NORMA	: NTP 334.034			
DISEÑO	: f'c 210			HECHO POR	: VELASCO GIRALDO, ENRIQUE			
RELACION A/C	: 0.70				MUÑOZ CELIS, DAVIS RAFAEL			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A 28 DIAS								
ENSAYO	DIAMETRO (cm)			AREA (cm2)	CARGA MAX	F'c	F'c PROM	RELACION A/C
	D1	D2	DPROM					
070-1	10.13	10.14	10.14	80.67	23654	295	288	0.7
	10.13	10.13	10.13	80.60	22531	281		
070-2	10.14	10.14	10.14	80.75	23215	290	288	0.7
	10.13	10.14	10.14	80.67	22974	287		
070-3	10.15	10.13	10.14	80.75	23116	289	286	0.71
	10.13	10.14	10.14	80.67	22743	284		
070-4	10.13	10.14	10.14	80.67	22234	278	277	0.71
	10.13	10.13	10.13	80.60	22112	276		
070-5	10.14	10.14	10.14	80.75	22843	285	291	0.7
	10.13	10.14	10.14	80.67	23843	298		
070-6	10.15	10.13	10.14	80.75	22788	284	288	0.7
	10.13	10.14	10.14	80.67	23361	292		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.75

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA								
FACULTAD DE INGENIERIA								
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
DESCRIPCION	: CONCRETO			NORMA	: NTP 334.034			
DISEÑO	: f'c 210			HECHO POR	: VELASCO GIRALDO, ENRIQUE			
RELACION A/C	: 0.75				MUÑOZ CELIS, DAVIS RAFAEL			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A 28 DIAS								
ENSAYO	DIAMETRO (cm)			AREA (cm2)	CARGA MAX	F'c	F'c PROM	RELACION A/C
	D1	D2	DPROM					
075-1	10.14	10.13	10.14	80.67	20351	254	256	0.75
	10.14	10.14	10.14	80.75	20661	258		
075-2	10.13	10.14	10.14	80.67	20663	258	259	0.75
	10.13	10.14	10.14	80.67	20900	261		
075-3	10.14	10.13	10.14	80.67	19984	249	251	0.75
	10.13	10.14	10.14	80.67	20162	252		
075-4	10.13	10.14	10.14	80.67	19886	248	252	0.76
	10.13	10.13	10.13	80.60	20436	255		
075-5	10.14	10.14	10.14	80.75	20357	254	258	0.75
	10.13	10.14	10.14	80.67	20954	262		
075-6	10.15	10.13	10.14	80.75	20993	262	255	0.75
	10.13	10.14	10.14	80.67	19874	248		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.80

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
DESCRIPCION	: CONCRETO			NORMA	: NTP 334.034			
DISEÑO	: f'c 210			HECHO POR	: VELASCO GIRALDO, ENRIQUE			
RELACION A/C	: 0.8				MUÑOZ CELIS, DAVIS RAFAEL			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A 28 DIAS								
ENSAYO	DIAMETRO (cm)			AREA (cm2)	CARGA MAX	F'c	F'c PROM	RELACION A/C
	D1	D2	D PROM					
080-1	10.13	10.14	10.14	80.67	18892	236	237	0.8
	10.14	10.13	10.14	80.67	19038	238		
080-2	10.13	10.14	10.14	80.67	18225	227	228	0.82
	10.13	10.13	10.13	80.60	18364	229		
080-3	10.15	10.13	10.14	80.75	19523	244	240	0.8
	10.13	10.14	10.14	80.67	18956	237		
080-4	10.13	10.14	10.14	80.67	19886	248	237	0.8
	10.13	10.13	10.13	80.60	18118	226		
080-5	10.14	10.14	10.14	80.75	18007	225	234	0.8
	10.13	10.14	10.14	80.67	19525	244		
080-6	10.15	10.13	10.14	80.75	18212	227	233	0.81
	10.13	10.14	10.14	80.67	19189	240		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.85

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
DESCRIPCION	: CONCRETO			NORMA	: NTP 334.034			
DISEÑO	: f'c 210			HECHO POR	: VELASCO GIRALDO, ENRIQUE			
RELACION A/C	: 0.85				MUÑOZ CELIS, DAVIS RAFAEL			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A 28 DIAS								
ENSAYO	DIAMETRO (cm)			AREA (cm2)	CARGA MAX	F'c	F'c PROM	RELACION A/C
	D1	D2	D PROM					
085-1	10.13	10.13	10.13	80.60	17394	217	219	0.85
	10.13	10.15	10.14	80.75	17645	220		
085-2	10.13	10.14	10.14	80.67	16421	205	208	0.85
	10.14	10.13	10.14	80.67	16862	210		
085-3	10.13	10.14	10.14	80.67	15743	197	194	0.88
	10.14	10.14	10.14	80.75	15293	191		
085-4	10.13	10.14	10.14	80.67	17781	222	216	0.85
	10.13	10.13	10.13	80.60	16836	210		
085-5	10.14	10.14	10.14	80.75	16947	212	213	0.85
	10.13	10.14	10.14	80.67	17189	215		
085-6	10.15	10.13	10.14	80.75	17523	219	216	0.85
	10.13	10.14	10.14	80.67	17135	214		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.70

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
DESCRIPCION	: CONCRETO			NORMA	: NTP 334.034			
DISEÑO	: f'c 210			HECHO POR	: VELASCO GIRALDO, ENRIQUE			
RELACION A/C	: 0.70				MUÑOZ CELIS, DAVIS RAFAEL			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A 14 DIAS								
ENSAYO	DIAMETRO (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAX	F'c	F'c PROM	RELACION A/C
	D1	D2	D PROM					
070-1	10.13	10.14	10.14	80.67	20259	253	254	0.7
	10.13	10.13	10.13	80.60	20407	255		
070-2	10.14	10.14	10.14	80.75	20744	259	251	0.7
	10.13	10.14	10.14	80.67	19394	242		
070-3	10.15	10.13	10.14	80.75	20862	260	244	0.71
	10.13	10.14	10.14	80.67	18216	227		
070-4	10.13	10.14	10.14	80.67	19328	241	241	0.71
	10.13	10.13	10.13	80.60	19236	240		
070-5	10.14	10.14	10.14	80.75	20681	258	253	0.7
	10.13	10.14	10.14	80.67	19912	249		
070-6	10.15	10.13	10.14	80.75	20823	260	247	0.7
	10.13	10.14	10.14	80.67	18735	234		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.75

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
DESCRIPCION	: CONCRETO			NORMA	: NTP 334.034			
DISEÑO	: f'c 210			HECHO POR	: VELASCO GIRALDO, ENRIQUE			
RELACION A/C	: 0.75				MUÑOZ CELIS, DAVIS RAFAEL			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A 14 DIAS								
ENSAYO	DIAMETRO (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAX	F'c	F'c PROM	RELACION A/C
	D1	D2	D PROM					
075-1	10.14	10.13	10.14	80.67	18242	228	228	0.75
	10.14	10.14	10.14	80.75	18293	228		
075-2	10.13	10.14	10.14	80.67	18852	235	230	0.75
	10.13	10.14	10.14	80.67	18036	225		
075-3	10.14	10.13	10.14	80.67	18434	230	227	0.75
	10.13	10.14	10.14	80.67	17880	223		
075-4	10.13	10.14	10.14	80.67	18735	234	231	0.76
	10.13	10.13	10.13	80.60	18347	229		
075-5	10.14	10.14	10.14	80.75	17833	223	225	0.75
	10.13	10.14	10.14	80.67	18196	227		
075-6	10.15	10.13	10.14	80.75	18463	230	228	0.75
	10.13	10.14	10.14	80.67	18110	226		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.80

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
DESCRIPCION	: CONCRETO			NORMA	: NTP 334.034			
DISEÑO	: f'c 210			HECHO POR	: VELASCO GIRALDO, ENRIQUE			
RELACION A/C	: 0.8				MUÑOZ CELIS, DAVIS RAFAEL			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A 14 DIAS								
ENSAYO	DIAMETRO (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAX	F'c	F'c PROM	RELACION A/C
	D1	D2	D PROM					
080-1	10.13	10.14	10.14	80.67	16732	209	209	0.8
	10.14	10.13	10.14	80.67	16809	210		
080-2	10.13	10.14	10.14	80.67	16159	202	204	0.8
	10.13	10.13	10.13	80.60	16458	205		
080-3	10.15	10.13	10.14	80.75	16366	204	207	0.8
	10.13	10.14	10.14	80.67	16852	210		
080-4	10.13	10.14	10.14	80.67	16863	210	210	0.82
	10.13	10.13	10.13	80.60	16845	210		
080-5	10.14	10.14	10.14	80.75	16844	210	212	0.8
	10.13	10.14	10.14	80.67	17181	214		
080-6	10.15	10.13	10.14	80.75	16877	211	208	0.8
	10.13	10.14	10.14	80.67	16393	205		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.85

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
DESCRIPCION	: CONCRETO			NORMA	: NTP 334.034			
DISEÑO	: f'c 210			HECHO POR	: VELASCO GIRALDO, ENRIQUE			
RELACION A/C	: 0.85				MUÑOZ CELIS, DAVIS RAFAEL			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A 14 DIAS								
ENSAYO	DIAMETRO (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAX	F'c	F'c PROM	RELACION A/C
	D1	D2	D PROM					
085-1	10.13	10.13	10.13	80.60	15835	198	195	0.85
	10.13	10.15	10.14	80.75	15333	191		
085-2	10.13	10.14	10.14	80.67	14964	187	188	0.85
	10.14	10.13	10.14	80.67	15148	189		
085-3	10.13	10.14	10.14	80.67	14756	184	179	0.88
	10.14	10.14	10.14	80.75	13872	173		
085-4	10.13	10.14	10.14	80.67	14756	184	190	0.85
	10.13	10.13	10.13	80.60	15664	196		
085-5	10.14	10.14	10.14	80.75	14843	185	188	0.85
	10.13	10.14	10.14	80.67	15342	192		
085-6	10.15	10.13	10.14	80.75	15283	191	193	0.85
	10.13	10.14	10.14	80.67	15674	196		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.70

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
DESCRIPCION	: CONCRETO			NORMA	: NTP 334.034			
DISEÑO	: f'c 210			HECHO POR	: VELASCO GIRALDO, ENRIQUE			
RELACION A/C	: 0.70				MUÑOZ CELIS, DAVIS RAFAEL			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A 7 DIAS								
ENSAYO	DIAMETRO (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAX	F'c	F'c PROM	RELACION A/C
	D1	D2	D PROM					
070-1	10.13	10.14	10.14	80.67	16108	201	207	0.7
	10.13	10.13	10.13	80.60	17034	213		
070-2	10.14	10.14	10.14	80.75	17213	215	217	0.7
	10.13	10.14	10.14	80.67	17544	219		
070-3	10.15	10.13	10.14	80.75	16400	205	206	0.7
	10.13	10.14	10.14	80.67	16561	207		
070-4	10.13	10.14	10.14	80.67	17736	221	213	0.7
	10.13	10.13	10.13	80.60	16412	205		
070-5	10.14	10.14	10.14	80.75	16278	203	208	0.7
	10.13	10.14	10.14	80.67	17111	214		
070-6	10.15	10.13	10.14	80.75	16423	205	209	0.7
	10.13	10.14	10.14	80.67	17094	213		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.75

