

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



TESIS

**ESTUDIO DEL CONCRETO CON ADITIVO ACELERANTE EN
POLVO, UTILIZANDO CEMENTO PÓRTLAND TIPO I**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

ANTONIO FLORIAMS JUCHANI LAURACIO

ASESOR

Ing. RAFAEL CACHAY HUAMAN

Lima- Perú

2020

© 2020, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir la Tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Juchani Lauracio, Antonio Floriams

ajuchanil@uni.pe

966663625

Dedicatoria:

A Dios, por todas sus bendiciones;
A Irma e Hipólito, mis padres,
por su apoyo incondicional y
ser mis ejemplos a seguir.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento al Ing. Rafael Cachay Huamán, por su asesoría en esta investigación.

A todo el personal del Laboratorio N°1 de Ensayo de Materiales (LEM) de la UNI, por todo el apoyo brindado durante la realización de los ensayos.

Al Ing. John Oré de la empresa Sika, por toda la información y asesoría brindada.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, por la formación académica y personal.

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT.....	6
PRÓLOGO	7
LISTA DE TABLAS	9
LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE FÓRMULAS	13
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	14
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. GENERALIDADES.....	16
1.2. PROBLEMÁTICA	16
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. Objetivo General	17
1.3.2. Objetivos Específicos.....	17
1.4. HIPÓTESIS	18
1.4.1. Hipótesis General	18
1.4.2. Hipótesis Específicas.....	18
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	19
2.1. EL CONCRETO	19
2.1.1. Generalidades.	19
2.1.2. Tipos de concreto.....	20
2.1.3. Proceso de fraguado y endurecimiento del concreto.....	22
2.1.3.1. <i>Fraguado inicial</i>	22
2.1.3.2. <i>Fraguado final</i>	22
2.1.3.3. <i>Falso fraguado</i>	22
2.1.3.4. <i>Fraguado relámpago o rápido</i>	22
2.1.3.5. <i>Endurecimiento</i>	23
2.1.3.6. <i>Factores que influyen en el fraguado</i>	23
2.1.4. Resistencia del concreto.	23
2.1.4.1. <i>Factores que afectan la resistencia</i>	23
2.1.4.2. <i>Resistencia a la tracción y su relación con resistencia a la compresión</i>	27
2.2. CONCRETO EN CLIMAS FRIOS	27
CAPÍTULO III: MATERIALES EMPLEADOS.....	29
3.1. AGREGADOS.....	29

3.1.1.	Definición	29
3.1.2.	Propiedades físicas de los agregados.....	30
3.1.2.1.	<i>Granulometría de los agregados (NTP 400.012)</i>	30
3.1.2.2.	<i>Contenido de Humedad (NTP 400.016)</i>	30
3.1.2.3.	<i>Peso Unitario (NTP 400.017)</i>	30
3.1.2.4.	<i>Materiales más finos que pasan la malla N° 200 (NTP 400.018)</i>	32
3.1.2.5.	<i>Peso específico (NTP 400.022)</i>	32
3.1.2.6.	<i>Absorción (NTP 400.022)</i>	32
3.1.3.	Resultados de ensayos de agregados	33
3.1.3.1.	<i>Resultados de ensayos realizado al agregado fino</i>	33
3.1.3.2.	<i>Resultados de ensayos realizado al agregado grueso</i>	36
3.1.3.3.	<i>Resultado de ensayo de máximo PUC del agregado global</i>	40
3.2.	CEMENTO PORTLAND	41
3.2.1.	Definición	41
3.2.2.	Composición química del cemento Portland	42
3.2.3.	Tipos de cemento Portland.....	42
3.2.4.	Cemento Andino Portland tipo I.	43
3.2.4.1.	<i>Características</i>	43
3.2.4.2.	<i>Propiedades físicas y químicas</i>	43
3.3.	ADITIVOS	44
3.3.1.	Definición	44
3.3.2.	Clasificación de los aditivos.....	44
3.3.2.1.	<i>Aditivos acelerantes</i>	45
3.3.3.	Aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo.....	46
CAPÍTULO IV: DISEÑO Y PREPARACIÓN DEL CONCRETO PARA LOS ENSAYOS		48
4.1.	GENERALIDADES	48
4.2.	PROPORCIONES ÓPTIMAS DE ACUERDO AL MÁXIMO P.U.C. DEL AGREGADO GLOBAL. 48	
4.3.	PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE CONCRETO.....	48
4.4.	PREPARACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO.	49
4.5.	DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN.	50
4.5.1.	Diseños preliminares.....	50
4.5.2.	Selección de proporción óptima de agregados en función a la máxima resistencia de compresión.	54
4.5.3.	Diseño de mezcla para concreto patrón a/c=0.60 (D-1).....	55

4.5.4.	Diseño de mezcla para concreto patrón $a/c=0.65$ (D-2).....	56
4.5.5.	Diseño de mezcla para concreto patrón $a/c=0.70$ (D-3).....	56
4.6.	DISEÑOS DEL CONCRETO CON ADITIVO ACELERANTE EN POLVO PARA LAS DIFERENTES A/C Y DOSIFICACIONES.....	56
4.6.1.	Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.60$ y 0.75 kg/bolsa de cemento (D1-A1).....	57
4.6.2.	Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.60$ y 1.00 kg/bolsa de cemento (D1-A2).....	57
4.6.3.	Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.60$ y 1.25 kg/bolsa de cemento (D1-A3).....	58
4.6.4.	Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.65$ y 0.75 kg/bolsa de cemento (D2-A1).....	58
4.6.5.	Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.65$ y 1.00 kg/bolsa de cemento (D2-A2).....	59
4.6.6.	Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.65$ y 1.25 kg/bolsa de cemento (D2-A3).....	59
4.6.7.	Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.70$ y 0.75 kg/bolsa de cemento (D3-A1).....	60
4.6.8.	Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.70$ y 1.00 kg/bolsa de cemento (D3-A2).....	60
4.6.9.	Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.70$ y 1.25 kg/bolsa de cemento (D3-A3).....	61
CAPÍTULO V:	ENSAYOS Y RESULTADOS	62
5.1.	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	62
5.1.1.	Consistencia (NTP 339.035)	62
5.1.2.	Peso Unitario (NTP 339.046).....	63
5.1.3.	Exudación (NTP 339.077)	63
5.1.4.	Tiempo de fraguado (NTP 339.082).....	64
5.2.	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	66
5.2.1.	Resistencia a la compresión.....	66
5.2.2.	Resistencia a la tracción por compresión diametral.....	68
CAPÍTULO VI:	ANÁLISIS DE RESULTADOS	71
6.1.	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	71
6.1.1.	Consistencia	71
6.1.2.	Peso Unitario.....	73
6.1.3.	Exudación.....	75
6.1.4.	Tiempo de fraguado.....	77

6.2.	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	82
6.2.1.	Resistencia a la compresión.....	82
6.2.2.	Resistencia a la tracción por compresión diametral.....	87
	CONCLUSIONES.....	92
	RECOMENDACIONES.....	96
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
	ANEXOS.....	99

RESUMEN

En la tesis se investigó los efectos del aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, para los ensayos de esta investigación se hizo uso de las instalaciones del Laboratorio N°1 de Ensayo de Materiales (LEM) de la UNI.

Las relaciones de agua-cemento usadas fueron: 0.60, 0.65 y 0.70; a cada una de las tres relaciones agua-cemento se le adicionó tres dosificaciones de aditivo: 0.75, 1.00 (recomendada por fabricante) y 1.25 kg/bolsa de cemento.

Antes de iniciar con los diseños de mezclas, se investigó las propiedades de los agregados finos y gruesos; así como también se realizó el ensayo de máximo peso unitario compactado del agregado global.

Una vez obtenida las propiedades de los agregados, se procedió a realizar los doce diseños de mezclas con asentamientos de 3 a 4 pulgadas; a los doce diseños se les realizó ensayos de concreto en estado fresco y endurecido. Los ensayos de concreto en estado fresco que se realizaron fueron: Consistencia, Peso Unitario, Exudación y Tiempo de fraguado; y los ensayos de concreto en estado endurecido realizados fueron: Resistencia a la compresión a los 1, 3, 7, 14 y 28 días y Resistencia a la tracción por compresión diametral a los 7 y 28 días.

Los resultados del ensayo de Tiempo fraguado muestran que luego de agregar diferentes dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, los tiempos de fraguado inicial y final disminuyen respecto al concreto patrón hasta en 46% y 44% respectivamente. En los ensayos de Resistencia a la compresión se demostró, que luego de agregar diferentes dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, las resistencias respecto al concreto patrón a los 1, 3, 7 y 14 días aumentan hasta en un 30.5%, 28.4%, 26.4% y 6.4% respectivamente; mientras que las resistencias a los 28 días, llegan a disminuir hasta en un 8% respecto al concreto patrón.

Finalmente se llegó a la conclusión que el aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo es técnicamente viable y confiable ayudando a obtener resistencias altas a edades tempranas y menores tiempos de fraguado.

ABSTRACT

The thesis investigated the effects of the SikaCem-1 powder accelerating additive on the properties of concrete in its fresh and hardened state. For the tests of this investigation, use was made of the facilities of the Laboratory No. 1 of Materials Testing (LEM) of the UNI.

The water-cement ratios used were: 0.60, 0.65 and 0.70. To each of the three water-cement ratios, three additive dosages were added: 0.75, 1.00 (recommended by manufacturer) and 1.25 kg/bag of cement.

Before starting with the mixture designs, the properties of the fine and coarse aggregates were investigated. Thus, the test of maximum compacted unit weight of the global aggregate was also carried out.

Once the properties of the aggregates were obtained, the twelve designs of mixtures with settlements of 3 to 4 inches were made. The twelve designs were tested for fresh and hardened concrete. The tests of concrete in fresh state that were carried out were: consistency, unit weight, exudation and setting time. The tests of concrete in the hardened state carried out were: compressive strength at 1, 3, 7, 14 and 28 days and diametric compressive tensile strength at 7 and 28 days.

The results of the setting time test show that after adding different dosages of SikaCem-1 powder accelerator admixture, the initial and final setting times decrease compared to the standard concrete by up to 46% and 44%, respectively. In the compressive strength tests it was shown that after adding different dosages of SikaCem-1 accelerating powder additive, the strengths with respect to the standard concrete at 1, 3, 7 and 14 days increase up to 30.5%, 28.4%, 26.4% and 6.4%, respectively. It was also found that the strengths at 28 days, decrease by up to 8% compared to the concrete pattern.

Finally, it was concluded that SikaCem-1 powder accelerator additive is technically feasible and reliable, helping to obtain high strengths at early ages and shorter setting times.

PRÓLOGO

En la industria de la construcción, desde hace varios años atrás se viene haciendo uso de productos químicos llamados aditivos, los cuales brindan al concreto diferentes beneficios físico mecánicos y económicos. Estos aditivos tienen diferentes formas de presentación como: líquido, polvo y pasta; en la presente tesis, el aditivo usado es SikaCem-1 Acelerante en polvo.

En el Perú debido a las diferentes condiciones especiales tanto de climas como de suelos, se hace casi indispensable el uso de estos aditivos, por ejemplo en climas fríos las bajas temperaturas afectan tanto en el proceso de fraguado como de endurecimiento del concreto; para evitar estos problemas se hace uso de aditivos acelerantes, los aditivos acelerantes también son usados en obras donde se requiere un rápido desencofrado, resistencias más altas a edades tempranas y una rápida puesta en servicio de la estructura.

Por esta razón, se hace necesaria la investigación de los aditivos acelerantes. En la presente tesis se investigó los efectos del aditivo, SikaCem-1 Acelerante en polvo, en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Este aditivo se agregó en tres diferentes dosificaciones 0.75, 1.00 y 1.25 kg/bolsa de cemento.

La estructura de la presente investigación consta de la siguiente manera:

En el primer capítulo, se habla sobre las generalidades de esta tesis y la realidad problemática que se aborda; para el posterior planteamiento de los objetivos e hipótesis generales y específicas.

En el segundo capítulo, se desarrolla el fundamento teórico. Inicialmente se habla sobre aspectos teóricos del concreto como: generalidades, tipos de concreto, proceso de fraguado del concreto y resistencia del concreto; también se expone sobre el concreto en climas fríos, sobre cómo estas condiciones climáticas pueden afectar al concreto durante el fraguado y endurecimiento; asimismo se da a conocer los factores que se puede tener en cuenta para los concretos en climas fríos.

En el tercer capítulo, se trata sobre los materiales del concreto. En lo que respecta a los agregados, primero se da a conocer sobre las propiedades y como realizar los ensayos para obtener estas propiedades; seguidamente se muestran los

resultados obtenidos para los agregados finos y gruesos usados en la presente tesis. En los casos del cemento y aditivo, primero se presentan sus propiedades y clasificaciones; posteriormente se muestran las propiedades brindadas por sus fabricantes en sus fichas técnicas.

En el cuarto capítulo, se da a conocer el procedimiento seguido para el diseño del concreto; seguidamente se realiza la selección de proporciones óptimas de agregados en función a la máxima resistencia a compresión obtenidas para las diferentes proporciones de agregados. A continuación se realizó los doce diseños de mezcla, tres concretos patrones y nueve con diferentes dosificaciones de aditivo.

En el quinto y sexto capítulo, se presentan y analizan los resultados de ensayos en concreto en estado fresco y endurecido. Los ensayos del concreto en estado fresco realizados fueron: Consistencia, Peso Unitario, Exudación y Tiempo de fraguado; mientras que los ensayos del concreto en estado endurecido realizados fueron: Ensayo de compresión y Ensayo de tracción.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, las cuales sirven como orientación para los diferentes profesionales de construcción en el uso de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo.

Ing. RAFAEL CACHAY HUAMAN

LISTA DE TABLAS

Tabla Nº 1 Límites granulométricos para el agregado fino.....	30
Tabla Nº 2 Límites granulométricos para el agregado grueso.....	31
Tabla Nº 3 Promedio de pesos retenidos del agregado fino.....	33
Tabla Nº 4 Granulometría del agregado fino.....	33
Tabla Nº 5 Determinación del contenido de humedad del agregado fino.....	34
Tabla Nº 6 Determinación del Peso Unitario Suelto del agregado fino.....	35
Tabla Nº 7 Determinación del Peso Unitario Compactado del agregado fino.....	35
Tabla Nº 8 Determinación del Material que pasa la malla Nº 200 del agregado fino.....	35
Tabla Nº 9 Determinación del Peso específico y absorción.....	36
Tabla Nº 10 Promedio de pesos retenidos del agregado grueso.....	37
Tabla Nº 11 Granulometría del agregado grueso.....	37
Tabla Nº 12 Determinación del contenido de humedad del agregado grueso.....	38
Tabla Nº 13 Determinación del Peso Unitario Suelto del agregado grueso.....	39
Tabla Nº 14 Determinación del Peso Unitario Compactado del agregado grueso.....	39
Tabla Nº 15 Determinación del Material que pasa la malla Nº 200 del agregado grueso.....	39
Tabla Nº 16 Determinación del Peso específico y absorción del agregado grueso.....	40
Tabla Nº 17 Peso unitario compactado en función a la proporción de agregados.....	40
Tabla Nº 18 Propiedades físicas y químicas del cemento Andino Portland Tipo I.....	43
Tabla Nº 19 Propiedades físicas de los materiales.....	48
Tabla Nº 20 Diseño preliminar $a/c=0.60$ y $a(l)=220$	52
Tabla Nº 21 Diseño preliminar $a/c=0.60$ y $a(l)=240$	53
Tabla Nº 22 Diseño preliminar $a/c=0.60$ y $a(l)=250$	53
Tabla Nº 23 Diseño preliminar $a/c=0.60$ y $a(l)=255$	54
Tabla Nº 24 Resistencia a compresión de las distintas proporciones de agregados.....	54
Tabla Nº 25 Diseño patrón $a/c=0.60$ (D-1).....	55
Tabla Nº 26 Diseño patrón $a/c=0.65$ (D-2).....	56
Tabla Nº 27 Diseño patrón $a/c=0.70$ (D-3).....	56
Tabla Nº 28 Diseño $a/c=0.60$ y Aditivo=0.75 kg/bolsa de cemento (D1-A1).....	57
Tabla Nº 29 Diseño $a/c=0.60$ y Aditivo=1.00 kg/bolsa de cemento (D1-A2).....	57
Tabla Nº 30 Diseño $a/c=0.60$ y Aditivo=1.25 kg/bolsa de cemento (D1-A3).....	58
Tabla Nº 31 Diseño $a/c=0.65$ y Aditivo=0.75 kg/bolsa de cemento (D2-A1).....	58
Tabla Nº 32 Diseño $a/c=0.65$ y Aditivo=1.00 kg/bolsa de cemento (D2-A2).....	59
Tabla Nº 33 Diseño $a/c=0.65$ y Aditivo=1.25 kg/bolsa de cemento (D2-A3).....	59
Tabla Nº 34 Diseño $a/c=0.70$ y Aditivo=0.75 kg/bolsa de cemento (D3-A1).....	60
Tabla Nº 35 Diseño $a/c=0.70$ y Aditivo=1.00 kg/bolsa de cemento (D3-A2).....	60
Tabla Nº 36 Diseño $a/c=0.70$ y Aditivo=1.25 kg/bolsa de cemento (D3-A3).....	61
Tabla Nº 37 Consistencia y trabajabilidad según el asentamiento.....	62

Tabla Nº 38 Asentamiento y cantidad de agua para cada diseño.....	62
Tabla Nº 39 Asentamiento y cantidad de agua de cada diseño	63
Tabla Nº 40 Porcentaje de exudación de cada diseño	64
Tabla Nº 41 Dímetros y áreas de la agujas	65
Tabla Nº 42 Tiempo de fraguado – Relación a/c=0.60	65
Tabla Nº 43 Tiempo de fraguado – Relación a/c=0.65	65
Tabla Nº 44 Tiempo de fraguado – Relación a/c=0.70	66
Tabla Nº 45 Resistencia a la compresión, a/c=0.60.....	67
Tabla Nº 46 Resistencia a la compresión, a/c=0.65.....	67
Tabla Nº 47 Resistencia a la compresión, a/c=0.70.....	68
Tabla Nº 48 Resistencia a la tracción, a/c=0.60.....	69
Tabla Nº 49 Resistencia a la tracción, a/c=0.65.....	69
Tabla Nº 50 Resistencia a la tracción, a/c=0.70.....	70
Tabla Nº 51 Cantidad de agua para 1 m ³ de concreto con a/c=0.60.....	71
Tabla Nº 52 Cantidad de agua para 1 m ³ de concreto con a/c=0.65.....	72
Tabla Nº 53 Cantidad de agua para 1 m ³ de concreto con a/c=0.70.....	72
Tabla Nº 54 Peso Unitario del Concreto con a/c=0.60.....	73
Tabla Nº 55 Peso Unitario del Concreto con a/c=0.65.....	74
Tabla Nº 56 Peso Unitario del Concreto con a/c=0.70.....	74
Tabla Nº 57 Porcentaje de exudación en concreto con a/c=0.60.....	75
Tabla Nº 58 Porcentaje de exudación en concreto con a/c=0.65.....	76
Tabla Nº 59 Porcentaje de exudación en concreto con a/c=0.60.....	76
Tabla Nº 60 Tiempos de fraguado inicial en concretos con a/c=0.60.....	77
Tabla Nº 61 Tiempos de fraguado final en concretos con a/c=0.60	78
Tabla Nº 62 Tiempos de fraguado inicial en concretos con a/c=0.65.....	79
Tabla Nº 63 Tiempos de fraguado final en concretos con a/c=0.65	79
Tabla Nº 64 Tiempos de fraguado inicial en concretos con a/c=0.70.....	81
Tabla Nº 65 Tiempos de fraguado final en concretos con a/c=0.70	81
Tabla Nº 66 Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.60	83
Tabla Nº 67 Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.60	83
Tabla Nº 68 Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.65.....	84
Tabla Nº 69 Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.65.....	85
Tabla Nº 70 Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.70	86
Tabla Nº 71 Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.70.....	86
Tabla Nº 72 Resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con a/c=0.60	88
Tabla Nº 73 Comparación porcentual de resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con a/c=0.60	88
Tabla Nº 74 Resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con a/c=0.65.....	89

Tabla N° 75 Comparación porcentual de resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con $a/c=0.65$	89
Tabla N° 76 Resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con $a/c=0.70$	90
Tabla N° 77 Comparación porcentual de resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con $a/c=0.70$	91

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Curva granulométrica del agregado fino	34
Figura N° 2: Curva granulométrica del agregado grueso	38
Figura N° 3: Peso Unitario Compactado de la combinación de agregados.....	41
Figura N° 4: Resistencia a la compresión vs. Porcentaje de agregado fino.....	55
Figura N° 5: Agua requerida para 1 m ³ de concreto en los distintos diseños.....	73
Figura N° 6: Peso unitario para 1 m ³ de concreto en los distintos diseños.....	75
Figura N° 7: Porcentaje de exudación para los diferentes diseños	77
Figura N° 8: Tiempo de fraguado para diseños con a/c=0.60	78
Figura N° 9: Tiempo de fraguado para diseños con a/c=0.60. Escala log-log	78
Figura N° 10: Tiempo de fraguado para diseños con a/c=0.65.	80
Figura N° 11: Tiempo de fraguado para diseños con a/c=0.65. Escala log-log... ..	80
Figura N° 12: Tiempo de fraguado para diseños con a/c=0.70.	81
Figura N° 13: Tiempo de fraguado para diseños con a/c=0.70. Escala log-log... ..	82
Figura N° 14: Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.60	83
Figura N° 15: Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.60. Edad en escala log	84
Figura N° 16: Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.65	85
Figura N° 17: Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.65. Edad en escala log	85
Figura N° 18: Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.70	87
Figura N° 19: Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.70. Edad en escala log	87
Figura N° 14: Resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con a/c=0.60	88
Figura N° 15: Resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con a/c=0.65	90
Figura N° 16: Resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con a/c=0.70	91

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula N°1 Resistencia según Duff Abrams	23
Fórmula N°2 Ley de Powers.....	24
Fórmula N°3 Tipo de relación de la Resistencia a la tracción y compresión.....	27
Fórmula N°4 Relación de la resistencia a la tracción y compresión	27
Fórmula N°5 Cálculo del Módulo de Finura	29
Fórmula N°6 Determinación de porcentaje de exudación.	63
Fórmula N°7 Determinación de la Resistencia a la compresión.....	66
Fórmula N°8 Determinación de la Resistencia a la tracción	68

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

%	:	Porcentaje
"	:	Pulgada
%	:	Porcentaje
°C	:	Grados centígrados
a/c	:	Relación agua-cemento en peso
ACI	:	American Concrete Institute
ASTM	:	American Society of Testing Materials
cm	:	Centímetro´
f´c	:	Resistencia a la compresión
f´t	:	Resistencia a la tracción
g	:	Gramo
g/cm ³	:	Gramo por centímetro cubico
g/ml	:	Gramo por mililitro
h	:	Hora
kg	:	Kilogramo
kg/bolsa:		Kilogramo por bolsa de cemento de 42.5 kg
kg/cm ²	:	Kilogramo por centímetro al cuadrado
kg/l	:	Kilogramo por litro
kg/m ³	:	Kilogramo por metro cubico
l	:	Litro
l/m ³	:	Litro por metro cubico
lb/pulg ² :		Libra por pulgada al cuadrado
LEM	:	Laboratorio N°1 de Ensayo de Materiales de la UNI
M.F.	:	Módulo de Finura
m ² /kg	:	Metro al cuadrado por kilogramo
min	:	Minutos
mm	:	Milímetro
Mpa	:	Mega Pascal
NTP	:	Norma Técnica Peruana
P.U.C.	:	Peso Unitario Compactado

P.U.S. :	Peso Unitario Suelto
pulg :	Pulgadas
s :	Segundo
S/ :	Soles
S/ /m ³ :	Soles por metro cubico.
UNI :	Universidad Nacional de Ingeniería
Unid. :	Unidad
μ :	Micro

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

Para la presente investigación primero se realizó ensayos a los agregados finos y gruesos, con la información obtenida se procedió a realizar los diseños patrones para las relaciones de agua-cemento de: 0.60, 0.65 y 0.70. Las dosificaciones de aditivo añadidas a los diseños patrones fueron: 0.75, 1.00 y 1.25 kg/bolsa de cemento.

A los 12 diseños de mezcla, 3 patrones y 9 con aditivo, se le realizaron los siguientes ensayos de concreto en estado fresco: Consistencia, Peso Unitario, Exudación y Tiempo de Fraguado; y los ensayos de concreto en estado endurecido: Ensayo de compresión y Ensayo de tracción por compresión diametral.