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
DESCRIPCION	: CONCRETO			NORMA	: NTP 334.034			
DISEÑO	: f'c 210			HECHO POR	: VELASCO GIRALDO, ENRIQUE			
RELACION A/C	: 0.75				MUÑOZ CELIS, DAVIS RAFAEL			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A 7 DIAS								
ENSAYO	DIAMETRO (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAX	F'c	F'c PROM	RELACION A/C
	D1	D2	D PROM					
075-1	10.14	10.13	10.14	80.67	15757	197	188	0.75
	10.14	10.14	10.14	80.75	14317	179		
075-2	10.13	10.14	10.14	80.67	15621	195	192	0.75
	10.13	10.14	10.14	80.67	15065	188		
075-3	10.14	10.13	10.14	80.67	14655	183	180	0.75
	10.13	10.14	10.14	80.67	14126	176		
075-4	10.13	10.14	10.14	80.67	14724	184	189	0.76
	10.13	10.13	10.13	80.60	15634	195		
075-5	10.14	10.14	10.14	80.75	15391	192	198	0.75
	10.13	10.14	10.14	80.67	16374	204		
075-6	10.15	10.13	10.14	80.75	15771	197	201	0.75
	10.13	10.14	10.14	80.67	16489	206		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.80

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
DESCRIPCION	: CONCRETO			NORMA	: NTP 334.034			
DISEÑO	: f'c 210			HECHO POR	: VELASCO GIRALDO, ENRIQUE			
RELACION A/C	: 0.8				MUÑOZ CELIS, DAVIS RAFAEL			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A 7 DIAS								
ENSAYO	DIAMETRO (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAX	F'c	F'c PROM	RELACION A/C
	D1	D2	D PROM					
080-1	10.13	10.14	10.14	80.67	14395	180	184	0.8
	10.14	10.13	10.14	80.67	15008	187		
080-2	10.13	10.14	10.14	80.67	14681	183	182	0.8
	10.13	10.13	10.13	80.60	14401	180		
080-3	10.15	10.13	10.14	80.75	14893	186	182	0.8
	10.13	10.14	10.14	80.67	14346	179		
080-4	10.13	10.14	10.14	80.67	14831	185	184	0.8
	10.13	10.13	10.13	80.60	14576	182		
080-5	10.14	10.14	10.14	80.75	14642	183	186	0.8
	10.13	10.14	10.14	80.67	15108	189		
080-6	10.15	10.13	10.14	80.75	14342	179	184	0.8
	10.13	10.14	10.14	80.67	15211	190		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - Relación a/c 0.85

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
DESCRIPCION	: CONCRETO			NORMA	: NTP 334.034			
DISEÑO	: f'c 210			HECHO POR	: VELASCO GIRALDO, ENRIQUE			
RELACION A/C	: 0.85				MUÑOZ CELIS, DAVIS RAFAEL			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A 7 DIAS								
ENSAYO	DIAMETRO (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAX	F'c	F'c PROM	RELACION A/C
	D1	D2	D PROM					
085-1	10.13	10.13	10.13	80.60	13814	172	171	0.85
	10.13	10.15	10.14	80.75	13598	170		
085-2	10.13	10.14	10.14	80.67	13312	166	169	0.85
	10.14	10.13	10.14	80.67	13742	172		
085-3	10.13	10.14	10.14	80.67	13301	166	164	0.88
	10.14	10.14	10.14	80.75	12977	162		
085-4	10.13	10.14	10.14	80.67	13607	170	168	0.85
	10.13	10.13	10.13	80.60	13286	166		
085-5	10.14	10.14	10.14	80.75	13635	170	167	0.85
	10.13	10.14	10.14	80.67	13119	164		
085-6	10.15	10.13	10.14	80.75	13246	165	167	0.85
	10.13	10.14	10.14	80.67	13471	168		

Fuente: Elaboración propia

En las tablas N°63, 64, 65 y 66 se resumen los resultados individuales de las resistencias a compresión para cada tiempo, mostrando la evolución de las mismas en las figuras 18, 19, 20 y 21 respectivamente.

Tabla 63: Muestras de resistencia (kg/cm²) - Patrón

DÍAS	ENSAYOS DE RESISTENCIA (kg/cm ²)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	147	148	150	140	151	132	140	139	150	144	151	136
7	201	213	215	219	205	207	221	205	203	214	205	213
14	253	255	259	242	260	227	241	240	258	249	260	234
28	295	281	290	287	289	284	278	276	285	298	284	292

Fuente: Elaboración propia

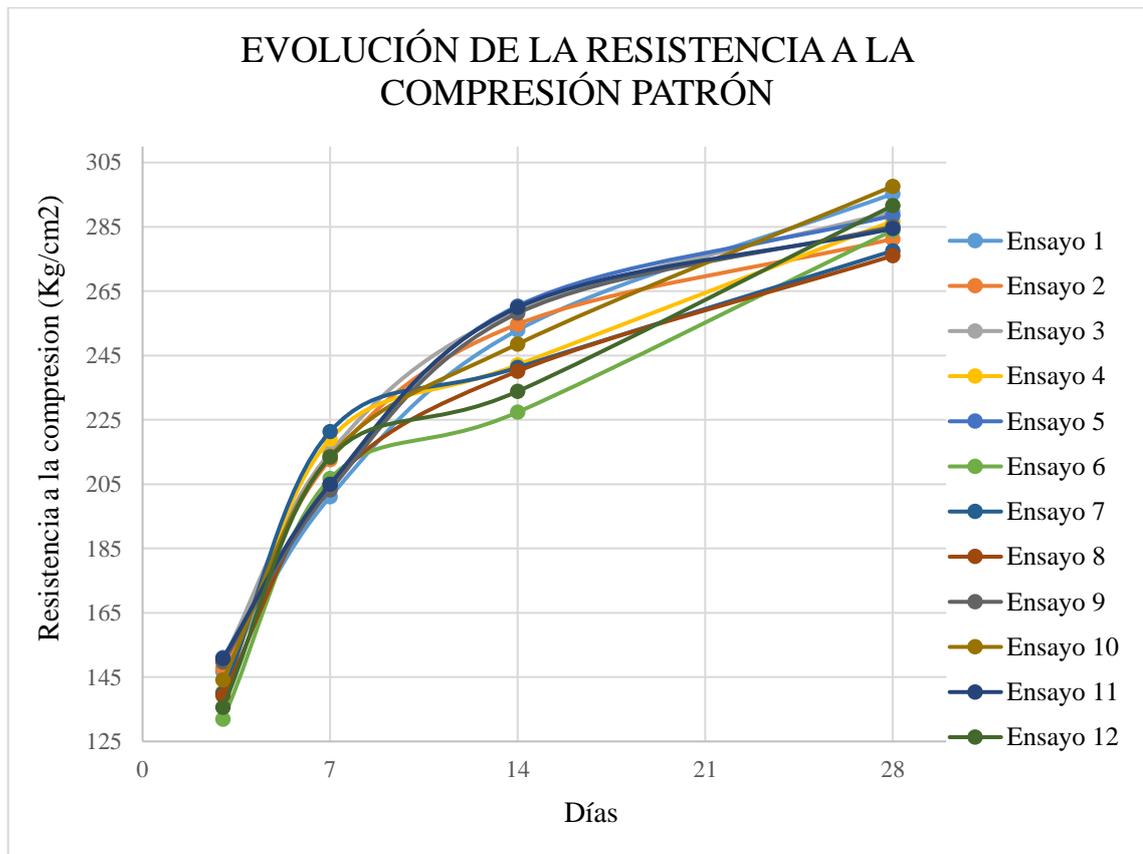


Figura 18: Evolución de la resistencia a la compresión patrón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64: Muestras de resistencia (kg/cm²) – 30 minutos

DÍAS	ENSAYOS DE RESISTENCIA (kg/cm ²)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	134	135	139	133	136	132	138	135	131	134	136	133
7	197	179	195	188	183	176	184	195	192	204	197	206
14	228	228	235	225	230	223	234	229	223	227	230	226
28	254	258	258	261	249	252	248	255	254	262	262	248

Fuente: Elaboración propia

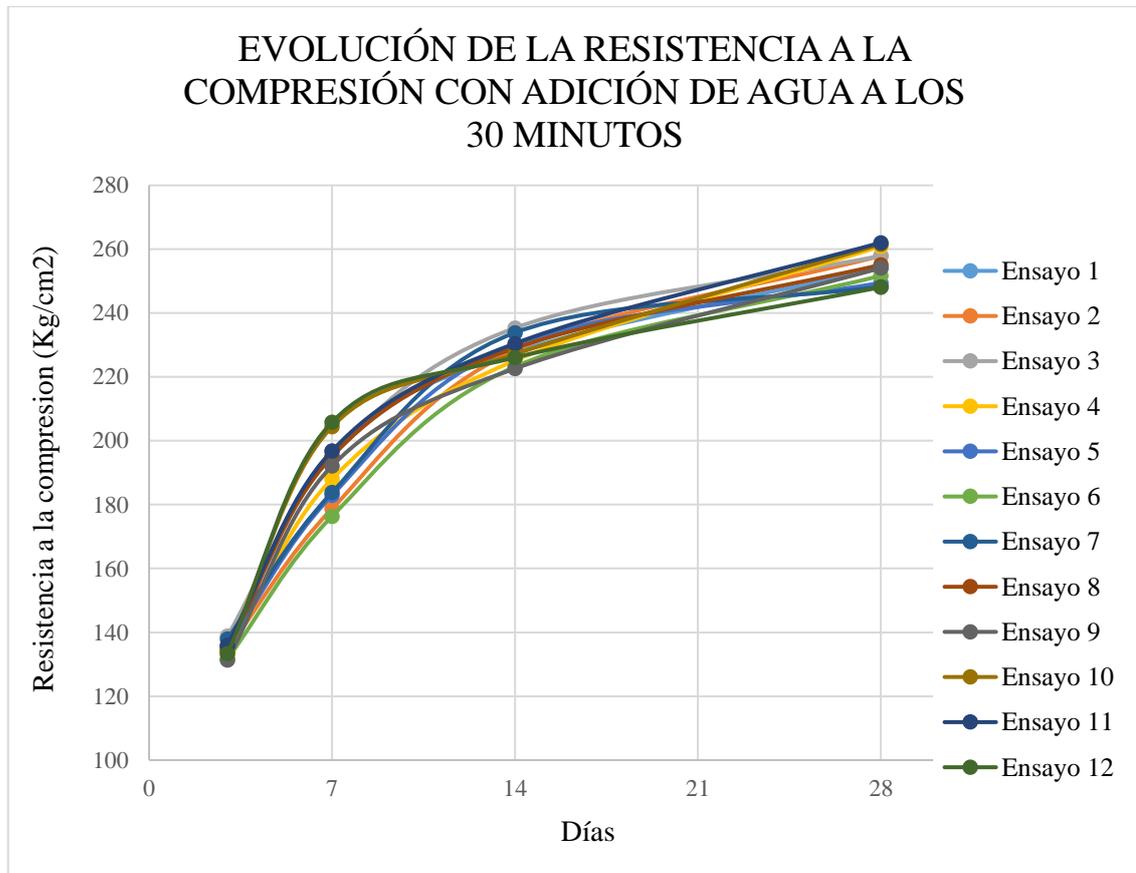


Figura 19: Evolución de la resistencia a la compresión con adición de agua a los 30 minutos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65: Muestras de resistencia (kg/cm²) – 60 minutos

DÍAS	ENSAYOS DE RESISTENCIA (kg/cm ²)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	123	124	119	121	121	124	124	124	124	127	124	121
7	180	187	183	180	186	179	185	182	183	189	179	190
14	209	210	202	205	204	210	210	210	210	214	211	205
28	236	238	227	229	244	237	248	226	225	244	227	240

Fuente: Elaboración propia

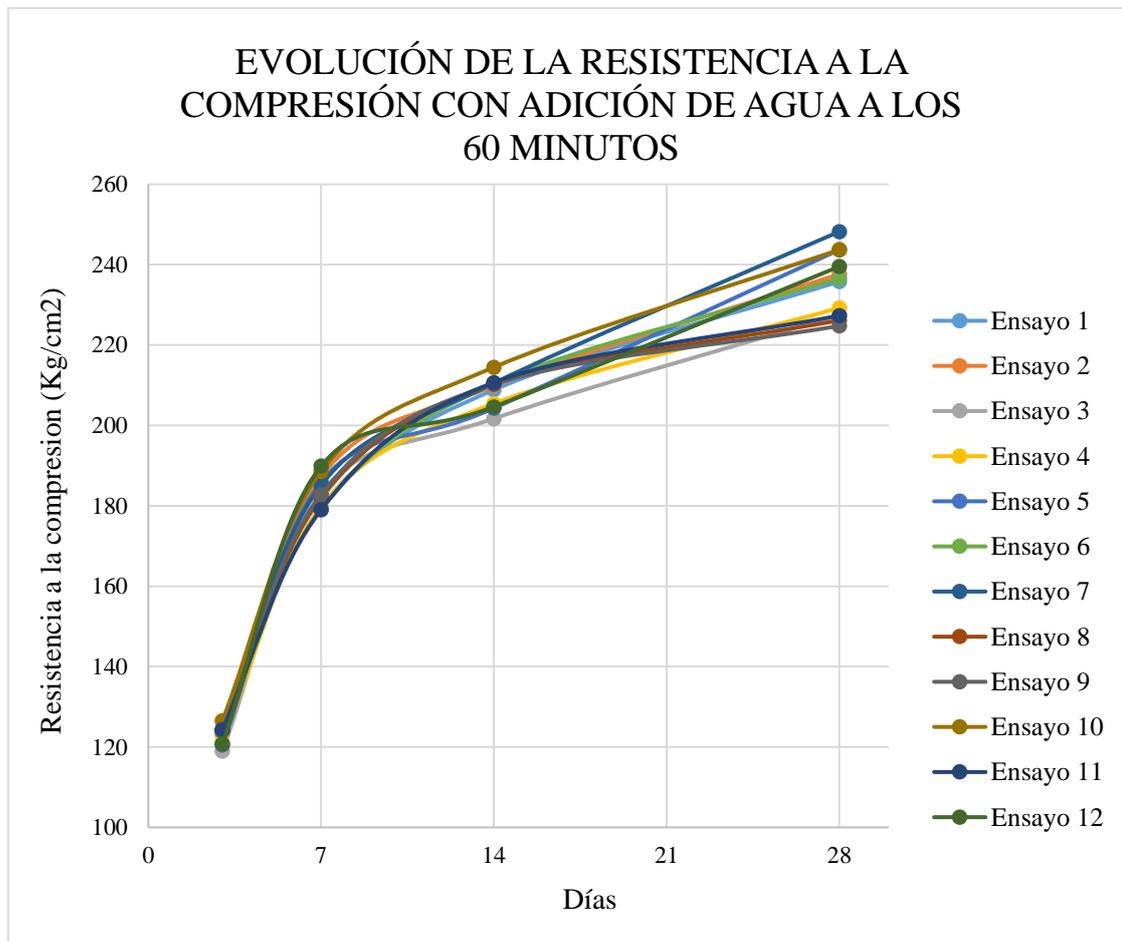


Figura 20: Evolución de la resistencia a la compresión con adición de agua a los 60 minutos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66: Muestras de resistencia (kg/cm²) – 90 minutos

DÍAS	ENSAYOS DE RESISTENCIA (kg/cm ²)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	119	115	112	113	111	104	111	117	111	115	114	117
7	172	170	166	172	166	162	170	166	170	164	165	168
14	198	191	187	189	184	173	184	196	185	192	191	196
28	217	220	205	210	197	191	222	210	212	215	219	214

Fuente: Elaboración propia

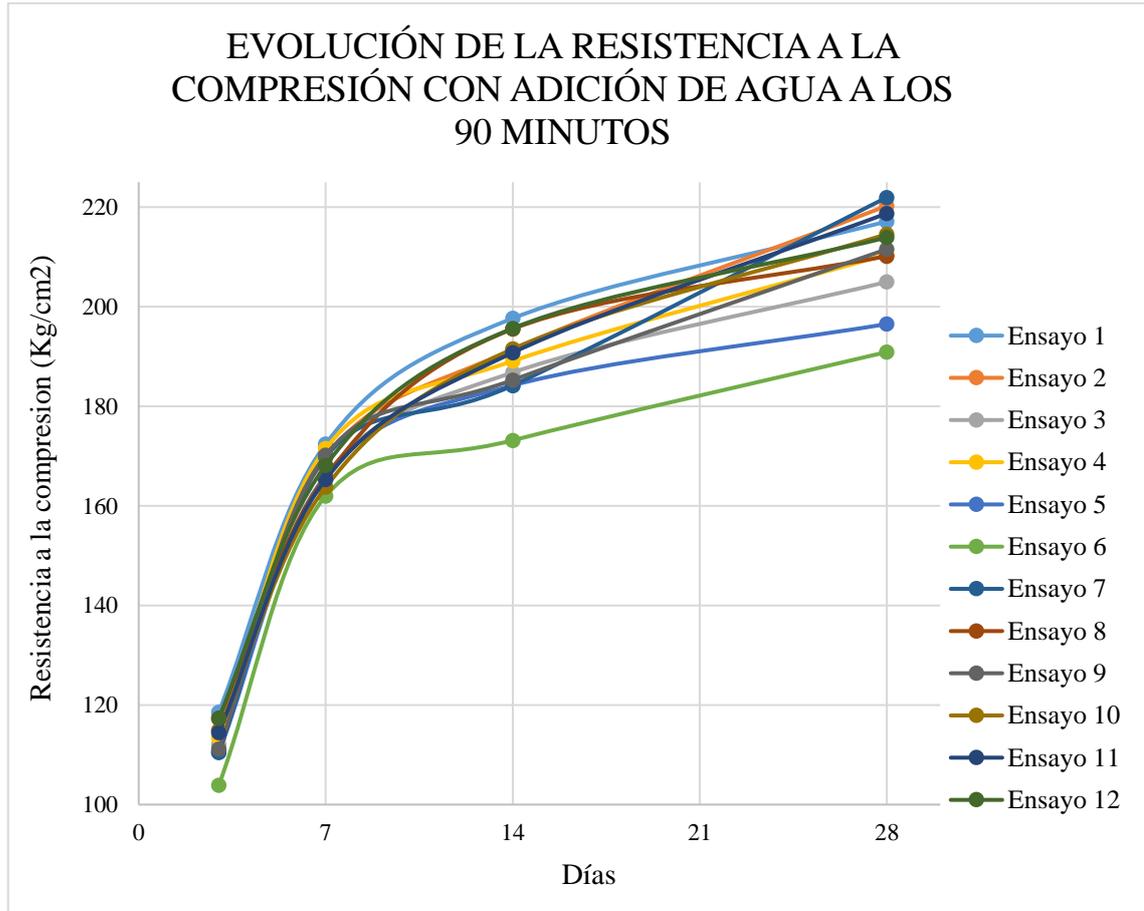


Figura 21: Evolución de la resistencia a la compresión con adición de agua a los 90 minutos

Fuente: Elaboración propia

En la figura 22, se detalla la resistencia a la compresión promedio de cada tiempo, obteniéndose 4 curvas para 0, 30, 60 y 90 minutos.

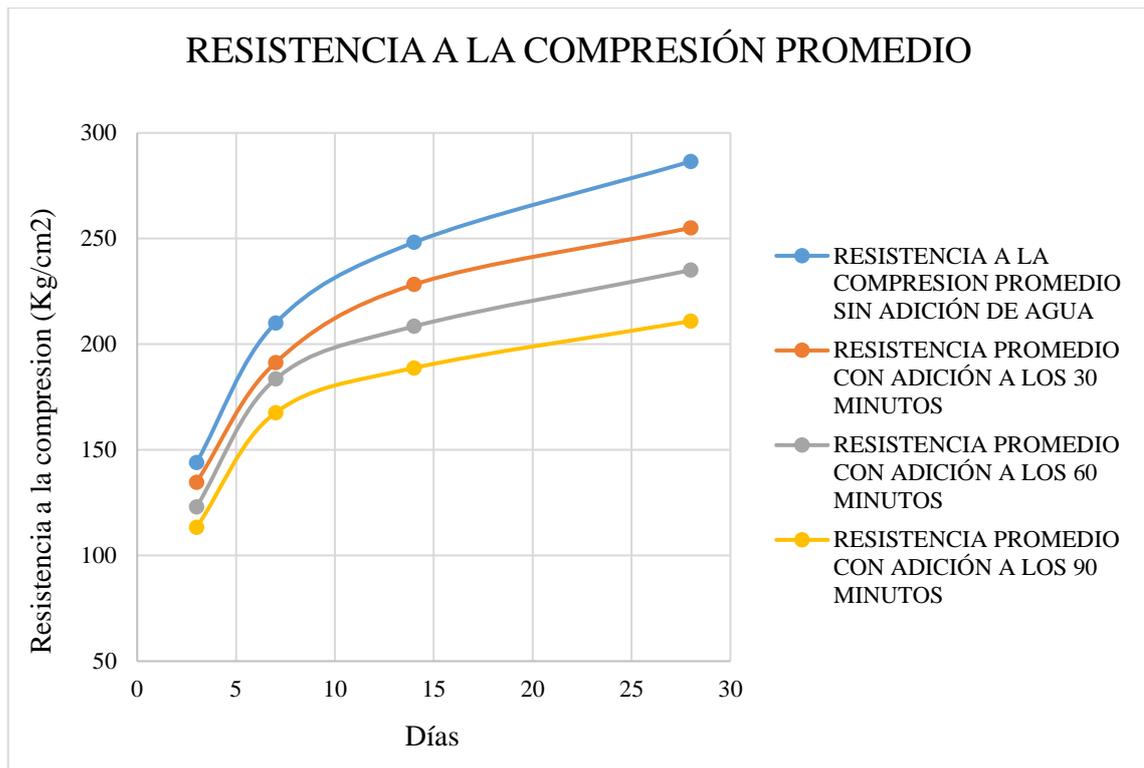


Figura 22: Resistencia a la compresión promedio

Fuente: Elaboración propia

5.7. Desarrollo de modelo matemático

El modelo matemático busca estimar la cantidad de agua a adicionar para obtener el asentamiento de diseño, y su correspondiente resistencia bajo dichas dosis. Dicho modelo está basado en relaciones de asentamiento-tiempo, variación de asentamiento-agua, resistencia-agua.

Los ensayos de asentamiento y resistencia nos brindan los datos necesarios para obtener las ecuaciones de las relaciones antes mencionadas. Primero los ensayos de asentamiento sin adición de agua, luego los asentamientos con adición de agua a 30, 60 y 90 minutos, nos brindaran la variación de asentamiento que nos permite representar en una gráfica y así calcular su ecuación. De la misma forma se procede con los asentamientos con acumulación de agua y finalmente con la resistencia.

El modelo matemático se puede representar en un gráfico con variables de agua, asentamiento (slump), tiempo y resistencia.

En la tabla N°67, se muestra los asentamientos sin adiciones de agua, se obtuvo el promedio de las 4 muestras.

Tabla 67: Slump patrón

TIEMPO VS SLUMP SIN ADICIÓN DE AGUA					
TIEMPO (Minutos)	MUESTRAS (Pulg.)				
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Mediana
0	6 1/2	6 3/4	6 3/4	6 1/4	6 5/8
30	4	4	4 1/4	4 1/4	4 1/8
60	2 3/4	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
90	1	1 1/4	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°68, se muestra los asentamientos obtenidos con adición de agua en el tiempo a partir de 30 minutos y en la tabla 69 como varia el asentamiento (Slump), para luego obtener la gráfica de la variación del slump respecto al agua (Figura 23).