Características y condiciones del diseño de mezcla:

- Agregados: Arena (Cantera de Huachipa).
Piedra (Cantera de Unicon II).
- Cemento: Cemento Portland Tipo I – Marca “ANDINO”.
- Agua: Agua potable UNI.
- Aditivo: SikaCem-1 Acelerante en polvo.
- Relación a/c: 0.60, 0.65 y 0.70.
- Dosificación: 0.75, 1.00 y 1.25 kg/bolsa de cemento.
- Asentamiento: De 3" a 4".
- Desmoldado: De 12 h a 24 h después del vaciado.

1.2. PROBLEMÁTICA

En El Perú es un país con una gran variedad de climas, entre ellos tenemos los climas fríos que se presentan principalmente en la región de la sierra, donde los inviernos son secos con fuertes heladas.

En estas condiciones, los procesos de fraguado y endurecimiento del concreto se ven afectados, razón por la cual se hace necesario el uso de aditivos acelerantes de fraguado y de resistencias a edades tempranas. Por tal motivo, resulta importante el análisis del concreto con aditivos acelerantes, determinando sus propiedades en estado fresco y endurecido. En estado fresco, propiedades relevantes como la consistencia, el peso unitario, los tiempos de fraguado y la exudación; mientras que en estado endurecido, la resistencia a la compresión y la tracción, esta última es de mucha importancia en estructuras hidráulicas y de pavimentación.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Analizar el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido con un aditivo acelerante en polvo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades de consistencia, peso unitario, tiempo de fraguado, exudación, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción del concreto.
- Evaluar las dosificaciones 0.75, 1.00 y 1.25 kg de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo por bolsa de Cemento Portland Tipo I, para las relaciones agua-cemento 0.60, 0.65 y 0.70.
- Verificar que el aditivo sea técnicamente viable.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis General

Con el uso del aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo en el concreto es posible reducir el tiempo de fraguado y aumentar las resistencias mecánicas a tempranas edades.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- Usando el aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo es posible obtener un menor tiempo de fraguado.
- Usando el aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo se tendrá resistencias altas a edades tempranas.
- Con el uso del aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo es posible aminorar los efectos de climas fríos sobre el concreto.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. EL CONCRETO

2.1.1. Generalidades.

El concreto es una mezcla plástica que va ganando resistencia con el tiempo, está compuesta principalmente de cemento, agregados (fino y grueso), agua, aire y en algunos casos se añade aditivos para modificar o mejorar sus propiedades.

La composición general del concreto es la siguiente:

- Cemento: 7% – 15%
- Agregados: 60% - 75%
- Agua: 15% - 22%
- Aire: 1% - 3%

Entre las principales etapas de producción del concreto se tiene:

- a) Dosificación.- Consiste en medir físicamente los compuestos del concreto, para su posterior mezclado. Para obtener una mayor precisión se recomienda la medición en peso.
- b) Mezclado.- Se debe realizar de tal manera que el concreto quede lo más homogéneo posible. Cuando se hace uso de mezcladora, el tiempo de mezclado de concreto sin aditivo debe de ser de 1.5 a 2 minutos y con aditivo de 5 minutos, después de realizada la carga de los componentes.
- c) Transporte.- Se realiza de tal manera que se mantenga la trabajabilidad y homogeneidad. Durante el transporte se debe de evitar la segregación o la pérdida de material.
- d) Colocación.- Debe de realizarse a una velocidad de tal manera que el concreto no pierda su estado plástico. La colocación debe de ser continua o en capas de 50cm como máximo, para así poder evitar la formación de juntas frías o planos de vaciado.
- e) Consolidación.- En esta etapa se busca eliminar burbujas presentes en el concreto fresco, de esta manera de obtendrá

un concreto con máxima densidad y por consecuencia mayores resistencias. La consolidación puede realizarse por vibrado o manual (varillado).

- f) Curado.- Proceso por el cual se mantiene la humedad y temperatura para que se produzca la hidratación en el concreto. Entre los métodos de curados se tiene al curado húmedo, curado con materiales sellantes y curado al vapor.

Las principales características físicas del concreto son:

- Densidad del concreto: varía entre 2200 kg/m^3 y 2400 kg/m^3 .
- Resistencia a la compresión: en concretos ordinarios varía entre 150 kg/cm^2 y 500 kg/cm^2 .
- Resistencia a la tracción: varía entre 10% y 15% de la resistencia a la compresión.
- Tiempo de Fraguado: es el proceso de endurecimiento del concreto hasta llegar al estado rígido.

El concreto es un material que mientras tenga la consistencia plástica puede colocarse fácilmente dentro de encofrados de diferentes formas, además este presenta una buena resistencia a la compresión.

2.1.2. Tipos de concreto.

Según la presencia de acero:

- a) Concreto Simple.- Es el concreto convencional sin presencia de acero de refuerzo o si lo tiene, es menor a lo especificado para concretos armados. El concreto simple tiene buena resistencia a los esfuerzos por compresión, pero no tiene buen comportamiento frente a los esfuerzos por tracción, flexión y corte; por este motivo es necesario en algunos casos el acero de refuerzo.
- b) Concreto Armado.- Es el concreto simple con acero de refuerzo en donde ambos componentes actúan juntos, el acero de refuerzo aporta principalmente resistencia a esfuerzos por tracción.

- c) Concreto Pre-esforzado.- Concreto donde en vez de reforzar con barras corrugas se hace uso de un sistema de cables, donde además se crea intencionalmente esfuerzos permanentes. Entre los métodos de pre-esforzado tenemos el pre-tensado y el post-tensado.

Según su densidad aparente:

- a) Concreto Liviano.- Es un concreto elaborado con agregados livianos como arcilla expandida, cascotes de ladrillos, escoria expandida, poliestireno expandido, entre otros. Su peso unitario puede variar entre 400 kg/m^3 a 1700 kg/m^3 .
- b) Concreto Normal.- Son elaborados con agregados convencionales. Su peso unitario varía entre 2300 kg/m^3 a 2500 kg/m^3 .
- c) Concreto Pesado.- Es un concreto elaborado con agregados pesados como baritas, materiales de fierro y otros artificiales. Su peso unitario llega a alcanzar de 2800 kg/m^3 a 6000 kg/m^3 .

Según el tipo de uso:

- a) Concreto Ciclópeo.- Concreto simple complementado con piedras de tamaño de máximo de 10", cubriendo un máximo de 30% del volumen total. Este tipo de concreto minimiza costos.
- b) Concreto Estructural.- Concreto elaborado de acuerdo a especificaciones precisas, y garantiza la resistencia establecida en el diseño.

Según su lugar de producción:

- a) Concreto Prefabricado.- Cuando el elemento de concreto es fabricado en un lugar distinto a su localización final.
- b) Concreto In situ.- Es un concreto normal elaborado a pie de obra y debido a estas condiciones las dosificaciones mezcladas suelen variar con respecto al diseño.

- c) Concreto Premezclado.- El concreto es dosificado en planta y es mezclada en la misma o en camión mezclador que lo transporta a la obra.

2.1.3. Proceso de fraguado y endurecimiento del concreto.

Tanto el fraguado y endurecimiento del concreto se da debido a las reacciones físico y químicas del cemento y el agua. Al proceso de endurecimiento del concreto se conoce como fraguado, este proceso tiene dos etapas: fraguado inicial y fraguado final.

2.1.3.1. *Fraguado inicial.*

Se produce cuando el concreto comienza a perder plasticidad, según la Norma Técnica Peruana 339.082 se da cuando la presión por penetración alcanza el valor de 500 lb/pulg² (35 kg/cm²) siendo esta también conocida como “vibración limite”, después de esta el concreto ya no puede replastificarse por vibración.

2.1.3.2. *Fraguado final.*

Se produce cuando el concreto empieza a endurecerse, según la Norma Técnica Peruana 339.082 se da cuando la presión por penetración alcanza el valor de 4000 lb/pulg² (280 kg/cm²).

2.1.3.3. *Falso fraguado.*

El falso fraguado se produce cuando el concreto se endurece rápidamente, todo este proceso se da sin un desprendimiento apreciable de calor.

2.1.3.4. *Fraguado relámpago o rápido.*

Es el desarrollo rápido de rigidez del concreto con considerable desarrollo de calor, esta rigidez no puede ser suprimida posteriormente para volver a ser plástica.

2.1.3.5. *Endurecimiento.*

El endurecimiento del concreto se produce después del fraguado final y da lugar al aumento lento de resistencia.

2.1.3.6. *Factores que influyen en el fraguado.*

Los factores que influyen en el fraguado del concreto son: el contenido del aluminato tricálcico (C_3A) del cemento, relación agua-cemento, humedad de ensayo y temperatura ambiente.

2.1.4. Resistencia del concreto.

La resistencia es una de las propiedades más importantes del concreto y es definida por el máximo esfuerzo que el concreto puede soportar antes de fallar. En los concretos la resistencia a los esfuerzos por compresión es relativamente alta comparado con los esfuerzos por tracción y corte. Para poder compensar las bajas resistencias del concreto por tracción y corte se refuerza con acero, dando origen al concreto armado.

2.1.4.1. *Factores que afectan la resistencia.*

a) Relación agua – cemento.

La resistencia del concreto para una determinada edad y curado depende principalmente de dos factores: relación agua-cemento y grado de compactación.

Duff Abrams (1919) establece que para un conjunto de materiales y condiciones la resistencia del concreto depende principalmente del agua neta (excluyendo la absorbida por los agregados) por unidad de cemento. Su regla establece que la resistencia es:

Fórmula N°1 Resistencia según Duff Abrams

$$f'_c = \frac{K_1}{K_2^{a/c}}$$

Donde:

f'_c = Resistencia del concreto

a/c = Relación agua-cemento

K_1 y K_2 = Constante empíricas

Posteriormente esta regla fue cuestionada al ser considerada no suficientemente fundamental. Es así que Gilkey, manteniendo el concepto agua-cemento de Abrams, basándose en sus propias observaciones y en trabajos de Walker, Bloem y Gaynor; estableció que la resistencia del concreto estaba en función de:

- Relación agua-cemento.
- Relación cemento/agregado.
- Granulometría, perfil, textura superficial, resistencia y dureza de agregado.
- Tamaño máximo del agregado.

b) Relación gel - espacio.

La influencia de la relación agua-cemento en resistencia del concreto no incluye muchas calificaciones importantes para su aprobación.

La resistencia de una relación agua - cemento también obedece al grado de hidratación del cemento, sus propiedades físicas y químicas, la temperatura de hidratación, contenido de aire del concreto y cambio de relación efectiva agua-cemento.

Es por eso que la Ley de Powers indica que la resistencia del concreto está en función del grado de hidratación del cemento, del gel/espacio y relación agua-cemento. Es decir:

Fórmula N°2 Ley de Powers

$$S = 2380x^3$$
$$x = \frac{0.657\alpha}{0.319\alpha + a/c}$$

Donde:

S = Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm^2)

x = Relación gel-espacio

α = Grado de hidratación del cemento

a/c = Relación agua-cemento

c) Porosidad.

En la resistencia del concreto es fundamentalmente una función del volumen de vacíos. Es decir, la resistencia del concreto está influenciada por el volumen de todos los vacíos presentes en el concreto: poros capilares, aire atrapado, poros de gel y aire incluido.

En conclusión, existe una relación entre el a/c y la porosidad del concreto; a mayor a/c , mayor porosidad y menor resistencia de parte del concreto.

d) Propiedades del agregado grueso.

Mediante mediciones de sonido transmitido a través del concreto y también usando técnicas de velocidad de impulsos ultrasónicos, se determina que el agrietamiento vertical del concreto sometido a compresión inicia con una carga de 50% a 75% de la carga final.

El esfuerzo al que se genera las grietas obedece de manera importante a las propiedades del agregado grueso; entre estas las propiedades de la superficie y la forma de los agregados influyen en la adherencia mecánica. Por ejemplo, la grava lisa lleva al agrietamiento con menores esfuerzos que una roca triturada áspera angular.

La influencia de los agregados gruesos disminuye con el aumento de la relación agua-cemento.

e) Relación agregado - cemento.

Esta relación es un factor secundario en la resistencia del concreto. Su influencia se da debido a que para una relación de agua-cemento constante, el concreto con menos agua por m^3 (con más agregados), forman una fracción más pequeña de

vacíos; y los vacíos tienen una relación inversa con la resistencia.

Lo contrario ocurre con un concreto con más agua por m^3 (con menos agregados), esta concreta forma una fracción más grande de vacíos, dando lugar a un concreto con menor resistencia.

f) Efectos de la edad del concreto.

Tradicionalmente la resistencia del concreto es el valor de este a una edad de 28 días, esta cantidad de días tiene importancia debido a que los primeros cementos alcanzaban una importante hidratación a esta edad. Las comparaciones de resistencia a edades más tempranas se suelen comparar respecto a la alcanzada a los 28 días.

Actualmente en los cementos portland, la hidratación se da mucho más rápido que en el pasado, esto debido a la mayor finura y mayor contenido de Silicato tricálcico (C_3S).

La relación de agua-cemento, también afecta a la velocidad con que el concreto va ganando resistencia; en un concreto con relación agua-cemento baja gana resistencia más rápidamente que un con concreto relación agua-cemento más alta. Esto se debido a que en relaciones agua-cemento baja, los granos de cemento están más cercanos entre ellos y de esta manera se da más rápidamente un sistema continuo de gel.

g) Madurez del concreto.

La resistencia también se puede expresar en función del tiempo-temperatura, ya que la resistencia aumenta con el proceso de hidratación del cemento y la hidratación aumenta con el incremento de temperatura.

Entonces se puede decir que la resistencia es una función de la sumatoria de intervalo de tiempo por temperatura; a esta sumatoria se le llama madurez.

2.1.4.2. Resistencia a la tracción y su relación con resistencia a la compresión.

Si bien existe una relación entre estas resistencias, esta no es una proporcionalidad directa. Con el aumento de resistencia a la compresión, también se nota un aumento en la resistencia a la tracción, pero el aumento se da a una tasa decreciente.

Durante el transcurso de los años se ha ido sugiriendo varias fórmulas empíricas que relacionan estas dos resistencias, y la mayoría de estas fórmulas son del tipo:

Fórmula N°3 Tipo de relación de la Resistencia a la tracción y compresión

$$f'_t = k (f'_c)^n$$

Donde:

f'_t = Resistencia a la tracción

f'_c = Resistencia a la compresión

k, n = Constantes

De todas las fórmulas que relacionan la resistencia a la tracción y la compresión, la fórmula más consensuada es:

Fórmula N°4 Relación de la resistencia a la tracción y compresión

$$f'_t = 0.3 (f'_c)^{2/3}$$

Donde:

f'_t = Resistencia a la tracción (MPa)

f'_c = Resistencia a la compresión (MPa)

2.2. CONCRETO EN CLIMAS FRIOS

Se considera clima frío, aquel en que toda época del año, la temperatura ambiente es menor a 5°C. La colocación se puede realizar cuando la temperatura está a más de 10°C por más de medio día.

A bajas temperatura el agua se puede congelar estando el concreto fresco. Si el concreto se congela antes de fraguado, el agua de la mezcla se congela aumentando el volumen del concreto; al no haber agua disponible para reacciones químicas, el fraguado y endurecimiento del concreto pasan a estar suspendidos, una vez reanudados estos procesos se generarán con un gran volumen de poros, traduciéndose en menores resistencias.

Si el concreto se congela después del fraguado pero antes de tener una resistencia de 35 kg/cm^2 , el volumen del concreto aumenta, generando esfuerzos que producen grietas.

Si el concreto tiene una resistencia mayor o igual a 35 kg/cm^2 , este puede resistir los esfuerzos por congelamiento, y como ya se mencionó, antes de alcanzar esta resistencia se debe de tener un especial cuidado.

Los factores que se pueden tener en cuenta para el concreto en climas fríos son:

- a) Almacenaje, proteger los componentes del concreto.
- b) Calentar el agua, pero no a más de 60°C ya que puede producir fraguado relámpago y también evitar el contacto directo del agua caliente y el cemento.
- c) Calentar los agregados, pasando vapor de agua a través de serpentines, para así evitar su influencia en el contenido de humedad. El calentamiento no debe ser mayor a 52°C .
- d) Adicionar un aditivo acelerador.

Es deseable que el concreto fragüe a una temperatura entre 7°C y 21°C :

CAPÍTULO III: MATERIALES EMPLEADOS

3.1. AGREGADOS

3.1.1. Definición

En el concreto, los 3/4 de su volumen son ocupados por los agregados finos y gruesos, razón por la cual resulta de suma importancia la verificación de las propiedades de estos.

Los agregados también conocidos como áridos son un conjunto de partículas que tienen origen natural y/o artificial cuyas dimensiones están comprendidas en la NTP 400.037. Para que los agregados tengan un buen enlace con pasta del cemento, estos deben estar libre de impurezas como polvo, barro, limo y materia orgánica.

Los agregados se clasifican en:

- Agregado Fino: Se define como aquel material que pasa por el tamiz 3/8" y queda retenido en el tamiz N° 100.
- Agregado Grueso: Se define como aquel material que es retenido por el tamiz N° 4.

Tamaño Máximo del agregado.- Es el menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado.

Tamaño Máximo Nominal del agregado.-Es el tamiz que produce el primer retenido.

Módulo de Finura.-También llamado modulo granulométrico, es un índice del tamaño medio de los agregados. Si este índice es bajo, indica que el agregado es más fino y si es alto indica lo contrario.

El módulo de finura se determina de la siguiente manera:

Fórmula N°5 Cálculo del Módulo de Finura

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acum. (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N° 100)}}{100}$$

3.1.2. Propiedades físicas de los agregados

Las propiedades físicas de los agregados finos y gruesos deben de cumplir con lo establecido en la NTP.

3.1.2.1. Granulometría de los agregados (NTP 400.012)

La granulometría de los agregados da información sobre la distribución del tamaño de partículas del agregado. La granulometría tiene relación con la manejabilidad del concreto fresco, volumen de agua, compacidad y resistencia mecánica del concreto.

Los límites granulométricos recomendados por la NTP 400.037 para agregados finos y gruesos se muestran en la Tabla N°1 y Tabla N°2:

Tabla N° 1 Límites granulométricos para el agregado fino

TAMIZ	Porcentaje de peso que pasa (%)
3/8"	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 - 85
N° 30	25 - 60
N° 50	5 - 30
N° 100	0 - 10

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

3.1.2.2. Contenido de Humedad (NTP 400.016).

El contenido de humedad está relacionada con la cantidad de agua que es retenida por las partículas de los agregados, esta varía de acuerdo la temperatura y condiciones ambientales. En la presente investigación se determinó el contenido de humedad para cada diseño de mezcla de acuerdo a la NTP 400.016.

3.1.2.3. Peso Unitario (NTP 400.017).

Es el peso que alcanza que un determinado volumen de agregado, esta propiedad está influenciada por la forma de las partículas, granulometría y tamaño máximo del agregado.

Tabla N° 2 Límites granulométricos para el agregado grueso

HUSO	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg.)	90 mm (3 1/2 pulg.)	75 mm (3 pulg.)	63 mm (2 1/2 pulg.)	50 mm (2 pulg.)	37.5 mm (1 1/2 pulg.)	25.0 mm (1 pulg.)	19.0 mm (3/4 pulg.)	12.5 mm (1/2 pulg.)	9.5 mm (3/8 pulg.)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	4.75 um (N° 50)
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2 pulg.)	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 pulg.)	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---	---
3	50 mm a 25.00 mm (2 a 1 pulg.)	---	---	---	100	90 a 100	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
357	50 mm a 4.75 mm (2 pulg. a N° 4)	---	---	---	100	95 a 100	35 a 70	---	0 a 30	---	0 a 5	---	---	---	---
4	37.5 mm a 190 mm (1 1/2 a 3/4 pulg.)	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	---	---	---	---	---
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 a N° 4)	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	0 a 5	---	---	---	---
5	25.0 mm a 12.5 mm (1 a 3/8 pulg.)	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	25.00 mm a 9.5 mm (1 a 3/8 pulg.)	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	---	---	---	---
57	25.00 mm a 4.75 mm (1 pulg. a N° 4)	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	0 a 10	0 a 5	---	---	---
6	19.0 mm a 9.5 mm (3/4 a 3/8 pulg.)	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	---	---	---	---
67	19.0 mm a 4.75mm (3/4 pulg. a N° 4)	---	---	---	---	---	---	---	90 a 100	---	0 a 10	0 a 5	---	---	---
7	12.5 mm a 4.75mm (1/2 pulg. a N° 4)	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	0 a 15	0 a 5	---	---	---
8	9.5 mm a 2.36 mm (3/8 pulg. a N° 8)	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 5	---	---
89	9.5 mm a 1.18 mm (3/8 pulg. a N° 16)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	5 a 30	0 a 10	0 a 5	---
9	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	10 a 40	0 a 10	0 a 5	---

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

Esta propiedad debe ser determinada tanto para el agregado fino como grueso, también de acuerdo a su tipo de consolidación se tiene:

- **Peso Unitario Suelto (P.U.S.)**.- El llenado del agregado al recipiente es continuo y sin compactado (varillado).
- **Peso Unitario Compactado (P.U.C.)**.- El llenado del agregado al recipiente se realiza en tres capas con sus respectivos varillados (25 golpes).

3.1.2.4. Materiales más finos que pasan la malla N° 200 (NTP 400.018).

La determinación de materiales finos es de suma importancia en los agregados, tanto finos como gruesos. En los agregados finos estos incrementan el requerimiento de agua, mientras que en los agregados gruesos afecta la adherencia entre el agregado y la pasta.

Se recomienda que esta cantidad de materiales no exceda el 5.0 % y 1.0 % en agregados fino y grueso respectivamente.

3.1.2.5. Peso específico (NTP 400.022).

Es la relación entre el peso de las partículas y el volumen de ellas sin tener en cuenta los vacíos entre ellas. El peso específico es también un indicador importante de la calidad del agregado, ya que un valor elevado corresponde a un buen material y un valor bajo corresponde a agregados absorbentes y débiles.

Esta propiedad se debe determinar tanto para el agregado fino y grueso.

3.1.2.6. Absorción (NTP 400.022).

Es la capacidad de los agregados de almacenar agua en sus poros que es producida por la capilaridad.

La importancia de esta propiedad radica en que modifica la cantidad de agua en el concreto, haciendo variar propiedades como la trabajabilidad y resistencia.

3.1.3. Resultados de ensayos de agregados

3.1.3.1. Resultados de ensayos realizado al agregado fino

El agregado fino utilizado en la presente tesis proviene de la cantera de Huachipa, a este agregado se le realizó los siguientes ensayos en las instalaciones del LEM:

- Granulometría.

En la Tabla N° 3, Tabla N° 4 y Figura N° 1 se muestran los resultados obtenidos de las 3 muestras utilizadas en el ensayo de granulometría.

Tabla N° 3 Promedio de pesos retenidos del agregado fino

Tamiz	Abertura (mm)	M-1 (g)	M-2 (g)	M-3 (g)	Prom. (g)
3/8"	9.50	--	--	--	--
N° 4	4.75	18.5	17.0	20.5	18.7
N° 8	2.36	99.5	95.5	96.5	97.2
N° 16	1.18	154.5	151.5	155.0	153.7
N° 30	0.60	105.5	120.5	115.0	113.7
N° 50	0.30	90.0	80.0	88.5	86.2
N° 100	0.15	85.5	90.0	80.0	85.2
FONDO	0.00	46.5	45.5	44.5	45.5
TOTAL		600.0	600.0	600.0	600.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4 Granulometría del agregado fino

Tamiz	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa	Requisitos Granulométricos del Agregado Fino (NTP 400.037)	
3/8"	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	3.11	3.11	96.89	95	100
N° 8	16.19	19.31	80.69	80	100
N° 16	25.61	44.92	55.08	50	85
N° 30	18.94	63.86	36.14	25	60
N° 50	14.36	78.22	21.78	5	30
N° 100	14.19	92.42	7.58	0	10
FONDO	7.58	100.00	0.00	--	--

Fuente: Elaboración propia

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acum. } (0.00 + 3.11 + 19.31 + 44.92 + 63.86 + 78.22 + 92.42)}{100}$$

M.F. = 3.02

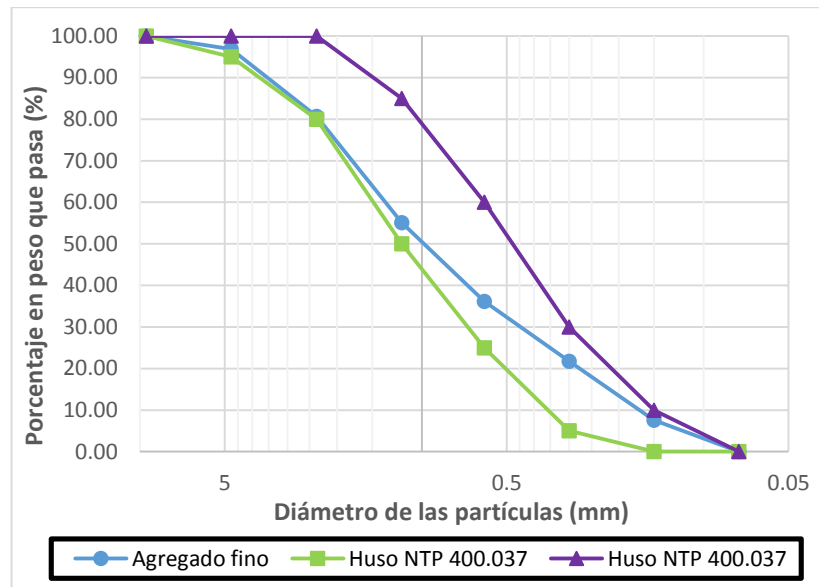


Figura N° 1: Curva granulométrica del agregado fino
Fuente: Elaboración propia

- Contenido de Humedad.