Tabla 68: Slump con adición de agua

TIEMPO VS SLUMP CON ADICIÓN DE AGUA							
TIEMPO (Minutos)	MUESTRAS (Pulg.)						
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Mediana
0	7	6 3/4	6 1/2	6 3/4	6 1/2	6 3/4	6 3/4
30	6 1/4	6 3/4	5 3/4	6 1/2	6 1/4	6 1/2	6 3/8
60	6 1/2	6	6 1/4	6 1/4	6	6 1/2	6 1/4
90	6	5 3/4	6	5	5 3/4	5 3/4	5 3/4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69: Variación de Slump con adición de agua

VARIACIÓN DEL SLUMP RESPECTO AL AGUA			
AGUA (Lts)	SLUMP		VARIACIÓN DEL SLUMP RESPECTO AL AGUA
	Con adición de agua (Pulg.)	De seguimiento (Pulg.)	
0	6 3/4	6 5/8	1/8
13	6 3/8	4 1/8	2 1/4
25	6 1/4	2 1/2	3 3/4
37	5 3/4	1	4 3/4

Fuente: Elaboración propia

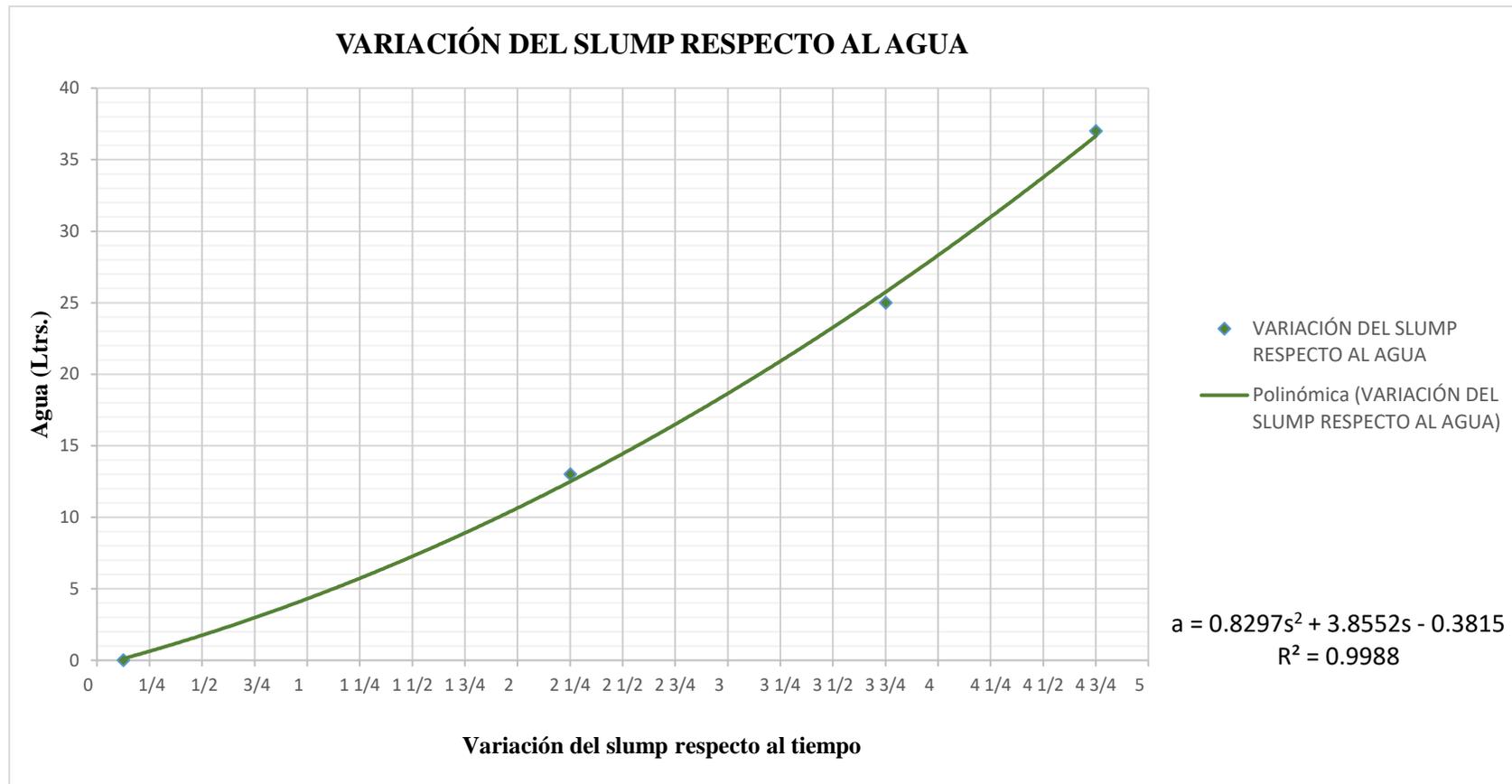


Figura 23: Gráfico de la variación del slump respecto al agua

Fuente: Elaboración propia

La ecuación de la curva que se ajusta estima la cantidad de agua para obtener la variación del slump.

De la ecuación obtenida se puede obtener la tabla N°70 que muestra la cantidad de agua necesaria para diferentes variaciones de asentamientos (slump).

Tabla 70: Corrección de la cantidad de agua respecto al tiempo

CORRECCIÓN DE LA CANTIDAD DE AGUA PARA OBTENER EL SLUMP RESPECTO AL TIEMPO					
y =	0.8297	+ x²	+ 3.8552	+ x	-0.3815
0.6342	0.8297	0.25	3.8552	0.25	-0.3815
0.6342	0.8297	0.25	3.8552	0.25	-0.3815
3.6270	0.8297	0.88	3.8552	0.88	-0.3815

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°71 se muestra la comparación experimental y de la ecuación, de la cantidad de agua a adicionar para obtener los asentamientos (slump) respecto al tiempo.

Tabla 71: Variación del slump respecto al tiempo

VARIACIÓN DEL SLUMP RESPECTO AL TIEMPO			
ENSAYO EXPERIMENTAL		PATRÓN MATEMÁTICO	
Agua (Lts.)	Slump con adición de agua (Pulg.)	Agua (Lts.)	Slump con adición de agua (Pulg.)
0	6 5/8	0.00	6 5/8
13	6 1/4	13.63	6 1/2
25	6 1/4	25.63	6 1/2
37	5 5/8	40.63	6 1/2

Fuente: Elaboración propia

5.7.1. Definición de variables

Tabla 72: Definición de variables

DESCRIPCIÓN	VARIABLES	UNIDADES
TIEMPO	T	Minutos
SLUMP	S	Pulgadas
AGUA	A	Litros
RESISTENCIA	R	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

La tabla N°72 detalla las variables que se utilizarán en las ecuaciones que se definen en el modelo matemático. En las tablas N°73, 74, 75 y 76, se detallan resultados de

asentamiento que proporcionan información para el desarrollo del gráfico Tiempo – Slump mostrado en la Figura 24.

Tabla 73: Slump con adición de agua

GRÁFICO TIEMPO VS SLUMP						
SLUMP CON ADICIÓN DE AGUA						
TIEMPO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
0	7	6 3/4	6 1/2	6 3/4	6 1/2	6 3/4
30	6 1/4	6 3/4	5 3/4	6 1/2	6 1/4	6 1/2
60	6 1/2	6	6 1/4	6 1/4	6	6 1/2
90	6	5 3/4	6	5	5 3/4	5 3/4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74: Slump patrón sin adición de agua

SLUMP DE SEGUIMIENTO PREVIA ADICIÓN DE AGUA						
TIEMPO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
0	0	0	0	0	0	0
30	5	4 1/2	3 3/4	4	4 3/4	4 1/4
60	4 1/4	4	4 3/4	5	4 3/4	4 3/4
90	4	3 1/2	4	4	3 3/4	3 1/2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75: Incremento de slump por cada tiempo

INCREMENTO DE SLUMP POR CADA ADICIÓN DE AGUA						
TIEMPO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
0	0	0	0	0	0	0
30	1 1/4	2 1/4	2	2 1/2	1 1/2	2 1/4
60	2 1/4	2	1 1/2	1 1/4	1 1/4	1 3/4
90	2	2 1/4	2	1	2	2 1/4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76: Valores acumulados del slump incrementando agua

VALORES ACUMULADOS DEL SLUMP INCREMENTANDO AGUA						
TIEMPO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
0	0	0	0	0	0	0
30	1 1/4	2 1/4	2	2 1/2	1 1/2	2 1/4
60	3 1/2	4 1/4	3 1/2	3 3/4	2 3/4	4
90	5 1/2	6 1/2	5 1/2	4 3/4	4 3/4	6 1/4

Fuente: Elaboración propia

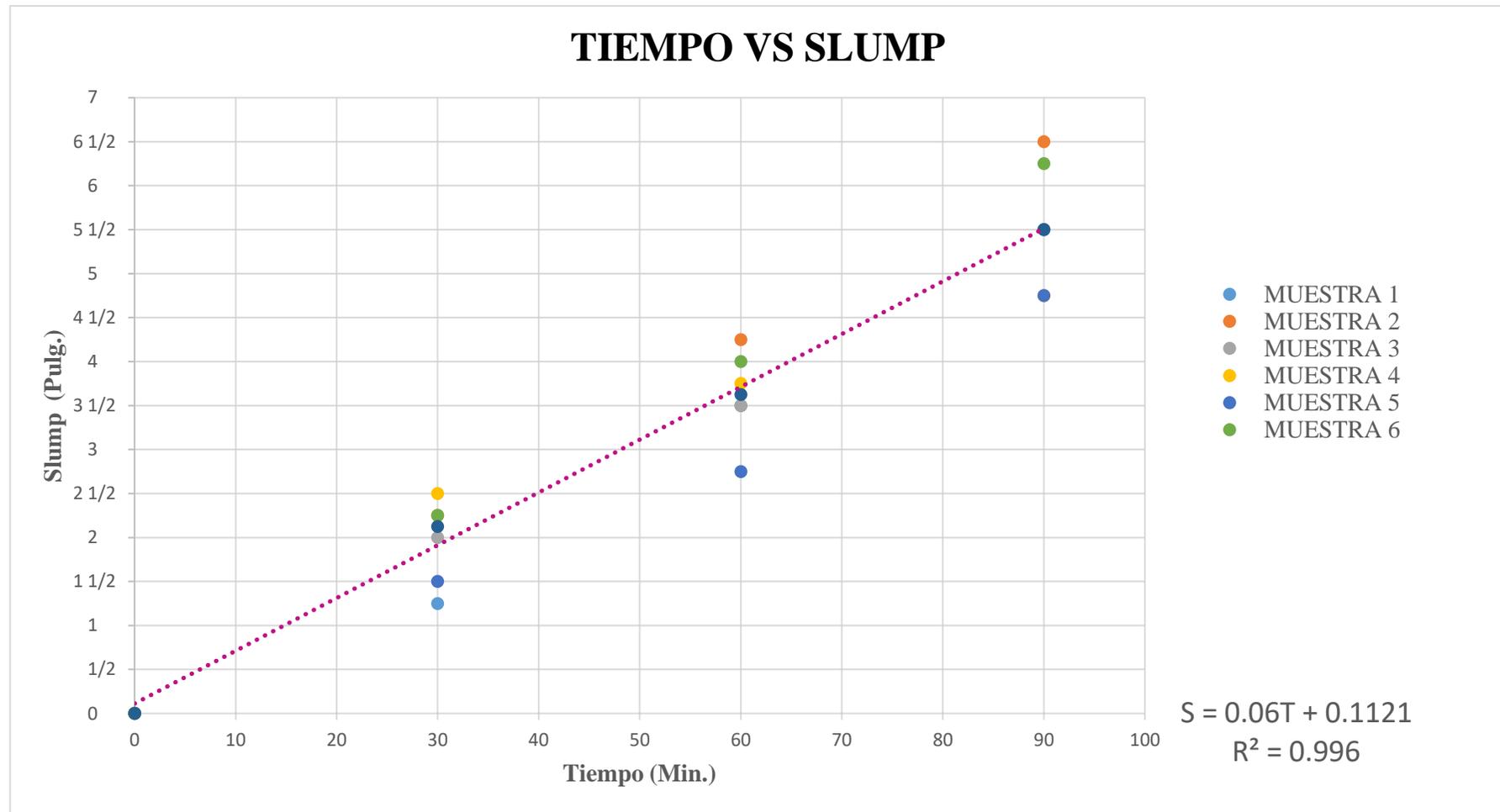


Figura 24: Valores acumulados del slump incrementando agua

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77: Agua vs Slump

GRÁFICO AGUA VS SLUMP														
MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5		MUESTRA 6		MEDIA		PATRÓN
AGUA (Lts)	SLUMP	AGUA (Lts)	SLUMP	AGUA (Lts)	SLUMP	AGUA (Lts)	SLUMP	AGUA (Lts)	SLUMP	AGUA (Lts)	SLUMP	AGUA (Lts)	SLUMP	AGUA (Lts)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
13	1 1/4	13	2 1/4	12	2	13	2 1/2	8	1 1/2	13	2 1/4	13	2 1/8	13.63
26	3 1/2	25	4 1/4	24	3 1/2	25	3 3/4	18	2 3/4	25	4	25	3 5/8	25.63
39	5 1/2	37	6 1/2	36	5 1/2	37	4 3/4	30	4 3/4	37	6 1/4	37	5 1/2	40.63

Fuente: Elaboración propia

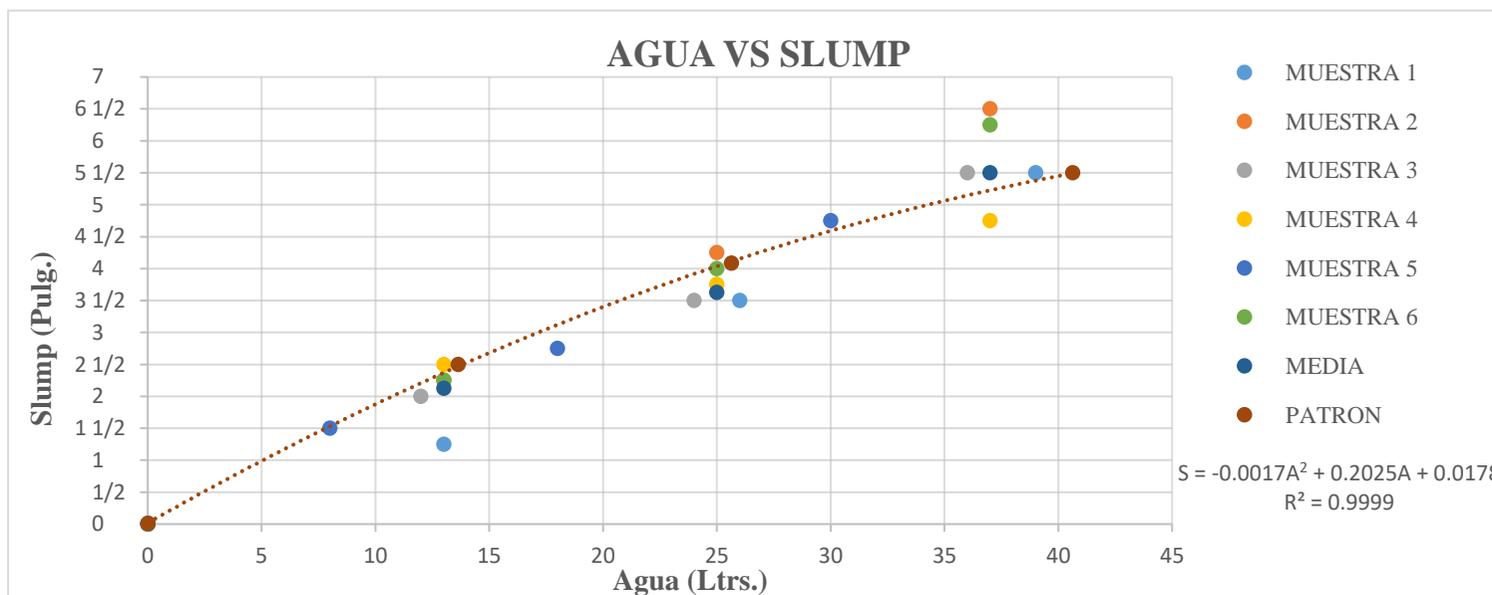


Figura 25: Gráfico Agua vs Slump

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78: Agua vs Resistencia

GRÁFICO AGUA VS RESISTENCIA													
MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5		MUESTRA 6		MEDIA	
AGUA (Lts)	f'c (kg/cm2)	AGUA (Lts)	f'c (kg/cm2)	AGUA (Lts)	f'c (kg/cm2)	AGUA (Lts)	f'c (kg/cm2)	AGUA (Lts)	f'c (kg/cm2)	AGUA (Lts)	f'c (kg/cm2)	AGUA (Lts)	f'c (kg/cm2)
0	288	0	288	0	286	0	277	0	291	0	288	0	288
13	256	13	259	12	251	13	252	8	258	13	255	13	256
26	237	25	228	24	240	25	237	18	234	25	233	25	236
39	219	37	208	36	194	37	216	30	213	37	216	37	215

Fuente: Elaboración propia

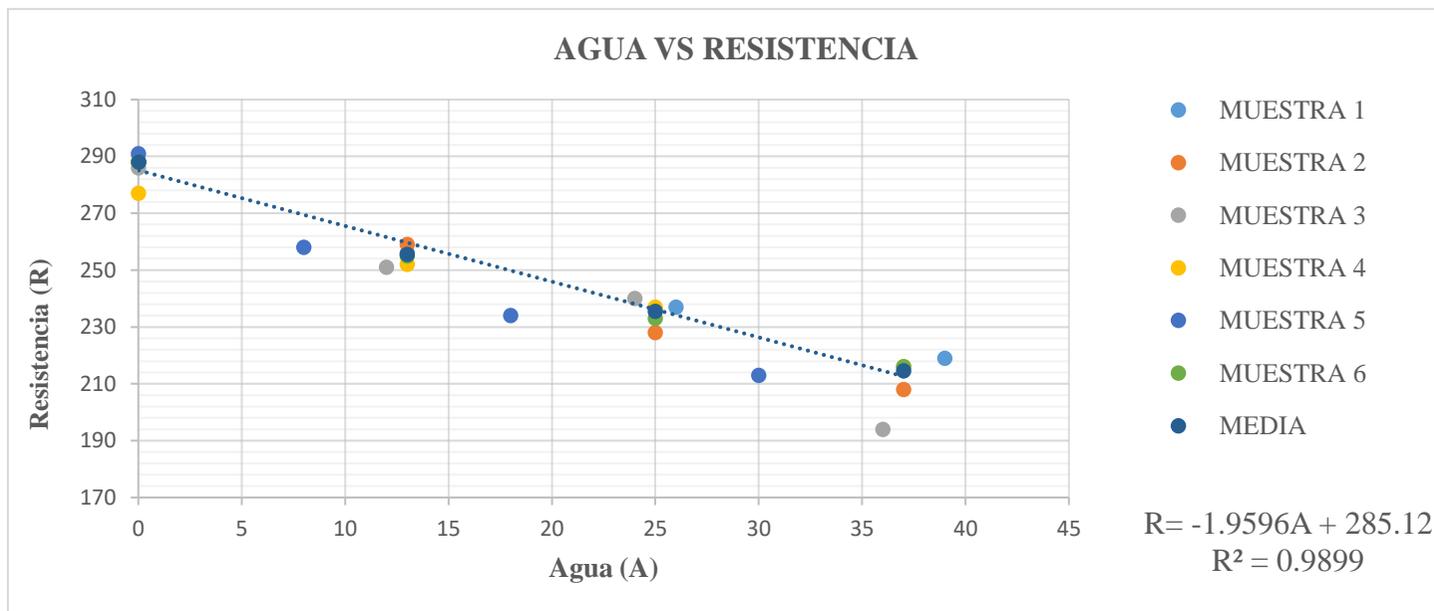


Figura 26: Gráfico de Agua vs Resistencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°77 se detallan los resultados de adición de agua y asentamiento recuperado para la construcción de la gráfica Agua – Slump como se muestra en la figura 25. Así mismo en la tabla N°78 se hace lo propio para el gráfico Agua – Resistencia mostrado en la figura 26.

La unificación de las ecuaciones que nos permiten obtener el modelo matemático están detallados a continuación.

- Ecuación de Tiempo vs Slump (Ec. 01)

$$S = 0.06 T + 0.1121 \dots \text{pulg (Ec. 01)}$$

- Ecuación de Agua vs Slump (Ec. 02)

$$S = -0.0017 A^2 + 0.2025A + 0.0178 \dots \text{pulg (Ec. 02)}$$

- Ecuación de Agua vs Resistencia (Ec. 03)

$$R = -1.9596A + 285.12 \dots \text{pulg (Ec. 03)}$$

Despejando la variable agua (A) en función de la variable Slump (S)

$$A = \frac{-0.2025 + \sqrt{0,2025^2 - 4(-0,0017) * (0,0274 - S)}}{2 * (-0,0017)} \dots \text{(Ec. 04)}$$

Reemplazando en la Ec.04 en Ec.01:

$$A = \frac{-0,2025 + \sqrt{0,2025^2 - 4(-0,0017) * (0,0274 - (0,06 * T + 0,1121))}}{2 * (-0,0017)} \dots \text{(Ec. 05)}$$

Despejando las variables:

Tabla 79: Resultados - Despejando variables

T	A	Si	S	S fin	R
0	0.47	6 5/8	1/9	6 3/4	284.20
30	10.23	4	2	6	265.07
60	22.49	2 1/2	3 5/7	6 1/5	241.05
90	41.80	1	5 1/2	6 1/2	203.21