En la Tabla N° 5, se muestran los resultados obtenidos de las 3 muestras utilizadas en el ensayo de contenido de humedad.

Tabla N° 5 Determinación del contenido de humedad del agregado fino

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3
Peso de la muestra en estado ambiental	g	500.00	500.00	500.00
Peso de la muestra secada al horno	g	484.50	484.50	484.00
Peso del agua perdida	g	15.50	15.50	16.00
Contenido de humedad (%)		3.20%	3.20%	3.31%
Contenido de Humedad = 3.24%				

Fuente: Elaboración propia

- Peso Unitario.

En la Tabla N° 6 y Tabla N° 7, se muestran los resultados obtenidos de las 3 muestras utilizadas en el ensayo de Peso Unitario Suelto y Peso Unitario compactado.

Tabla N° 6 Determinación del Peso Unitario Suelto del agregado fino

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente	g	1576.00	1576.00	1576.00
Peso de la muestra + peso del recipiente	g	5921.00	5976.50	5915.00
Peso de la muestra	g	4345.00	4400.50	4339.00
Volumen del recipiente	cm ³	2857.19	2857.19	2857.19
Peso unitario suelto	g/cm ³	1.52	1.54	1.52
P.U.S.= 1.53 g/cm³				
P.U.S.= 1526 kg/m³				

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7 Determinación del Peso Unitario Compactado del agregado fino

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente	g	1576.00	1576.00	1576.00
Peso de la muestra + peso del recipiente	g	6421.50	6405.00	6464.50
Peso de la muestra	g	4845.50	4829.00	4888.50
Volumen del recipiente	cm ³	2857.19	2857.19	2857.19
Peso unitario suelto	g/cm ³	1.70	1.69	1.71
P.U.C.= 1.70 g/cm³				
P.U.C.= 1698 kg/m³				

Fuente: Elaboración propia

- Materiales más finos que pasan la malla N° 200.

En la Tabla N° 8, se muestran los resultados obtenidos de las 3 muestras utilizadas en el ensayo de Materiales más finos que pasan la malla N° 200.

Tabla N° 8 Determinación del Material que pasa la malla N° 200 del agregado fino

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3
Peso seco original	g	1000.00	1000.00	1000.00
Peso seco después del lavado	g	950.90	951.70	950.40
Material que pasa la malla N° 200 (%)		4.91	4.83	4.96
Material que pasa la malla N° 200 = 4.90%				

Fuente: Elaboración propia

- Peso específico y absorción.

En la Tabla N° 9, se muestran los resultados obtenidos de las 3 muestras utilizadas en los ensayo de peso específico y absorción.

Tabla N° 9 Determinación del Peso específico y absorción

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Prom.
Peso de la arena superficialmente seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la arena superficialmente seca + Peso de fiola + Peso del agua	g	991.40	989.50	993.00	
Peso de fiola	g	184.70	184.70	184.70	
Peso del agua	g	306.70	304.80	308.30	
Peso de la arena seca al horno	g	491.60	491.50	491.00	
Volumen de la fiola	cm ³	500	500	500	
Peso específico de masa	g/cm ³	2.543	2.518	2.561	2.541
Peso específico de masa superficialmente seco	g/cm ³	2.587	2.561	2.608	2.585
Peso específico aparente	g/cm ³	2.659	2.633	2.687	2.660
Absorción (%)		1.7087	1.7294	1.8330	1.757

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.2. Resultados de ensayos realizado al agregado grueso

El agregado grueso utilizado en la presente tesis proviene de la cantera de Unicon II, a este agregado se le realizó los siguientes ensayos en las instalaciones del LEM:

- Granulometría.

En la Tabla N° 10, Tabla N° 11 y Figura N° 2, se muestran los resultados obtenidos de las 3 muestras utilizadas en el ensayo de granulometría.

Tabla N° 10 Promedio de pesos retenidos del agregado grueso

Tamiz	Abertura (mm)	M-1 (g)	M-2 (g)	M-3 (g)	Prom.(g)
3"	75.00	--	--	--	--
2 1/2"	63.00	--	--	--	--
2"	50.00	--	--	--	--
1 1/2"	37.50	--	--	--	--
1"	25.00	748.10	705.30	694.20	715.87
3/4"	19.00	3260.00	3284.40	3281.60	3275.33
1/2"	12.50	4027.90	4056.00	4067.20	4050.37
3/8"	9.50	614.30	622.80	626.50	621.20
N° 4	4.75	1295.00	1256.50	1270.20	1273.90
FONDO	0.00	54.70	75.00	60.30	63.33
TOTAL		10000.00	10000.00	10000.00	10000.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 11 Granulometría del agregado grueso

Tamiz	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa	Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso - Huso 56 (NTP 400.037)	
3"	--	--	100.00	100	100
2 1/2"	--	--	100.00	100	100
2"	--	--	100.00	100	100
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	7.16	7.16	92.84	90	100
3/4"	32.75	39.91	60.09	40	85
1/2"	40.50	80.42	19.58	10	40
3/8"	6.21	86.63	13.37	0	15
N° 4	12.74	99.37	0.63	0	5
FONDO	0.63	100.00	0.00		

Fuente: Elaboración propia

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acum. } (39.91+86.63+99.37+500)}{100}$$

M.F. = 7.26

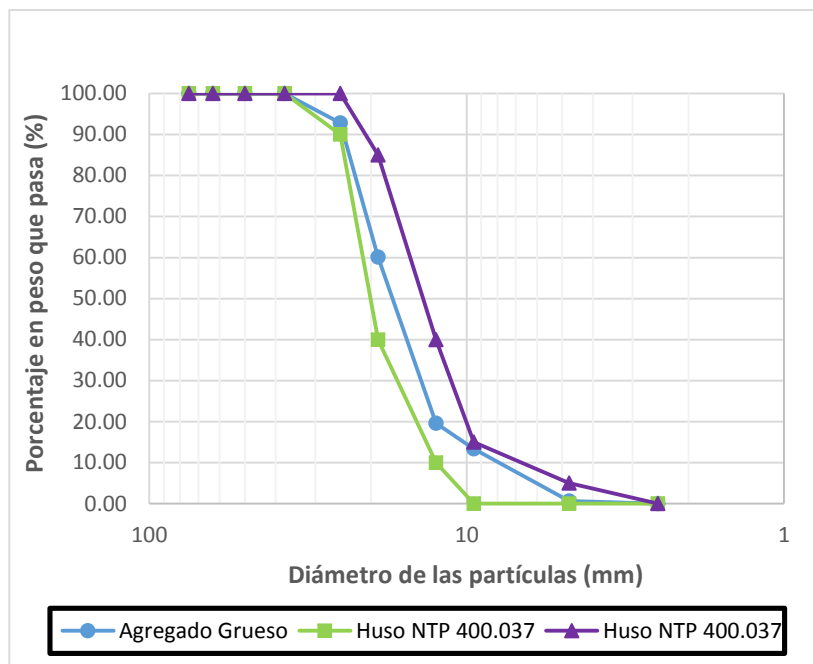


Figura N° 2: Curva granulométrica del agregado grueso
Fuente: Elaboración propia

- Contenido de Humedad.

En la Tabla N° 12, se muestran los resultados obtenidos de las 3 muestras utilizadas en el ensayo de contenido de humedad.

Tabla N° 12 Determinación del contenido de humedad del agregado grueso

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3
Peso de la muestra en estado ambiental	g	2000.00	1000.00	2000.00
Peso de la muestra secada al horno	g	1994.50	997.00	1994.00
Peso del agua perdida	g	5.50	3.00	6.00
Contenido de humedad (%)		0.28%	0.30%	0.30%
Contenido de Humedad = 0.29%				

Fuente: Elaboración propia

- Peso Unitario.

En la Tabla N° 13 y Tabla N° 14, se muestran los resultados obtenidos de las 3 muestras utilizadas en el ensayo de Peso Unitario Suelto y Peso Unitario compactado.

Tabla N° 13 Determinación del Peso Unitario Suelto del agregado grueso.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente	g	4350.00	4350.00	4350.00
Peso de la muestra + Peso del recipiente	g	18670.00	18790.50	18525.00
Peso de la muestra	g	14320.00	14440.50	14175.00
Volumen del recipiente	cm ³	9407.06	9407.06	9407.06
Peso unitario suelto	g/cm ³	1.52	1.54	1.51
P.U.S.= 1.52 g/cm³				
P.U.S.= 1521 kg/m³				

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 14 Determinación del Peso Unitario Compactado del agregado grueso.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente	g	4350.00	4350.00	4350.00
Peso de la muestra + Peso del recipiente	g	20870.00	20553.60	21082.50
Peso de la muestra	g	16520.00	16203.60	16732.50
Volumen del recipiente	cm ³	9407.06	9407.06	9407.06
Peso unitario suelto	g/cm ³	1.76	1.72	1.78
P.U.C.= 1.75 g/cm³				
P.U.C.= 1752 kg/m³				

Fuente: Elaboración propia

- Materiales más finos que pasan la malla N° 200.

En la Tabla N° 15, se muestran los resultados obtenidos de las 3 muestras utilizadas en el ensayo de materiales más finos que pasan la malla N° 200.

Tabla N° 15 Determinación del Material que pasa la malla N° 200 del agregado grueso

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3
Peso seco original	g	5000.00	5000.00	5000.00
Peso seco después del lavado	g	4975.00	4970.50	4973.50
Material que pasa la malla N° 200 (%)		0.50%	0.59%	0.53%
Material que pasa la malla N° 200 = 0.54%				

Fuente: Elaboración propia

- Peso específico y absorción.

En la Tabla N°16, se muestran los resultados obtenidos de las 3 muestras utilizadas en los ensayo de peso específico y absorción.

Tabla N° 16 Determinación del Peso específico y absorción del agregado grueso.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Prom.
Peso de la Muestra secada al horno	g	4984.20	4972.63	4979.42	
Peso de la muestra superficialmente seca	g	5000.8	5000.25	5000.15	
Peso de la muestra saturada en agua	g	3264.8	3264.13	3264.30	
Peso específico de masa	g/cm ³	2.871	2.864	2.869	2.868
Peso específico de masa superficialmente seco	g/cm ³	2.881	2.880	2.881	2.880
Peso específico aparente	g/cm ³	2.899	2.911	2.903	2.904
Absorción (%)		0.33%	0.56%	0.42%	0.435%

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.3. Resultado de ensayo de máximo PUC del agregado global.

Este ensayo ayuda a obtener las proporciones de agregado fino y grueso que den un mejor acomodamiento de las partículas de los agregados en la mezcla dando mínimos volumen de vacíos.

Los resultados para la determinación del máximo peso unitario compactado del agregado global se muestran en la Tabla N° 17 y Figura N° 3.

Tabla N° 17 Peso unitario compactado en función a la proporción de agregados.

Peso unitario compactado (kg/m ³)	Proporción de agregados	
	Agregado fino (%)	Agregado grueso (%)
1890	55	45
1902	53	47
1922	51	49
1905	49	51
1883	47	53

Fuente: Elaboración propia

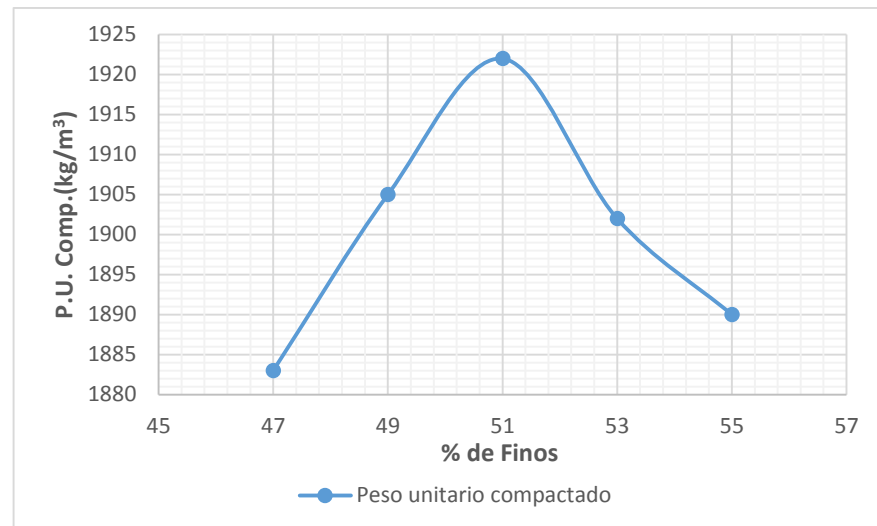


Figura N° 3: Peso Unitario Compactado de la combinación de agregados
Fuente: *Elaboración propia*

3.2. CEMENTO PORTLAND

3.2.1. Definición

El cemento Portland es un conglomerante que cuando se mezcla con agregados, agua y otros aditivos conforma una mezcla denominada concreto. Tiene la propiedad fraguar y endurecer al reaccionar químicamente con agua.

Las materias primas usadas en la elaboración del cemento Portland son la caliza, arcilla, arena, mineral de hierro y yeso; estas son extraídas de canteras o minas utilizando equipos y sistemas de explotación

Las etapas de fabricación del cemento Portland son las siguientes:

- Preparación de la materia prima extraída de la cantera debe estar finamente molida e íntimamente mezclada.
- La mezcla es calentada en un horno especial que va aumentando su temperatura hasta principio de fusión (1400°C - 1450°C), que hace que los minerales se combinen pero sin que se fundan. El material resultante es denominado Clinker.
- El Clinker es enfriado y molido, durante el proceso de molido es necesario la adición de yeso (3% o 4%) para regular la fragua del concreto. La mezcla obtenida es el cemento Portland.

3.2.2. Composición química del cemento Portland

El cemento tiene cuatro compuestos químicos que constituye más del 90% del peso del cemento y los compuestos son los siguientes:

- Silicato tricálcico (C_3S).- Este compuesto químico es el responsable de la rápida hidratación y alta resistencia inicial del cemento Portland hidratado. Cuando este compuesto químico reacciona con el agua desprende una gran cantidad de calor de hidratación.
- Silicato dicálcico (C_2S).- Este compuesto químico se hidrata y endurece más lentamente que el anterior. Contribuye al aumento de resistencias en edades más allá de una semana.
- Aluminato tricálcico (C_3A).- Se combina con el yeso agregado al cemento Portland para controlar el tiempo el fraguado. Los cementos con bajos porcentajes de este compuesto resisten mejor a suelos y aguas con presencia de sulfatos.
- Aluminoferrita tetracálcico (C_4AF).-Este compuesto resulta del uso de materias primas de hierro y aluminio, para la rebaja de temperatura de clinkerización.

3.2.3. Tipos de cemento Portland

Según la Norma Técnica Peruana los tipos de cemento Portland se clasifican de acuerdo sus propiedades específicas:

- Tipo I.- Cemento para uso general, y sin propiedades especiales de cualquier tipo.
- Tipo II.- Cemento para uso general, con propiedades de resistencia moderada a sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.
- Tipo III.- Cemento para uso en obras donde se requiere alta resistencia inicial.
- Tipo IV.- Cemento para uso en obras donde se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V.- Cemento para uso en obras donde se requiere altas resistencias a la acción de los sulfatos.

3.2.4. Cemento Andino Portland tipo I.

3.2.4.1. Características

El cemento usado es el Cemento Portland Tipo I Andino, en formato de distribución de 42.5 kg, que cumple con la Norma Técnica Peruana NTP 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

3.2.4.2. Propiedades físicas y químicas

El cemento Portland Tipo I (Andino), presenta las propiedades físicas y químicas que se muestran en la Tabla N° 18.

Tabla N° 18 Propiedades físicas y químicas del cemento Andino Portland Tipo I.

Parámetros	Unid.	Cemento Andino Tipo I	Requisitos NTP-334.009/ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	-0.02	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	373	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.15	No especifica
Tiempo de fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	105	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	282	Mínimo 375
Composición Química			
MgO	%	1.8	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.67	Máximo 6.1
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.72	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C ₂ S	%	17.86	No especifica
C ₃ S	%	54.88	No especifica
C ₃ A	%	7.01	No especifica
C ₄ AF	%	10.37	No especifica
Álcalis Equivalente			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.47	Máximo 0.60*
Resistencia a los sulfatos			
Resistencia al ataque de los sulfatos	%	0.083	0.10% máx. a 180 días

*Requisito opcional

Fuente: Ficha técnica Cemento Andino

3.3. ADITIVOS

3.3.1. Definición

La importancia del uso del aditivo radica en que estos pueden llegar a brindar beneficios físicos como económicos al concreto. Estos beneficios, incluso ayudan en dificultades que parecían insuperables técnicamente. Si bien es cierto el uso de aditivo genera un costo adicional del concreto, en algunos casos estos costos son compensados o superados por el ahorro que se da con el uso de aditivos. El uso de aditivos puede ayudar a ahorrar en mano de obra de compactación, en el rápido desencofrado y puesta en servicio de una obra, entre otros.

3.3.2. Clasificación de los aditivos

Los aditivos se clasifican de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 334.088, y su equivalente internacional de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales ASTM C-494, según sus funciones:

- TIPO A: Reductor de agua.
- TIPO B: Retardantes.
- TIPO C: Acelerantes.
- TIPO D: Reductor de agua y retardador.
- TIPO E: Reductor de agua y acelerador.
- TIPO F: Reductor de agua de alto efecto.
- TIPO G: Reductor de agua de alto efecto y retardador.

La norma ASTM C-494 indica que los aditivos Tipo C son acelerantes, su principal función es disminuir los tiempos de fraguado y el desarrollo temprano de las resistencias del concreto.

Según el COMITÉ ACI 212, los clasifica según los tipos de materiales constituyentes o a los efectos característicos en su uso:

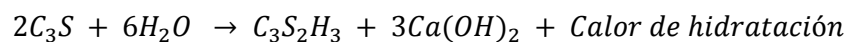
- Aditivos acelerantes.
- Aditivos reductores de agua y que controlan el fraguado.
- Aditivos para inyecciones.

- Aditivos incorporadores de aire.
- Aditivos extractores de aire.
- Aditivos formadores de gas.
- Aditivos productores de expansión o expansivos.
- Aditivos minerales finamente molidos.
- Aditivos impermeables y reductores de permeabilidad.
- Aditivos pegantes (también llamados epóxicos).
- Aditivos químicos para reducir la expansión debido a la reacción entre los agregados y los alcalices del cemento.
- Aditivos inhibidores de corrosión.
- Aditivos fungicidas, germicidas o insecticidas.
- Aditivos floculadores.
- Aditivos colorantes.

Según el comité ACI 212 los Aditivos acelerantes tienen por finalidad incrementar significativamente al desarrollo inicial de resistencia en compresión y/o acortar el tiempo de fraguado.

3.3.2.1. Aditivos acelerantes

El acelerante más común usado durante muchas décadas fue el cloruro de calcio (CaCl_2), este compuesto acelera la hidratación de los silicatos, especialmente del silicato tricálcico (C_3S), principal responsable de las altas resistencias iniciales; el cloruro de calcio probablemente actúa como un catalizador o produciendo un cambio en la alcalinidad del agua de los poros. La reacción de hidratación del silicato tricálcico se describe como sigue:



Si bien el cloruro de calcio es un aditivo efectivo y económico, la presencia de iones de cloruro dificulta su uso, ya que provoca un alto grado de corrosión en el acero de refuerzo; este tipo de conflicto llevó a buscar otros tipos de compuestos, entre ellos tenemos al formiato de calcio ($\text{Ca}(\text{HCOO})_2$).

El Formiato de calcio es una sal cálcica soluble del ácido fórmico y se comporta de manera similar al cloruro de calcio, ofreciendo mayores beneficios a similares dosis, pero tiene un costo considerablemente más alto que el cloruro de calcio.

3.3.3. Aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo

En los aditivos acelerantes se busca favorecer la disolución o velocidad de hidratación de los constituyentes anhidros del cemento. Su acción aparentemente provoca una cristalización rápida de silicatos y aluminatos cálcicos en la pasta del cemento hidratada. Uno de los acelerantes por excelencia es el cloruro de calcio, pero estos puede dar lugar a eflorescencia y corrosión de las armaduras, razón por la cual en estructuras de concreto armado y pretensado está totalmente prohibido el empleo de cloruros, sulfuros, sulfitos u otros componentes químicos que ocasionen o favorezcan la corrosión de armaduras.

El aditivo usado para la presente tesis es el SikaCem-1 Acelerante en polvo, la ficha técnica del aditivo presenta la siguiente información:

Descripción del producto:

SikaCem-1 Acelerante en polvo, es un aditivo que acelera el tiempo de fraguado y resistencias del concreto. No contiene cloruros.

Usos:

Se emplea en concretos en los que se requiere obtener altas resistencias a temprana edad, reducir el tiempo de desencofrado y facilitar el rápido avance de las obras, colocar concreto en ambiente frío o efectuar reparaciones rápidas en todo tipo de estructuras, como por ejemplo: cimentaciones, losas, pisos o techos, columnas, vigas, veredas, escaleras, piscinas, tanques, cisternas, entre otros.

Ventajas:

- Reducir los tiempos de desencofrado.
- Obtener resistencias más altas a tempranas edades.
- Pronto uso de nuevas estructuras.

- Rápida puesta en servicio de estructuras que hayan sido reparadas.
- Contrarresta los efectos de climas fríos sobre el fraguado y resistencia del concreto.
- Aumenta el rendimiento en la elaboración de prefabricados.

Información del producto:

- Empaque : Bolsa x 1 kg
- Apariencia y color : Polvo / Gris verdoso
- Vida útil : 12 meses
- Densidad : 1.6 kg/l +/-0.02
- Condiciones de almacenamiento : En lugar fresco y bajo techo

Información de aplicación:

La Dosificación recomendada por el fabricante es de 1 kg de aditivo por bolsa de cemento de 42.5 kg.

El aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo debe de mezclarse con el cemento en seco antes de agregar el agua.

CAPÍTULO IV: DISEÑO Y PREPARACIÓN DEL CONCRETO PARA LOS ENSAYOS**4.1. GENERALIDADES**

En el presente capítulo se da a conocer los procedimientos seguidos para la obtención de las proporciones de los elementos que componen el concreto.

4.2. PROPORCIONES ÓPTIMAS DE ACUERDO AL MÁXIMO P.U.C. DEL AGREGADO GLOBAL.

De acuerdo al máximo peso unitario compactado del Agregado Global la proporción óptima de agregado fino es de 51% y por ende la proporción óptima del agregado grueso será de 49%.

4.3. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE CONCRETO.

Para poder iniciar el diseño de concreto se tiene que obtener primero las características físicas más importantes de los agregados y cemento, de acuerdo a los ensayos antes realizados, estos se muestran en la Tabla N° 19.

Tabla N° 19 Propiedades físicas de los materiales.

Propiedades	Agregado Fino	Agregado Grueso	Cemento
Peso Específico (g/cm ³)	2.541	2.868	3.12
Absorción (%)	1.757	0.435	-
Contenido de Humedad (%)	3.235	0.29	-
Tamaño Máximo Nominal	-	1"	-

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las propiedades de los materiales y de acuerdo a la metodología del comité ACI 211, se sigue los siguientes procedimientos:

- Selección de asentamiento requerido: Para obtener un concreto con consistencia plástica se debe obtener un asentamiento entre 3" y 4".

- b) Selección del volumen unitario de agua: Tomar como referencia investigaciones con diseños de mezcla y relaciones agua-cemento similares.
- c) Determinación del contenido de aire: Con el uso de tablas del ACI se obtiene un porcentaje aproximado del aire atrapado en función al tamaño máximo nominal del agregado.
- d) Selección de la relación agua-cemento en función a la resistencia requerida: En la presente investigación las relaciones agua y cemento definidas son 0.60, 0.65 y 0.70.
- e) Determinación del peso y volumen de cemento para un metro cubico de concreto.
- f) Determinación del volumen de agregados para un metro cubico de concreto.
- g) Determinación de pesos en estado seco del agregado fino y grueso.
- h) Corrección por efectos de humedad y absorción de agua por los agregados.
- i) Determinación de pesos húmedos de los agregados finos y gruesos.
- j) Determinación de la proporción en peso de materiales para un metro cubico de concreto.
- k) Determinación de la proporción en peso de materiales para una tanda con una bolsa de cemento.
- l) Determinación de la proporción en peso de materiales para una tanda de prueba de $V=20$ l.

4.4. PREPARACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO.

Luego de realizar el diseño de mezcla se procede a separar las cantidades de materiales a utilizar. En caso de aditivo en polvo, este debe ser mezclado con el cemento.

La mezcladora debe estar humedecida antes del inicio de mezclado. Los materiales se adicionaran en el siguiente orden:

- Agregado grueso
- Agregado fino.

- Parte de agua de tal manera que los agregados queden humedecidos.
- Cemento (mezclado con el aditivo en polvo).
- Resto del agua en intervalos de 20 s o 30 s.

Este orden es el utilizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales N° 1 y ayuda a obtener un concreto homogéneo. El tiempo de mezclado para un concreto sin aditivo es de 3 minutos y para un concreto con aditivo es de 5 minutos.

4.5. DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN.

4.5.1. Diseños preliminares.

Se inicia con los diseños de mezcla de prueba, los cuales ayudaran a determinar el contenido óptimo de agregado fino, el cual será la mezcla de concreto que alcance una mayor resistencia a la compresión.

Los porcentajes de agregados finos a probar son 47%, 49%, 51%, 53% y 55%. Para el diseño de mezcla con porcentaje de finos 51%, se sigue los pasos antes mencionados:

- a) Selección de asentamiento requerido: 3" - 4".
- b) Selección del volumen unitario de agua: 220 l por m³.
- c) Determinación del contenido de aire: 1.5%.
- d) Selección de la relación agua-cemento en función a la resistencia requerida: 0.60.
- e) Determinación del peso y volumen de cemento para un metro cubico de concreto:

$$W_{cemento} = 220/0.60 = 366.67 \text{ kg}$$

$$V_{cemento} = 366.67/3120 = 0.118 \text{ m}^3$$

- f) Determinación del volumen de agregados para un metro cubico de concreto:

$$V_{agregados} = 1 - (V_{agua} + V_{cemento} + V_{aire}) = 0.648 \text{ m}^3$$

$$V_{a.f.} = \frac{(\%W_{a.f.} / \%W_{a.g.}) \times (\gamma_{a.g.} / \gamma_{a.f.}) \times V_{agregados}}{1 + \%W_{a.f.} / \%W_{a.g.}) \times (\gamma_{a.g.} / \gamma_{a.f.})}$$

$$V_{a.f.} = \frac{(51 / 49) \times (2868 / 2541) \times 0.6475}{1 + (51 / 49) \times (2868 / 2541)} = 0.349 \text{ m}^3$$

$$V_{a.g.} = V_{agregados} - V_{a.f.} = 0.298 \text{ m}^3$$

- g) Determinación de pesos en estado seco del agregado fino y grueso:

$$W_{a.f.} = \gamma_{a.f.} \times V_{a.f.} = 0.349 \times 2541 = 886.81 \text{ kg}$$

$$W_{a.g.} = \gamma_{a.g.} \times V_{a.g.} = 0.298 \times 2868 = 854.66 \text{ kg}$$

Pesos de Materiales:

Materiales	Peso (Kg)
CEMENTO	366.67
AGUA	220.00
ARENA	886.81
PIEDRA	854.66

- h) Corrección debido a la humedad y absorción de agua por los agregados:

$$V_{agua-a.f.} = W_{a.f.} \times (\%C.H. - \%Absorción)$$

$$V_{agua-a.f.} = 886.81 \times (3.235 - 1.757)/100 = 13.107 \text{ l}$$

$$V_{agua-a.g.} = W_{a.g.} \times (\%C.H. - \%Absorción)$$

$$V_{agua-a.g.} = 854.66 \times (0.290 - 0.435)/100 = -1.239 \text{ l}$$

$$V_{agua\ corregida} = V_{agua} - V_{agua-a.f.} - V_{agua-a.g.}$$

$$V_{agua\ corregida} = 220 - 13.107 + 1.239 = 208.132 \text{ l}$$

- i) Determinación de pesos húmedos de los agregados finos y gruesos:

$$W_{a.f.corregido} = W_{a.f.} \times (1 + \%C.H.) = 886.81 \times (1 + 3.235/100)$$

$$W_{a.f.corregido} = 915.50 \text{ kg}$$

$$W_{a.g.corregido} = W_{a.g.} \times (1 + \%C.H.) = 854.66 \times (1 + 0.290/100)$$

$$W_{a.g.corregido} = 857.14 \text{ kg}$$

- j) Determinación de pesos húmedos de los agregados finos y gruesos:

Materiales	Peso (Kg)
CEMENTO	366.67
AGUA	208.13
ARENA	915.50
PIEDRA	857.14

- k) Determinación de la proporción en peso de materiales para una tanda con una bolsa de cemento. Para una bolsa de cemento de 42.5 kg se obtiene:

Materiales	Peso (Kg)
CEMENTO	42.50
AGUA	24.12
ARENA	106.11
PIEDRA	99.35

- l) Determinación de la proporción en peso de materiales para una tanda de prueba de V=20 l Para una tanda de prueba de 20 l se obtiene:

Materiales	Peso (Kg)
CEMENTO	7.33
AGUA	4.16
ARENA	18.31
PIEDRA	17.14

Luego se procede a hallar el Slump de la mezcla. En la Tabla N° 20 se muestra el resumen de los datos de diseño y resultados de Slump de este diseño:

Tabla N° 20 Diseño preliminar a/c=0.60 y a (l)=220

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m³)		VOLUMEN m³
		SECO	HUMEDO	
a/c = 0.60 rf = 51% a(l)= 220 Slump=0"	CEMENTO	366.67	366.67	0.118
	AGUA	220.00	208.13	0.220
	ARENA	886.81	915.50	0.349
	PIEDRA	854.66	857.14	0.298
	SUMA	2328.14	2347.44	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

El asentamiento obtenido fue de 0", entonces se debe aumentar la cantidad de agua por metro cubico. Usando 240 litros se obtiene la Tabla N° 21 con el resumen de los datos de diseño y resultados de slump:

Tabla N° 21 Diseño preliminar a/c=0.60 y a (l)=240

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
a/c = 0.60 rf = 51% a(l)= 240 Slump=2"	CEMENTO	400.00	400.00	0.128
	AGUA	240.00	228.67	0.240
	ARENA	846.15	873.52	0.333
	PIEDRA	814.51	816.87	0.284
	SUMA	2300.66	2319.07	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

El asentamiento obtenido fue de 1 1/4", entonces se debe aumentar la cantidad de agua por metro cubico. Usando 250 litros se obtiene la Tabla N° 22 con el resumen de los datos de diseño y resultados de slump:

Tabla N° 22 Diseño preliminar a/c=0.60 y a (l)=250

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
a/c = 0.60 rf = 51% a(l)= 250 Slump=3"	CEMENTO	416.67	416.67	0.134
	AGUA	250.00	238.94	0.250
	ARENA	825.83	852.55	0.325
	PIEDRA	791.57	793.86	0.276
	SUMA	2284.06	2302.02	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

El asentamiento obtenido fue de 3", entonces debe aumentar la cantidad de agua por metro cubico. Usando 255 litros se obtiene la Tabla N° 23 con el resumen de los datos de diseño y resultados de slump:

Tabla N° 23 Diseño preliminar a/c=0.60 y a (l)=255

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
a/c = 0.60 rf = 51% a(l)= 255 Slump=3 1/2"	CEMENTO	425.00	425.00	0.136
	AGUA	255.00	244.08	0.255
	ARENA	815.66	842.05	0.321
	PIEDRA	782.96	785.23	0.273
	SUMA	2278.62	2296.36	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

El asentamiento obtenido fue de 3 1/2", y como se encuentra dentro del rango deseado, se da por terminada la etapa de diseño.

4.5.2. Selección de proporción óptima de agregados en función a la máxima resistencia de compresión.

Se realiza el mismo procedimiento de diseño para cada proporción de agregado fino, posteriormente con el concreto diseñado se elabora 6 probetas, las cuales serán ensayadas a compresión a los 7 días, para así poder determinar la proporción de agregado fino que da una mayor resistencia a la compresión.

En la Tabla N° 24, se presenta los resultados del ensayo a compresión realizadas a las distintas proporciones de agregados finos.

Tabla N° 24 Resistencia a compresión de las distintas proporciones de agregados.

% de Agregado Fino	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
47%	223.63
49%	224.94
51%	227.40
53%	225.83
55%	223.07

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se procede a trazar la Figura N°4, Resistencia a la compresión - % de Agregado Fino, donde se puede apreciar que la resistencia a la compresión máxima se da cuando el porcentaje de finos

es de 51%, que es el mismo porcentaje que se obtuvo con el método de máximo peso unitario compactado del agregado global.

Por lo tanto, los siguientes diseños patrones y con distintas dosificaciones de aditivo se realizarán usando el 51% de agregado fino y 49% de agregado grueso.

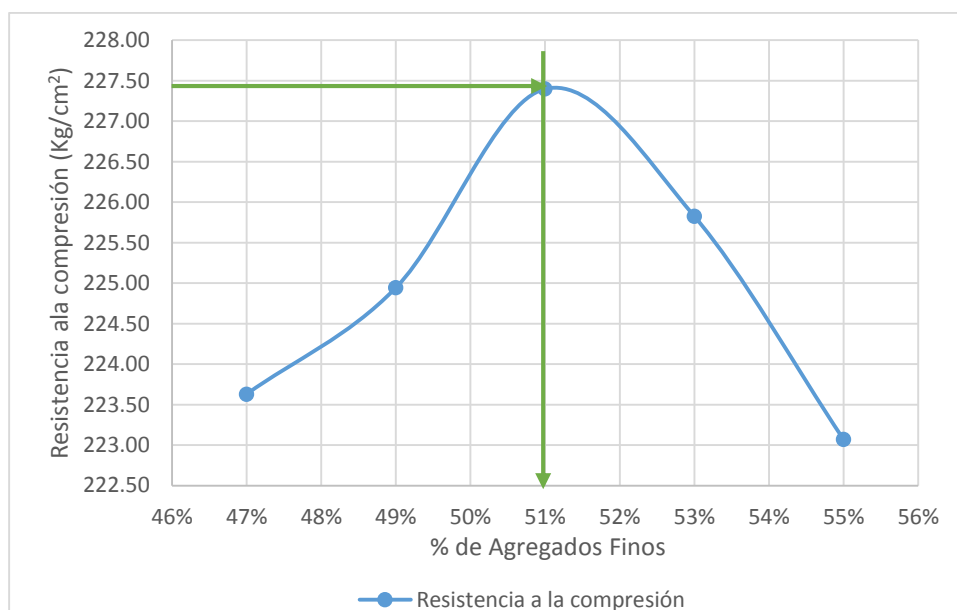


Figura N° 4: Resistencia a la compresión vs. Porcentaje de agregado fino
Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Diseño de mezcla para concreto patrón $a/c=0.60$ (D-1).

Este diseño de concreto patrón $a/c=0.60$, se realizó teniendo en cuenta que el asentamiento debe estar entre 3" y 4". A este diseño se le denominó D-1 y se muestra en la Tabla N° 25.

Tabla N° 25 Diseño patrón $a/c=0.60$ (D-1)

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m³)		VOLUMEN m³
		SECO	HUMEDO	
$a/c = 0.60$ $r_f = 51\%$ $a(l) = 255$ Slump=3 1/2"	CEMENTO	425.00	425.00	0.136
	AGUA	255.00	244.08	0.255
	ARENA	815.66	842.05	0.321
	PIEDRA	782.96	785.23	0.273
	SUMA	2278.62	2296.36	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

4.5.4. Diseño de mezcla para concreto patrón $a/c=0.65$ (D-2).

Este diseño de concreto patrón $a/c=0.65$, se realizó teniendo en cuenta que el asentamiento debe estar entre 3" y 4". A este diseño se le denominó D-2 y se muestra en la Tabla N° 26.

Tabla N° 26 Diseño patrón $a/c=0.65$ (D-2)

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
$a/c = 0.65$ $rf = 51\%$ $a(l) = 250$ Slump=3 1/2"	CEMENTO	384.62	384.62	0.123
	AGUA	250.00	238.74	0.250
	ARENA	841.07	868.28	0.331
	PIEDRA	805.91	808.25	0.281
	SUMA	2281.59	2299.88	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

4.5.5. Diseño de mezcla para concreto patrón $a/c=0.70$ (D-3).

Este diseño de concreto patrón $a/c=0.70$, se realizó teniendo en cuenta que el asentamiento debe estar entre 3" y 4". A este diseño se le denominó D-3 y se muestra en la Tabla N° 27.

Tabla N° 27 Diseño patrón $a/c=0.70$ (D-3)

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
$a/c = 0.70$ $rf = 51\%$ $a(l) = 245$ Slump=3 1/4"	CEMENTO	350.00	350.00	0.112
	AGUA	245.00	233.47	0.245
	ARENA	861.40	889.27	0.339
	PIEDRA	828.85	831.26	0.289
	SUMA	2285.25	2303.99	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

4.6. DISEÑOS DEL CONCRETO CON ADITIVO ACELERANTE EN POLVO PARA LAS DIFERENTES A/C Y DOSIFICACIONES.

Para el diseño de mezcla con aditivo se seguirá casi el mismo procedimiento que en el concreto patrón, con la única diferencia que después de hallar el volumen y peso de cemento, se debe determinar el peso y volumen del aditivo para posteriormente hallar los volúmenes de agregados como ya se explicó anteriormente.

La dosificación de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo recomendada por el fabricante es de 1.00 kg/bolsa de cemento, pero para esta investigación se harán diseños para las dosificaciones: 0.75 kg/bolsa, 1.00 kg/ bolsa y 1.25 kg/bolsa.

4.6.1. Diseño de mezcla para concreto con relación a/c=0.60 y 0.75 kg/bolsa de cemento (D1-A1).

Este diseño de concreto a/c=0.60 y 0.75 kg/bolsa de cemento, se realizó teniendo en cuenta que el asentamiento debe estar entre 3" y 4". A este diseño se le denominó D1-A1 y se muestra en la Tabla N° 28.

Tabla N° 28 Diseño a/c=0.60 y Aditivo=0.75 kg/bolsa de cemento (D1-A1)

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
a/c = 0.60 rf = 51% a(l)= 247 Adit.= 0.75 Slump=3 1/2"	CEMENTO	411.67	411.67	0.132
	AGUA	247.00	235.95	0.247
	ARENA	825.64	852.35	0.325
	PIEDRA	793.26	795.56	0.277
	ADITIVO	7.26	7.26	0.005
	SUMA	2284.83	2302.78	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

4.6.2. Diseño de mezcla para concreto con relación a/c=0.60 y 1.00 kg/bolsa de cemento (D1-A2).

Este diseño de concreto a/c=0.60 y 1.00 kg/bolsa de cemento, se realizó teniendo en cuenta que el asentamiento debe estar entre 3" y 4". A este diseño se le denominó D1-A2 y se muestra en la Tabla N° 29.

Tabla N° 29 Diseño a/c=0.60 y Aditivo=1.00 kg/bolsa de cemento (D1-A2)

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
a/c = 0.60 rf = 51% a(l)= 245 Adit.= 1.00 Slump=3 3/4"	CEMENTO	408.33	408.33	0.132
	AGUA	245.00	233.92	0.247
	ARENA	827.84	854.62	0.325
	PIEDRA	795.37	797.68	0.277
	ADITIVO	9.61	9.61	0.005
	SUMA	2286.15	2304.16	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

4.6.3. Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.60$ y 1.25 kg/bolsa de cemento (D1-A3).

Este diseño de concreto $a/c=0.60$ y 1.25 kg/bolsa de cemento, se realizó teniendo en cuenta que el asentamiento debe estar entre 3" y 4". A este diseño se le denominó D1-A3 y se muestra en la Tabla N° 30.

Tabla N° 30 Diseño $a/c=0.60$ y Aditivo=1.25 kg/bolsa de cemento (D1-A3)

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
$a/c = 0.60$ $rf = 51\%$ $a(l) = 244$ $Adit. = 1.25$ Slump=3 3/4"	CEMENTO	406.67	406.67	0.130
	AGUA	244.00	232.92	0.244
	ARENA	827.93	854.71	0.326
	PIEDRA	795.46	797.76	0.277
	ADITIVO	11.96	11.96	0.007
	SUMA	2286.01	2304.02	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

4.6.4. Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.65$ y 0.75 kg/bolsa de cemento (D2-A1).

Este diseño de concreto $a/c=0.65$ y 0.75 kg/bolsa de cemento, se realizó teniendo en cuenta que el asentamiento debe estar entre 3" y 4". A este diseño se le denominó D2-A1 y se muestra en la Tabla N° 31.

Tabla N° 31 Diseño $a/c=0.65$ y Aditivo=0.75 kg/bolsa de cemento (D2-A1)

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
$a/c = 0.65$ $rf = 51\%$ $a(l) = 245$ $Adit. = 0.75$ Slump=3 3/4"	CEMENTO	376.92	376.92	0.121
	AGUA	245.00	233.70	0.245
	ARENA	844.19	871.50	0.332
	PIEDRA	811.09	813.44	0.283
	ADITIVO	6.65	6.65	0.004
	SUMA	2283.85	2302.21	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

4.6.5. Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.65$ y 1.00 kg/bolsa de cemento (D2-A2).

Este diseño de concreto $a/c=0.65$ y 1.00 kg/bolsa de cemento, se realizó teniendo en cuenta que el asentamiento debe estar entre 3" y 4". A este diseño se le denominó D2-A2 y se muestra en la Tabla N° 32.

Tabla N° 32 Diseño $a/c=0.65$ y Aditivo=1.00 kg/bolsa de cemento (D2-A2)

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
$a/c = 0.65$ $rf = 51\%$ $a(l) = 242$ Adit.= 1.00 Slump=3 1/2"	CEMENTO	372.31	372.31	0.119
	AGUA	242.00	230.64	0.242
	ARENA	848.53	875.98	0.334
	PIEDRA	815.26	817.62	0.284
	ADITIVO	8.76	8.76	0.005
	SUMA	2286.86	2305.31	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

4.6.6. Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.65$ y 1.25 kg/bolsa de cemento (D2-A3).

Este diseño de concreto $a/c=0.65$ y 1.25 kg/bolsa de cemento, se realizó teniendo en cuenta que el asentamiento debe estar entre 3" y 4". A este diseño se le denominó D2-A3 y se muestra en la Tabla N° 33.

Tabla N° 33 Diseño $a/c=0.65$ y Aditivo=1.25 kg/bolsa de cemento (D2-A3)

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
$a/c = 0.65$ $rf = 51\%$ $a(l) = 242$ Adit.= 1.25 Slump=3 3/4"	CEMENTO	406.67	406.67	0.130
	AGUA	244.00	232.92	0.244
	ARENA	827.93	854.71	0.326
	PIEDRA	795.46	797.76	0.277
	ADITIVO	11.96	11.96	0.007
	SUMA	2286.01	2304.02	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

4.6.7. Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.70$ y 0.75 kg/bolsa de cemento (D3-A1).

Este diseño de concreto $a/c=0.70$ y 0.75 kg/bolsa de cemento, se realizó teniendo en cuenta que el asentamiento debe estar entre 3" y 4". A este diseño se le denominó D3-A1 y se muestra en la Tabla N° 34

Tabla N° 34 Diseño $a/c=0.70$ y Aditivo= 0.75 kg/bolsa de cemento (D3-A1)

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
$a/c = 0.70$ $rf = 51\%$ $a(l) = 243$ Adit.= 0.75 Slump=3 1/2"	CEMENTO	347.14	347.14	0.111
	AGUA	243.00	231.48	0.243
	ARENA	860.49	888.33	0.339
	PIEDRA	826.74	829.14	0.288
	ADITIVO	6.13	6.13	0.004
	SUMA	2283.50	2302.22	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

4.6.8. Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.70$ y 1.00 kg/bolsa de cemento (D3-A2).

Este diseño de concreto $a/c=0.70$ y 1.00 kg/bolsa de cemento, se realizó teniendo en cuenta que el asentamiento debe estar entre 3" y 4". A este diseño se le denominó D3-A2 y se muestra en la Tabla N° 35

Tabla N° 35 Diseño $a/c=0.70$ y Aditivo= 1.00 kg/bolsa de cemento (D3-A2)

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
$a/c = 0.70$ $rf = 51\%$ $a(l) = 240$ Adit.= 1.00 Slump=3 1/2"	CEMENTO	342.86	342.86	0.110
	AGUA	240.00	228.42	0.240
	ARENA	864.83	892.80	0.340
	PIEDRA	830.91	833.32	0.290
	ADITIVO	8.07	8.07	0.005
	SUMA	2286.66	2305.47	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

4.6.9. Diseño de mezcla para concreto con relación $a/c=0.70$ y 1.25 kg/bolsa de cemento (D3-A3).

Este diseño de concreto $a/c=0.70$ y 1.25 kg/bolsa de cemento, se realizó teniendo en cuenta que el asentamiento debe estar entre 3" y 4". A este diseño se le denominó D3-A3 y se muestra en la Tabla N° 36.

Tabla N° 36 Diseño $a/c=0.70$ y Aditivo=1.25 kg/bolsa de cemento (D3-A3)

MEZCLA DE PRUEBA	MATERIAL	DOSIFICACION POR m ³ DE CONCRETO		
		PESOS (kg/m ³)		VOLUMEN m ³
		SECO	HUMEDO	
a/c = 0.70 rf = 51% a(l)= 240 Adit.= 1.25 Slump=3 3/4"	CEMENTO	342.86	342.86	0.110
	AGUA	240.00	228.45	0.240
	ARENA	863.10	891.02	0.340
	PIEDRA	829.25	831.66	0.289
	ADITIVO	10.08	10.08	0.006
	SUMA	2285.29	2304.06	0.985
		% Aire de Diseño=1.5%		

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: ENSAYOS Y RESULTADOS

5.1. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

5.1.1. Consistencia (NTP 339.035)

El ensayo de consistencia o medida de asentamiento con el cono de Abrams, se realiza para poder obtener una medida de trabajabilidad de la mezcla del concreto. Para la realización de este ensayo se hace uso del cono de Abrams, dentro de los 5 minutos después de haber obtenido la muestra representativa.

En la Tabla N° 37 se muestra la consistencia y trabajabilidad del concreto según el asentamiento.

Tabla N° 37 Consistencia y trabajabilidad según el asentamiento

Consistencia	Slump	Trabajabilidad
Seca	0" a 2"	Poco trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Fluida	>5"	Muy trabajable

Fuente: *Elaboración propia*

El ensayo de consistencia se realizó a los 12 diseños y los resultados se muestran en la Tabla N° 38.

Tabla N° 38 Asentamiento y cantidad de agua para cada diseño

Aditivo	a/c	Agua (kg/m ³)	Slump (pulg)
Sin aditivo (Patrón)	0.60	255	3 1/2
	0.65	250	3 1/2
	0.70	245	3 1/4
0.75 kg/ bolsa de cemento	0.60	247	3 1/2
	0.65	245	3 3/4
	0.70	243	3 1/2
1.00 kg/ bolsa de cemento	0.60	245	3 3/4
	0.65	243	3 1/2
	0.70	241	3 1/2
1.25 kg/ bolsa de cemento	0.60	244	3 1/2
	0.65	242	3 3/4
	0.70	240	3 3/4

Fuente: *Elaboración propia*

5.1.2. Peso Unitario (NTP 339.046)

Ensayo para determinar el peso del concreto por una unidad de volumen. Para realización de este ensayo se hace uso de un recipiente cilíndrico ($V=1/3 p^3$).