Fuente: Elaboración propia

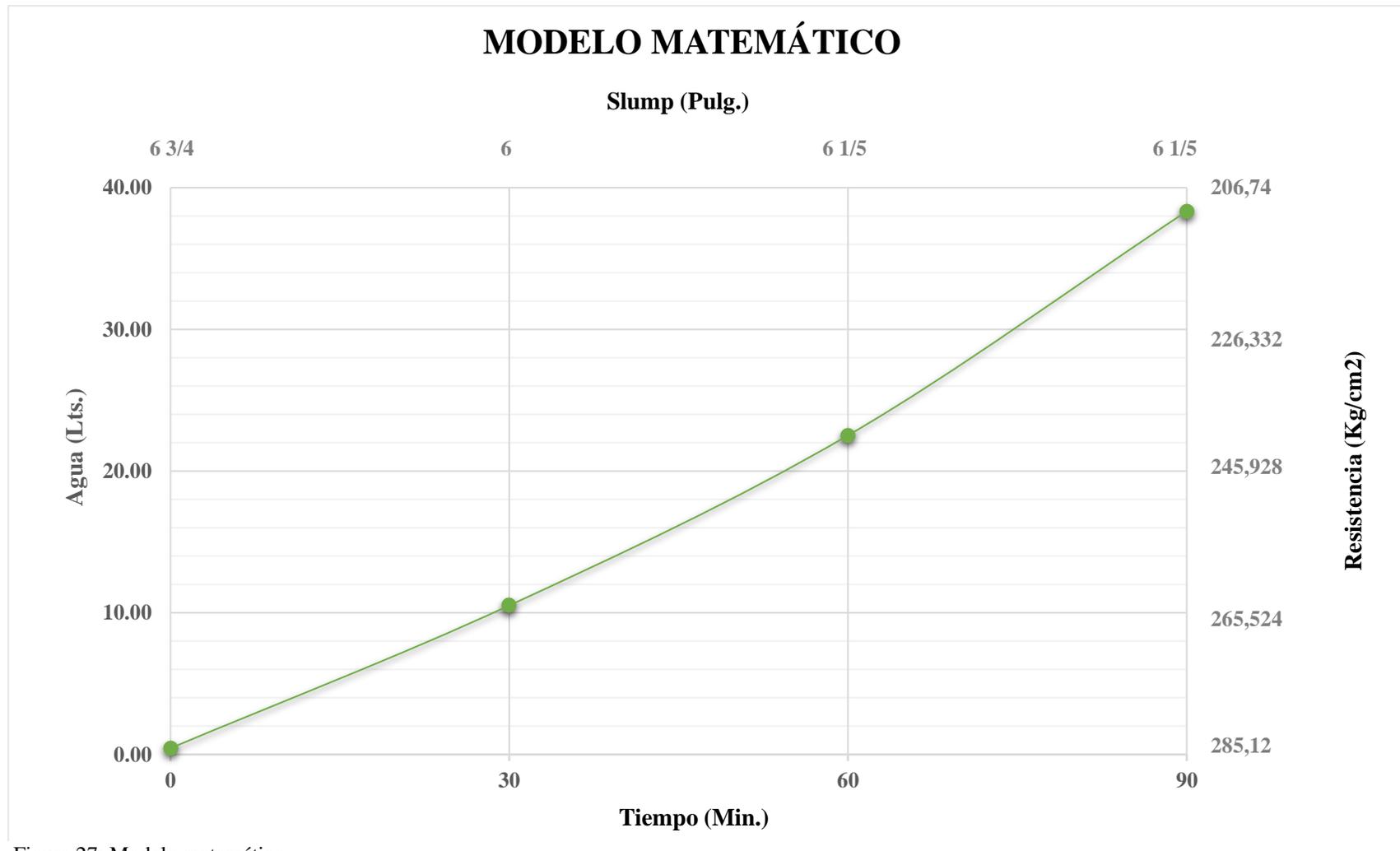


Figura 27: Modelo matemático

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla N°79 se muestra los resultados generales del modelo matemático para los tiempos en los que se hicieron los ensayos, la figura 27 nos muestra como se configura la curva para las dosis de agua en el tiempo con un rango de 0 a 90 minutos y como se comporta el asentamiento (Slump) y la resistencia del concreto.

A continuación, podemos observar un resumen de los valores obtenidos por el modelo matemático para diferentes intervalos de tiempo en la tabla N°80.

Tabla 80: Cuadro de resumen de resultados

TIEMPO (Minutos)	AGUA (Litros)	SLUMP (Pulgadas)	RESISTENCIA (Kg/cm²)
0	0.47	6 3/4	284.20
15	5.13	6 1/3	275.06
30	10.23	6	265.07
45	15.93	6	253.91
60	22.49	6 1/5	241.05
75	30.49	6 1/3	225.36
90	41.80	6 1/2	203.21

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

6.1. Análisis estadístico

Tabla 81: Tabla de distribución Normal

RESISTENCIA (kg/cm ²)	DISTRIBUCIÓN NORMAL	DISTRIBUCIÓN NORMAL ACUMULADA
208	0.0074	0.0693
209	0.0081	0.0770
213	0.0108	0.1147
216	0.0131	0.1505
216	0.0131	0.1505
219	0.0153	0.1931
228	0.0209	0.3582
233	0.0222	0.4666
234	0.0223	0.4889
237	0.0221	0.5556
237	0.0221	0.5556
240	0.0213	0.6207
251	0.0146	0.8218
252	0.0138	0.8360
255	0.0116	0.8741
256	0.0108	0.8853
258	0.0094	0.9055
259	0.0087	0.9146

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82: Resultados estadísticos

Media	234.50
Desviación estándar	17.89
x	215

Fuente: Elaboración propia

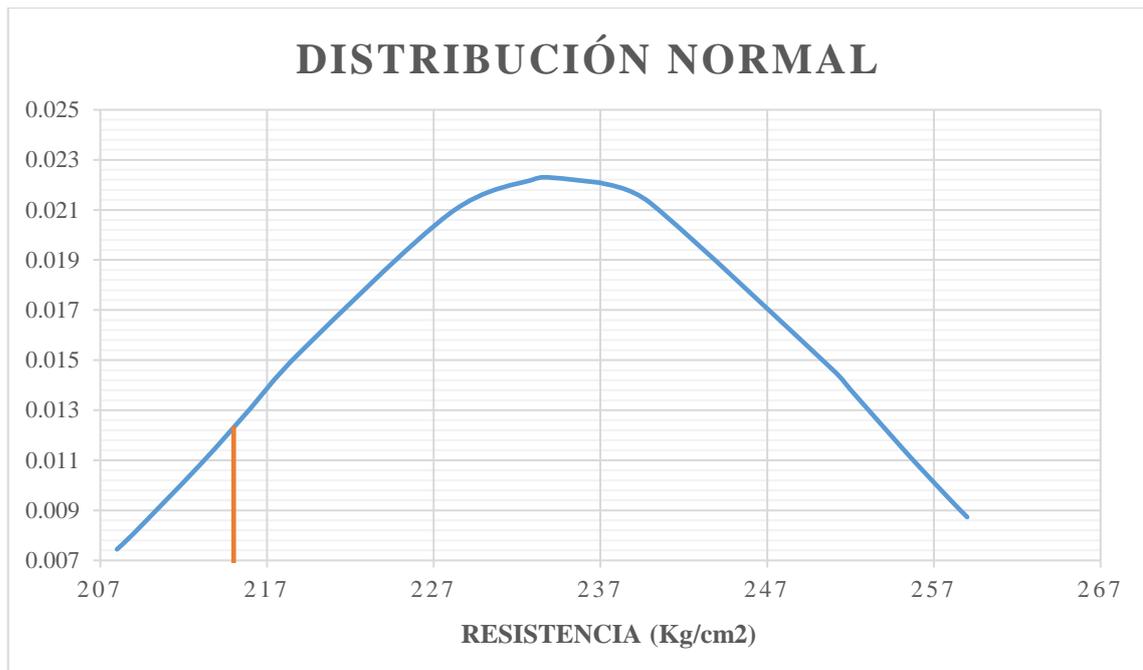


Figura 28: Gráfico de distribución Normal

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de distribución normal que se realizó tuvo como finalidad determinar el porcentaje de aceptación en la muestra de Resistencia.

Se obtuvo en resultado en la media de 234.5 kg/cm² y una desviación estándar de la muestra de 17.89 como se muestra en la Tabla N°81.

Concluyendo que, para el modelo, al adicionar agua en los tiempos de 30, 60, 90 minutos se obtendrá resistencias del concreto en el rango de 215 kg/cm² a 259 kg/cm² con una probabilidad del 86%, por lo tanto, los resultados del modelo indican aún con la adición de agua se obtiene un alto porcentaje de aceptación en la resistencia.

- a) La adición de agua en 30, 60 y 90 minutos efectuados para recuperar el asentamiento reducirá la resistencia del concreto premezclado.
 - H₀:
La adición de agua en 30, 60 y 90 minutos efectuados para recuperar el asentamiento si reducirá la resistencia del concreto premezclado.
 - H₁:
La adición de agua en 30, 60 y 90 minutos efectuados para recuperar el asentamiento no reducirá la resistencia del concreto premezclado.

Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico se utilizó un programa informático muy usado en las ciencias sociales y aplicadas, IBM SPSS versión 25.

Tabla 83: Estadísticos descriptivos agua vs resistencia.

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desv. Desviación	N
AGUA	18.7500	15.88238	4
RESISTENCIA	248.3750	31.27399	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84: Correlaciones agua vs resistencia.

Correlaciones			
		AGUA	RESISTENCIA
AGUA	Correlación de Pearson	1	-,995**
	Sig. (bilateral)		0.005
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	756.750	-1482.625
	Covarianza	252.250	-494.208
	N	4	4
RESISTENCIA	Correlación de Pearson	-,995**	1
	Sig. (bilateral)	0.005	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-1482.625	2934.188
	Covarianza	-494.208	978.063
	N	4	4

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85: Variables entradas agua vs resistencia.

Variables entradas/eliminadas ^a			
Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	AGUA ^b		Introducir
a. Variable dependiente: RESISTENCIA			
b. Todas las variables solicitadas introducidas.			

Tabla 86: Resumen del modelo agua vs resistencia.

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,995 ^a	0.990	0.985	3.83587
a. Predictores: (Constante), AGUA				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 87: ANOVA

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2904.760	1	2904.760	197.416	,005 ^b
	Residuo	29.428	2	14.714		
	Total	2934.188	3			
a. Variable dependiente: RESISTENCIA						
b. Predictores: (Constante), AGUA						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88: Coeficientes agua vs resistencia.

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	285.110	3.243		87.928	0.000
	AGUA	-1.959	0.139	-0.995	-14.050	0.005
a. Variable dependiente: RESISTENCIA						

Fuente: Elaboración propia

El uso del programa tuvo la finalidad de analizar las relaciones entre las variables Agua vs Resistencia. De la tabla 83 a la tabla 88 se muestran los datos de entrada así como los resultados.

La Correlación de Pearson que obtuvimos es -0.995 (Tabla 84), correlación negativa muy fuerte. Esto quiere decir que el grado de covariación entre las dos variables relacionadas linealmente están fuertemente relacionadas.

En análisis de regresión el coeficiente R cuadrado es 0,99 (Tabla 86), esto nos indica que la adición de agua está influenciando en 99% con respecto a la resistencia por lo que se valida la hipótesis H_0 que menciona que la adición de agua con respecto al tiempo reduce la resistencia del concreto.

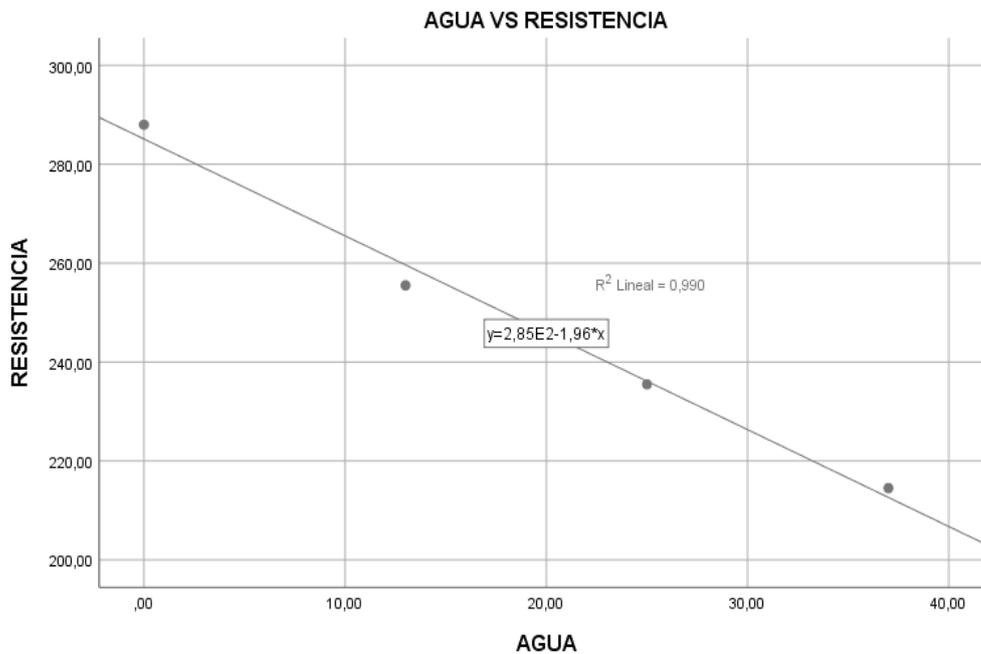


Figura 29: Correlación de Pearson agua vs resistencia.