El ensayo de Peso unitario se realizó a los doce diseños de concreto y los resultados se muestran en la Tabla N° 39.

Tabla N° 39 Asentamiento y cantidad de agua de cada diseño

Diseño (Aditivo - a/c)		Peso Concreto (kg)	Volumen (m ³)	Peso Unitario del Concreto (Kg/m ³)
Sin aditivo (Patrón)	0.60	22.72	0.00944	2407.05
	0.65	22.65	0.00944	2399.64
	0.70	22.49	0.00944	2382.68
Dosf. 0.75 kg/ bolsa de cemento	0.60	22.66	0.00944	2400.69
	0.65	22.58	0.00944	2392.22
	0.70	22.45	0.00944	2378.45
Dosf. 1.00 kg/ bolsa de cemento	0.60	22.57	0.00944	2391.16
	0.65	22.51	0.00944	2384.80
	0.70	22.38	0.00944	2371.03
Dosf. 1.25 kg/ bolsa de cemento	0.60	22.53	0.00944	2386.92
	0.65	22.48	0.00944	2381.63
	0.70	22.36	0.00944	2368.91

Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Exudación (NTP 339.077)

La exudación se da producto de la sedimentación de los materiales sólidos como cemento y agregados, produciendo el ascenso de una parte del agua hacia la superficie.

La exudación puede producirse debido a un mal diseño de mezcla, exceso de agua, utilización de aditivos y temperatura ambiente.

El contenido del volumen de exudación en porcentaje se obtiene:

Fórmula N°6 Determinación de porcentaje de exudación.

$$\% \text{ Exudación} = \frac{\text{Volumen total exudado} \times 100 \%}{\text{Vol. de agua en la mezcla en el molde}}$$

Los resultados obtenidos de los ensayos de exudación se presentan en la Tabla N° 40.

Tabla N° 40 Porcentaje de exudación de cada diseño

Diseño (Aditivo - a/c)	w(cc)	W (kg)	S (kg)	Volumen Acum. (cc)	Exudación (%)	
Sin aditivo (Patrón)	0.60	3661.00	34.49	19.50	21.80	1.053
	0.65	3581.00	34.54	19.73	26.12	1.277
	0.70	3502.00	34.60	19.51	28.98	1.468
Dosf. 0.75 kg/ bolsa de cemento	0.60	3539.00	34.59	19.75	4.25	0.210
	0.65	3505.00	34.58	19.20	5.20	0.267
	0.70	3472.00	34.58	19.55	5.85	0.298
Dosf. 1.00 kg/ bolsa de cemento	0.60	3508.00	34.61	19.69	3.15	0.158
	0.65	3459.00	34.63	19.32	4.10	0.212
	0.70	3426.00	34.63	19.34	4.75	0.248
Dosf. 1.25 kg/ bolsa de cemento	0.60	3493.00	34.61	19.81	2.10	0.105
	0.65	3460.00	34.60	19.12	3.00	0.157
	0.70	3426.00	34.60	19.67	3.80	0.195

Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Tiempo de fraguado (NTP 339.082)

El tiempo de fraguado está relacionado con el endurecimiento del concreto y tiene dos estados: fraguado inicial y fraguado final. Para poder identificar estos dos estados se realiza el ensayo denominado Método de resistencia a la penetración.

El tiempo de fraguado inicial se da cuando el concreto alcanza una resistencia a la penetración de 500lb/pulg² y el tiempo de fraguado final se da cuando la resistencia a la penetración es de 4000lb/pulg².

En el método de resistencia a la penetración se hizo uso de agujas con los diámetros mostrados en la Tabla N° 41.

Tabla N° 41 Dímetros y áreas de la agujas

Aguja	Diámetro(cm)	Área(cm ²)	Área(Pulg ²)
1	2.850	6.379	0.989
2	2.020	3.205	0.497
3	1.420	1.584	0.245
4	0.890	0.622	0.096
5	0.630	0.312	0.048
6	0.400	0.126	0.019

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los ensayos de tiempo de fraguado realizados a los 12 diseños se muestran en la Tabla N° 42, Tabla N° 43 y Tabla N° 44.

Tabla N° 42 Tiempo de fraguado – Relación a/c=0.60

Relación a/c=0.60	Tiempo de Fraguado Inicial (h)	Tiempo de Fraguado Final (h)
Sin aditivo	5.90	7.15
Aditivo: 0.75 kg/bolsa de cemento	4.41	5.58
Aditivo: 1.00 kg/bolsa de cemento	3.80	4.68
Aditivo: 1.25 kg/bolsa de cemento	3.19	3.99

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 43 Tiempo de fraguado – Relación a/c=0.65

Relación a/c=0.65	Tiempo de Fraguado Inicial (h)	Tiempo de Fraguado Final (h)
Sin aditivo	6.14	7.89
Aditivo: 0.75 kg/bolsa de cemento	4.22	5.73
Aditivo: 1.00 kg/bolsa de cemento	4.02	5.36
Aditivo: 1.25 kg/bolsa de cemento	3.72	4.88

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 44 Tiempo de fraguado – Relación a/c=0.70

Relación a/c=0.70	Tiempo de Fraguado Inicial (h)	Tiempo de Fraguado Final (h)
Sin aditivo	6.51	8.43
Aditivo: 0.75 kg/bolsa de cemento	4.22	5.52
Aditivo: 1.00 kg/bolsa de cemento	3.87	5.09
Aditivo: 1.25 kg/bolsa de cemento	3.51	4.72

Fuente: Elaboración propia

5.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

5.2.1. Resistencia a la compresión

El concreto es un material que está destinado principalmente a resistir esfuerzos de compresión. Para la determinación de esta propiedad es necesario la elaboración de probetas de concreto, las cuales deben ser curadas bajo agua.

Generalmente, la edad de ensayo de las probetas es de 28 días; excepto casos en los que se requiera a otras edades.

En la presente investigación se elaboró probetas de 10x20cm, las cuales fueron ensayadas a los 1, 3, 7, 14 y 28 días.

La fórmula que se utiliza para calcular la resistencia a la compresión es la siguiente:

Fórmula N°7 Determinación de la Resistencia a la compresión

$$R = \frac{4P}{3.14159D^2}$$

Donde:

R = Resistencia a la compresión (kg/cm^2)

P = Carga de rotura (kg)

D = Diámetro de probeta (cm)

En la Tabla N° 45, Tabla N° 46 y Tabla N° 47, se muestran los resultados de los ensayos de compresión para los distintos diseños a las diferentes edades.

Tabla N° 45 Resistencia a la compresión, a/c=0.60

Diseño		Edad (días)	Resistencia (kg/cm ²)
a/c=0.60	Patrón	1	67.73
		3	155.25
		7	227.93
		14	295.43
		28	339.76
	Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	1	70.27
		3	177.37
		7	248.64
		14	302.60
		28	332.40
	Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	1	72.69
		3	185.58
		7	264.03
		14	307.68
		28	321.97
	Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	1	78.20
3		199.27	
7		270.40	
14		309.49	
28		312.86	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 46 Resistencia a la compresión, a/c=0.65

Diseño		Edad (días)	Resistencia (kg/cm ²)
a/c=0.65	Patrón	1	55.88
		3	139.86
		7	194.83
		14	247.77
		28	291.24
	Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	1	58.03
		3	151.74
		7	210.64
		14	257.61
		28	282.37
	Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	1	61.53
		3	156.38
		7	222.94
		14	263.61
		28	276.23
	Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	1	68.25
3		175.13	
7		238.34	
14		261.48	
28		283.92	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 47 Resistencia a la compresión, a/c=0.70

Diseño		Edad (días)	Resistencia (kg/cm ²)
a/c=0.70	Patrón	1	48.65
		3	122.47
		7	171.87
		14	221.57
		28	250.15
	Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	1	50.92
		3	134.22
		7	190.23
		14	226.23
	Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	28	239.35
		1	54.73
		3	150.87
		7	210.74
	Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	14	233.65
		28	246.08
		1	63.50
		3	151.21
		7	217.25
		14	234.37
		28	244.87

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral

Este ensayo consiste en la aplicación de cargas a lo largo de dos generatrices diametralmente opuestas, esta carga genera esfuerzos de tracción y compresión en la probeta; donde la falla por tracción ocurre antes que la falla por compresión.

Para la realización de este ensayo se elaboró probetas de 15x30cm, las cuales fueron ensayadas a los 7 y 28 días. Adicionalmente se hizo uso de cintas de triplay a las cuales se les controló sus dimensiones ya podrían alterar los resultados.

La fórmula que se utilizó para la determinación de la resistencia a la tracción fue la siguiente:

Fórmula N°8 Determinación de la Resistencia a la tracción

$$R = \frac{2P}{3.14159LD}$$

Donde:

 $R = \text{Resistencia a la tracción (kg/cm}^2\text{)}$

P = Carga de rotura (kg)

D = Diámetro de probeta (cm)

L = Longitud de probeta (cm)

En la Tabla N° 48, Tabla N° 49 y Tabla N° 50, se muestran los resultados obtenidos luego de la realización de los ensayos de tracción por compresión diametral:

Tabla N° 48 Resistencia a la tracción, a/c=0.60

Diseño		Edad (días)	Resistencia (kg/cm ²)
a/c=0.60	Patrón	7	29.84
		28	35.21
	Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	7	30.89
		28	34.24
	Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	7	31.21
		28	33.53
	Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	7	31.42
		28	33.16

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 49 Resistencia a la tracción, a/c=0.65

Diseño		Edad (días)	Resistencia (kg/cm ²)
a/c=0.65	Patrón	7	25.73
		28	33.85
	Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	7	28.41
		28	32.88
	Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	7	29.34
		28	32.77
	Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	7	30.54
		28	31.64

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 50 Resistencia a la tracción, a/c=0.70

Diseño		Edad (días)	Resistencia (kg/cm ²)
a/c=0.70	Patrón	7	24.40
		28	30.40
	Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	7	25.11
		28	29.36
	Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	7	27.71
		28	29.09
	Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	7	28.29
		28	28.91

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se realizará un análisis de los resultados obtenidos en el concreto en estado fresco y endurecido. Se va hacer uso de cuadros y gráficos que ayudaran a notar las diferencias obtenidas en cada diseño de mezcla, así como las tendencias que estas pueden presentar.

Los diseños con aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, van a ser comparados con los diseños de la misma relación de a/c sin aditivo (patrón).

6.1. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

6.1.1. Consistencia

Para obtener un concreto con slump de 3" a 4" en uno con $a/c=0.60$ se requiere 255 litros de agua por 1 m^3 ; a medida que se aumenta la dosificación de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, la cantidad de agua requerida por 1 m^3 de concreto disminuye de manera proporcional. Los resultados para diseños de $a/c=0.60$ y distintas dosificaciones de aditivo se muestra en la Tabla N° 51.

Tabla N° 51 Cantidad de agua para 1 m^3 de concreto con $a/c=0.60$

Aditivo	Agua (kg/m^3)	Slump (Pulg)
Sin Aditivo (Patrón)	255	3 1/2
Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	247	3 1/2
Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	245	3 3/4
Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	244	3 1/2

Fuente: Elaboración propia

Para obtener un concreto con slump de 3" a 4" en uno con $a/c=0.65$ se requiere 250 litros de agua por 1 m^3 ; a medida que se aumenta la dosificación de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, la cantidad de agua requerida por 1 m^3 de concreto disminuye de manera proporcional.

Los resultados para diseños de $a/c=0.65$ y distintas dosificaciones de aditivo se muestra en la Tabla N° 52.

Tabla N° 52 Cantidad de agua para 1 m^3 de concreto con $a/c=0.65$

Aditivo	Agua (kg/m^3)	Slump (Pulg)
Sin Aditivo (Patrón)	250	3 1/2
Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	245	3 3/4
Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	242	3 1/2
Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	242	3 3/4

Fuente: Elaboración propia

Para obtener un concreto con slump de 3" a 4" en uno con $a/c=0.70$ se requiere 245 litros de agua por 1 m^3 ; a medida que se aumenta la dosificación de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, la cantidad de agua requerida por 1 m^3 de concreto disminuye de manera proporcional. Los resultados para diseños de $a/c=0.70$ y distintas dosificaciones de aditivo se muestra en la Tabla N° 53.

Tabla N° 53 Cantidad de agua para 1 m^3 de concreto con $a/c=0.70$

Aditivo	Agua (kg/m^3)	Slump (Pulg)
Sin Aditivo (Patrón)	245	3 1/4
Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	243	3 1/2
Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	240	3 1/2
Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	240	3 3/4

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 5, se muestra los requerimientos de agua para 1 m^3 de concreto, para las relaciones agua-cemento 0.60, 0.65 y 0.70, sin aditivo y con diferentes dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo:

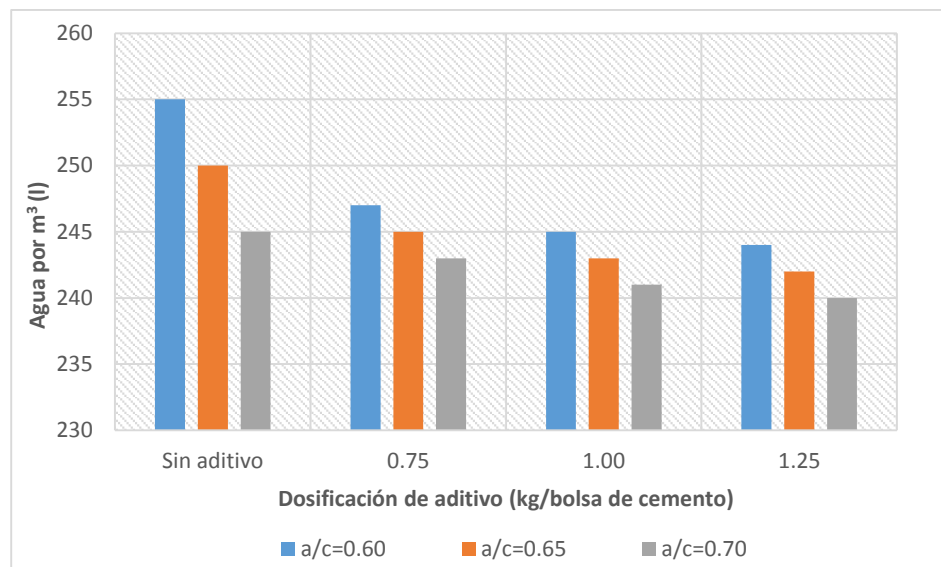


Figura N° 5: Agua requerida para 1 m³ de concreto en los distintos diseños
Fuente: *Elaboración propia*

6.1.2. Peso Unitario

Para un concreto con $a/c=0.60$ sin aditivo, se obtiene un peso unitario de 2407.05 kg/m³; a medida que se aumenta la dosificación de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, el peso unitario de concreto disminuye. Los resultados para diseños con $a/c=0.60$ (sin aditivo y con distintas dosificaciones de aditivo), sus comparaciones cuantitativas y porcentuales se muestra en la Tabla N° 54.

Tabla N° 54 Peso Unitario del Concreto con $a/c=0.60$

Aditivo	Peso Unitario del Concreto (Kg/m³)	P.U. / P.U. Patrón (%)
Sin Aditivo (Patrón)	2407.05	100.00
Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	2400.69	99.74
Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	2391.16	99.34
Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	2386.92	99.16

Fuente: *Elaboración propia*

Para un concreto con $a/c=0.65$ sin aditivo, se obtiene un peso unitario de 2399.64 kg/m³; a medida que se aumenta la dosificación de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, el peso unitario de concreto disminuye.

Los resultados para diseños con $a/c=0.65$ (sin aditivo y con distintas dosificaciones de aditivo), sus comparaciones cuantitativas y porcentuales se muestra en la Tabla N° 55.

Tabla N° 55 Peso Unitario del Concreto con $a/c=0.65$

Aditivo	Peso Unitario del Concreto (Kg/m ³)	P.U. / P.U. Patrón (%)
Sin Aditivo (Patrón)	2399.64	100.00
Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	2392.22	99.69
Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	2384.80	99.38
Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	2381.63	99.25

Fuente: Elaboración propia

Para un concreto con $a/c=0.70$ sin aditivo, se obtiene un peso unitario de 2382.68 kg/m³; a medida que se aumenta la dosificación de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, el peso unitario de concreto disminuye. Los resultados para diseños con $a/c=0.70$ (sin aditivo y con distintas dosificaciones de aditivo), sus comparaciones cuantitativas y porcentuales se muestra en la Tabla N° 56.

Tabla N° 56 Peso Unitario del Concreto con $a/c=0.70$

Aditivo	Peso Unitario del Concreto (Kg/m ³)	P.U. / P.U. Patrón (%)
Sin Aditivo (Patrón)	2382.68	100.00
Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	2378.45	99.82
Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	2371.03	99.51
Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	2368.91	99.42

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 6 se muestra el peso unitario del concreto para las relaciones agua-cemento 0.60, 0.65 y 0.70, sin aditivo y con diferentes dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo.

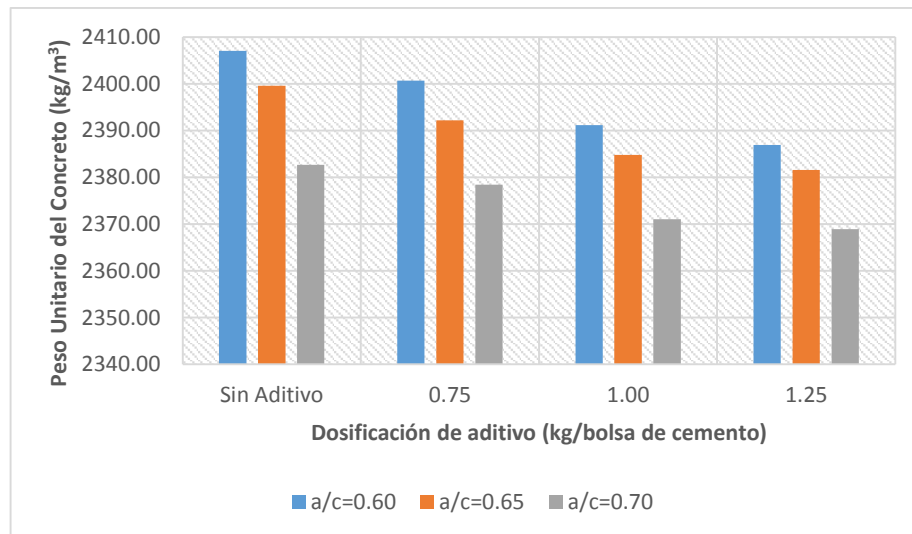


Figura N° 6: Peso unitario para 1 m³ de concreto en los distintos diseños
Fuente: Elaboración propia

6.1.3. Exudación

En un concreto con $a/c=0.60$ sin aditivo, se produce una exudación de 1.05%; a medida que se aumenta la dosificación de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, la exudación del concreto disminuye notablemente. Las comparaciones de exudación para diseños de $a/c=0.60$ sin y con distintas dosificaciones de aditivo se muestran en la Tabla N° 57.

Tabla N° 57 Porcentaje de exudación en concreto con $a/c=0.60$

Aditivo	Exudación (%)	(Exud.) / (Exud. Patrón)
Sin Aditivo (Patrón)	1.05	100.00%
Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	0.21	19.97%
Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	0.16	14.99%
Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	0.11	9.97%

Fuente: Elaboración propia

En un concreto con $a/c=0.65$ sin aditivo, se produce una exudación de 1.28%; a medida que se aumenta la dosificación de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, la exudación del concreto disminuye notablemente. Las comparaciones de exudación para diseños de $a/c=0.65$ sin y con distintas dosificaciones de aditivo se muestran en la Tabla N° 58.

Tabla N° 58 Porcentaje de exudación en concreto con $a/c=0.65$

Aditivo	Exudación (%)	(Exud.) / (Exud. Patrón)
Sin Aditivo (Patrón)	1.28	100.00%
Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	0.27	20.93%
Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	0.21	16.64%
Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	0.16	12.29%

Fuente: Elaboración propia

En un concreto con $a/c=0.70$ sin aditivo, se produce una exudación de 1.47%; a medida que se aumenta la dosificación de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, la exudación del concreto disminuye notablemente. Las comparaciones de exudación para diseños de $a/c=0.70$ sin y con distintas dosificaciones de aditivo se muestran en la Tabla N° 59.

Tabla N° 59 Porcentaje de exudación en concreto con $a/c=0.60$

Aditivo	Exudación (%)	(Exud.) / (Exud. Patrón)
Sin Aditivo (Patrón)	1.47	100.00%
Dosificación 0.75 kg/bolsa de cemento	0.30	20.31%
Dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento	0.25	16.92%
Dosificación 1.25 kg/bolsa de cemento	0.20	13.29%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 7 se muestra los porcentajes de exudación del concreto para las relaciones agua-cemento 0.60, 0.65 y 0.70, sin aditivo y con diferentes dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo:

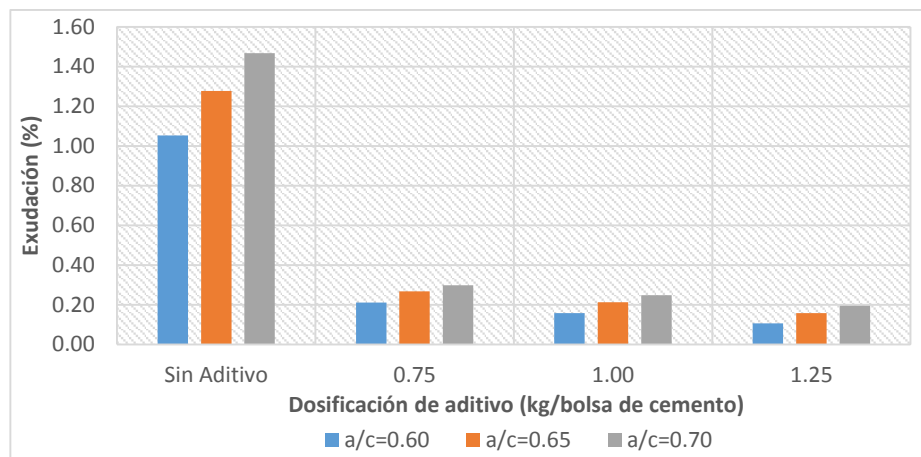


Figura N° 7: Porcentaje de exudación para los diferentes diseños

Fuente: Elaboración propia

Los ensayos de exudación se realizaron en el mes de agosto del 2019, durante esos días la temperatura ambiente varió entre 18°C y 20°C, lo que se encuentra dentro de los 18°C y 24°C de temperatura ambiente que establece la NTP 339.077.

6.1.4. Tiempo de fraguado

En un concreto con $a/c=0.60$ sin aditivo, el tiempo de fraguado inicial se da a las 5.90h y el tiempo de fraguado final a las 7.15h; a medida que se aumenta la dosificación de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, el fraguado inicial y final se reducen significativamente. Las comparaciones de tiempo de fraguado inicial y final para diseños de $a/c=0.60$ sin y con distintas dosificaciones de aditivo se muestran en la Tabla N° 60, Tabla N° 61, Figura N° 8 y Figura N° 9.