Fuente: Elaboración propia.

b) El tiempo reduce el asentamiento del concreto premezclado.

- H_0 :

El tiempo si reduce el asentamiento del concreto premezclado

- H_1 :

El tiempo no reduce el asentamiento del concreto premezclado

Análisis estadístico:

Para la evaluación se empleó la regresión de análisis de datos con el programa SPSS V22, lo que predijo la recta de regresión y obtuvo los resultados mostrados en las tablas

Tabla 89: Datos de regresión tiempo vs slump.

	Media	Desv. Desviación	N
Tiempo	45.00	38.726	4
Slump	2.81250	2.328492	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 90: Resumen de datos de regresión tiempo vs slump.

		Tiempo	Slump
Tiempo	Correlación de Pearson	1	,998**
	Sig. (bilateral)		0.002
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	4499.100	269.972
	Covarianza	1499.700	89.991
	N	4	4
Slump	Correlación de Pearson	,998**	1
	Sig. (bilateral)	0.002	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	269.972	16.266
	Covarianza	89.991	5.422
	N	4	4
** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91: Estadísticos descriptivos tiempo vs slump.

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desv. Desviación	N
Slump	2.81250	2.328492	4
Tiempo	45.00	38.726	4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 92: Correlaciones tiempo vs slump.

Correlaciones			
		Slump	Tiempo
Correlación de Pearson	Slump	1.000	0.998
	Tiempo	0.998	1.000
Sig. (unilateral)	Slump		0.001
	Tiempo	0.001	
N	Slump	4	4
	Tiempo	4	4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 93: Variables entradas tiempo vs slump.

Variables entradas/eliminadas ^a			
Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Tiempo ^b		Introducir
a. Variable dependiente: Slump			
b. Todas las variables solicitadas introducidas.			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 94: Resumen del modelo tiempo vs slump.

Resumen del modelo									
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
1	,998 ^a	0.996	0.994	0.181329	0.996	492.696	1	2	0.002
a. Predictores: (Constante), Tiempo									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95: ANOVA

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	16.200	1	16.200	492.696	,002 ^b
	Residuo	0.066	2	0.033		
	Total	16.266	3			
a. Variable dependiente: Slump						
b. Predictores: (Constante), Tiempo						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 96: Coeficientes regresión tiempo vs slump.

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	0.112	0.152		0.739	0.537
	Tiempo	0.060	0.003	0.998	22.197	0.002
a. Variable dependiente: Slump						

Fuente: Elaboración propia

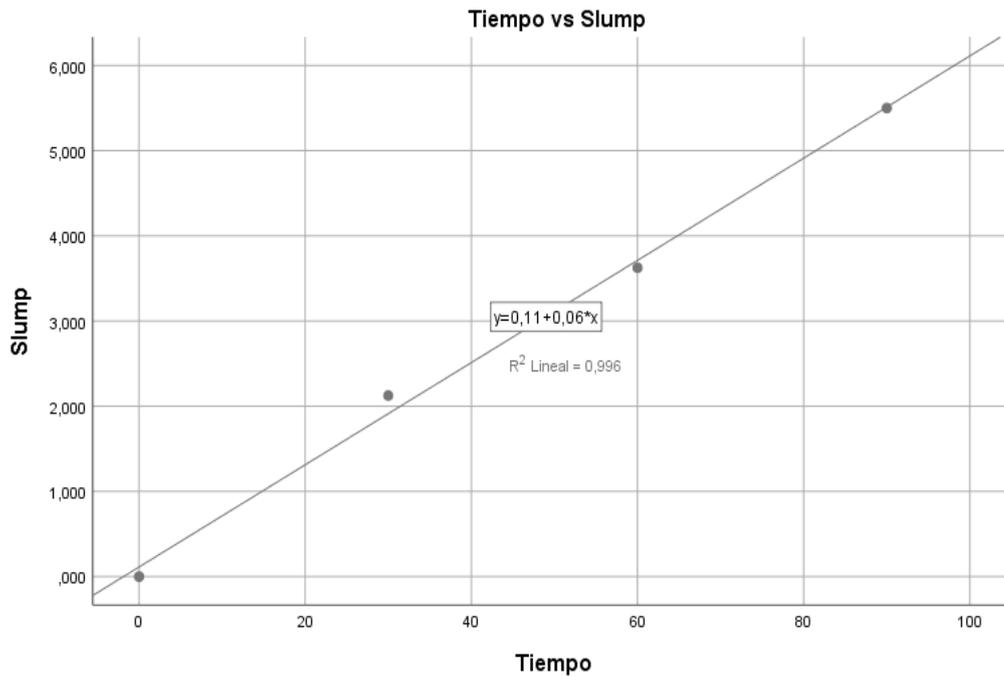


Figura 30: Correlación de Pearson tiempo vs slump.

Fuente: Elaboración propia.

El uso del programa tuvo la finalidad de analizar las relaciones entre las variables Tiempo vs Slump.

La Correlación de Pearson que obtuvimos es 0,998 (Tabla 90), correlación positivo muy fuerte. Esto quiere decir que el grado de covariación entre las dos variables relacionadas linealmente están fuertemente relacionadas.

En el análisis de regresión el coeficiente R cuadrado es 0,996 (Tabla 94), esto nos indica la validación de la hipótesis H_0 que menciona que el tiempo está influenciando en 99% con respecto al Slump.

CONCLUSIONES

1. Los resultados del modelo matemático mostrada en la tabla 80, estiman que para el minuto 90 la mezcla requiere la cantidad de 41.8 litros por m³ para recuperar el asentamiento de diseño, en los ensayos de prueba, la adición de esa cantidad redujo la resistencia del concreto por debajo de la resistencia de diseño.
2. Se determinó que el tiempo disminuye en aproximadamente 2” el asentamiento cada 30 minutos, como se aprecia en la tabla 49. Además, las pruebas mostraron que las dosis de 12 litros por m³ aplicadas cada 30 minutos no recuperaron el asentamiento inicial, lo que indica que a medida que pasa el tiempo el requerimiento de agua es mayor (Tabla 69).
3. El modelo propuesto estima la cantidad de agua necesaria para recuperar el asentamiento de diseño para el tiempo requerido en un rango de 0 a 90 minutos.
4. En los ensayos de rotura de probetas se encontró una reducción de aproximadamente 25 kg/cm² en promedio luego de la primera adición de agua a los 30 minutos (Tabla 78).

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda no adicionar agua al concreto en obra, salvo que, por motivos de fuerza mayor, como el retraso en el encofrado o en los procesos constructivos previos al vaciado, las demoras perjudiquen el asentamiento.
2. Se recomienda hacer un estudio de durabilidad del concreto con la adición de agua en obra.
3. Se recomienda no adicionar agua después de los 90 minutos de haber realizado la mezcla en planta dado que las resistencias podrían ser inferiores que las resistencias requeridas.
4. Se recomienda que otros estudiantes de ingeniería que poseen el mismo interés en realizar estudios sobre las consecuencias de la adición de agua en obra puedan utilizar la presente investigación para sus estudios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Concrete Institute. (2007). Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. E.E.U.U.
- Guevara Diaz, D. (2014). *Resistencia y costo del concreto premezclado y del concreto hecho al pie de obra, en función al volumen de vaciado*. (Tesis de pregrado) Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Huarcaya Garzon, C. (2014). *Comportamiento del asentamiento en el concreto usando aditivo polifuncional sikament 290n y aditivo super plastificante de alto desempeño sika viscoflow 20E*. (Tesis de pregrado) Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.
- Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento. 2009. Norma E.060, Concreto Armado. Lima- Perú.
- National Ready Mixed Concrete Association. (2014). *Jobsite Addition of Water*. Obtenido de <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/cip26>
- Pineda G. E. (2009). *Estudio de la influencia de las propiedades físicas del agregado grueso procedente de la cantera de pertigalete sobre la desviación standard en diseños de mezclas de concreto producidas en la planta de premezclados SIMPCA Barcelona*. (Tesis de pregrado) Barcelona, España: Universidad del Oriente.
- Rivera G. (2016). *Concreto Simple*. Popayán, Cauca, Colombia: Editorial Universidad del Cauca
- Tufino Santiago, D. (2010). *Variación de resistencias vs. Edades y relación a/c con cemento Portland tipo I (sol)*. (Tesis de pregrado) Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

“PROPIEDADES DE CONSISTENCIA Y RESISTENCIA DE DISEÑO DEL CONCRETO A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO EN FUNCIÓN AL AGUA Y EL TIEMPO”

Aporte: Desarrollar un modelo matemático que estime la cantidad de agua que se debe adicionar al concreto en estado fresco para mejorar el slump y garantizar la resistencia de diseño.

Operacionalización de Variables						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índices	Instrumentos
General	General	Principal				
En qué medida un modelo matemático puede estimar la influencia de la adición de agua en el asentamiento y la resistencia de diseño del concreto	Desarrollar un modelo matemático que estime la cantidad de agua que se debe adicionar en estado fresco, a fin de obtener el asentamiento y la resistencia de diseño del concreto , mediante ensayos de laboratorio	Al desarrollar un modelo matemático , se relaciona la cantidad de agua que se debe adicionar en el tiempo para recuperar el asentamiento y mantener la resistencia de diseño del concreto premezclado.	Modelo Matemático	Tiempo	Minutos	Cronometro
				Agua	Litros	Balanza
			Asentamiento y resistencia de diseño del concreto	Asentamiento	Pulgadas	Cinta métrica
				Resistencia a la compresión	Kg/cm2	Prensa hidráulica
Específicos	Específicos	Secundaria				
¿Cuál es la cantidad de agua que se debe adicionar al concreto premezclado para recuperar el asentamiento y no afectar la resistencia de diseño del concreto ?	Estimar la cantidad de agua que se puede adicionar al concreto premezclado para mantener la resistencia de diseño dentro de los parámetros permitidos	La adición de agua en 30, 60 y 90 minutos efectuados para recuperar el asentamiento reducirá la resistencia del concreto premezclado .	Agua	Agua	Litros	Balanza
			Resistencia del concreto premezclado	Resistencia a la compresión	Kg/cm2	Prensa hidráulica
En qué medida el tiempo afectara el asentamiento del concreto premezclado	Determinar la influencia del tiempo en el asentamiento del concreto premezclado	El tiempo reduce el asentamiento del concreto premezclado	Tiempo	Tiempo	Minutos	Cronometro
			Asentamiento del concreto premezclado	Asentamiento	Pulgadas	Cinta métrica

Fuente: Elaboración propia



Caring about quality
Baltic Control[®]
 Baltic Control CMA S.A.

CERTIFICADO DE CALIDAD
N° 2018000671

CMA2062018

1. CLIENTE:

RAZÓN SOCIAL: CEMEX PERU S.A.

DIRECCIÓN: AV. REPÚBLICA DE COLOMBIA 791 OFIC. 503, SAN ISIDRO, LIMA - PERÚ

2. DATOS DEL LOTE

PRODUCTO DECLARADO: CEMENTO PORTLAND - TIPO I

NOMBRE DE EMBARCACIÓN: MV GEORGIOS P

ENSAYOS EFECTUADOS POR: EN LABORATORIOS EXTERNOS

INFORME DE ENSAYO: 1806080148 REF N° 231834.Q

3. ALCANCE:

LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA DE PRODUCTO FUERON COMPARADOS CON LA NTP 334.009.2016

4 DE LA INSPECCION:

DE LOS RESULTADOS QUE SE DETALLAN A CONTINUACION CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA ANALIZADA.

5. RESULTADOS:

REQUERIMIENTOS QUIMICOS

REQUERIMIENTOS	ESPECIFICACION NTP 334.009-2016	RESULTADO	EVALUACION
Oxido de Magnesio (MgO) - % Máx.	6.0	2.00	CONFORME
Trióxido de Azufre (SO ₃) - % Máx.	3.0	2.62	CONFORME
Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)- % Máx.	N.E.	4.61	N.E.
Oxido Férrico (Fe ₂ O ₃)- % Máx.	N.E.	3.28	N.E.
R ₂ O (Total Alkali) -% Máx.	0.6	0.41	CONFORME
Pérdida por ignición (LOI) - % Máx.	3.0	1.94	CONFORME
Residuo insoluble % Máx.	1.5	0.20	CONFORME

N.E. NO ESPECIFICA

REQUERIMIENTOS FISICOS

REQUERIMIENTOS	ESPECIFICACION NTP 334.009- 2016	RESULTADO	EVALUACION
I.Resistencia a la Compresión, Min(Mpa)			
3 Dias Min.	12	27.0	CONFORME
7 Dias Min.	19	39.6	CONFORME
28 Dias Min.	28	52.7	CONFORME

OCP/rv

Pág. 1 de 2

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
 Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World



Global Independent Inspection
 Testing and Certification Services

Baltic Control CMA S.A.
 Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
 Lurin - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Fuente: Baltic Control CMA S.A.



Caring about quality
Baltic Control[®]
Baltic Control CMA S.A.

CERTIFICADO DE CALIDAD
N° 2018000671

CMA26962018

2. Tiempo de Fraguado Inicial, Vicat (Minutos), Min	45	101	CONFORME
Tiempo de Fraguado Final, Vicat (Minutos), Max	375	175	CONFORME
3. Prueba de Finura			
Superficie específica (m ² /kg) Min.	260	387.0	CONFORME
4. Expansión en autoclave-Max %	0.80	0.02	CONFORME
5. Contenido de aire en el mortero -Max.	12	4.10	CONFORME
6. Peso específico g/cm ³	N.E.	3.10	N.E.

MÉTODOS DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: ASTM C109/C109M-16
 CONTENIDO DE AIRE: ASTM C 185-15a
 EXPANSIÓN EN AUTOCLAVE: ASTM C151/C151M-16
 FINURA, SUPERFICIE ESPECÍFICA BLAINE: ASTM C204-16
 FRAGUADO: ASTM C191-13
 ÓXIDO DE MAGNESIO; TRIOXIDO DE AZUFRE, ÓXIDO DE ALUMINIO, ÓXIDO DE HIERRO, R2O (TOTAL ALCALI): ASTM C114-15

6. CONCLUSIÓN:

EL PRODUCTO CEMENTO PORTLAND - TIPO I EVALUADO ES CONFORME CON RESPECTO A LAS ESPECIFICACIONES DE LA NORMA REQUISITO: NTP 334.009- 2016 CEMENTOS. CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS

7. PERIODO DE VALIDEZ DEL CERTIFICADO DE CALIDAD:

90 DÍAS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE CERTIFICADO.

FECHA DE EMISIÓN: 27 DE JULIO DEL 2018




Maria Elena Cerrón Méndez
Gerente de Certificaciones e Inspecciones

OCF/r

Global Independent Inspection
testing and certification services



Baltic Control CMA S.A.
Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
Lurin - Perú
Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full on our www.balticcontrol.com or, at your request.
 Offices, Resident Inspectors, Joint Ventures/SpAs, and Representatives throughout the World


BUILDING TRUST

HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Plastiment® TM-40

ADITIVO POLIFUNCIONAL PARA CONCRETO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Plastiment TM-40 es un aditivo para concretos que puede ser empleado como plastificante, superplastificante y mantenedor de trabajabilidad de mezclas de concreto según la dosificación utilizada. Muy adecuado para plantas de concreto al obtener con un único aditivo tres efectos diferentes solo con la variación de la proporción del mismo. Plastiment TM-40 no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

USOS

Plastiment TM-40 está particularmente indicado para:

- Todo tipo de concretos en especial los fabricados en plantas concretoras, con la ventaja de poder utilizarse como plastificante, superplastificante y mantenedor de trabajabilidad del concreto (dependiendo de la aplicación).
- En concretos bombeados, porque permite obtener consistencias adecuadas sin aumentar la relación agua/cemento.
- Se usa para hacer entregas de concreto a sitios distantes de la planta de concreto premezclado, no retardando el tiempo de fraguado del concreto.
- Puede ser usado en zonas con diferentes tipos de clima.
- Para elementos con alta cuantía de acero de refuerzo.
- Para encofrados dificultosos por su forma.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Facilita los vaciados en encofrados difíciles.
- Aumento de las resistencias mecánicas en todas sus edades.
- Mayor adherencia a las armaduras.
- Permite reducir agua de la mezcla, para lograr concretos fluidos. (dependiendo de la dosis y el tipo de cemento)
- Incrementa considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto.
- Proporciona una gran trabajabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejeras.
- No mancha el concreto.
- Ofrece concreto de alta fluidez.

CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple con la Norma ASTM C-494, tipo D y Tipo G

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Dispenser x1000L Cilindro x200L Granel x1L
Apariencia / Color	Pardo oscuro
Vida Útil	1 año.

Hoja De Datos Del Producto
Plastiment® TM-40
Octubre 2017, Versión 01.02
02130301100000385

Fuente: Sika

Anexo 3: Continuación de la ficha técnica del aditivo polifuncional

Condiciones de Almacenamiento	Bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.
Densidad	1.21 +/- 0.02
Dosificación Recomendada	Como plastificante: del 0.4% al 0.6% del peso del cemento. Como superplastificante: del 0.7% al 1.1% del peso del cemento. Como mantensor de trabajabilidad: del 0.4% al 1.0% del peso del cemento.
Dosificación	Como Plastificante y superplastificante Debe incorporarse junto con el agua de amasado y mezclarse el tiempo suficiente para lograr uniformizar el concreto. Como Mantensor de trabajabilidad Al combinarse con un aditivo superplastificante tipo F puede mejorar considerablemente la trabajabilidad de la mezcla en el tiempo ya sea en lugares cálidos o fríos sin efectos negativos sobre el tiempo de fraguado del concreto.
INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN	NOTAS
<p>DOSIFICACIÓN</p> <p>Debe incorporarse junto con el agua de amasado y mezclarse el tiempo suficiente para lograr uniformizar la mezcla de concreto.</p> <p>IMPORTANTE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para concretos fluidos se debe tener una buena granulometría y se debe garantizar suficiente contenido de finos para evitar la segregación del material fluidos. • En caso de deficiencia de finos se debe incorporar aire en forma controlada con el SikaAer®. • En dosis superiores a la especificadas, puede ocasionar en el concreto un retardo exagerado y/o un incremento del aire atrapado en la mezcla. • Este producto se puede combinar con otros productos Sika® como: SikaAer®, Sika® Pump, Sika® CNI, SikaFume®, entre otros. <p>DOCUMENTOS ADICIONALES</p> <p>PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Plastiment®TM-40 :</p> <p>1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS</p>  <p>2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL</p> 	<p>Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.</p> <p>RESTRICCIONES LOCALES</p> <p>Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto</p>

Fuente: Sika



INFORME TÉCNICO 104-18

A : UNIVERSIDAD RICARDO PALMA.
De : Ing. Vladimir Tello - Asesor Técnico - CELDA EIRL.
Asunto: Mantenimiento y Calibración de prensa de concreto marca ELE - INTERNATIONAL, N° de serie 040400000001, de 2.227 kN. De Capacidad. Realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales. Escuela de Ingeniería Civil. Surco - Lima. El 09 de Agosto del 2018.
Fecha : 10 de Agosto del 2018.

Estimados Señores; respecto al mantenimiento y la calibración del equipo arriba descrito, tengo a bien informar lo siguiente:

1.- El equipo se encontraba en buen estado de funcionamiento, se realizó el mantenimiento de acuerdo a nuestro protocolo que incluyo:

- Desarmado de las partes eléctrica e hidráulica.
- Limpieza general de las partes.
- Evaluación de componentes.
- Puesta de sello en la base del impulsor del motor.
- Cambio de aceite.
- Mantenimiento general del motor eléctrico.
- Armado del equipo.
- Pruebas de funcionamiento.

2.- Cuando se sometió el equipo a pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de éste, así como verificar la calibración del mismo, se observó que las lecturas indicadas por el equipo no eran similares al del patrón utilizado, por lo que se realizó ajuste antes de la calibración.

3.- El equipo se encuentra operativo.

Atentamente;





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CMC-077-2018

Peticionario	: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
Atención	: Ing. Liliana Chavarria
Lugar de calibración	: Laboratorio de Ensayos de Materiales: Facultad (Escuela de Ingeniería Civil) Surco- Lima
Tipo de equipo	: Máquina de compresión axial eléctrico-hidráulica digital
Capacidad del equipo	: 2,227 kN (500,000 lbf ó 227 TN)
División de escala	: 0,1 kN
Marca	: ELE - INTERNATIONAL
Nº de serie del equipo	: 040400000001
Panel digital	: DIGITAL TOUCH ELE-INTERNATIONAL
Número serie panel digital	: 1887-1-00081
Procedencia	: USA
Método de calibración	: ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing machines"
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial	: 19,9°C / 78%
Temp.(°C) y H.R.(%) final	: 20,0°C / 71%
Patrón de referencia	: Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8294, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-829411216
Número de páginas	: 2
Fecha de calibración	: 2018-08-09

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2018-08-10	 Vladimir Yello Torre <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL <small>Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84288</small>

CMC-077-2018
Página 1 de 2

Av. Brasil 1361 Int. 602 - Jesús María - Lima Telf: (01)4371145 - 3322711 web: www.celdaairl.com email: celda@celdaairl.com

Fuente: Laboratorio de la Universidad Ricardo Palma

Anexo 5: Continuación del certificado de calibración de la máquina de compresión axial electro-hidráulica digital.



Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio (kN)	Error (%)	Incertidumbre K=2 U (%)
(%)	(kN)	1º ascenso (kN)	2º ascenso (kN)	3º ascenso (kN)			
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
4	100,0	100,2	100,5	100,5	100,4	-0,4	0,2
9	200,0	200,0	200,6	200,7	200,4	-0,2	0,2
13	300,0	300,3	300,0	299,9	300,0	0,0	0,1
18	400,0	400,0	400,8	400,6	400,5	-0,1	0,1
27	600,0	600,2	600,3	600,5	600,3	0,0	0,1
36	800,0	800,3	800,8	800,0	800,4	0,0	0,1
45	1000,0	1000,2	1000,1	1000,1	1000,1	0,0	0,1
54	1200,0	1200,7	1200,8	1200,7	1200,7	-0,1	0,1
72	1600,0	1600,8	1600,8	1600,8	1600,8	0,0	0,1
90	2000,0	2003,0	2003,0	2002,9	2003,0	-0,1	0,1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo verificado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y cumple con los requisitos de la norma ASTM C-39.