Tabla N° 60 Tiempos de fraguado inicial en concretos con $a/c=0.60$

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	Tiempo de Fraguado Inicial (h)	Reducción T. F. I. (h)	T. F. I. respecto al patrón (%)
Sin Aditivo (Patrón)	5.90	-	-
Dosificación 0.75	4.41	1.49	74.76
Dosificación 1.00	3.80	2.10	64.38
Dosificación 1.25	3.19	2.70	54.15

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 61 Tiempos de fraguado final en concretos con a/c=0.60

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	Tiempo de Fraguado Final (h)	Reducción T. F. F. (h)	T. F. F. respecto al patrón (%)
Sin Aditivo (Patrón)	7.15	-	-
Dosificación 0.75	5.58	1.58	77.95
Dosificación 1.00	4.68	2.47	65.40
Dosificación 1.25	3.99	3.17	55.73

Fuente: Elaboración propia

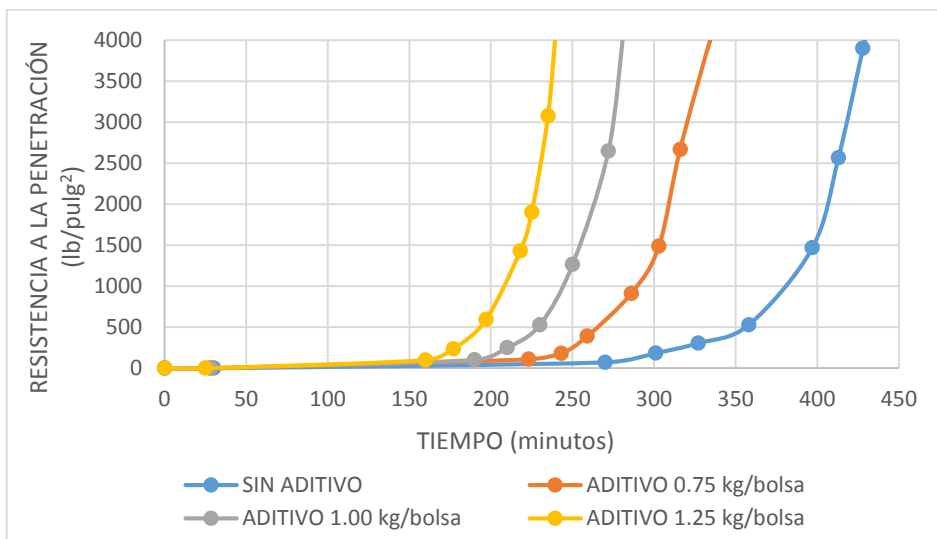


Figura N° 8: Tiempo de fraguado para diseños con a/c=0.60

Fuente: Elaboración propia

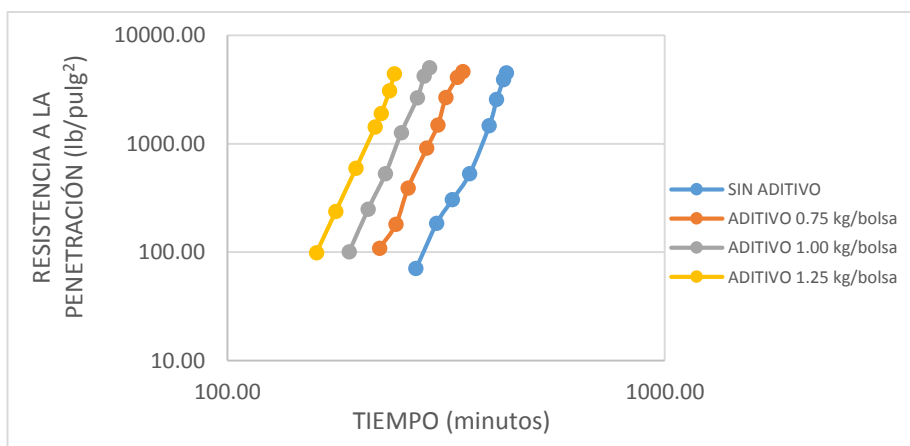


Figura N° 9: Tiempo de fraguado para diseños con a/c=0.60. Escala log-log

Fuente: Elaboración propia

En un concreto con $a/c=0.65$ sin aditivo, el tiempo de fraguado inicial se da a las 6.14h y el tiempo de fraguado final a las 7.89h ; a medida que se aumenta la dosificación de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, el fraguado inicial y final se reducen significativamente. Las comparaciones de tiempo de fraguado inicial y final para diseños de $a/c=0.65$ sin y con distintas dosificaciones de aditivo se muestran en la Tabla N° 62, Tabla N° 63, Figura N° 10 y Figura N° 11.

Tabla N° 62 Tiempos de fraguado inicial en concretos con $a/c=0.65$

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	Tiempo de Fraguado Inicial (h)	Reducción T. F. I. (h)	T. F. I. respecto al patrón (%)
Sin Aditivo (Patrón)	6.14	-	-
Dosificación 0.75	4.22	1.92	68.78
Dosificación 1.00	4.02	2.12	65.43
Dosificación 1.25	3.72	2.41	60.69

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 63 Tiempos de fraguado final en concretos con $a/c=0.65$

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	Tiempo de Fraguado Final (h)	Reducción T. F. F. (h)	T. F. F. respecto al patrón (%)
Sin Aditivo (Patrón)	7.89	-	-
Dosificación 0.75	5.73	2.16	72.64
Dosificación 1.00	5.36	2.53	67.95
Dosificación 1.25	4.88	3.01	61.83

Fuente: Elaboración propia

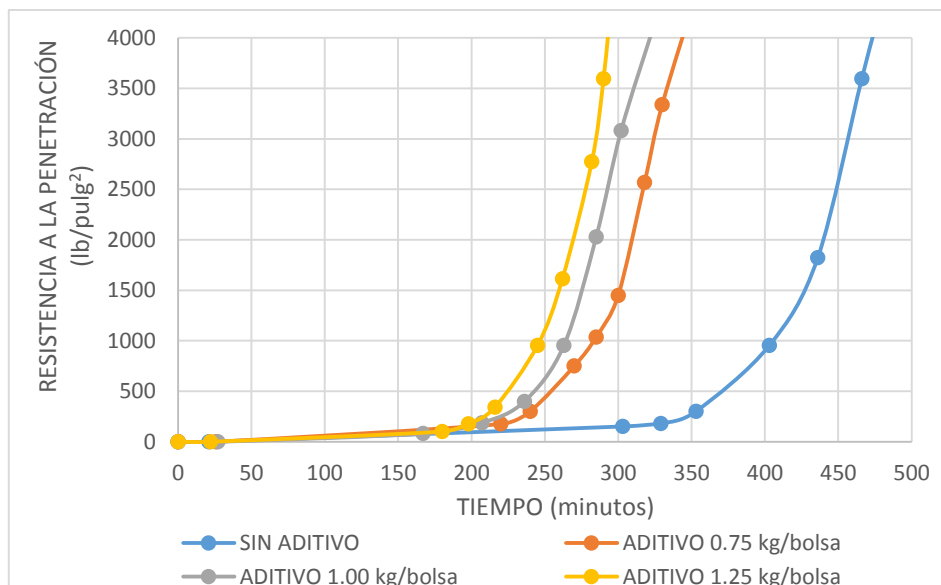


Figura N° 10: Tiempo de fraguado para diseños con $a/c=0.65$.

Fuente: Elaboración propia

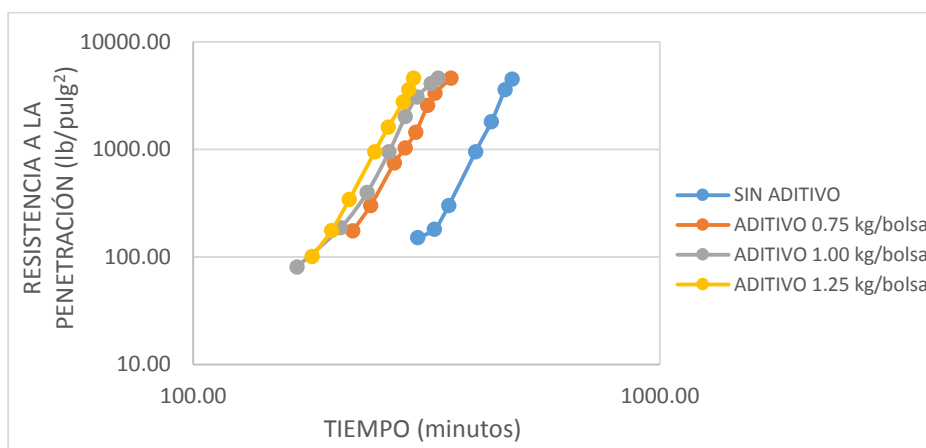


Figura N° 11: Tiempo de fraguado para diseños con $a/c=0.65$. Escala log-log

Fuente: Elaboración propia

En un concreto con $a/c=0.70$ sin aditivo, el tiempo de fraguado inicial se da a las 6.51h y el tiempo de fraguado final a las 8.43h ; a medida que se aumenta la dosificación de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, el fraguado inicial y final se reducen significativamente. Las comparaciones de tiempo de fraguado inicial y final para diseños de $a/c=0.70$ sin y con distintas dosificaciones de aditivo se muestran en la Tabla N° 64, Tabla N° 65, Figura N° 12 y Figura N° 13.

Tabla N° 64 Tiempos de fraguado inicial en concretos con a/c=0.70

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	Tiempo de Fraguado Inicial (h)	Reducción T. F. I. (h)	T. F. I. respecto al patrón (%)
Sin Aditivo (Patrón)	6.51	-	-
Dosificación 0.75	4.22	2.29	64.85
Dosificación 1.00	3.87	2.64	59.39
Dosificación 1.25	3.51	3.00	53.88

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 65 Tiempos de fraguado final en concretos con a/c=0.70

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	Tiempo de Fraguado Final (h)	Reducción T. F. F. (h)	T. F. F. respecto al patrón (%)
Sin Aditivo (Patrón)	8.43	-	-
Dosificación 0.75	5.52	2.91	65.46
Dosificación 1.00	5.09	3.34	60.42
Dosificación 1.25	4.72	3.71	55.96

Fuente: Elaboración propia

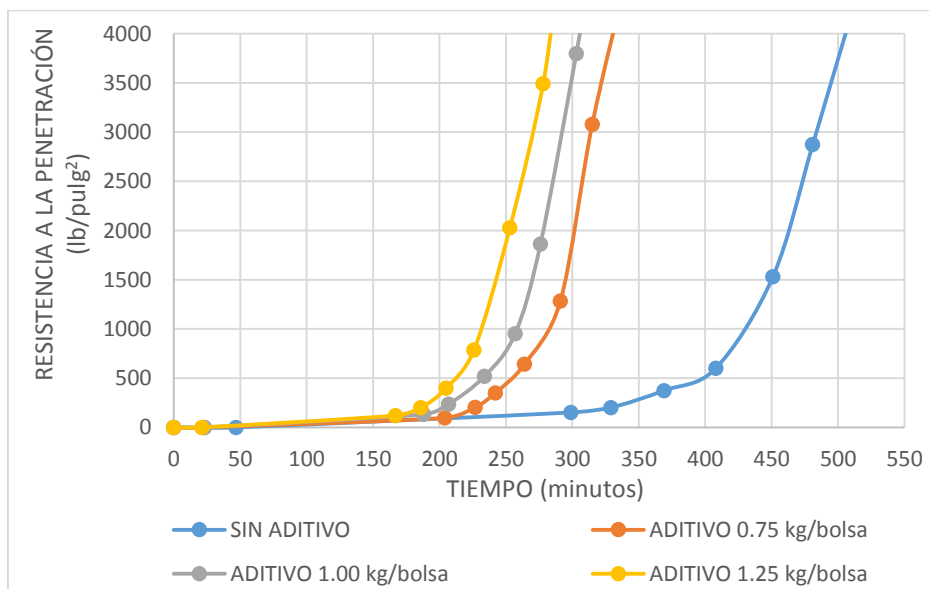


Figura N° 12: Tiempo de fraguado para diseños con a/c=0.70.

Fuente: Elaboración propia

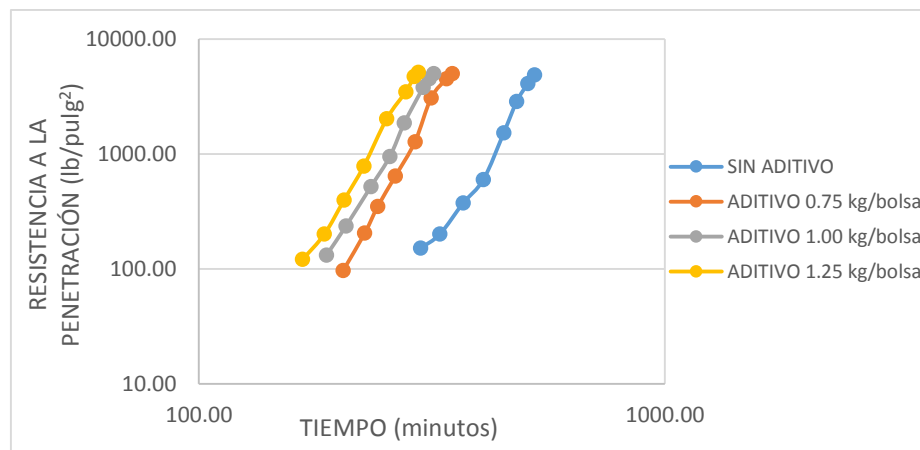


Figura N° 13: Tiempo de fraguado para diseños con a/c=0.70. Escala log-log

Fuente: *Elaboración propia*

6.2. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

6.2.1. Resistencia a la compresión

Para un concreto con a/c=0.60 sin aditivo se obtuvo una resistencia de 339.76 kg/cm² a los 28 días; para diseños de concreto con la misma relación a/c pero con diferentes dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, se obtienen resistencias más altas a edades tempranas (1, 3, 7 días) respecto a las alcanzadas con el concreto patrón a esas mismas edades. También se observa que las resistencias alcanzadas a los 28 días en concretos con aditivo son menores a las obtenidas con el concreto patrón a esta misma edad.

En la Tabla N° 66, Tabla N° 67, Figura N° 14 y Figura 15, se muestran las comparativas de concreto con a/c=0.60 sin y con diferentes dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo.

Tabla N° 66 Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.60

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	f'c (kg/cm ²)				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
Sin Aditivo (Patrón)	67.73	155.25	227.93	295.43	339.76
Dosificación 0.75	70.27	177.37	248.64	302.60	332.40
Dosificación 1.00	72.69	185.58	264.03	307.68	321.97
Dosificación 1.25	78.20	199.27	270.40	309.49	312.86

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 67 Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.60

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	f'c / f'c-patrón (%)				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
Sin Aditivo (Patrón)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Dosificación 0.75	103.75	114.25	109.09	102.43	97.83
Dosificación 1.00	107.32	119.53	115.84	104.15	94.77
Dosificación 1.25	115.46	128.35	118.63	104.76	92.08

Fuente: Elaboración propia

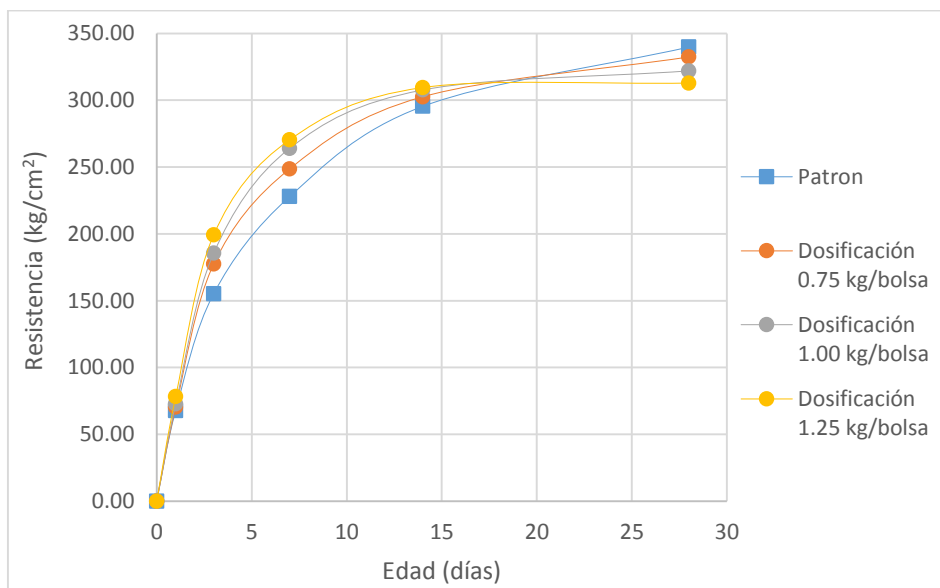


Figura N° 14: Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.60

Fuente: Elaboración propia

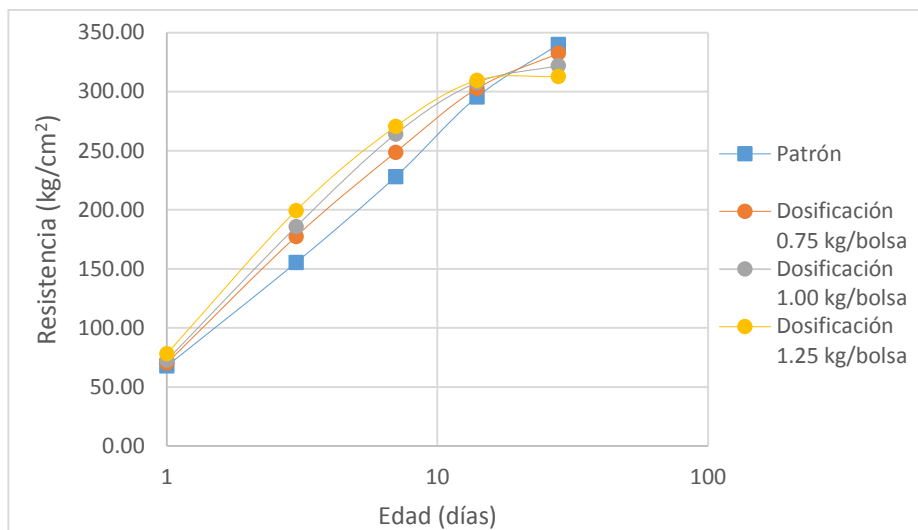


Figura N° 15: Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con $a/c=0.60$. Edad en escala log.
Fuente: Elaboración propia

Para un concreto con $a/c=0.65$ sin aditivo se obtuvo un resistencia de 291.24 kg/cm^2 a los 28 días; para diseños de concreto con la misma relación a/c pero con diferentes dosificaciones aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, se obtienen resistencias más altas a edades tempranas (1, 3, 7 días) respecto a las alcanzadas con el concreto patrón a esas mismas edades. También se observa que las resistencias alcanzadas a los 28 días en concretos con aditivo son menores a las obtenidas con el concreto patrón a esta misma edad.

En la Tabla N° 68, Tabla N°69, Figura N° 16 y Figura N° 17, se muestran las comparativas de concreto con $a/c=0.65$ sin y con diferentes dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo:

Tabla N° 68 Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con $a/c=0.65$

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
Sin Aditivo (Patrón)	55.88	139.86	194.83	247.77	291.24
Dosificación 0.75	58.03	151.74	210.64	257.61	282.37
Dosificación 1.00	61.53	156.38	222.94	263.61	276.23
Dosificación 1.25	68.25	175.13	238.34	261.48	283.92

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 69 Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.65

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	f'c / f'c-patrón (%)				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
Sin Aditivo (Patrón)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Dosificación 0.75	103.85	108.49	108.12	103.97	96.96
Dosificación 1.00	110.11	111.81	114.43	106.39	94.85
Dosificación 1.25	122.14	125.22	122.33	105.53	97.49

Fuente: Elaboración propia

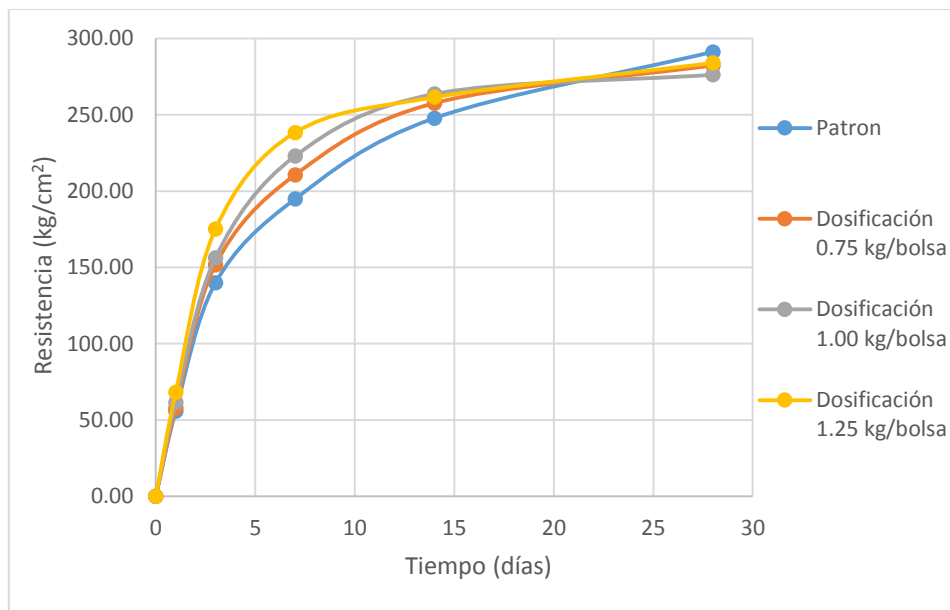


Figura N° 16: Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.65

Fuente: Elaboración propia

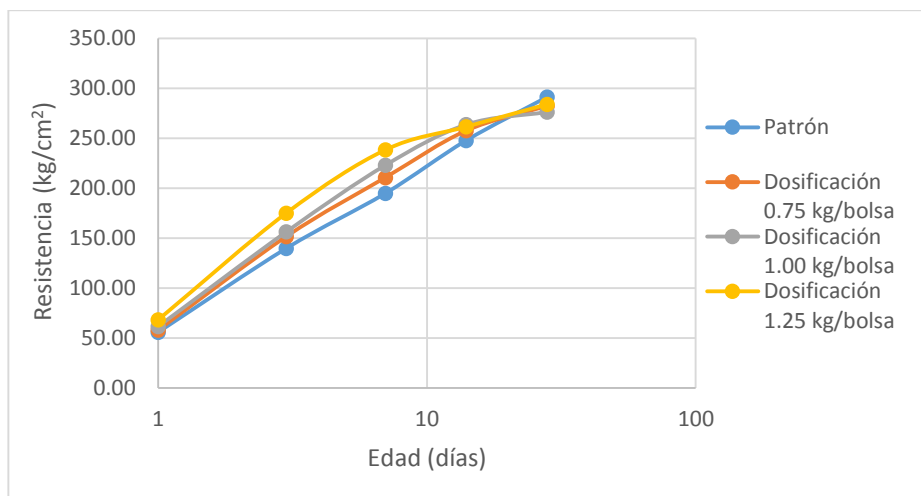


Figura N° 17: Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con a/c=0.65. Edad en escala log.

Fuente: Elaboración propia

Para un concreto con $a/c=0.70$ sin aditivo se obtuvo una resistencia de 250.15 kg/cm^2 a los 28 días; para diseños de concreto con la misma relación a/c pero con diferentes dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, se obtienen resistencias más altas a edades tempranas (1, 3, 7 días) respecto a las alcanzadas con el concreto patrón a esas mismas edades. También se observa que las resistencias alcanzadas a los 28 días en concretos con aditivo son menores a las obtenidas con el concreto patrón a esta misma edad.

En la Tabla N° 70, Tabla N° 71, Figura N° 18 y Figura N° 19, se muestran las comparativas de concreto con $a/c=0.70$ sin y con diferentes dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo:

Tabla N° 70 Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con $a/c=0.70$

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	$f'c$ (kg/cm ²)				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
Sin Aditivo (Patrón)	48.65	122.47	171.87	221.57	250.15
Dosificación 0.75	50.92	134.22	190.23	226.23	239.35
Dosificación 1.00	54.73	150.87	210.74	233.65	246.08
Dosificación 1.25	63.50	151.21	217.25	234.37	244.87

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 71 Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con $a/c=0.70$

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	$f'c / f'c\text{-patrón}$ (%)				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
Sin Aditivo (Patrón)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Dosificación 0.75	104.67	109.59	110.68	102.10	95.68
Dosificación 1.00	112.50	123.18	122.61	105.45	98.37
Dosificación 1.25	130.52	123.46	126.40	105.78	97.89

Fuente: Elaboración propia

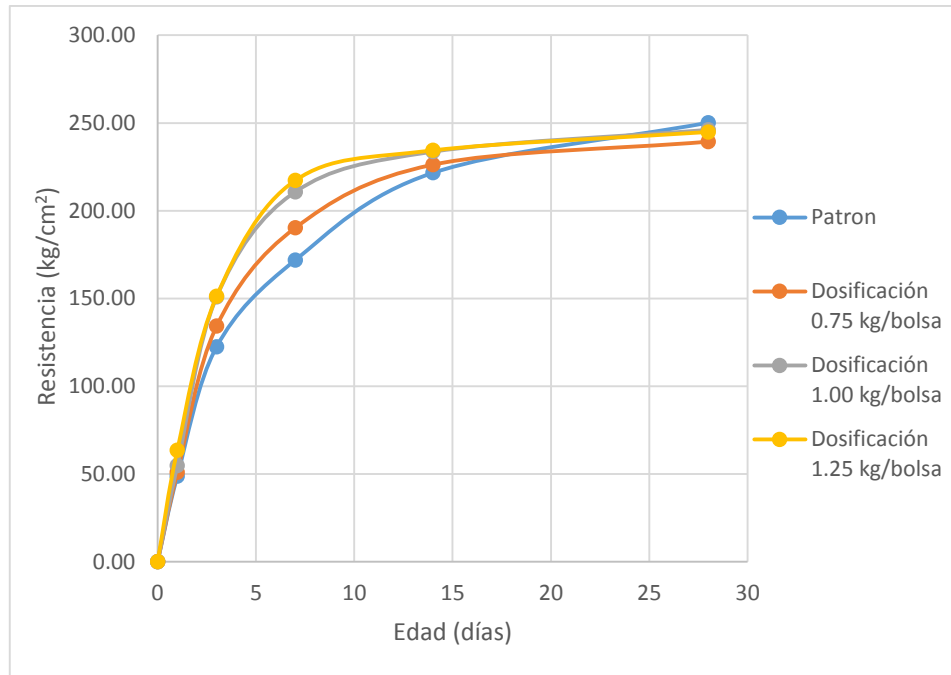


Figura N° 18: Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con $a/c=0.70$

Fuente: *Elaboración propia*

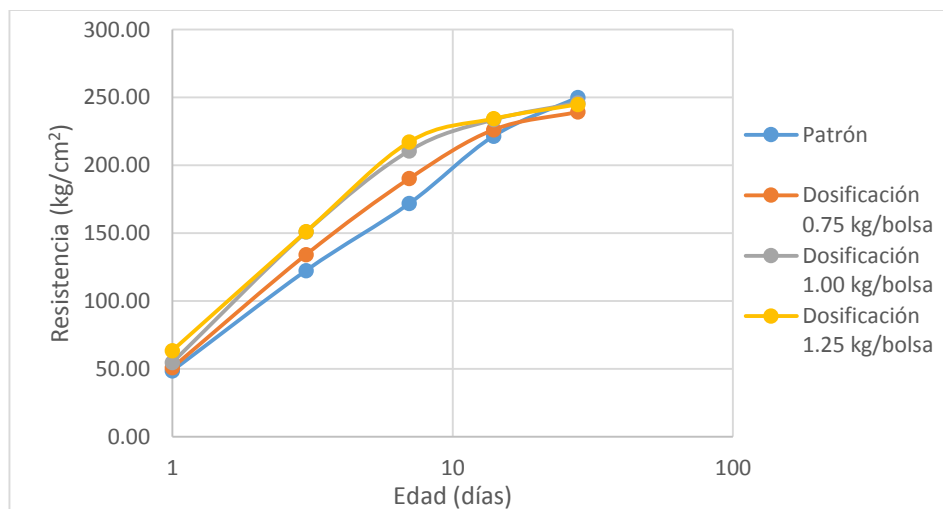


Figura N° 19: Resistencia a la compresión a diferentes edades en concretos con $a/c=0.70$. Edad en escala log.

Fuente: *Elaboración propia*

6.2.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral

Para un concreto con $a/c=0.60$ sin aditivo se obtuvo un resistencia a la tracción de 29.84 kg/cm^2 a los 7 días y 35.21 kg/cm^2 a los 28 días; para diseños de concreto con la misma relación a/c pero con diferentes dosificaciones aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, se obtienen resistencia más alta a edad temprana (7 días) respecto a las alcanzadas

con el concreto patrón a esa misma edad. También se observa que las resistencias alcanzadas a los 28 días en concretos con aditivo son menores a las obtenidas con el concreto patrón a esta misma edad, los resultados se muestran en la Tabla N° 72, Tabla N° 73 y Figura N° 20.

Tabla N° 72 Resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con $a/c=0.60$

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	f'_{t} (kg/cm ²)	
	7 días	28 días
Sin Aditivo (Patrón)	29.84	35.21
Dosificación 0.75	30.89	34.24
Dosificación 1.00	31.21	33.53
Dosificación 1.25	31.42	33.16

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 73 Comparación porcentual de resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con $a/c=0.60$

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	$f'_{t} / f'_{t} - \text{patrón}$ (%)	
	7 días	28 días
Sin Aditivo (Patrón)	100.00	100.00
Dosificación 0.75	103.52	97.23
Dosificación 1.00	104.58	95.21
Dosificación 1.25	105.30	94.18

Fuente: Elaboración propia

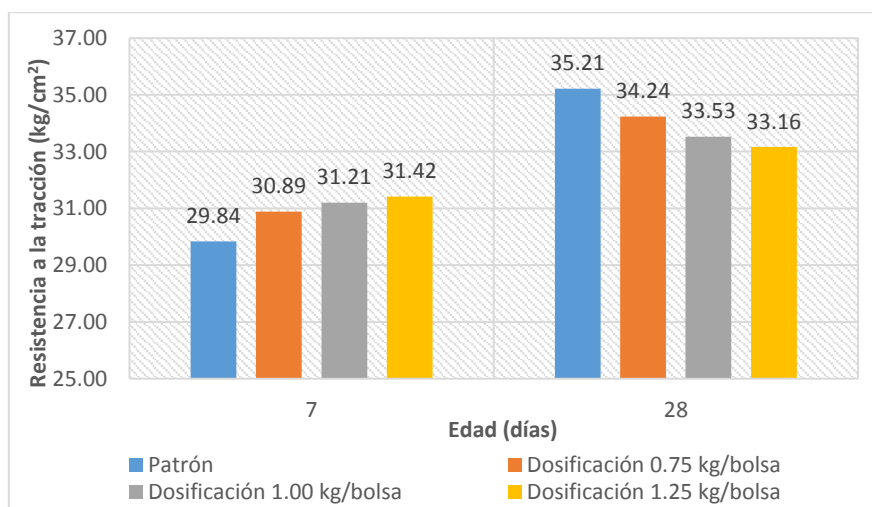


Figura N° 20: Resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con $a/c=0.60$
Fuente: Elaboración propia

Para un concreto con $a/c=0.65$ sin aditivo se obtuvo una resistencia a la tracción de 25.73 kg/cm^2 a los 7 días y 33.85 kg/cm^2 a los 28 días; para diseños de concreto con la misma relación a/c pero con diferentes dosificaciones aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, se obtienen resistencias más altas a edad temprana (7 días) respecto a las alcanzadas con el concreto patrón a esa misma edad. También se observa que las resistencias alcanzadas a los 28 días en concretos con aditivo son menores a las obtenidas con el concreto patrón a esta misma edad, los resultados se muestran en la Tabla N° 74, Tabla N° 75 y Figura N° 21.

Tabla N° 74 Resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con $a/c=0.65$

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	f'_{t} (kg/cm^2)	
	7 días	28 días
Sin Aditivo (Patrón)	25.73	33.85
Dosificación 0.75	28.41	32.88
Dosificación 1.00	29.34	32.77
Dosificación 1.25	30.54	31.64

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 75 Comparación porcentual de resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con $a/c=0.65$

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	$f'_{t} / f'_{t} - \text{patrón} (\%)$	
	7 días	28 días
Sin Aditivo (Patrón)	100.00	100.00
Dosificación 0.75	110.44	97.14
Dosificación 1.00	114.04	96.83
Dosificación 1.25	118.72	93.48

Fuente: Elaboración propia

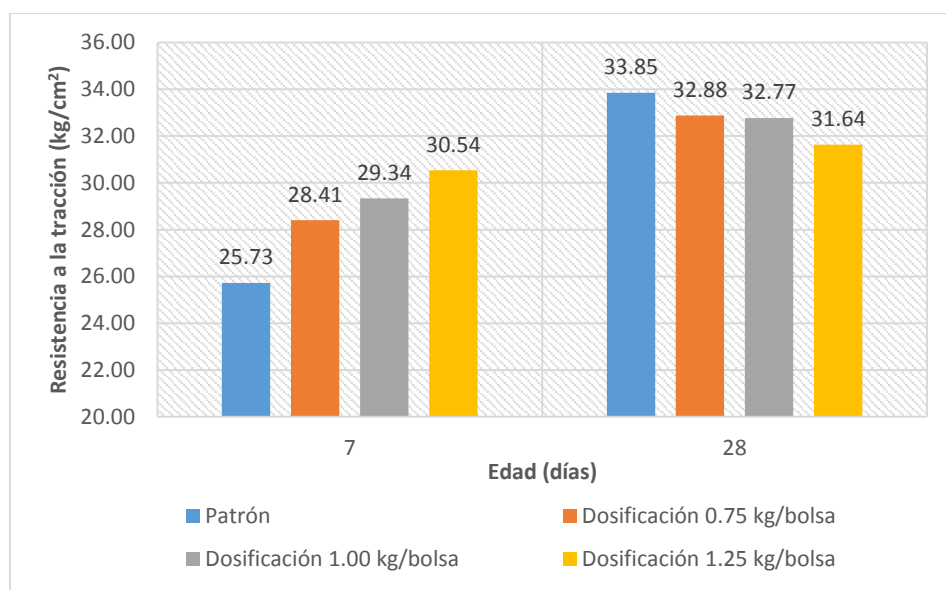


Figura N° 21: Resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con $a/c=0.65$
Fuente: Elaboración propia

Para un concreto con $a/c=0.70$ sin aditivo se obtuvo una resistencia a la tracción de 24.40 kg/cm^2 a los 7 días y 30.40 kg/cm^2 a los 28 días; para diseños de concreto con la misma relación a/c pero con diferentes dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, se obtienen resistencias más altas a edad temprana (7 días) respecto a las alcanzadas con el concreto patrón a esa misma edad. También se observa que las resistencias alcanzadas a los 28 días en concretos con aditivo son menores a las obtenidas con el concreto patrón a esta misma edad, los resultados se muestran en la Tabla N° 76, Tabla N° 77 y Figura N° 21.

Tabla N° 76 Resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con $a/c=0.70$

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	f'_{t} (kg/cm ²)	
	7 días	28 días
Sin Aditivo (Patrón)	24.40	30.40
Dosificación 0.75	25.11	29.36
Dosificación 1.00	27.71	29.09
Dosificación 1.25	28.29	28.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 77 Comparación porcentual de resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con a/c=0.70

Aditivo (kg/bolsa de cemento)	f' t / f' t - patrón (%)	
	7 días	28 días
Sin Aditivo (Patrón)	100.00	100.00
Dosificación 0.75	102.94	96.60
Dosificación 1.00	113.60	95.70
Dosificación 1.25	115.97	95.10

Fuente: Elaboración propia

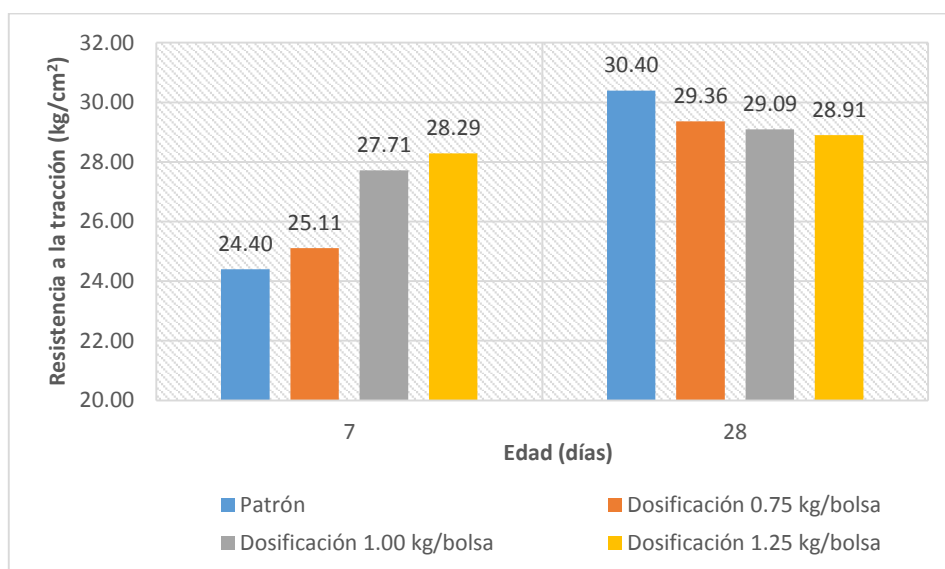


Figura N° 22: Resistencia a la tracción a diferentes edades en concretos con a/c=0.70
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

En la presente tesis, para comprobar la hipótesis planteada se realizó análisis de las propiedades del concreto con aditivo Acelerante, mediante ensayos en estado fresco y endurecido, determinando así las propiedades de consistencia, peso unitario, tiempo de fraguado, exudación, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción del concreto de diferentes relaciones agua-cemento y con distintas dosificaciones de aditivo. De esta manera, se pudo verificar la viabilidad técnica del aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo.

Para la elaboración de estos concretos se usó agregado fino (Cantera de Huachipa), agregado grueso (Cantera Unicon II), cemento portland tipo I (Marca Andino), agua (potable de la UNI) y aditivo (SikaCem-1 Acelerante en polvo).

Para el diseño de estos concretos primero se realizaron ensayos a los agregados finos y gruesos. Con los datos obtenidos se procedió a realizar los 12 diseños de mezclas, 3 patrones y 9 con aditivo, las relaciones agua-cemento usados fueron: 0.60, 0.65 y 0.70; a los cuales se les agregó aditivos con las siguientes dosificaciones: 0.75, 1.00 y 1.25 kg/bolsa de cemento.

Posteriormente se procedió a realizar los ensayos de concreto en estado fresco: Consistencia, Peso Unitario, Exudación y Tiempo de fraguado; los ensayos de concreto en estado endurecido fueron: Ensayo de compresión y Ensayo de tracción por compresión diametral.

Todos estos ensayos tuvieron lugar en las instalaciones del Laboratorio N°1 de Ensayo de Materiales (LEM) de la UNI, de estos resultados se llega a las siguientes conclusiones:

- i) Para las distintas relaciones agua-cemento y dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, se logró disminuir los tiempos de fraguado respecto a los concretos patrones.

El tiempo de fraguado inicial, luego de agregar distintas dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, se reduce desde un 39.31 % hasta 46.12 % respecto al concreto patrón; las reducciones del tiempo de fraguado inicial son directamente proporcional a las dosificaciones de aditivo.

El tiempo de fraguado final, luego de agregar distintas dosificaciones de aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, se reduce desde un 38.17 % hasta

44.27 % respecto al concreto patrón; las reducciones del tiempo de fraguado final son directamente proporcional a las dosificaciones de aditivo.

- ii) Las resistencias por compresión, a edades tempranas (1, 3 y 7 días) en concretos con aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, aumentan hasta en un 30.5%, 28.4% y 26.4% respecto a las obtenidas en los concretos patrones a los 1, 3 y 7 días respectivamente.

A los 14 días, las resistencias de los concretos con aditivo no muestran mucha diferencia respecto a los concretos patrones, solo se obtuvo incrementos entre 2.10 % y 6.4% respecto al concreto patrón. A partir de esta edad, la ganancia de resistencia de concretos con aditivo es menor a la de los concretos patrones.

En las resistencias a los 28 días, los concretos con aditivo presentan disminuciones de hasta un 8% respecto a los concretos patrones.

- iii) El aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, como ya se mencionó antes, reduce hasta en un 44.27% el tiempo de fraguado final y brinda mayores resistencias a edades tempranas, lo cual ayuda a aminorar los efectos del clima frío sobre el concreto.
- iv) En los diseños de concreto sin aditivo (patrón); para el primer diseño de preliminar de la relación $a/c=0.60$ se usó 220 litros agua por m^3 , obteniendo un asentamiento de 0", luego de realizar incrementos sucesivos de agua hasta 255 litros de agua por m^3 , se concluye que por cada incremento de 5 litros de agua el asentamiento aumenta en 1/2". Los diseños finales para tener asentamientos de 3" a 4" fue de 255, 250 y 245 litros agua para $a/c=0.60$, $a/c=0.65$ y $a/c=0.70$ respectivamente. De esto se concluye que a mayor relación agua-cemento, menor es el requerimiento de agua por m^3 de concreto.
- v) Para obtener un asentamiento de 3" a 4" en concretos con $a/c=0.60$, $a/c=0.65$ y $a/c=0.70$ con dosificaciones: sin aditivo (patrón), 0.75, 1.00 y 1.25 kg/bolsa de cemento; los requerimientos de agua por m^3 fueron los siguientes:

a/c	Aditivo (kg/bolsa de cemento)	Agua (kg/m ³)	Slump (pulg)
0.60	Sin aditivo	255	3 1/2
	0.75	247	3 1/2
	1.00	245	3 3/4
	1.25	244	3 1/2
0.65	Sin aditivo	250	3 1/2
	0.75	245	3 3/4
	1.00	243	3 1/2
	1.25	242	3 3/4
0.70	Sin aditivo	245	3 1/4
	0.75	243	3 1/2
	1.00	241	3 1/2
	1.25	240	3 3/4

De estos resultados se concluye que para las tres relaciones agua-cemento, a medida que la dosificación de aditivo aumenta los requerimientos de agua por m³ disminuyen.

- vi) Para el concreto con a/c=0.60, la exudación del concreto sin aditivo (patrón) fue de 1.05% y con dosificaciones de aditivo, SikaCem-1 Acelerante en polvo, de 0.75, 1.00 y 1.25 kg/bolsa de cemento, los porcentajes de exudación fueron 0.21%, 0.16% y 0.11% respectivamente. Para el concreto con a/c=0.65, la exudación del concreto sin aditivo (patrón) fue de 1.28% y con dosificaciones de aditivo, SikaCem-1 Acelerante en polvo, de 0.75, 1.00 y 1.25 kg/bolsa de cemento, los porcentajes de exudación fueron 0.27%, 0.21% y 0.16% respectivamente. Para el concreto con a/c=0.70, la exudación del concreto sin aditivo (patrón) fue de 1.47% y con dosificaciones de aditivo, SikaCem-1 Acelerante en polvo, de 0.75, 1.00 y 1.25 kg/bolsa de cemento, los porcentajes de exudación fueron 0.30%, 0.25% y 0.20% respectivamente. Luego de analizar anteriores resultados se puede concluir que el aditivo acelerante reduce significativamente el porcentaje de exudación respecto al concreto patrón y a medida que esta dosificación aumenta el porcentaje de exudación tiende a disminuir.

- vii) La resistencia a la tracción por compresión diametral a los 7 días en concretos con aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, aumentan su resistencia entre 2.94% y 18.72 % respecto al concreto patrón.
La resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días en concretos con aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, presentan reducciones en su resistencia de entre 2.77% y 6.52 % respecto al concreto patrón.
- viii) Luego de realizar los ensayos de agregados finos y gruesos se concluye que estos cumplen con lo establecido por la Norma Técnica Peruana: Granulometría de los agregados (NTP 400.012), Contenido de Humedad (NTP 400.016), Peso Unitario (NTP 400.017), Materiales más finos que pasan la malla N° 200 (NTP 400.018), Peso específico (NTP 400.022) y Absorción (NTP 400.022).
- ix) De acuerdo el máximo peso unitario compactado del agregado global y la máxima resistencia a la compresión en función a la proporción de los agregados; la proporción óptima de agregado fino y grueso es de 51% y 49% respectivamente.

RECOMENDACIONES

- En los ensayos de agregados finos y gruesos, se recomienda su realización a tres muestras, y así de esta manera se pueda comprobar y corregir posibles errores generados. En la presente tesis los C.V. de los ensayos fueron menores a 4%.
- La aplicación de un aditivo en polvo es diferente al de uno en presentación líquida, en el caso de uso de aditivos en polvo es recomendable que estos, previo a su contacto con agua sean mezclados con el cemento seco.
- Durante la preparación del concreto se recomienda que las herramientas que vayan a entrar en contacto con el concreto estén previamente humedecidas, ya que de estar secas estas pueden absorber el agua del concreto, variando las proporciones establecidas en cada diseño.
- El tiempo de mezclado también es otro de los factores muy importantes a tener en cuenta para los ensayos de asentamiento, en caso de concretos sin aditivo se recomienda un tiempo de mezclado de 2 min y con aditivo de 5 min, tiempos aplicados en la presente tesis.
- Para los ensayos de tiempo de fraguado se recomienda la verificación de los diámetros de agujas a usar en el ensayo de penetración, ya que estos pueden haber sufrido disminuciones en sus diámetros por el desgaste normal debido al uso.
- Durante el ensayo de exudación es recomendable que el recipiente que contiene el concreto este cubierto para así evitar la evaporación de la exudación, como indica la NTP 339.077.
- En los ensayos de tracción por compresión diametral se recomienda verificar las dimensiones de los apoyos de triplay en las generatrices diametralmente opuestas de las probetas. En la presente tesis, estas tuvieron una medida de 5 cm x 35 cm
- De los resultados obtenidos en los ensayos de tiempo fraguado y resistencias, se observó que las dosificaciones de aditivo, SikaCem-1

Acelerante en polvo, más recomendables para su uso son: 0.75 y 1.00 kg/bolsa de cemento; ya que para la dosificación de 1.25 kg/bolsa de cemento, los beneficios obtenidos no distan mucho de los de dosificación 1.00 kg/bolsa de cemento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASOCRETO “Tecnología del concreto - Materiales, propiedades y diseño de mezclas” (3a. ed.). Ed. Asocreto, Bogotá, 2014.
2. CACHAY R. “Diseño de Mezclas- Método del agregado global y módulo de finura para concretos de mediana a alta resistencia”, tesis para optar el Título Profesional FIC-UNI, Lima, 1995.
3. CHÁVEZ S.M., ÑAVINCOPA J.C. “Influencia de los Aditivos Tipo C en la Resistencia a la Compresión de Concretos en la Ciudad de Huancayo”, tesis para optar el Título Profesional FIC-UNCP, Huancayo, 2013.
4. GABALEC M.A. “Tiempo de fraguado del hormigón” Tesis de Becarios de Investigación UTN, Argentina 2008.
5. HUINCHO E. “Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsilice y nanosilice con Cemento Portland tipo I” tesis para optar el Título Profesional FIC-UNI, Lima, 2010.
6. NEVILLE A. “Tecnología del concreto” Ed. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C., México D.F., 2013.
7. QUINTERO L.A., HERRERA J., CORZO L., GARCÍA J. “Relación entre la resistencia a la compresión y la porosidad del concreto evaluada a partir de parámetros ultrasónicos” Bucaramanga, 2011.
8. RIVVA E. “Diseño de Mezclas” (2a. ed.). Ed. Hozlo, Lima, 2013.
9. RIVVA E. “Materiales para el Concreto” (2a. ed.). F.E. ICG, Lima, 2010.
10. SENCICO. “Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto”, Lima, 2014.
11. SIKA PERÚ. “Hoja Técnica Sika Perú”, Lima, 2017.
12. TENGAN C. A. “Análisis Comparativo de Aditivos Acelerantes de Fragua Libres de Álcalis para Concreto Proyectoado o Shotcrete”, tesis para optar el Título Profesional FIC-UNI, Lima, 2011.
13. UNACEM PERÚ. “Ficha técnica cemento Portland tipo I - Andino”, Lima 2019.

ANEXOS

ANEXO A – REDUCCION DE AGUA Y ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

REDUCCIÓN DE AGUA EN EL CONCRETO

En las siguientes tablas se muestran las comparativas de reducción de agua del concreto patrón y las diferentes dosificaciones, para las distintas relaciones agua-cemento.

CONCRETO a/c=0.60	CONCRETO PATRÓN	ADITIVO 0.75kg/bol.	ADITIVO 1.00kg/bol.	ADITIVO 1.25kg/bol.
Cantidad de agua (l/m ³)	244.08	235.95	233.92	232.92
Cantidad final de agua (%)	100.00	96.67	95.84	95.43
Reducción de agua (l/m ³)	0.00	8.13	10.16	11.16
Reducción de agua (%)	0.00	3.33	4.16	4.57

CONCRETO a/c=0.65	CONCRETO PATRÓN	ADITIVO 0.75kg/bol.	ADITIVO 1.00kg/bol.	ADITIVO 1.25kg/bol.
Cantidad de agua (l/m ³)	238.74	233.70	230.64	230.67
Cantidad final de agua (%)	100.00	97.89	96.61	96.62
Reducción de agua (l/m ³)	0.00	5.04	8.10	8.07
Reducción de agua (%)	0.00	2.11	3.39	3.38

CONCRETO a/c=0.70	CONCRETO PATRÓN	ADITIVO 0.75kg/bol.	ADITIVO 1.00kg/bol.	ADITIVO 1.25kg/bol.
Cantidad de agua (l/m ³)	233.47	231.48	228.42	228.45
Cantidad final de agua (%)	100.00	99.15	97.84	97.85
Reducción de agua (l/m ³)	0.00	1.99	5.05	5.02
Reducción de agua (%)	0.00	0.85	2.16	2.15

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

En el siguiente cuadro se muestran los costos de cada material empleado en la elaboración de concreto:

MATERIAL	Cantidad	COSTO
CEMENTO PORTLAND TIPO I (ANDINO)	Bol	S/. 25.000
AGUA	m ³	S/. 2.830
	lt	S/. 0.003
ARENA	m ³	S/. 60.000
PIEDRA CHANCADA	m ³	S/. 70.000
ADITIVO	kg	S/. 10.500

A continuación se muestran las tablas con el Análisis de Precio Unitario de los siguientes diseños:

- $a/c = 0.60$, sin aditivo.
- $a/c = 0.60$, con 0.75 kg/bolsa de cemento.
- $a/c = 0.60$, con 1.00 kg/bolsa de cemento.
- $a/c = 0.60$, con 1.25 kg/bolsa de cemento.

- $a/c = 0.65$, sin aditivo.
- $a/c = 0.65$, con 0.75 kg/bolsa de cemento.
- $a/c = 0.65$, con 1.00 kg/bolsa de cemento.
- $a/c = 0.65$, con 1.25 kg/bolsa de cemento.

- $a/c = 0.70$, sin aditivo.
- $a/c = 0.70$, con 0.75 kg/bolsa de cemento.
- $a/c = 0.70$, con 1.00 kg/bolsa de cemento.
- $a/c = 0.70$, con 1.25 kg/bolsa de cemento.

1. CONCRETO a/c = 0.60.

Análisis de precios unitarios						
Partida	Concreto a/c : 0.6		Aditivo: Sin Aditivo			
Rendimiento	m ³ /día	MO. 14.00	EQ. 14.00		Costo unitario por : m ³	441.278
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
001	OPERARIO	hh	2.00	1.143	21.860	24.983
002	OFICIAL	hh	2.00	1.143	17.510	20.011
003	PEON	hh	8.00	4.571	15.780	72.137
						117.131
Materiales						
004	CEMENTO	bol		10.000	25.000	250.000
005	AGUA	lt		244.080	0.003	0.691
006	ARENA	m ³		0.321	60.000	19.260
007	PIEDRA	m ³		0.273	70.000	19.110
008	ADITIVO	kg		0.000	10.50	0.000
						289.061
Equipos						
009	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.000	117.131	3.514
010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.00	0.571	20.000	11.429
011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3	hm	1.00	0.571	35.250	20.143
						35.085

Análisis de precios unitarios						
Partida	Concreto a/c : 0.6		Aditivo: 0.75 kg/ bolsa de cemento			
Rendimiento	m ³ /día	MO. 14.00	EQ. 14.00		Costo unitario por : m ³	510.163
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
001	OPERARIO	hh	2.00	1.143	21.860	24.983
002	OFICIAL	hh	2.00	1.143	17.510	20.011
003	PEON	hh	8.00	4.571	15.780	72.137
						117.131
Materiales						
004	CEMENTO	bol		9.686	25.000	242.159
005	AGUA	lt		235.950	0.003	0.668
006	ARENA	m ³		0.325	60.000	19.500
007	PIEDRA	m ³		0.277	70.000	19.390
008	ADITIVO	kg		7.260	10.50	76.230
						357.947
Equipos						
009	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.000	117.131	3.514
010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.00	0.571	20.000	11.429
011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3	hm	1.00	0.571	35.250	20.143
						35.085

Análisis de precios unitarios						
Partida	Concreto a/c : 0.6		Aditivo: 1.00 kg/ bolsa de cemento			
Rendimiento	m ³ /día	MO. 14.00	EQ. 14.00		Costo unitario por : m ³	532.868
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
001	OPERARIO	hh	2.00	1.143	21.860	24.983
002	OFICIAL	hh	2.00	1.143	17.510	20.011
003	PEON	hh	8.00	4.571	15.780	72.137
						117.131
Materiales						
004	CEMENTO	bol		9.608	25.000	240.194
005	AGUA	lt		233.920	0.003	0.662
006	ARENA	m ³		0.325	60.000	19.500
007	PIEDRA	m ³		0.277	70.000	19.390
008	ADITIVO	kg		9.610	10.50	100.905
						380.651
Equipos						
009	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.000	117.131	3.514
010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.00	0.571	20.000	11.429
011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3	hm	1.00	0.571	35.250	20.143
						35.085

Análisis de precios unitarios						
Partida	Concreto a/c : 0.6		Aditivo: 1.25 kg/ bolsa de cemento			
Rendimiento	m ³ /día	MO. 14.00	EQ. 14.00		Costo unitario por : m ³	556.624
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
001	OPERARIO	hh	2.00	1.143	21.860	24.983
002	OFICIAL	hh	2.00	1.143	17.510	20.011
003	PEON	hh	8.00	4.571	15.780	72.137
						117.131
Materiales						
004	CEMENTO	bol		9.569	25.000	239.218
005	AGUA	lt		232.920	0.003	0.659
006	ARENA	m ³		0.326	60.000	19.560
007	PIEDRA	m ³		0.277	70.000	19.390
008	ADITIVO	kg		11.960	10.50	125.580
						404.407
Equipos						
009	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.000	117.131	3.514
010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.00	0.571	20.000	11.429
011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3	hm	1.00	0.571	35.250	20.143
						35.085

2. CONCRETO a/c = 0.65.

Análisis de precios unitarios						
Partida	Concreto a/c : 0.65 Aditivo: Sin Aditivo					
Rendimiento m ³ /día	MO. 14.00	EQ. 14.00			Costo unitario por : m ³	418.669
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
001	OPERARIO	hh	2.00	1.143	21.860	24.983
002	OFICIAL	hh	2.00	1.143	17.510	20.011
003	PEON	hh	8.00	4.571	15.780	72.137
						117.131
Materiales						
004	CEMENTO	bol		9.050	25.000	226.247
005	AGUA	lt		238.740	0.003	0.676
006	ARENA	m ³		0.331	60.000	19.860
007	PIEDRA	m ³		0.281	70.000	19.670
008	ADITIVO	kg		0.000	10.50	0.000
						266.453
Equipos						
009	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.000	117.131	3.514
010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.00	0.571	20.000	11.429
011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3	hm	1.00	0.571	35.250	20.143
						35.085

Análisis de precios unitarios						
Partida	Concreto a/c : 0.65 Aditivo: 0.75 kg/ bolsa de cemento					
Rendimiento m ³ /día	MO. 14.00	EQ. 14.00			Costo unitario por : m ³	484.151
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
001	OPERARIO	hh	2.00	1.143	21.860	24.983
002	OFICIAL	hh	2.00	1.143	17.510	20.011
003	PEON	hh	8.00	4.571	15.780	72.137
						117.131
Materiales						
004	CEMENTO	bol		8.869	25.000	221.718
005	AGUA	lt		233.700	0.003	0.661
006	ARENA	m ³		0.332	60.000	19.920
007	PIEDRA	m ³		0.283	70.000	19.810
008	ADITIVO	kg		6.650	10.50	69.825
						331.934
Equipos						
009	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.000	117.131	3.514
010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.00	0.571	20.000	11.429
011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3	hm	1.00	0.571	35.250	20.143
						35.085

Análisis de precios unitarios							
Partida	Concreto a/c : 0.65 Aditivo: 1.00 kg/ bolsa de cemento						
Rendimiento m ³ /día	MO. 14.00	EQ. 14.00			Costo unitario por : m ³	503.775	
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
001	OPERARIO	hh	2.00	1.143	21.860	24.983	
002	OFICIAL	hh	2.00	1.143	17.510	20.011	
003	PEON	hh	8.00	4.571	15.780	72.137	
						117.131	
Materiales							
004	CEMENTO	bol		8.760	25.000	219.006	
005	AGUA	lt		230.640	0.003	0.653	
006	ARENA	m ³		0.334	60.000	20.040	
007	PIEDRA	m ³		0.284	70.000	19.880	
008	ADITIVO	kg		8.760	10.50	91.980	
						351.559	
Equipos							
009	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.000	117.131	3.514	
010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.00	0.571	20.000	11.429	
011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3	hm	1.00	0.571	35.250	20.143	
						35.085	

Análisis de precios unitarios							
Partida	Concreto a/c : 0.65 Aditivo: 1.25 kg/ bolsa de cemento						
Rendimiento m ³ /día	MO. 14.00	EQ. 14.00			Costo unitario por : m ³	525.800	
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
001	OPERARIO	hh	2.00	1.143	21.860	24.983	
002	OFICIAL	hh	2.00	1.143	17.510	20.011	
003	PEON	hh	8.00	4.571	15.780	72.137	
						117.131	
Materiales							
004	CEMENTO	bol		8.760	25.000	219.006	
005	AGUA	lt		230.670	0.003	0.653	
006	ARENA	m ³		0.326	60.000	19.560	
007	PIEDRA	m ³		0.277	70.000	19.390	
008	ADITIVO	kg		10.950	10.50	114.975	
						373.584	
Equipos							
009	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.000	117.131	3.514	
010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.00	0.571	20.000	11.429	
011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3	hm	1.00	0.571	35.250	20.143	
						35.085	

3. CONCRETO a/c = 0.70.

Análisis de precios unitarios							
Partida	Concreto a/c : 0.70		Aditivo: Sin Aditivo				
Rendimiento m ³ /día	MO. 14.00	EQ. 14.00			Costo unitario por : m ³	399.260	
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
001	OPERARIO	hh	2.00	1.143	21.860	24.983	
002	OFICIAL	hh	2.00	1.143	17.510	20.011	
003	PEON	hh	8.00	4.571	15.780	72.137	
						117.131	
Materiales							
004	CEMENTO	bol		8.235	25.000	205.882	
005	AGUA	lt		233.470	0.003	0.661	
006	ARENA	m ³		0.339	60.000	20.340	
007	PIEDRA	m ³		0.288	70.000	20.160	
008	ADITIVO	kg		0.000	10.50	0.000	
						247.043	
Equipos							
009	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.000	117.131	3.514	
010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.00	0.571	20.000	11.429	
011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3	hm	1.00	0.571	35.250	20.143	
						35.085	

Análisis de precios unitarios							
Partida	Concreto a/c : 0.70		Aditivo: 0.75 kg/ bolsa de cemento				
Rendimiento m ³ /día	MO. 14.00	EQ. 14.00			Costo unitario por : m ³	461.937	
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
001	OPERARIO	hh	2.00	1.143	21.860	24.983	
002	OFICIAL	hh	2.00	1.143	17.510	20.011	
003	PEON	hh	8.00	4.571	15.780	72.137	
						117.131	
Materiales							
004	CEMENTO	bol		8.168	25.000	204.200	
005	AGUA	lt		231.480	0.003	0.655	
006	ARENA	m ³		0.339	60.000	20.340	
007	PIEDRA	m ³		0.288	70.000	20.160	
008	ADITIVO	kg		6.130	10.50	64.365	
						309.720	
Equipos							
009	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.000	117.131	3.514	
010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.00	0.571	20.000	11.429	
011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3	hm	1.00	0.571	35.250	20.143	
						35.085	

Análisis de precios unitarios						
Partida	Concreto a/c : 0.70		Aditivo: 1.00 kg/ bolsa de cemento			
Rendimiento	m ³ /día	MO. 14.00	EQ. 14.00		Costo unitario por : m ³	479.981
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
001	OPERARIO	hh	2.00	1.143	21.860	24.983
002	OFICIAL	hh	2.00	1.143	17.510	20.011
003	PEON	hh	8.00	4.571	15.780	72.137
						117.131
Materiales						
004	CEMENTO	bol		8.067	25.000	201.682
005	AGUA	lt		228.420	0.003	0.646
006	ARENA	m ³		0.340	60.000	20.400
007	PIEDRA	m ³		0.290	70.000	20.300
008	ADITIVO	kg		8.070	10.50	84.735
						327.764
Equipos						
009	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.000	117.131	3.514
010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.00	0.571	20.000	11.429
011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3	hm	1.00	0.571	35.250	20.143
						35.085

Análisis de precios unitarios						
Partida	Concreto a/c : 0.70		Aditivo: 1.25 kg/ bolsa de cemento			
Rendimiento	m ³ /día	MO. 14.00	EQ. 14.00		Costo unitario por : m ³	501.016
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
001	OPERARIO	hh	2.00	1.143	21.860	24.983
002	OFICIAL	hh	2.00	1.143	17.510	20.011
003	PEON	hh	8.00	4.571	15.780	72.137
						117.131
Materiales						
004	CEMENTO	bol		8.067	25.000	201.682
005	AGUA	lt		228.450	0.003	0.647
006	ARENA	m ³		0.340	60.000	20.400
007	PIEDRA	m ³		0.289	70.000	20.230
008	ADITIVO	kg		10.080	10.50	105.840
						348.799
Equipos						
009	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.000	117.131	3.514
010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.00	0.571	20.000	11.429
011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3	hm	1.00	0.571	35.250	20.143
						35.085

ANEXO B – PANEL FOTOGRÁFICO

- Ensayo de Agregados: Fotografía N° 1 - Fotografía N° 9.
- SikaCem-1 Acelerante en polvo: Fotografía N° 10.
- Ensayo del concreto fresco: Fotografía N°11 - Fotografía N° 16.
- Vaciado y curado de probetas: Fotografía N°17 - Fotografía N° 21
- Ensayo de compresión y tracción: Fotografía N° 22 - Fotografía N° 25



Fotografía N° 1: Tamices utilizados para la granulometría de agregado fino.



Fotografía N° 2: Equipo vibrador para ensayo de granulometría del agregado fino.



Fotografía N° 3: Equipo vibrador y tamices para agregado grueso.



Fotografía N° 4: Horno para el secado del agregado fino y grueso.



Fotografía N° 5: Pesado de agregado fino (P.U.S.).



Fotografía N° 6: Agregado global antes del pesado.



Fotografía N° 7: Método del cono, estado S.S.S en agregado fino.



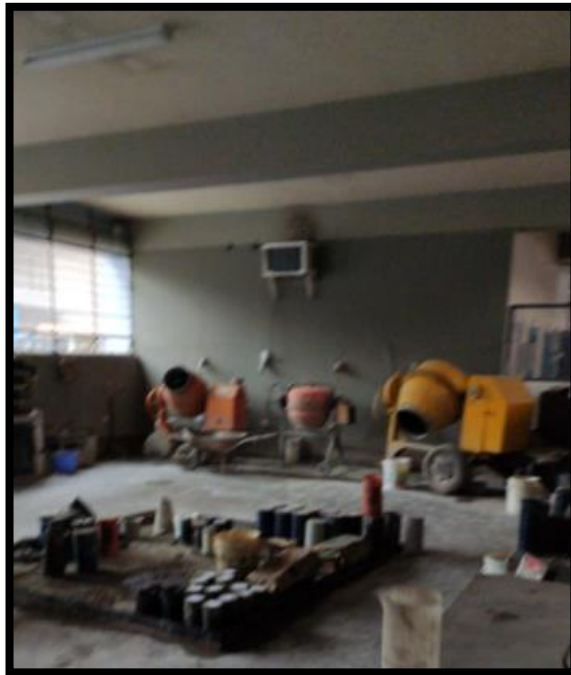
Fotografía N° 8: Pesado de la fiola con el agregado fino en estado S.S.S y agua hasta 500cc.



Fotografía N° 9: Pesado del agregado grueso saturado sumergido en agua.



Fotografía N° 10: Aditivo SikaCem-1 Acelerante en polvo, presentación 1 kg.



Fotografía N° 11: Área de concreto en estado fresco LEM-UNI.



Fotografía N° 12: Proceso de mezclado y vaciado del concreto.



Fotografía N° 13: Ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco.



Fotografía N° 14: Compactación de la mezcla para el ensayo de Peso Unitario Compactado (Pág. 60).



Fotografía N° 15: Tamizado de la mezcla de concreto a través de la malla N°4 en la mesa vibradora.



Fotografía N° 16: Registro de la fuerza aplicada en el penetrómetro para el ensayo de tiempo de fraguado.



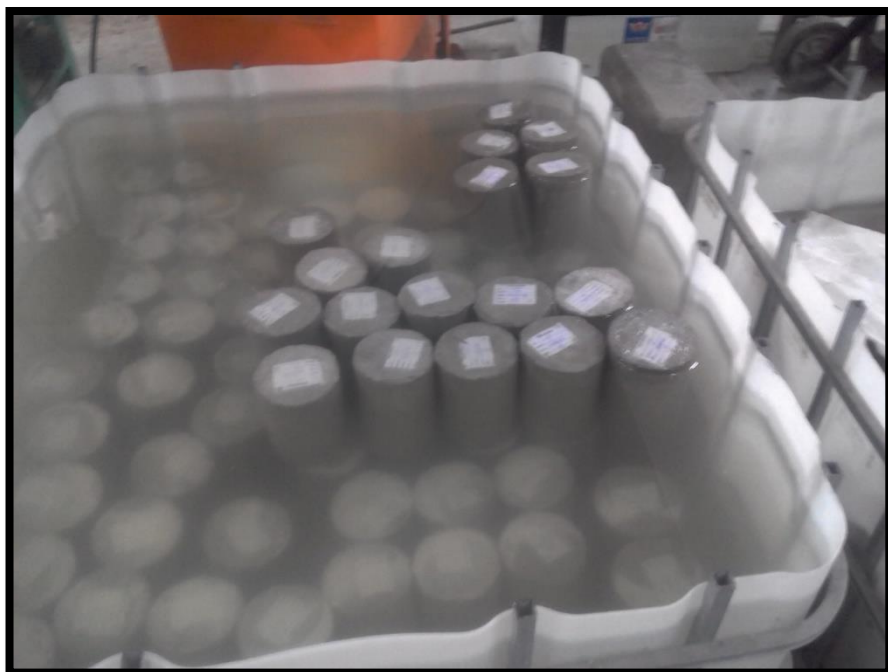
Fotografía N° 17: Varillado del concreto en la elaboración de probetas.



Fotografía N° 18: Probetas antes del desmoldado.



Fotografía N° 19: Probetas después del desmoldado.



Fotografía N° 20: Curado de probetas de 10 x 20cm.



Fotografía N° 21: Curado de probetas de 15 x 30cm.



Fotografía N° 22: Equipo usado para el ensayo a compresión.



Fotografía N° 23: Resultado del ensayo a compresión.



Fotografía N° 24: Equipo usado para el ensayo de tracción por compresión diametral.



Fotografía N° 25: Resultado el ensayo de tracción por compresión diametral.

ANEXO C – FICHAS TÉCNICAS

Ficha Técnica

CEMENTO ANDINO PREMIUM

Descripción:

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

Beneficios:

- Alta resistencia a mediano y largo plazo, alta durabilidad.
- Excelente trabajabilidad y acabado.
- Bajo contenido de álcalis. Buena resistencia a los agregados álcali reactivos.
- Moderada resistencia al salitre.

Usos:

- Estructuras sólidas de acabados perfectos.
- Construcciones en general de gran envergadura como, puentes, estructuras industriales y conjuntos habitacionales.
- Shotcrete y Pre-Fabricados.

Características Técnicas:

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

Formato de Distribución:

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



Recomendaciones

Dosificación:

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

Manipulación:

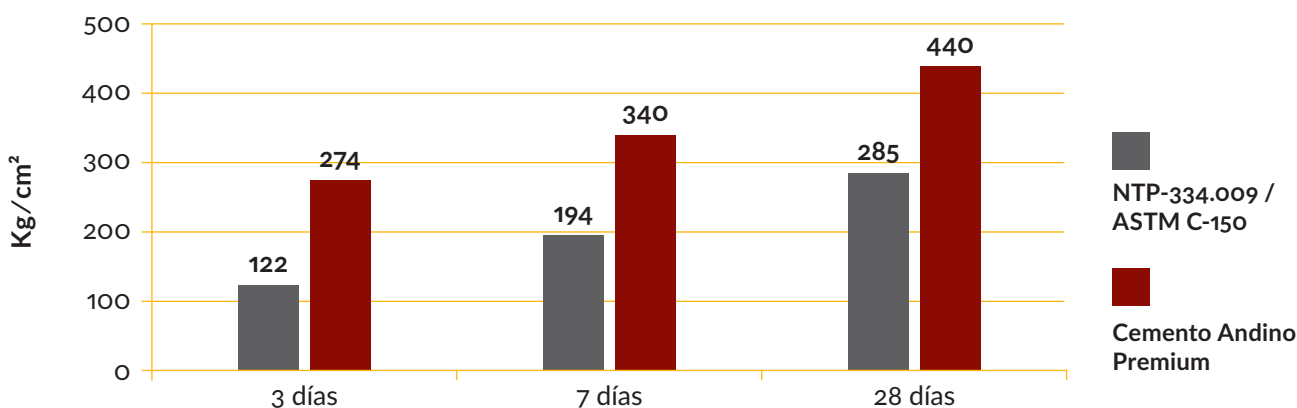
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

Almacenamiento:

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

Requisitos mecánicos

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



Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Andino Premium	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	-0.02	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	373	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.15	No especifica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	274	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	340	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	440	Mínimo 285*
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	105	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	282	Máximo 375
Composición Química			
MgO	%	1.80	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.67	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.72	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C ₂ S	%	17.86	No especifica
C ₃ S	%	54.88	No especifica
C ₃ A	%	7.01	No especifica
C ₄ AF	%	10.37	No especifica
Álcalis Equivalentes			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.47	Máximo 0.60*
Resistencia a los Sulfatos			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.083	0.10 % máx. a 180 días

*Requisito opcional

HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaCem[®]-1 Acelerante en polvo

ACELERANTE PARA CONCRETO Y MORTERO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaCem[®]-1 Acelerante en Polvo es un aditivo acelerante sobre tiempo de fraguado y resistencias del concreto. No contiene cloruros.

USOS

SikaCem[®]-1 Acelerante en Polvo se emplea cuando se desea obtener concreto con altas resistencias a temprana edad, reducir el tiempo de desencofrado y facilitar el rápido avance de las obras, colocar concreto en ambiente frío o efectuar reparaciones rápidas en todo tipo de estructuras, por ejemplo:

- Cimentaciones.
- Losas, pisos o techos.
- Columnas.
- Vigas.
- Veredas.
- Escaleras.
- Piscinas, tanques, cisternas.
- Entre otros.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Reduce los tiempos de desencofrado.
- Se obtienen resistencias más altas a temprana edad.
- Pronto uso de estructuras nuevas.
- Rápida puesta en uso de estructuras reparadas.
- Contrarresta el efecto del frío sobre las resistencias y el fraguado.
- Aumenta los rendimientos en la elaboración de prefabricados.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Bolsa x1kg
Apariencia / Color	Polvo / Gris verdoso
Vida Útil	12 meses.
Condiciones de Almacenamiento	En lugar fresco y bajo techo en su envase sellado.
Densidad	1.6 kg/l +/- 0.02

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	1 Bolsa de SikaCem-1 Acelerante por bolsa de cemento de 42.5 Kg
---------------------------------	---

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

DOSIFICACIÓN

Mezclar una bolsa de 1 kilo de SikaCem®-1 Acelerante en Polvo por bolsa de cemento y luego añadir los componentes restantes del concreto o mortero. Es importante mezclar bien el material seco antes de agregar el agua.

DOCUMENTOS ADICIONALES

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE SikaCem® Acelerante :

1.- SIKI PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKI CIUDAD VIRTUAL



LIMITACIONES

Limpie todas las herramientas y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Los datos técnicos indicados en esta hoja técnica están basados en ensayos de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.

NOTAS

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.

RESTRICCIONES LOCALES

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

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

REGULACIÓN (EC) Nº 1907/2006 - REACH

DIRECTIVA 2004/42/CE - LIMITACIÓN DE LAS EMISIONES DE VOC

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

SikaCem-1Aceleranteenpolvo_es_PE_(07-2017)_1_1.pdf



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

CONSTANCIA

LA JEFA DEL LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, deja constancia que:

El Sr. **Antonio Florians Juchani Lauracio**, Alumno de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, solicitó al Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales permiso para la realización de ensayos, estudio de agregados, Tiempo de fraguado y exudación del concreto, ensayo de resistencia a la compresión y tracción de muestras cilíndricas de concreto en el marco de la Investigación "ESTUDIO DEL CONCRETO CON ADITIVO ACELERANTE EN POLVO, UTILIZANDO CEMENTO PÓRTLAND TIPO I", con fines de tesis.

Se le brindo las facilidades del caso para la realización de dichos ensayos a partir de la fecha del 17 de Junio del 2019 hasta el 16 de Agosto del 2019.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Lima, 23 de Septiembre del 2019



MSc. Ing. ISABEL MOROMI NAKATA
Jefe (e) de Laboratorio

UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI

