

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



TESIS

**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO VACIADO
BAJO EL AGUA USANDO ADITIVO ANTIDESLAVE PARA
CONCRETOS DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**ELABORADO POR
DARWIN ROYER APAZA MESTAS
ID: 0009-0002-3299-4049**

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

LIMA - PERÚ

2024

© 2024, 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.”

Apaza Mestas, Darwin Royer

dapazam@uni.pe

980595559

DEDICATORIA

Con infinito amor y gratitud a mi madre por todo su apoyo incondicional profunda confianza y constante empuje.

A mi padre por inculcarme valores y lecciones de vida.

A mis hermanas tan increíbles y únicas por ser tan buenas y admirables quienes me dieron tanto bien y tanto amor.

AGRADECIMIENTOS

A La Facultad de Ingeniería Civil, por la formación académica que me brindó para así convertirme en un profesional con vocación de servicio.

Al Mag. Ing. Max Huaynalaya Rashuaman quien con los conocimientos y experiencia me asesoro en el proceso de la presente tesis.

A mis amigos, en especial Brian Hurtado Ventocilla Y Marlon Llanos Basurto por su oportuna ayuda para poder llevar a cabo esta investigación.

Al laboratorio de ensayo de materiales (LEM), al personal técnico y administrativo por el apoyo continuo en el desarrollo experimental de mi trabajo de investigación

ÍNDICE

Resumen	5
Abstract.....	6
Prólogo.....	7
Lista de tablas	8
Lista de figuras.....	11
Lista de símbolos y siglas.....	13
Capítulo I: Introducción.....	14
1.1 Generalidades	14
1.2 Problemática	15
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo general	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Hipótesis.....	16
1.4.1 Hipótesis general.....	16
1.4.2 Hipótesis específicas	17
1.5 Antecedentes investigativos	17
Capítulo II: Marco teórico y conceptual.....	21
2.1 Concreto.....	21
2.1.1 Trabajabilidad del concreto.....	21
2.1.2 Clases de concreto	21
2.1.3 Concreto antideslave	21
2.1.4 Concreto vaciado método tremie	22
2.2 Cemento.....	22
2.3 Agregados	22
2.3.1 Agregado fino	23

2.3.2	Agregado grueso	23
2.4	Agua	23
2.5	Aditivos.....	23
2.5.1	Clasificación de los aditivos	23
2.5.2	Aditivo antilavado	24
2.5.3	Aditivos superplastificantes.....	25
Capítulo III: Materiales, propiedades y ensayos		26
3.1	Propiedades físicas de los agregados	26
3.1.1	Granulometría de los agregados	26
3.1.2	Peso unitario	29
3.1.3	Peso específico y absorción de agregados finos	30
3.1.4	Peso específico y absorción del agregado grueso.....	30
3.1.5	Contenido de humedad	32
3.1.6	Porcentaje que pasa la malla N°200.....	32
3.2	Resultados de las propiedades de los agregados.....	32
3.2.1	Propiedades del agregado fino	33
3.2.2	Propiedades del agregado grueso	34
3.3	Combinación de agregados por el método de máxima compacidad	35
3.3.1	Análisis granulométrico.....	37
3.4	Cemento.....	38
3.5	Aditivos.....	39
3.5.1	Aditivos usados	39
3.6	Agua.....	39
3.7	Colocación de concreto bajo agua.....	40
3.7.1	Método Tremie	40
3.7.2	Adaptación de método Tremie en laboratorio.	41
Capítulo IV: Diseño del concreto.....		42

4.1	Dosificación del concreto.....	42
4.2	Método de diseño	43
4.3	Diseño del concreto patrón	43
4.3.1	Cálculo de la cantidad del agua.....	44
4.3.2	Porcentaje de agregado grueso/fino según la resistencia.....	50
4.3.3	Dosificación del concreto patrón.....	58
4.4	Diseño del concreto con aditivo antideslave	62
4.4.1	Concreto de $a/c = 0.40$ con aditivo	63
4.4.2	Concreto de $a/c = 0.45$ con aditivo	67
4.4.3	Concreto de $a/c = 0.50$ con aditivo	68
Capítulo V: Ensayos y resultados del concreto en estado fresco.....		71
5.1	Propiedades del concreto en estado fresco	71
5.1.1	Ensayo de consistencia.....	71
5.1.2	Peso unitario	74
5.1.3	Fluidez de asentamiento.....	78
5.1.4	Contenido de aire	84
5.1.5	Tiempo de fragua	87
5.1.6	Ensayo de resistencia al lavado del concreto fresco.....	91
Capítulo VI: Ensayos y resultados del concreto en estado endurecido		94
6.1	Propiedades del concreto endurecido.....	94
6.1.1	Resistencia a la compresión axial.....	94
6.1.2	Resistencia a la tracción por compresión diametral	100
Capítulo VII: Análisis de resultados		103
7.1	Agregados	103
7.1.1	Agregado fino	103
7.1.2	Agregado grueso	103
7.1.3	Agregado global	103

7.2	Propiedades del concreto en estado fresco	104
7.2.1	Asentamiento	104
7.2.2	Peso Unitario	105
7.2.3	Fluidez de asentamiento.....	106
7.2.4	Contenido de aire	106
7.2.5	Tiempo de fragua	107
7.2.6	Ensayo de resistencia al lavado del concreto fresco.....	108
7.3	Propiedades del concreto en estado endurecido	109
7.3.1	Resistencia a la compresión axial.....	109
7.3.2	Resistencia a la tracción por compresión diametral	110
	Conclusiones.....	112
	Recomendaciones	115
	Referencias bibliográficas	116
	Anexos	121

Resumen

Esta investigación se centra en el estudio del comportamiento físico-mecánico del concreto antideslave utilizando los aditivos MasterMatrix UW 450 M y CPA DISPER WR en áreas con niveles freáticos elevados. El objetivo principal es analizar las propiedades físico-mecánicas de un concreto de resistencia mediana a alta utilizando aditivos antideslave, con el fin de aplicarlo en vaciados bajo el nivel freático. La hipótesis general plantea que el uso de estos aditivos mejorará las propiedades físico-mecánicas del concreto vaciado bajo el agua, previniendo el lavado del material cementante y del agregado fino, y manteniendo la resistencia del concreto.

El método de investigación aplicado es cuantitativo, específicamente un diseño experimental transversal correlacional-causal. Se emplearon tres porcentajes de aditivo MasterMatrix UW 450 M (0.40%, 0.98% y 1.56%) y un porcentaje constante de CPA DISPER WR (0.50% del peso del material cementante) para relaciones agua/cemento de 0.40, 0.45 y 0.50. Se evaluaron diversas propiedades como el asentamiento, peso unitario, fluidez de asentamiento, contenido de aire, tiempo de fraguado, pérdida de finos, resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días y resistencia a la tracción a los 28 días.

Los resultados indicaron que a medida que se incrementa la adición de MasterMatrix UW 450 M, el concreto presenta un buen desempeño bajo el agua con mínima pérdida de finos. Además, se observó que la resistencia a la compresión aumenta de manera proporcional al incremento de la dosificación de MasterMatrix UW 450 M.

Abstract

This research focuses on the study of the physical-mechanical behavior of anti-slump concrete using MasterMatrix UW 450 M and CPA DISPER WR admixtures in areas with high water table. The main objective is to analyze the physical-mechanical properties of a medium to high strength concrete using antislump admixtures, in order to apply it in pours below the water table. The general hypothesis is that the use of these admixtures will improve the physical-mechanical properties of concrete poured under water, preventing the washout of the cementitious material and fine aggregate, and maintaining the strength of the concrete.

The research method applied is quantitative, specifically a cross-sectional correlational-causal experimental design. Three percentages of MasterMatrix UW 450 M admixture (0.40%, 0.98% and 1.56%) and a constant percentage of CPA DISPER WR (0.50% of the weight of the cementitious material) were used for water/cement ratios of 0.40, 0.45 and 0.50. Various properties such as slump, unit weight, slump fluidity, air content, setting time, fines loss, compressive strength at 7, 14 and 28 days, and tensile strength at 28 days were evaluated.

The results indicated that as the addition of MasterMatrix UW 450 M is increased, the concrete performs well under water with minimal loss of fines. In addition, it was observed that the compressive strength increases proportionally to the increase in MasterMatrix UW 450 M dosage.

Prólogo

La presente tesis de investigación, titulada “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO VACIADO BAJO EL AGUA USANDO ADITIVO ANTIDESLAVE PARA CONCRETOS DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA”, se originó por la necesidad de entender las características del concreto antideslave, un material poco conocido en el Perú. Por ello, es esencial generar más información para que este tipo de vaciado se vuelva más común en nuestro país y se puedan aprovechar sus beneficios.

Los resultados de esta investigación están destinados a orientar a los profesionales de la construcción que trabajen en zonas con presencia de agua, ofreciéndoles una mejor alternativa para este tipo de construcciones. Así, podrán tener una comprensión más clara de las propiedades y beneficios del concreto antideslave.

Asesor

Lista de tablas

Tabla 1: Límites de granulometría para el agregado fino	26
Tabla 2: Límites de granulometría para el agregado grueso	27
Tabla 3: Peso mínimo de la muestra.....	31
Tabla 4: Propiedades físicas del agregado fino	33
Tabla 5: Granulometría del agregado fino.....	33
Tabla 6: Granulometría del agregado grueso.....	34
Tabla 7: Granulometría del agregado grueso.....	35
Tabla 8: resultados de ensayo de compacidad	36
Tabla 9: Granulometría del agregado global	37
Tabla 10: características del cemento sol tipo I	38
Tabla 11: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.	39
Tabla 12: Contenido de aire aproximado para diferentes TMN del agregado.....	43
Tabla 13: Diseño de mezcla para 270 litros de agua	44
Tabla 14: Diseño de mezcla para 280 litros de agua	44
Tabla 15: Diseño de mezcla para 290 litros de agua	45
Tabla 16: Cantidad de agua vs. asentamiento	45
Tabla 17: Diseño de mezcla para 260 litros de agua	46
Tabla 18: Diseño de mezcla para 270 litros de agua	46
Tabla 19: Diseño de mezcla para 280 litros de agua	47
Tabla 20: Cantidad de agua vs. asentamiento	47
Tabla 21: Diseño de mezcla para 250 litros de agua	48
Tabla 22: Diseño de mezcla para 260 litros de agua	48
Tabla 23: Diseño de mezcla para 270 litros de agua	49
Tabla 24: Cantidad de agua vs. asentamiento	49
Tabla 25: Resultados de la prueba de agua por relación a/c.	50
Tabla 26: Variación del %arena para probetas a los 7 días	51
Tabla 27: Diseño de mezcla con arena=47.7% y piedra=52.3%	51
Tabla 28: Diseño de mezcla con arena=50.7% y piedra=49.3%	51
Tabla 29: Diseño de mezcla con arena=53.7% y piedra=46.3%	51
Tabla 30: Resultado a la comprensión axial a los 7 días de curado.....	52
Tabla 31: Diseño de mezcla con arena=47.7% y piedra=52.3%	53
Tabla 32: Diseño de mezcla con arena=50.7% y piedra=49.3%	54

Tabla 33: Diseño de mezcla con arena=53.7% y piedra=46.3%	54
Tabla 34: Resultado a la comprensión axial a los 7 días de curado	54
Tabla 35: Diseño de mezcla con arena=47.7% y piedra=52.3%	56
Tabla 36: Diseño de mezcla con arena=50.7% y piedra=49.3%	56
Tabla 37: Diseño de mezcla con arena=53.7% y piedra=46.3%	56
Tabla 38: Resultado a la comprensión axial a los 7 días de curado	57
Tabla 39: Resumen de Porcentajes de los Agregados para cada a/c	58
Tabla 40: Propiedades físicas de los materiales	59
Tabla 41: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.40	61
Tabla 42: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.45	61
Tabla 43: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.50	62
Tabla 44: Densidad de los aditivos	63
Tabla 45: Diseño de concreto con relación a/c=0.40 y 0.40% de aditivo	66
Tabla 46: Diseño de concreto con relación a/c=0.40 y 0.98% de aditivo	66
Tabla 47: Diseño de concreto con relación a/c=0.40 y 1.56% de aditivo	67
Tabla 48: Diseño de concreto con relación a/c=0.45 y 0.40% de aditivo	67
Tabla 49: Diseño de concreto con relación a/c=0.45 y 0.98% de aditivo	68
Tabla 50: Diseño de concreto con relación a/c=0.45 y 1.56% de aditivo	68
Tabla 51: Diseño de concreto con relación a/c=0.50 y 0.40% de aditivo	69
Tabla 52: Diseño de concreto con relación a/c=0.50 y 0.98% de aditivo	69
Tabla 53: Diseño de concreto con relación a/c=0.50 y 1.56% de aditivo	70
Tabla 54: Variación de asentamientos respecto al concreto patrón a/c = 0.40 ..	72
Tabla 55: Variación de asentamientos respecto al concreto patrón a/c = 0.45 ..	73
Tabla 56: Variación de asentamientos respecto al concreto patrón a/c = 0.50 ..	73
Tabla 57: Variación porcentual de los pesos unitarios para a/c=0.40	75
Tabla 58: Variación porcentual de los pesos unitarios para a/c=0.45	76
Tabla 59: Variación porcentual de los pesos unitarios para a/c=0.50	77
Tabla 60: Índice de estabilidad visual	80
Tabla 61: Fluidez de asentamiento del concreto para a/c=0.40	81
Tabla 62: Índice de estabilidad visual	81
Tabla 63: Fluidez de asentamiento del concreto para a/c=0.45	82
Tabla 64: Índice de estabilidad visual	82
Tabla 65: Fluidez de asentamiento del concreto para a/c=0.50	83
Tabla 66: Índice de estabilidad visual	83
Tabla 67: Ensayo de contenido de aire para un a/c=0.40	85

Tabla 68: Ensayo de contenido de aire para un $a/c=0.45$	85
Tabla 69: Ensayo de contenido de aire para un $a/c=0.50$	86
Tabla 70: Variación del tiempo de fragua respecto al patrón ($a/c = 0.40$).....	88
Tabla 71: Variación del tiempo de fragua respecto al patrón ($a/c = 0.45$).....	89
Tabla 72: Variación del tiempo de fragua respecto al patrón ($a/c = 0.50$).....	90
Tabla 73: Resumen de la pérdida de finos del Concreto Antideslave.....	92
Tabla 74: Resumen de resultados de compresión axial a los 7, 14 y 28 días. ...	95
Tabla 75: Resistencia a la compresión axial a los 28 días.	97
Tabla 76: Variación porcentual de la resistencia respecto al concreto patrón. ...	98
Tabla 77: Variación porcentual de la resistencia a la tracción diametral.	101
Tabla 78: Resumen de resultados de asentamiento.	104
Tabla 79: Resumen de resultados de peso unitario	105
Tabla 80: Resumen de resultados de fluidez de asentamiento.	106
Tabla 81: Resumen de resultados de contenido de aire	106
Tabla 82: Resumen de resultados del tiempo de fragua	108
Tabla 83: Resultados del ensayo de resistencia al lavado del concreto.....	108
Tabla 84: Resumen de los resultados de resistencia a la compresión	110
Tabla 85: Resistencia a la tracción a los 28 días.	111

Lista de figuras

Figura 1: Curva granulométrica del agregado fino	34
Figura 2: Curva granulométrica del agregado grueso	35
Figura 3: Combinación de agregados por el criterio de máxima compacidad.....	36
Figura 4: Curva Granulométrica del agregado global.....	38
Figura 5: Sistema tremie.....	40
Figura 6: Esquema general del vaciado bajo agua en laboratorio.....	41
Figura 7: Agua vs. Asentamiento	45
Figura 8: Agua vs. Asentamiento	47
Figura 9: Agua vs. Asentamiento	49
Figura 10: Curva de resistencia vs. % arena.....	52
Figura 11: Curva de resistencia vs. % de arena – P.U.C	53
Figura 12: Curva de resistencia vs. % arena.....	55
Figura 13: Curva de resistencia vs. % de arena – P.U.C	55
Figura 14: Curva de resistencia vs. % arena.....	57
Figura 15: Curva de resistencia vs. % de arena – P.U.C	58
Figura 16: Asentamientos en porcentaje y pulgadas para $a/c=0.40$	72
Figura 17: Asentamientos en porcentaje y pulgadas para $a/c=0.45$	73
Figura 18: Asentamientos en porcentaje y pulgadas para $a/c=0.50$	74
Figura 19: Ensayo de Peso Unitario y % de Variación para $a/c=0.40$	76
Figura 20: Ensayo de Peso Unitario y % de Variación para $a/c=0.45$	77
Figura 21: Ensayo de Peso Unitario y % de Variación para $a/c=0.50$	78
Figura 22: Ensayo de fluidez de asentamiento y Viscosidad para $a/c= 0.40$	81
Figura 23: Ensayo de fluidez de asentamiento y Viscosidad para $a/c= 0.45$	82
Figura 24: Ensayo de fluidez de asentamiento y Viscosidad para $a/c= 0.50$	83
Figura 25: Contenido de aire y % de variación para $a/c=0.40$	85
Figura 26: Contenido de aire y % de variación para $a/c=0.45$	86
Figura 27: Contenido de aire y % de variación para $a/c=0.50$	87
Figura 28: Ensayo de tiempo de fragua para una $a/c= 0.40$	89
Figura 29: Ensayo de tiempo de fragua para una $a/c= 0.45$	90
Figura 30: Ensayo de tiempo de fragua para una $a/c= 0.50$	91
Figura 31: Pérdida de finos vs. dosificación de aditivo para diferentes a/c	93
Figura 32: Resistencia a la compresión para $a/c=0.40$	95

Figura 33: Resistencia a la compresión para $a/c=0.45$	96
Figura 34: Resistencia a la compresión para $a/c=0.50$	96
Figura 35: Resistencia del concreto patrón y aditivos a los 28 días.	97
Figura 36: Variación porcentual de la resistencia para la relación $a/c=0.40$	98
Figura 37: Variación porcentual de la resistencia para la relación $a/c=0.45$	99
Figura 38: Variación porcentual de la resistencia para la relación $a/c=0.50$	99
Figura 39: Resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días. ...	101
Figura 40: Variación porcentual de la tracción diametral a los 28 días.....	102

Lista de símbolos y siglas

- ASTM: American Society for Testing and Materials.
- ACI: American Concrete Institute.
- NTP: Norma Técnica Peruana.
- P_{e_m} : Peso específico de masa.
- $P_{e_{sss}}$: Peso específico de masa saturado superficialmente seco.
- P_{e_a} : Peso específico aparente.
- Ab: Absorción.
- P.U.S.: Peso unitario suelto.
- P.U.C.: Peso unitario compactado.
- T.M.: Tamaño máximo.
- T.M.N.: Tamaño máximo nominal.
- M.F.: Módulo de finura.
- a/c: agua/cemento.
- f'_c : Esfuerzo máximo de compresión en el concreto.
- D.S.: Diseño seco.
- D.U.S.: Diseño unitario seco.
- D.O.: Diseño húmedo o diseño de obra.
- D.U.O.: Diseño unitario de obra.
- V.S.I.: Índice de estabilidad visual.
- T_{50} : Tiempo en el que el concreto alcanza un diámetro de 50cm.
- T.F.I.: Tiempo de fragua inicial.
- T.F.F.: Tiempo de fragua final.
- BASF: Badische Anilin und Soda Fabrik

Capítulo I: Introducción

1.1 Generalidades

La ingeniería de construcción ha evolucionado y enfrenta nuevos desafíos, en muchos casos, las estructuras se encuentran en condiciones desfavorables para su construcción, como en sitios de difícil acceso o en situaciones perjudiciales para el concreto en estado fresco, como áreas inundadas o bajo agua. En estos casos, se necesita asegurar la estructura, evitando por ejemplo la instalación de pilotes hincados prefabricados y reduciendo costos asociados a procesos de colocación complicados. Aquí es donde el concreto antideslave se presenta como la mejor alternativa (Cemex, 2016).

En general el diseño de este tipo de concretos ha considerado las pérdidas de resistencia derivadas de lavado de finos (cementantes y agregados de finos) durante el contacto con el agua (Zanelli y Fernández, 2014).

Antes del desarrollo del concreto antideslave, ya existían diversos métodos para llevar a cabo construcciones bajo el agua. Uno de estos métodos implica bombear el agua del área de trabajo para crear un espacio seco donde verter el concreto, evitando así las complicaciones de vaciarlo directamente en el agua. Sin embargo, desde las últimas décadas del siglo pasado, se han utilizado aditivos superplastificantes y modificadores de viscosidad que eliminan la necesidad de bombear el agua y contrarrestan los efectos negativos de la colocación directa. Estos aditivos confieren al concreto las propiedades requeridas para ser colocado bajo el agua, como la resistencia a la segregación gracias al modificador de viscosidad y la capacidad de auto compactación proporcionada por el aditivo superplastificante.

Para llevar a cabo el vaciado de este tipo de concreto utilizando aditivos, se requiere emplear métodos apropiados como el método Tremie. Este método implica verter concreto en el encofrado sumergido a través de un tubo conocido como tubo Tremie.

El principio de este método es que el concreto se vierte por una tubería o tubo por encima de la superficie y es forzado a entrar por su propio peso en el tubo. El tubo está rematado por una tolva ('tremie' en francés) y todo está suspendido de un escenario o marco, montado de manera que se puede mover verticalmente cuando se sostiene. A medida que sube el vertido, se pueden quitar

secciones del tubo para facilitar el trabajo. El diámetro conveniente para el tubo es de 8 a 16 veces el tamaño máximo del agregado (Mehta, Pitroda y Bhavsar, 2015).

1.2 Problemática

Con el pasar del tiempo aumentó la complejidad de las estructuras a construir en distintos lugares del planeta; desde gigantescos edificios en altura hasta majestuosas obras de infraestructura como puentes, túneles, autopistas, presas y complejos hidráulicos, entre muchas otras. Las dificultades que se plantearon no se superaron únicamente en el diseño estructural sino también en el campo de la construcción, y por ende en el desarrollo de materiales más robustos que han sido capaces de satisfacer los más exigentes requerimientos técnicos (Díaz, 2015).

En líneas generales, muchas de las estructuras que se construyeron, en algún momento enfrentaron dificultades propias de vaciar concreto en condiciones adversas, específicamente, cuando se tuvo contacto directo, y a veces prolongado con el agua, tanto de manera estática como en movimiento (Zanelli, C y Fernández, 2014).

El contacto con agua trajo problemas en el concreto como el lavado de materiales cementantes y agregados finos, aumento de la relación agua cemento (a/c), aumento de la segregación, disminución de la viscosidad y cohesión, lo que llevo a concretos de muy baja calidad, es así como las mezclas se solían sobre diseñar y por consiguiente aumentar su costo (Macedo y Miranda, 2016).

En casos de presencia de agua, el proceso constructivo tradicional implica el retiro de agua, lo que llevaba a realizar un estudio hidrológico para determinar la cantidad de agua del terreno y de esa forma el número de bombas (Macedo y Miranda, 2016).

Sin embargo, otra solución es el uso de aditivos químicos (aditivo antideslave) cuya evolución ha permitido aumentar la viscosidad y cohesión del concreto y por consiguiente mejorar significativamente su resistencia a la segregación (Llanto, 2021).

El aditivo antideslave es una innovación en las características de un concreto al cual se ha investigado muy poco en el Perú, siendo de suma

importancia la introducción de nuevas tecnologías para mantenernos en la vanguardia constructiva (Irigoín, 2021).

Por tanto, la presente tesis es una investigación acerca del uso de aditivo antideslave, en concretos de mediana a alta resistencia (usando relaciones de a/c 0.40, 0.45 y 0.50) esto con el objetivo de estudiar sus beneficios ante los problemas mencionados anteriormente.

Esta nueva propiedad antideslave es muy necesaria para satisfacer algunas necesidades y sortear dificultades en obra, pero la gran interrogante es: ¿En qué medida varían las propiedades físico-mecánicas del concreto de mediana a alta resistencia vaciado bajo el agua usando un aditivo antideslave?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Estudiar y analizar las propiedades físico-mecánicas del concreto de mediana a alta resistencia usando aditivo antideslave con la finalidad de aplicarlo para vaciados en zonas con niveles freáticos altos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la variación de las propiedades del concreto antideslave en estado fresco respecto al concreto patrón (0% aditivo).
- Determinar en qué medida varía las propiedades del concreto en estado endurecido como la resistencia a compresión y tracción del concreto antideslave para zonas con nivel freático.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

- Las propiedades físico-mecánicas del concreto vaciado bajo el agua mejoraran con el aditivo antideslave esperando que el uso de este aditivo permita obtener un concreto el cual pueda vaciarse bajo el nivel freático y al mismo tiempo evitando un impacto en la resistencia y el lavado de material cementante y agregado fino.

1.4.2 Hipótesis específicas

- El cambio en las propiedades del concreto antideslave en estado fresco es directamente determinado por el aditivo antideslave, Esperando con ello que la pérdida de finos sea menor con referencia a la del concreto patrón.
- La resistencia a la compresión y tracción del concreto antideslave para zonas con nivel freático alto, varía en más del 5% comparado con el concreto patrón.

1.5 Antecedentes investigativos

Sonebi, Bartos y Khayat (1999), en su investigación titulada “Assessment of washout resistance of underwater concrete a comparison between CRD C61 and new MC-1 tests” cuyos objetivos fueron comparar el rendimiento es decir la repetibilidad y la sensibilidad de dos métodos diferentes para evaluar la resistencia al lavado del concreto fresco bajo el agua, el ensayo estándar estadounidense CRD C61 y el ensayo MC-1. También se investigó el efecto de la dosificación del aditivo antilavado y el superplastificante. Desarrollando la trabajabilidad en términos de asentamiento y el flujo de asentamiento y la resistencia al lavado medida por los dos métodos la prueba estándar CRD C61 y la prueba MC-1. fueron particularmente sensibles a los cambios en las dosis del aditivo antilavado y del superplastificante. Concluyendo que los coeficientes de variación de los ensayos de repetibilidad de la trabajabilidad del concreto sumergido determinados por el asentamiento y el flujo de asentamiento son pequeños 1.9% y 2.4%. El coeficiente de variación de la pérdida de masa por lavado obtenido con el ensayo MC-1 es mayor que el del CRD C61 12.7% frente al 5% pero la variación de los resultados obtenidos con el aparato MC-1 se considera aceptable. La pérdida de masa por lavado esta influenciada por las concentraciones del aditivo antilavado y la dosis del superplastificante.

Sonebi y Tamimi (2000), en su investigación titulada “Application of factorial models to predict the effect of anti-washout admixture, superplasticizer and cement on slump, flow time and washout resistance of underwater concrete” cuyo objetivo principal fue desarrollar y evaluar un diseño experimental factorial para optimizar los parámetros que tienen un efecto significativo sobre el asentamiento, el tiempo de flujo medido por ensayo orimet y la resistencia al lavado del hormigón subacuático. Tales modelos ilustraron la importancia relativa de los parámetros primarios de la mezcla y la interacción bidireccional de tales

parámetros sobre las propiedades del concreto necesarios para garantizar el éxito de la colocación bajo el agua. Desarrollando un estudio sobre el efecto del aditivo antilavado, el superplastificante y la dosis de cemento sobre las propiedades en el concreto fresco se utilizó un diseño estadístico experimental para medir la influencia de dos niveles diferentes de cada variable en el asentamiento del concreto fresco, la resistencia al lavado y el tiempo de flujo. Concluyendo que el asentamiento está influenciado, en orden de importancia, por la dosificación del superplastificante, la dosificación de cemento y la concentración del aditivo antilavado. la pérdida de masa se vio afectada en orden de importancia por la concentración del aditivo antilavado, dosificación de cemento, superplastificante y la interacción entre la concentración del aditivo antilavado y la dosificación de cemento.

Macedo y Miranda (2016), en su investigación titulada “Diseño de concreto antideslave, para vaciados en zonas con presencia de nivel freático alto con uso de aditivos, en la ciudad de Arequipa” cuyos objetivos fueron realizar el estudio y análisis del Concreto Antideslave con aditivos, mediante ensayos de laboratorio, para ser empleado en zonas con presencia de nivel freático alto, así también se propuso diseños para resistencias de 175 kg/cm², 210 kg/cm², y 280 kg/cm² para asegurar la resistencia a compresión y evitar el lavado excesivo de material fino, desarrollando diseños de mezcla patrón o de línea base mediante dos métodos diferentes, el recomendado por el ACI 211 y el método de máxima compacidad a resistencias de 175 kg/cm², 210 kg/cm² y a 280 kg/cm², luego se añadió aditivos en tres proporciones diferentes y con dos tipos diferentes de aditivos, cuyo efecto en la mezcla fue diferente, es así que se conoció las respuestas de ellos en los diseños planteados usando materiales de la ciudad de Arequipa, concluyendo que se logra obtener un concreto antideslave con características que obtengan menos de 6.5 % de lavado de partículas finas, slump flow superior a 300 mm, y resistencias adecuadas, usando dosificaciones entre 10 y 15%, y 1.4% a 2.1% de Sika Fume y Eucon AWA respectivamente. Además, Sika Fume en su dosificación al 15% llegó a incrementar la resistencia a la compresión a los 28 días hasta un 22% de la resistencia a la que fue diseñada (280kg/cm²) usando el método ACI 211, mientras que Eucon AWA solo respondió hasta un 12% más, bajo el mismo método, la misma edad, y una resistencia de diseño de 210 kg/cm².

Llantoy (2021), desarrolló la investigación titulada “Comportamiento físico mecánico del concreto antideslave con aditivo euco akua e hiperplastificante para zonas con nivel freático” cuyo objetivo general fue determinar el comportamiento físico mecánico del concreto antideslave con aditivo Euco Akua e hiperplastificante para zonas con nivel freático, tuvo por hipótesis general que el comportamiento físico mecánico del concreto antideslave mejora con los aditivos Euco Akua e hiperplastificante para zonas con nivel freático. El método de la investigación fue cuantitativo de tipo aplicado de nivel experimental, concluyéndose que la adición de los aditivos Euco Akua e hiperplastificante en la dosificación de la mezcla de un diseño antideslave mejoran el comportamiento físico mecánico del concreto antideslave en las zonas con nivel freático. El comportamiento físico mecánico en estado fresco del concreto antideslave fue directamente determinado por la adición de aditivo Euco Akua e hiperplastificante para zonas con nivel freático, ya que el inicio y final del tiempo de fragua se redujo en un 40.31% y 41.06% respectivamente, esto en comparación al concreto patrón. Asimismo, estadísticamente el tiempo de fragua del concreto con aditivo Euco Akua e hiperplastificante difirió de forma significativa del tiempo de fragua del concreto patrón. El comportamiento físico mecánico en estado endurecido del concreto antideslave varió directamente por la dosificación de los aditivos Euco Akua e hiperplastificante, puesto que en relación con el concreto patrón la resistencia a la compresión se incrementó en un 71.2% en el concreto curado en laboratorio, y 116.79% en el concreto curado a temperatura ambiente asimismo la resistencia a la compresión estadísticamente si difirió de forma relevante entre concreto patrón y el concreto con aditivos.

Díaz y Soberón (2019), en su investigación titulada “Concreto antideslave con incorporación de aditivos para vaciado en estructuras bajo nivel freático alto - distrito de Jaén” cuyos objetivos fueron elaborar concreto antideslave con incorporación de Microsilice (Sika Fume) y aditivo superplastificante (Sika Viscocrete 1110 - PE) mediante ensayos en condiciones de laboratorio para ser usado en estructuras bajo nivel freático alto, se evaluó la pérdida de finos del concreto antideslave en todas sus proporciones consideradas en los diseños de mezcla. Desarrollando un estudio cuidadoso de los componentes que formaron el concreto, además se siguió la metodología de diseño propuesta por el ACI 237R-07, con la optimización de la pasta y el esqueleto granular por separado, se realizó mezclas de prueba para posteriormente establecer los diseños adecuados. Se

trabajó con tres porcentajes de adición de Microsílice: 6%, 10% y 14% en peso del material cementante manteniendo la misma relación a/c de 0.45, evaluando propiedades como fluidez, viscosidad, capacidad de relleno, capacidad de paso, pérdida de finos y finalmente la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. Concluyendo que se logra obtener mejores resultados con la dosificación de 14% de adición de Microsílice y 2% de aditivo superplastificante con pérdidas de finos de 1.29% y resistencia a la compresión a los 28 días de 656.22 kg/cm². De la evaluación del ensayo de resistencia a la compresión se obtuvo las siguientes resistencias a los 28 días: 556.69 kg/cm², 609.63 kg/cm², 656.22 kg/cm² en las dosificaciones de 6%, 10% y 14% de microsílice respectivamente.

Sikandar, Wazir, Khan, Nasir, Ahmad y Alam (2020), en su investigación titulada "Effect of various anti-washout admixtures on the properties of non-dispersible underwater concrete" cuyo objetivo fue investigar la eficacia del uso de varios aditivos modificadores de la viscosidad como aditivos antilavado (AWA) para fabricar concreto subacuático no dispersable. Desarrollando un estudio donde se utilizaron tres tipos de aditivos antilavado categorizados como polímeros naturales, semisintéticos y sintéticos, que incluyen la goma arábiga (GA), la goma xantana (XG), el polímero superabsorbente (SAP), el almidón modificado (MS) y el veegum (VG), el rendimiento de las mezclas de antilavado se evaluó en términos de rendimiento mecánico, resistencia al lavado y fenómenos físicos como el sangrado. Concluyendo que los mejores resultados del rendimiento mecánico se obtuvieron con los polisacáridos naturales (GA, XG) y las mezclas basadas en SAP. A partir de los resultados de la capacidad de sangrado se reveló que todos los concreto con aditivos antideslave son capaces de controlar las propiedades relacionadas con el sangrado, GAC, XGC Y SAPC mostraron los valores más bajos de la capacidad de sangrado, la absorción de agua por parte de las moléculas de cadena larga de los AWAS basados en polisacáridos y la capacidad de retención de agua de las partículas de SAP condujeron a aumentar la capacidad de suspensión de las partículas de las mezclas, la mayor reducción de la pérdida por lavado se observó en GAX. XGC y SAPC respectivamente.

Capítulo II: Marco teórico y conceptual

2.1 Concreto

El concreto es un material compuesto por una mezcla de cemento, piedra o agregado grueso, arena o agregado fino, agua y, a veces, aditivos. Al principio, esta mezcla tiene una estructura plástica y moldeable, pero con el tiempo se endurece, adquiriendo propiedades aislantes y una gran resistencia (Varas, 2018).

2.1.1 Trabajabilidad del concreto

La trabajabilidad del concreto se refiere a la facilidad o dificultad que se encuentra al mezclar, transportar, colocar y compactar el material. Esta propiedad del concreto está influenciada por varios factores, como el porcentaje de materiales finos, la cantidad de agua y la proporción adecuada entre los agregados gruesos y finos (Torre, 2004).

El ensayo de asentamiento, conocido como "Slump", es el método más común para medir la trabajabilidad del concreto. Sin embargo, es crucial tener en cuenta que esta prueba no mide directamente la trabajabilidad, sino que evalúa la uniformidad de la mezcla. Es posible obtener concretos con un "Slump" similar, pero con diferentes grados de trabajabilidad.

2.1.2 Clases de concreto

Existen diversos tipos de concreto dependiendo de su aplicación y requisitos, tales como: concreto simple, concreto ciclópeo, concreto estructural, concreto armado, concreto premezclado, concreto bombeado, concretos livianos, concretos pesados, concretos normales y concreto prefabricado concreto antideslave.

2.1.3 Concreto antideslave

El concreto antideslave es aquel concreto cuya cohesividad y viscosidad conseguida a través de la incorporación de algún material o proceso, inhibe el efecto que el agua produce cuando entra en contacto con este, para evitar el lavado y dispersión de las fracciones finas, produciendo daño en la calidad del concreto, aumento significativo de la contaminación ambiental en el lugar de vaciado e incertidumbre en los resultados obtenidos, afectando durabilidad, confiabilidad de la resistencia (Macedo y Miranda, 2016).

2.1.4 Concreto vaciado método tremie

En comparación con el concreto convencional, que requiere vibración después de su colocación para eliminar el aire atrapado y producir un material denso, el concreto tremie tiene que ser autocompactante, por tanto, difiere en algunos parámetros como la trabajabilidad. Puede afirmarse que el hormigón tremie puede compararse con el hormigón super trabajable debido a los requisitos similares de autocompactación (Beckhaus, Larisch y Alehossein, 2011).

2.2 Cemento

Es un material pulverizado producido artificialmente a partir de una mezcla de caliza, arcilla y otros minerales, que se muele y homogeniza finamente antes de ser sometida a altas temperaturas en hornos rotativos o verticales, donde se forma el clinker. El clinker es un producto intermedio al que se le añade un 5% de yeso para crear un producto hidráulico que puede fraguar y endurecer al contacto con el agua; este producto se conoce como cemento.

El cemento Portland, patentado por primera vez en 1824 por Joseph Aspdin, es el tipo de cemento más utilizado en la construcción y presenta la siguiente distribución de compuestos principales (Vásquez, 2019).

- Silicato Tricálcico: 3CaO SiO_2 30% al 50% (C_3S)
- Silicato Dicálcico: 2CaO SiO_2 15% al 30% (C_2S)
- Aluminato Tricálcico: $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$ 4% al 12% (C_3A)
- Ferro Aluminato Tetracálcico: $4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_2\text{O}_3$ 8% al 13% (C_4AF)

2.3 Agregados

Los agregados son una parte esencial de la mezcla de concreto, representando aproximadamente el 65% del volumen total. Por esta razón, las propiedades de los agregados son de suma importancia en comparación con los otros componentes de la mezcla de concreto. En la mezcla de concreto se utilizan dos tipos de agregados: el agregado fino y el agregado grueso, cada uno con sus propias características (Zavala, 2019).

2.3.1 Agregado fino

Según la NTP 400.037:2021, el agregado fino es el material resultante de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa completamente por el tamiz estandarizado de 9.5 mm (malla 3/8") y que cumple con los límites especificados en dicha norma.

2.3.2 Agregado grueso

Según la NTP 400.037:2021, Es el agregado resultante de la desintegración natural o artificial de las rocas, que queda retenido en el tamiz estandarizado de 4.75 mm (malla N°4) y que cumple con los límites especificados en la norma correspondiente.

2.4 Agua

Es un componente esencial en la fabricación de concreto y mortero debido a su importante función tanto en estado fresco como endurecido. Usualmente, se destaca su papel en relación con la cantidad necesaria para proporcionar una adecuada relación agua/cemento, que satisface las necesidades de trabajabilidad y el desarrollo en las propiedades del concreto endurecido (Abanto, 2009).

2.5 Aditivos

Son sustancias, ya sean orgánicas o inorgánicas, que se incorporan a la mezcla durante o después de la formación de la pasta de cemento, y que tienen la capacidad de alterar de manera específica ciertas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto (Pasquel, 1998).

Según la Norma ASTM C-125, un aditivo se define como "un material que, aparte del agua, agregado, cemento hidráulico o fibra de refuerzo, se utiliza como componente del mortero o concreto, y se incorpora a la mezcla justo antes o durante su mezclado.

2.5.1 Clasificación de los aditivos

Los aditivos se clasifican según la Norma ASTM C-494 y el ACI 212 de la siguiente manera:

Según la Norma ASTM C-494:

- TIPO A: Reductores de agua.

- TIPO B: Retardadores de fragua.
- TIPO C: Acelerantes.
- TIPO D: Reductores de agua-retardadores de fragua.
- TIPO E: Reductores de agua – acelerantes.
- TIPO F: Reductores de agua de alto rango.
- TIPO G: Reductores de agua de alto rango-acelerantes.

Según el ACI 212, los aditivos se clasifican según sus efectos o los tipos de materiales constituyentes en:

- Acelerantes.
- Incorporadores de aire.
- Reductores de agua y reguladores de fragua.
- Aditivos minerales.
- Modificadores de viscosidad
- Generadores de gas.
- Aditivos para inyecciones.
- Productores de expansión.
- Ligantes.
- Ayudas para bombeo.
- Colorantes.
- Floculantes.
- Impermeabilizantes.

2.5.2 Aditivo antilavado

El aditivo antideslave es un aditivo líquido en base a celulosa que tiene una acción tixotrópica con el concreto, es decir, permite su endurecimiento después de su colocación bajo el agua. Este aditivo impide la penetración del agua del exterior al concreto en estado fresco, otorgándole una mayor resistencia al lavado de finos y a la exudación (Irigoin, 2021).

2.5.2.1 MasterMatrix UW 450 M

MasterMatrix UW 450 M es un aditivo antideslave patentado, listo para su uso a base de celulosa especialmente formulada para aplicaciones de concreto bajo agua. El concreto que contiene MasterMatrix UW 450 M exhibe una resistencia superior al deslave de cemento y agregados finos, mientras que impide la penetración del agua exterior en el concreto en estado plástico. MasterMatrix UW 450 M cumple con los requisitos de la norma del Cuerpo de Ingenieros de EEUU CRD-C 661-06, especificación para aditivos antideslave para concreto.

2.5.3 Aditivos superplastificantes

Según la norma ASTM C494, los superplastificantes se dividen en tipo F, que tiene fraguado normal, y tipo G, que tiene fraguado retardado. El tipo F se recomienda para climas fríos y con cemento tipo I, mientras que el tipo G se utiliza en climas cálidos y en concretos masivos que requieren alta trabajabilidad.

2.5.3.1 Cpa Disper WR

El diseño de este producto está orientado a mejorar la reología, lo que a su vez optimiza la trabajabilidad, bombeabilidad y colocación del concreto. Facilita la producción de concretos altamente fluidos y de alta resistencia, manteniendo una buena consistencia. Cpa Disper WR cumple con las especificaciones de la ASTM C494 para la clasificación tipo G, siendo un aditivo reductor de agua de alto rango.

Capítulo III: Materiales, propiedades y ensayos

El agregado fino fue extraído de la cantera de formación fluvial TRAPICHE situada en el margen derecho del río Chillón, cerca del Km. 39 de la carretera Canta en el distrito de Carabayllo departamento Lima, latitud 11° 46' 50.54" S y longitud 76° 57' 36.89" O, mientras que el agregado grueso provino de la cantera de formación coluvial JICAMARCA de UNICON situada en Lurigancho – Chosica departamento Lima, latitud 11°57'40.69" S y longitud 76°53'40.48" O. Los ensayos se realizaron en el LEM de la FIC UNI acreditado por la ISO 9001:2015.

3.1 Propiedades físicas de los agregados

En este apartado, describiremos las características físicas de los agregados, las cuales desempeñan un papel fundamental para la dosificación apropiada de la mezcla de concreto. Estas propiedades serán evaluadas a través de los ensayos descritos a continuación.

3.1.1 Granulometría de los agregados

Según la NTP 400.012:2021 La granulometría de los agregados es la disposición de los tamaños de partículas en los cuales una muestra con una masa conocida se hace pasar por una serie de tamices normalizados, comenzando desde los que tienen una apertura más grande hasta los que tienen una apertura más pequeña.

La norma ASTM C-33:2018 o NTP 400.037:2021 define las restricciones en la distribución de tamaños de partículas tanto para el agregado fino (consultar tabla N°1) como para el agregado grueso (ver tabla N°2).

Tabla 1: Límites de granulometría para el agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
0.6 mm (N° 30)	25 a 60
0.3 mm (N° 50)	05 a 30
0.15 mm (N° 100)	0 a 10

Nota. Fuente: Norma técnica peruana NTP 400.037:2021

Tabla 2: Límites de granulometría para el agregado grueso

Huso	Tamaño máximo 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 (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5 mm (3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 1/2 pulg a 1 1/2 pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2 pulg a 3/4 pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	...
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 pulg a 1/2 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	...
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	0 a 10	0 a 5	...	...	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	...
67	19,0 mm a 4,75 mm (3/4 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...
89	9,5 mm a 1,18 mm (3/8 pulg a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9A	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Nota. Fuente: Norma técnica peruana NTP 400.037:2021

3.1.1.1 Tamaño máximo

Según la NTP 400.037:2021 el tamaño máximo se determina por el tamiz más pequeño a través del cual toda la muestra de agregado grueso puede pasar.

3.1.1.2 Tamaño máximo nominal

Según la NTP 400.037:2021 es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre 5% y 15%

Según el ACI 304R, El tamaño máximo de los agregados comúnmente empleado en construcciones reforzadas bajo agua es de 3/4 de pulgada. En caso de estar de acuerdo con los requisitos de espaciamiento del refuerzo y la conservación de la facilidad de manejo del concreto, se pueden considerar agregados más grandes de 1 pulgada. Para colocaciones sin refuerzo, el tamaño máximo de los agregados debe limitarse a 1-1/2 pulgadas.

Dado que las pautas generales para el concreto bombeado son aplicables para el método tremie, se tomó en consideración la siguiente recomendación.

Según el ACI 304R el máximo tamaño de agregado grueso está limitado a 1/3 del diámetro más pequeño de la bomba o tubería. Para agregado redondeado debería ser limitado a 2/5 de estos diámetros.

3.1.1.3 Módulo de finura

Según la NTP 400.011 es el factor que se calcula al sumar los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie 6", 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, y luego se divide el resultado entre 100. Según la NTP 400.037:2021 el módulo de fineza del agregado fino no será menor de 2,3 ni mayor de 3,1.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados reten. } (6, 3, 1\frac{1}{2}, \frac{3}{4}, \frac{3}{8}, N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Donde:

MF = Módulo de finura.

3.1.2 Peso unitario

Según la NTP 400.017 Se describe como la cantidad de material seco requerida para ocupar un recipiente de volumen unitario. Este puede ser suelto y compactado.

3.1.2.1 *Peso unitario suelto (P.U.S)*

- Obtener la muestra de acuerdo con la NTP 400.010
- Reducir la cantidad de la muestra a tamaño de ensayo según NTP 400.043
- La muestra será 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar el recipiente.
- Secar en horno la muestra del agregado a 110°C +-5°C por un tiempo aproximadamente 24 horas
- Verter el agregado desde una altura que no exceda los 50 mm por encima de la parte superior del recipiente y después eliminar el exceso de agregado utilizando una regla.
- Determinar el peso del recipiente más la muestra seca, y el peso del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de +-0,05 kg

El cálculo del peso unitario suelto se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$P.U.S = \frac{\text{peso del material suelto}}{\text{volumen del recipiente}}$$

3.1.2.2 *Peso unitario compactado (P.U.C)*

- Obtener la muestra de acuerdo con la NTP 400.010
- Reducir la cantidad de la muestra a tamaño de ensayo según NTP 400.043
- La muestra será 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar el recipiente.
- Secar en horno la muestra del agregado a 110°C +-5°C por un tiempo aproximadamente 24 horas
- Llenar el recipiente con el agregado en tres capas aplicando 25 golpes en cada capa con una varilla de 5/8" de diámetro, nivelar y enrasar.
- Pesarse el recipiente con la muestra y el recipiente vacío.

El cálculo del peso unitario suelto se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$P.U.C = \frac{\text{peso del material compactado}}{\text{volumen del recipiente}}$$

3.1.3 Peso específico y absorción de agregados finos

Según la NTP 400.022 Se definen los procedimientos para calcular el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción de agregado fino, con el propósito de emplear estos datos en el cálculo y corrección de diseño de mezclas.

- Peso específico de masa (Pe_m)

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

- Peso específico de masa saturado superficialmente seco (Pe_{sss})

$$Pe_{sss} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100$$

- Peso específico aparente (Pe_a)

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

- Porcentaje de absorción (Ab)

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

Donde:

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno en gramos.

V = Volumen del frasco en cm^3

V_a = Peso en gramos o volumen en cm^3 de agua añadida en el frasco.

3.1.4 Peso específico y absorción del agregado grueso

Según la NTP 400.021 se definen los procedimientos para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso, con el propósito de utilizar

estos datos en el cálculo y corrección de diseño de mezclas. El peso específico saturado con superficie seca y la absorción son basados en agregados que con antelación fueron remojados en agua por 24 horas aproximadamente. Donde el peso mínimo de la muestra de ensayo se presenta en la tabla 3.

Tabla 3: Peso mínimo de la muestra

Tamaño máximo nominal	Peso mínimo – muestra de ensayo
mm (pulg)	kg (lb)
12,5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
112(4 ½)	50 (110)
125 (5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

Nota. Fuente: Norma técnica peruana NTP 400.021

A continuación, se presentan las ecuaciones que representan los resultados posteriores a la ejecución de los procedimientos.

- Peso específico de masa (Pe_m)

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

- Peso específico de masa saturado superficialmente seco (Pe_{sss})

$$Pe_{sss} = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

- Peso específico aparente (Pe_a)

$$Pe_a = \frac{A}{A - C} \times 100$$

- Absorción (Ab)

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

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire en gramos

B = Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca en el aire en gramos

C = Peso en el agua de la muestra saturada

3.1.5 Contenido de humedad

Según la NTP 339.185 se establece el método para calcular el porcentaje total de humedad que puede evaporarse en una muestra de agregado fino o grueso mediante el proceso de secado. Esta humedad evaporable comprende tanto la humedad en la superficie como la contenida en los poros del agregado.

A continuación, se presenta la ecuación que representa el resultado posterior a la ejecución de los procedimientos:

$$P = \frac{100 (W - D)}{D}$$

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos

D = Masa de la muestra seca en gramos

3.1.6 Porcentaje que pasa la malla N°200

Según la NTP 400.018 se establece el método para calcular la cantidad de polvo, arcilla u otro material que atraviesa el tamiz N°200 (75 µm).

A continuación, se presenta la ecuación que representa el resultado posterior a la ejecución de los procedimientos:

$$A = \frac{100 (P1 - P2)}{P1}$$

Donde:

A = Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado N°200

P1 = Peso seco de la muestra original en gramos

P2 = Peso seco de la muestra ensayada en gramos

3.2 Resultados de las propiedades de los agregados

3.2.1 Propiedades del agregado fino

En base a los cálculos detallados en el Anexo 1, la tabla 4 muestra la síntesis de los valores obtenidos en el laboratorio sobre el agregado fino, que han sido utilizados para el diseño del concreto.

Tabla 4: Propiedades físicas del agregado fino

Descripción	Resultados	Unidad
Cantera	Trapiche	
Peso unitario suelto (P.U.S)	1665.75	(Kg/m ³)
Peso unitario compactado (P.U.C)	1923.29	(Kg/m ³)
Peso específico de masa (Pem)	2.63	(g/cm ³)
Peso específico saturado superficialmente seco (Pesss)	2.67	(g/cm ³)
Peso específico aparente (Pea)	2.73	(g/cm ³)
Porcentaje de absorción (Ab)	1.37	%
Contenido de humedad (P)	1.57	%
Porcentaje que pasa la malla N°200	4.98	%
Módulo de finura	3.04	

Nota. Los ensayos se realizaron en LEM UNI

La tabla 5 muestra la granulometría del agregado fino, y en la Figura 1, se observa la curva granulométrica.

Tabla 5: Granulometría del agregado fino

tamiz	abertura (mm)	peso retenido (g)	%retenido	%retenido acumulado	% acumulado que pasa
3/8"	9.53	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.75	22.20	3.70%	3.70%	96.30%
N° 8	2.36	95.60	15.93%	19.63%	80.37%
N°16	1.18	138.80	23.13%	42.77%	57.23%
N° 30	0.6	132.67	22.11%	64.88%	35.12%
N° 50	0.3	100.50	16.75%	81.63%	18.37%
N° 100	0.15	58.47	9.74%	91.37%	8.63%
FONDO		51.77	8.63%	100.00%	0.00%

Nota. El ensayo de granulometría para el agregado grueso se realizó en el LEM UNI

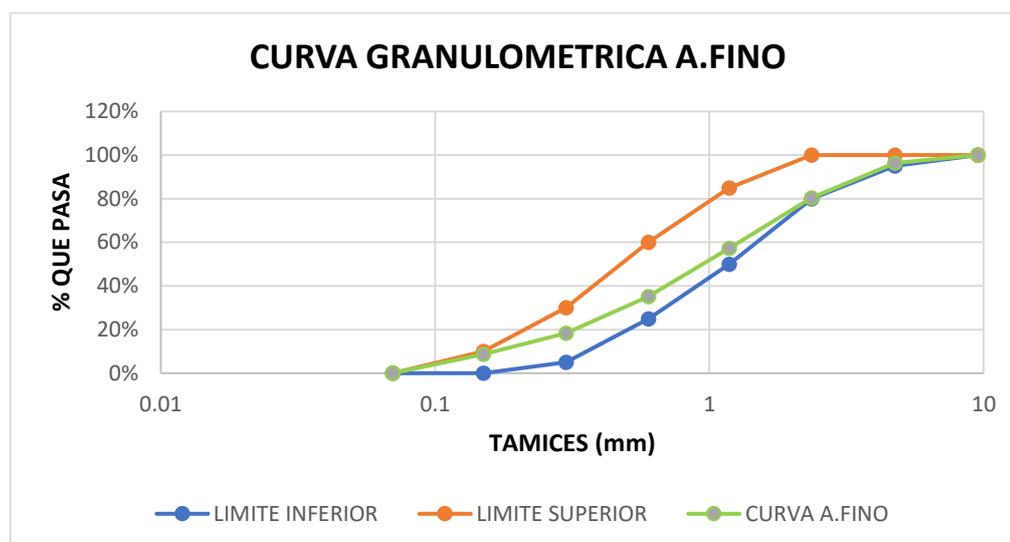


Figura 1: Curva granulométrica del agregado fino

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Propiedades del agregado grueso

En base a los cálculos detallados en el Anexo 1, la tabla 6 muestra la síntesis de los valores obtenidos en el laboratorio sobre el agregado grueso, que han sido utilizados para el diseño del concreto.

Tabla 6: Granulometría del agregado grueso

Descripción	Resultados	Unidad
Cantera	UNICON	
Peso unitario suelto (P.U.S)	1510.24	(Kg/m ³)
Peso unitario compactado (P.U.C)	1649.01	(Kg/m ³)
Peso específico de masa (Pem)	2.73	(g/cm ³)
Peso específico saturado superficialmente seco (Pesss)	2.77	(g/cm ³)
Peso específico aparente (Pea)	2.84	(g/cm ³)
Porcentaje de absorción (Ab)	1.44	%
Contenido de humedad (P)	0.55	%
Tamaño máximo	1"	
Tamaño máximo nominal	1/2"	
Módulo de finura	6.42	

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

En la Tabla 7 se muestra la granulometría del agregado grueso. Según lo establecido en la NTP 400.037:2021, el TMN debe corresponder al tamiz más pequeño de la serie que registre el primer retenido entre el 5% y el 15%. Sin

embargo, al aplicar este criterio, no se identificaría un TMN definido para el agregado grueso. Por esta razón, se consideró el TMN como el primer tamiz que superaba el 5% de retenido. La Figura 2 ilustra la curva granulométrica.

Tabla 7: Granulometría del agregado grueso

tamiz	abertura (mm)	peso retenido (g)	%retenido	%retenido acumulado	% acumulado que pasa
1"	25.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.00	208.50	2.09%	2.09%	97.92%
1/2"	12.50	2447.07	24.47%	26.56%	73.44%
3/8"	9.50	1845.47	18.45%	45.01%	54.99%
N° 4	4.75	5103.17	51.03%	96.04%	3.96%
N° 8	2.56	310.67	3.11%	99.15%	0.85%
FONDO		85.13	0.85%	100.00%	0.00%

Nota. El ensayo de granulometría para el agregado fino se realizó en el LEM UNI

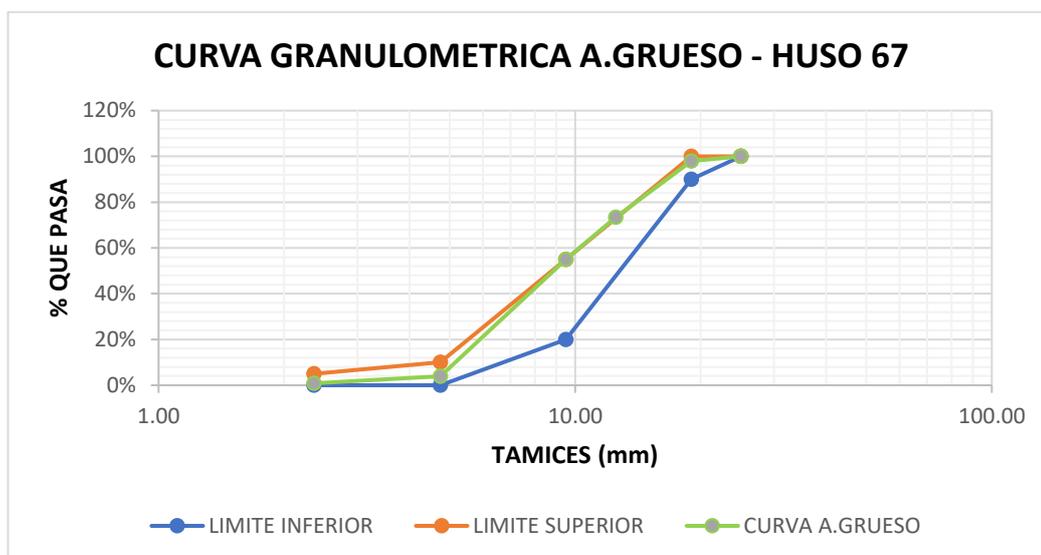


Figura 2: Curva granulométrica del agregado grueso

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.3 Combinación de agregados por el método de máxima compacidad

Este método consiste en hallar el máximo peso unitario compactado de la combinación agregado fino y grueso. Para encontrar el porcentaje adecuado se realizó 5 combinaciones de arena y piedra con variaciones porcentuales de 3% la combinación que ofreció el valor más alto es el que se escogió para el diseño.

La Tabla 8 muestra los resultados obtenidos de las cinco proporciones usadas de la combinación de agregados.

Tabla 8: resultados de ensayo de compacidad

ARENA %	PIEDRA %	P.U.C. PROMEDIO (Kg/m ³)
44	56	1987.29
47	53	2007.42
50	50	2037.08
53	47	2029.13
56	44	1997.88

Nota. Los ensayos de máxima compacidad se realizaron en el LEM UNI

En la Figura 3 se muestra cómo cambia el peso unitario compactado a medida que varía el porcentaje de arena, lo que resulta en una curva donde el punto más alto representa el valor máximo de peso unitario compactado.

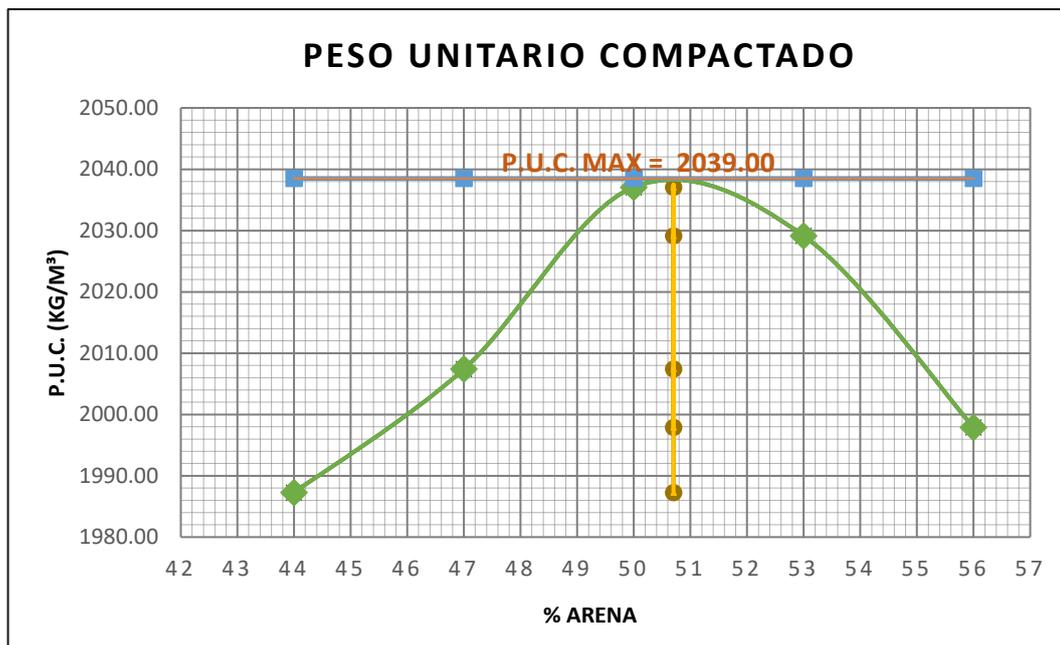


Figura 3: Combinación de agregados por el criterio de máxima compacidad

Nota. Fuente: Elaboración propia

A partir de la representación gráfica se obtuvo:

Agregado fino = **50.7 %**

Agregado grueso = **49.3%**

3.3.1 Análisis granulométrico

La evaluación granulométrica del agregado global se efectuó utilizando los porcentajes derivados del análisis de peso unitario máximo compactado.

La Tabla 9 muestra la distribución del tamaño de las partículas del agregado global.

Tabla 9: Granulometría del agregado global

tamiz	%Retenido arena	%Retenido piedra	%Ret. arena 49.2%	%Ret. piedra 50.8%	%Acumulado global	
					Retenido	Pasa
1 1/2"		0.00%		0.00%	0.00%	100.00%
1"		0.00%		0.00%	0.00%	100.00%
3/4"		2.09%		1.06%	1.06%	98.94%
1/2"		24.47%		12.41%	13.46%	86.54%
3/8"		18.45%		9.36%	22.82%	77.18%
N° 4	3.70%	51.03%	1.82%	25.87%	50.52%	49.48%
N° 8	15.93%	3.96%	7.86%	2.01%	60.38%	39.62%
N°16	23.13%		11.40%		71.78%	28.22%
N° 30	22.11%		10.90%		82.68%	17.32%
N° 50	16.75%		8.26%		90.94%	9.06%
N° 100	9.74%		4.80%		95.75%	4.25%
FONDO	8.63%		4.25%		100.00%	0.00%
TOTAL	100.00%	100.00%	49.30%	50.70%		

Nota. El ensayo granulométrico del agregado global se realizó en el LEM UNI

La distribución de tamaños de partículas se ajusta a los límites especificados según la norma NTP 400.037:2021. La representación gráfica se presenta a continuación en la Figura 4.

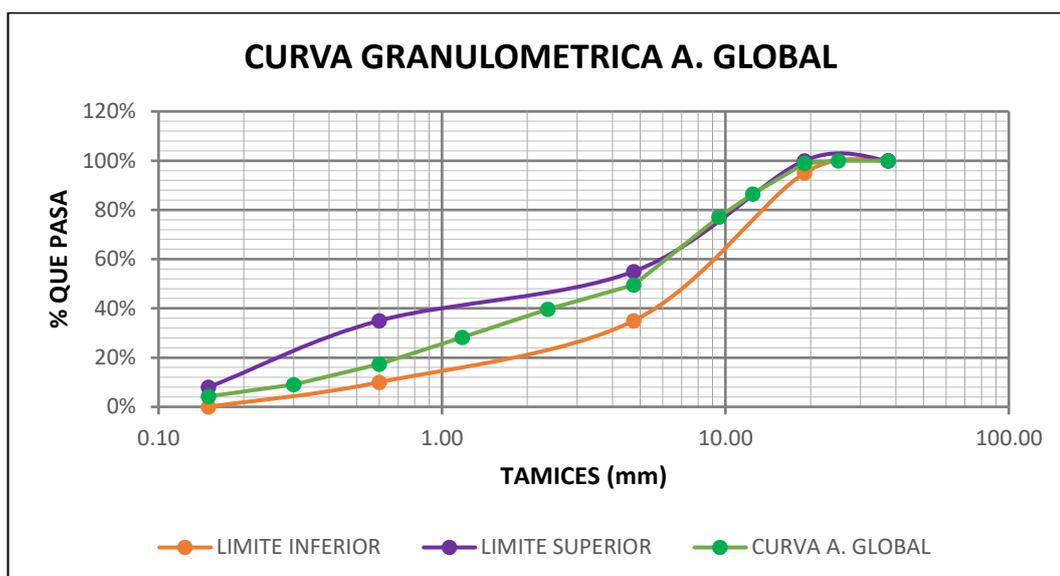


Figura 4: Curva Granulométrica del agregado global

Nota. Fuente: Elaboración propia

Módulo de finura:

El módulo de finura se calculó mediante la suma de los porcentajes retenidos en los tamices de 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N° 30, N°50 y N°100, los cuales fueron divididos entre 100.

$$MF = \frac{0 + 1.06 + 22.82 + 50.52 + 60.38 + 71.78 + 82.68 + 90.94 + 95.75}{100}$$

$$MF = 4.76$$

3.4 Cemento

El tipo de cemento empleado fue el cemento portland tipo I de la marca SOL, este cumple con la NTP 334.009 y la ASTM C-150. Las propiedades físicas del cemento empleado se detallan en la tabla 10.

Tabla 10: características del cemento sol tipo I

Características físicas	Tipo I - Sol	Requisito ASTM C-150 NTP 334.009
Peso específico (gr/cm ³)	3.15	-
Fineza Malla 100 (%)	0.04	-
Fineza Malla 200 (%)	4.14	-
Superficie específica Blaine (cm ² /gr)	3480	Mínimo 2800
Contenido de aire (%)	9.99	Máximo 12
Expansión autoclave (%)	0.18	Máximo 0.8

Fraguado inicial Vicat (h:min)	1:49	Mínimo 0:45
Fraguado final Vicat (h:min)	3:29	Máximo 6:15
f'c a 3 días (kg/cm ²)	254	124 (12.3 Mpa)
f'c a 3 días (kg/cm ²)	301	193 (19.3 Mpa)
f'c a 3 días (kg/cm ²)	357	276 (27.6 Mpa)
Calor de hidratación 7 días (cal/g)	70.6	-
Calor de hidratación 7 días (cal/g)	84.3	-

Nota. La información proporcionada por el fabricante se muestra en el Anexo VI.

3.5 Aditivos

3.5.1 Aditivos usados

3.5.1.1 MasterMatrix UW 450 M

Aditivo antideslave, formulado a base de celulosa y diseñado específicamente para aplicaciones de concreto bajo el agua, incrementa la resistencia del concreto al lavado de finos. De acuerdo con el ACI 304R – 00, el concreto bajo el agua requiere un revenimiento de entre seis y nueve pulgadas o ligeramente mayor para asegurar un flujo adecuado. Dado que este aditivo reduce el slump, es necesario emplear aditivos reductores de agua El anexo VI muestra su ficha técnica.

3.5.1.2 Cpa Disper WR.

Aditivo reductor de agua cuya descripción de su hoja técnica nos dice que ofrece una excelente trabajabilidad. El anexo VI muestra su ficha técnica.

3.6 Agua

Los valores máximos permitidos de las sustancias presentes en el agua utilizada para la preparación del concreto se muestran en la Tabla 11 (Abanto, 2013).

Tabla 11: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
Solidos en suspensión	1,500 ppm Máximo
Materia orgánica	10 ppm Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000 ppm Máximo
Sulfatos (ion SO ₄)	600 ppm Máximo
Cloruros (Ion Cl)	1,000 ppm Máximo
pH	5 a 8 Máximo

Nota. Fuente: Abanto Castillo, Flavio. (2013). Tecnología del concreto.

No obstante, el agua empleada en esta investigación fue agua potable proveniente de la red del LEM. Según la NTP 339.088:2019, el uso de agua potable para la elaboración de concreto está autorizado sin requerir pruebas adicionales de calidad.

3.7 Colocación de concreto bajo agua

3.7.1 Método Tremie

El Departamento de Construcciones y Estructuras de la Universidad de Buenos Aires (2009) afirmó que para lograr una colocación exitosa de concreto bajo el agua es esencial una planificación meticulosa. Utilizaron el sistema tremie o tubo-embudo, un método especializado para colocar concreto. Este método permite que el concreto fluya suavemente hasta su destino final y se compacte por su propio peso, evitando la segregación o vibración que pueda agregar agua a su masa, provocando el lavado de cemento, resultando en la formación de áreas con arena y agregado grueso débilmente unidas por el cemento.

Mediante el método Tremie, el concreto se colocó a través de un tubo de acero vertical, que terminaba en un embudo en su extremo superior, mientras que por el extremo inferior no se permita el ingreso del agua.

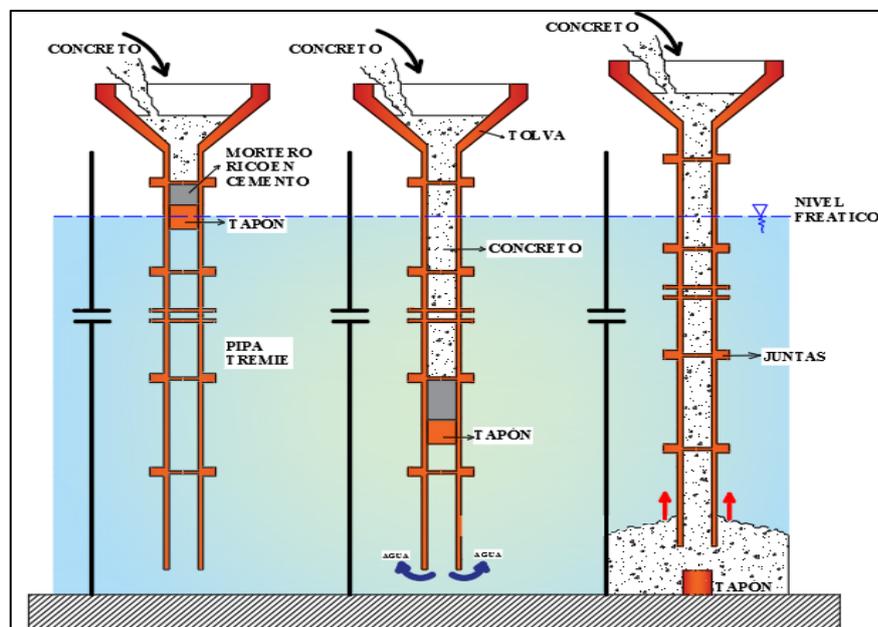


Figura 5: Sistema tremie

Nota. Fuente: Irigoín, H.J.

La verificación visual directa del concreto colocado era prácticamente imposible durante el proceso de vertido, por lo que fue crucial controlar meticulosamente el avance de la operación, prestando especial atención al volumen de concreto vertido y a la altura que este alcanzaba dentro del tubo.

3.7.2 Adaptación de método Tremie en laboratorio.

Esta adaptación se elaboró tratando de simular un proceso de vaciado Tremie en una construcción con nivel freático alto, buscando replicar las condiciones que distinguen a este método. Entre estas condiciones, se encontraba que el concreto debía ascender desde el fondo de la tubería, desplazando al agua, procurando el menor contacto entre el agua y la masa de concreto, asegurando la colocación del concreto desde el núcleo del vertido y evitando el ingreso del agua dentro de la tubería.

3.7.2.1 Materiales

- Tubo de PVC de 2"
- Reducción de PVC de 4" a 2"
- Balde de 20L
- Agua
- Molde de 4x8"

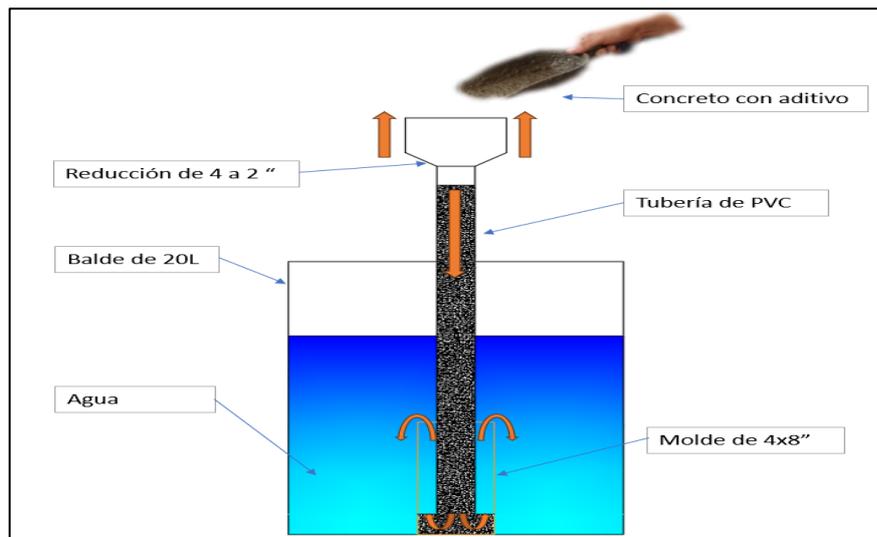


Figura 6: Esquema general del vaciado bajo agua en laboratorio

Nota. Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV: Diseño del concreto

Concluidos los respectivos ensayos de los agregados para determinar sus propiedades físicas, en este capítulo se detalla el método empleado para diseñar las mezclas de concreto, tanto para el concreto patrón como para el concreto que incluye aditivos.

El concreto es un material heterogéneo compuesto por un agente aglutinante como el cemento Pórtland, agregados que pueden ser naturales o artificiales, agua, aire que puede estar naturalmente atrapado o añadido intencionadamente, y posiblemente aditivos o adiciones. Cada uno de estos componentes posee propiedades y características únicas que deben evaluarse, al igual que las que surgen al combinarse desde el momento en que se mezclan (Torre, 2004).

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica del concreto, conocida usualmente como diseño de mezcla, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado fresco tenga la trabajabilidad y consistencia adecuadas; y que en el endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos (Rivva, 2010).

4.1 Dosificación del concreto

El propósito es calcular las proporciones de cemento, agregados, agua y aditivos que se emplearán en la mezcla, de modo que el concreto resulte apropiado para una aplicación específica, como es el caso del concreto antideslave.

En este caso se realizó los siguientes diseños:

- Concreto patrón con relaciones a/c igual a 0.40, 0.45 y 0.50
- Concreto patrón más aditivos CPA DISPER WR en 0.5% y MasterMatrix UW 450 en 3 proporciones 0.40%, 0.98% y 1.56% respecto al peso del cemento, para cada relación de a/c.

En resumen, se cuenta con 12 diseños en total (3 diseños de concreto patrón y 9 diseños de concreto patrón más aditivos).

4.2 Método de diseño

En la presente tesis de investigación, se empleó el método de agregado global con este método buscamos una mezcla con participación de agregados, por mayor densidad, buscando un concreto altamente cohesivo.

4.3 Diseño del concreto patrón

Teniendo en cuenta el porcentaje de participación de los agregados (Capítulo III), la cantidad de cemento se definió con base en las relaciones a/c de 0.40, 0.45 y 0.50. Además, se consideró un 2.5% de aire atrapado para un tamaño máximo nominal de 1/2 pulgada, conforme a las indicaciones de la tabla del ACI 318 como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12: Contenido de aire aproximado para diferentes TMN del agregado.

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
T.M.N. (pulg.)	Aire atrapado (%)
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

Nota. Fuente: ACI 318

A partir de esto, se estableció el diseño de concreto patrón para las relaciones a/c antes mencionadas, siguiendo los pasos mencionados a continuación:

Primero se realizó la prueba de agua para determinar la cantidad requerida en cada diseño, tomando en cuenta que el asentamiento de la mezcla debía estar entre 7 y 8 pulgadas para asegurar la trabajabilidad requerida en cada diseño. (Subcapítulo 4.3.1)

Segundo se encontró la participación óptima de los agregados. (Subcapítulo 4.3.2)

Tercero, después de obtener los datos, se llevó a cabo la dosificación del concreto patrón de los diseños de mezcla (Subcapítulo 4.3.3).

- Concreto patrón con a/c =0.40

- Concreto patrón con a/c =0.45
- Concreto patrón con a/c =0.50

4.3.1 Cálculo de la cantidad del agua

La determinación de la cantidad de agua necesaria para el diseño del concreto patrón se llevó a cabo mediante un procedimiento experimental en laboratorio, se realizaron pruebas con tres diferentes cantidades de agua, variando el agua en 10 litros, para cada relación a/c (0.40,0.45 y 0.50). Se busco que el asentamiento se mantenga en un rango de 7 a 8 pulgadas. A continuación, se da mayor detalle para cada relación a/c.

4.3.1.1 Prueba de agua del concreto (a/c = 0.40)

Para la relación a/c de 0.40, se seleccionó experimentalmente en el LEM UNI tres cantidades de agua 270, 280 y 290 lt/m³, con el propósito de que el asentamiento estuviera entre 7 y 8 pulgadas, asegurando así una trabajabilidad necesaria para el diseño de concreto. Los detalles de estos diseños se presentan a continuación en las tablas 13, 14 y 15.

Tabla 13: Diseño de mezcla para 270 litros de agua

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (40 Kg)
	D.S. (kg)	P. E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	675.00	3150	0.214	1.00	675.00	1.00	11.85
Agua	270.00	1000	0.270	0.40	274.57	0.41	4.82
Arena	654.32	2630	0.249	0.97	664.60	0.98	11.67
Piedra	660.45	2730	0.242	0.98	664.08	0.98	11.66
Aire A.	0.025		0.025				
	suma		1.00		2278.25	3.38	40.00

Nota. El asentamiento que se obtuvo fue de 5.7 pulgadas.

Tabla 14: Diseño de mezcla para 280 litros de agua

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (40 Kg)
	D.S. (kg)	P. E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	700.00	3150	0.222	1.00	700.00	1.00	12.36
Agua	280.00	1000	0.280	0.40	284.40	0.41	5.02
Arena	630.41	2630	0.240	0.90	640.30	0.91	11.31
Piedra	636.31	2730	0.233	0.91	639.81	0.91	11.30
Aire A.	0.025		0.025				

Suma	1.00	2264.51	3.24	40.00
-------------	-------------	----------------	-------------	--------------

Nota. El asentamiento que se obtuvo fue de 7.1 pulgadas.

Tabla 15: Diseño de mezcla para 290 litros de agua

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (40 Kg)
	D.S. (kg)	P. E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	725.00	3150	0.230	1.00	725.00	1.00	12.88
Agua	290.00	1000	0.290	0.40	294.24	0.41	5.23
Arena	606.49	2630	0.231	0.84	616.01	0.85	10.95
Piedra	612.17	2730	0.224	0.84	615.53	0.85	10.94
Aire A.	0.025		0.025				
Suma	1.00				2250.78	3.10	40.00

Nota. El asentamiento que se obtuvo fue de 8.3 pulgadas.

La Tabla 16 presenta los asentamientos obtenidos para cada cantidad de agua utilizada, mientras que la Figura 7 ilustra la gráfica que relaciona la cantidad de agua con el asentamiento obtenido.

Tabla 16: Cantidad de agua vs. asentamiento

a/c = 0.40	
Agua (lt)	Asentamiento (pulg)
270	5.7
280	7.1
290	8.3

Nota. Fuente: Elaboración propia

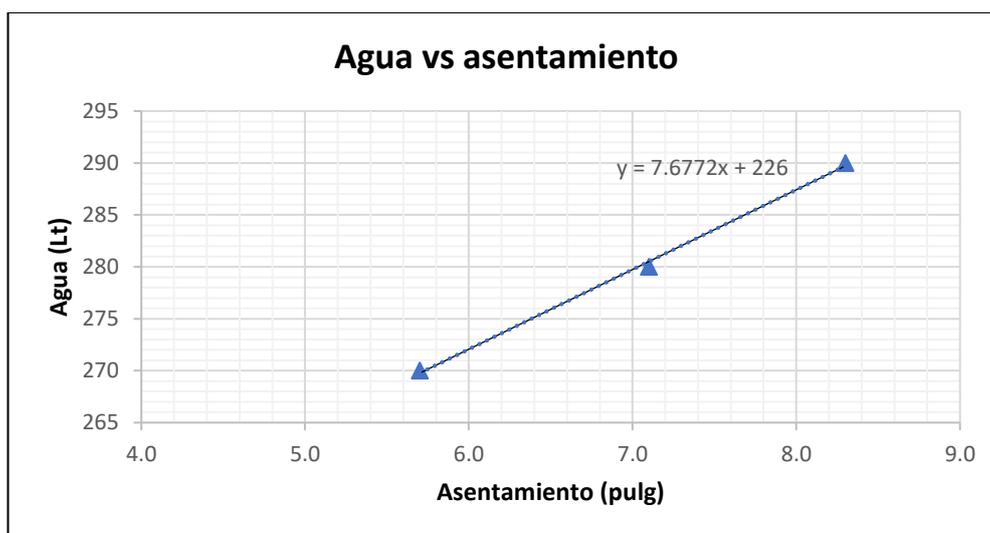


Figura 7: Agua vs. Asentamiento

Nota. Fuente: Elaboración propia

A partir de la función mostrada en la Figura 7, que relaciona el asentamiento con la cantidad de agua que se requiere para un rango de asentamiento entre 7" y 8", se seleccionó un valor promedio de 7.5" para utilizar como referencia en el diseño del concreto patrón para $a/c=0.40$. En este caso, la cantidad de agua determinada es de 284 litros.

$$\text{Agua} = 7.6772 * (7.5) + 226 = 284 \text{ lts}$$

4.3.1.2 Prueba de agua del concreto ($a/c = 0.45$)

Para la relación a/c de 0.45, se seleccionó experimentalmente en el LEM UNI tres cantidades de agua 260, 270 y 280 lt/m^3 , con el propósito de que el asentamiento estuviera entre 7 y 8 pulgadas, asegurando así una trabajabilidad necesaria para el diseño de concreto. Los detalles de estos diseños se presentan a continuación en las tablas 17, 18 y 19.

Tabla 17: Diseño de mezcla para 260 litros de agua

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (40 Kg)
	D.S. (kg)	P. E. (kg/m^3)	Vol. Abs. m^3	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	577.78	3150	0.183	1.00	577.78	1.00	10.13
Agua	260.00	1000	0.260	0.45	264.95	0.46	4.64
Arena	708.81	2630	0.270	1.23	719.94	1.25	12.62
Piedra	715.45	2730	0.262	1.24	719.38	1.25	12.61
Aire A.	0.025		0.025				
		Suma	1.00		2282.05	3.95	40.00

Nota. El asentamiento que se obtuvo fue de 6.7 pulgadas.

Tabla 18: Diseño de mezcla para 270 litros de agua

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (40 Kg)
	D.S. (kg)	P. E. (kg/m^3)	Vol. Abs. m^3	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	600.00	3150	0.190	1.00	600.00	1.00	10.58
Agua	270.00	1000	0.270	0.45	274.79	0.46	4.85
Arena	686.07	2630	0.261	1.14	696.84	1.16	12.29
Piedra	692.49	2730	0.254	1.15	696.30	1.16	12.28
Aire A.	0.025		0.025				
		Suma	1.00		2267.93	3.78	40.00

Nota. El asentamiento que se obtuvo fue de 7.6 pulgadas.

Tabla 19: Diseño de mezcla para 280 litros de agua

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA		DISEÑO LAB. (40 Kg)	
	D.S. (kg)	P. E. (kg/m ³)	Vol. Abs. m ³	D.U.S.	D.O. (kg)		D.U.O.
Cemento	622.22	3150	0.198	1.00	622.22	1.00	11.04
Agua	280.00	1000	0.280	0.45	284.63	0.46	5.05
Arena	663.33	2630	0.252	1.07	673.74	1.08	11.96
Piedra	669.54	2730	0.245	1.08	673.22	1.08	11.95
Aire A.	0.025		0.025				
		Suma	1.00		2253.82	3.62	40.00

Nota. El asentamiento que se obtuvo fue de 8.9 pulgadas.

La Tabla 20 presenta los asentamientos obtenidos para cada cantidad de agua utilizada, mientras que la Figura 8 ilustra la gráfica que relaciona la cantidad de agua con el asentamiento obtenido.

Tabla 20: Cantidad de agua vs. asentamiento

a/c = 0.45	
Agua (lt)	Asentamiento (pulg)
260	6.7
270	7.6
280	8.9

Nota. Fuente: Elaboración propia

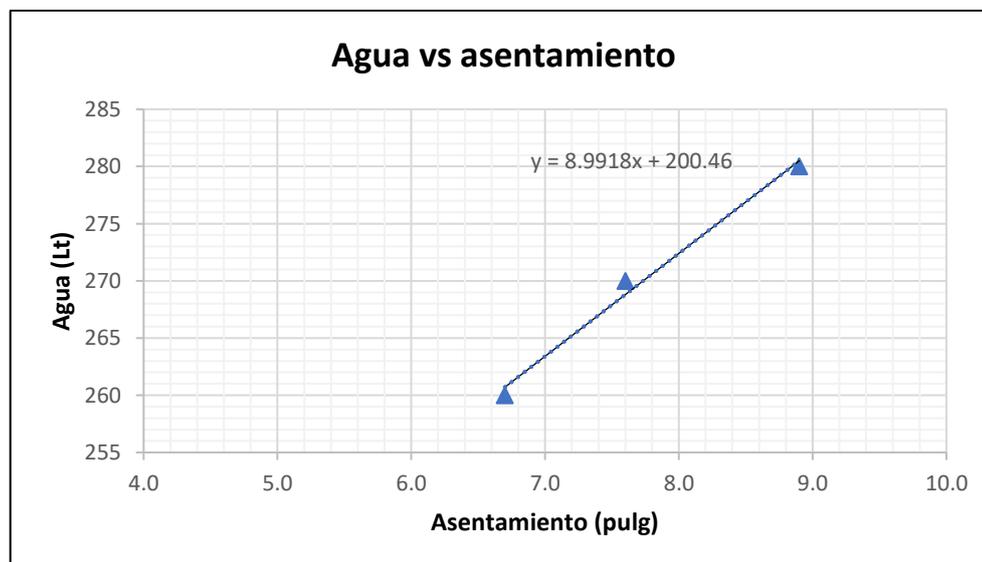


Figura 8: Agua vs. Asentamiento

Fuente: Elaboración propia

A partir de la función mostrada en la Figura 8, que relaciona el asentamiento con la cantidad de agua que se requiere para un rango de asentamiento entre 7" y 8", se seleccionó un valor promedio de 7.5" para utilizar como referencia en el diseño del concreto patrón para $a/c=0.45$. En este caso, la cantidad de agua determinada es de 268 litros.

$$\text{Agua} = 8.9918 * (7.5) + 200.46 = 268 \text{ lts}$$

4.3.1.3 Prueba de agua del concreto ($a/c = 0.50$)

Para la relación a/c de 0.45, se seleccionó experimentalmente en el LEM UNI tres cantidades de agua 250, 260 y 270 lt/m^3 , con el propósito de que el asentamiento estuviera entre 7 y 8 pulgadas, asegurando así una trabajabilidad necesaria para el diseño de concreto. Los detalles de estos diseños se presentan a continuación en las tablas 21, 22 y 23.

Tabla 21: Diseño de mezcla para 250 litros de agua

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (40 Kg)
	D.S. (kg)	P. E. (kg/m^3)	Vol. Abs m^3	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	500.00	3150	0.159	1.00	500.00	1.00	8.74
Agua	250.00	1000	0.250	0.50	255.27	0.51	4.46
Arena	755.07	2630	0.287	1.51	766.92	1.53	13.40
Piedra	762.14	2730	0.279	1.52	766.33	1.53	13.39
Aire A.	0.025		0.025				
	Suma		1.00		2288.53	4.58	40.00

Nota. El asentamiento que se obtuvo fue de 5.9 pulgadas

Tabla 22: Diseño de mezcla para 260 litros de agua

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (40 Kg)
	D.S. (kg)	P. E. (kg/m^3)	Vol. Abs m^3	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	520.00	3150	0.165	1.00	520.00	1.00	9.15
Agua	260.00	1000	0.260	0.50	265.12	0.51	4.66
Arena	733.27	2630	0.279	1.41	744.78	1.43	13.10
Piedra	740.13	2730	0.271	1.42	744.20	1.43	13.09
Aire A.	0.025		0.025				
	Suma		1.00		2274.11	4.37	40.00

Nota. El asentamiento que se obtuvo fue de 7.7 pulgadas.

Tabla 23: Diseño de mezcla para 270 litros de agua

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (40 Kg)
	D.S. (kg)	P. E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	540.00	3150	0.171	1.00	540.00	1.00	9.56
Agua	270.00	1000	0.270	0.50	274.97	0.51	4.87
Arena	711.47	2630	0.271	1.32	722.64	1.34	12.79
Piedra	718.13	2730	0.263	1.33	722.08	1.34	12.78
Aire A.	0.025		0.025				
		Suma	1.00		2259.69	4.18	40.00

Nota. El asentamiento que se obtuvo fue de 8.8 pulgadas

La Tabla 24 presenta los asentamientos obtenidos para cada cantidad de agua utilizada, mientras que la Figura 9 ilustra la gráfica que relaciona la cantidad de agua con el asentamiento obtenido.

Tabla 24: Cantidad de agua vs. asentamiento

a/c = 0.50	
Agua (lt)	Asentamiento (pulg)
250	5.9
260	7.7
270	8.8

Nota. Fuente: Elaboración propia

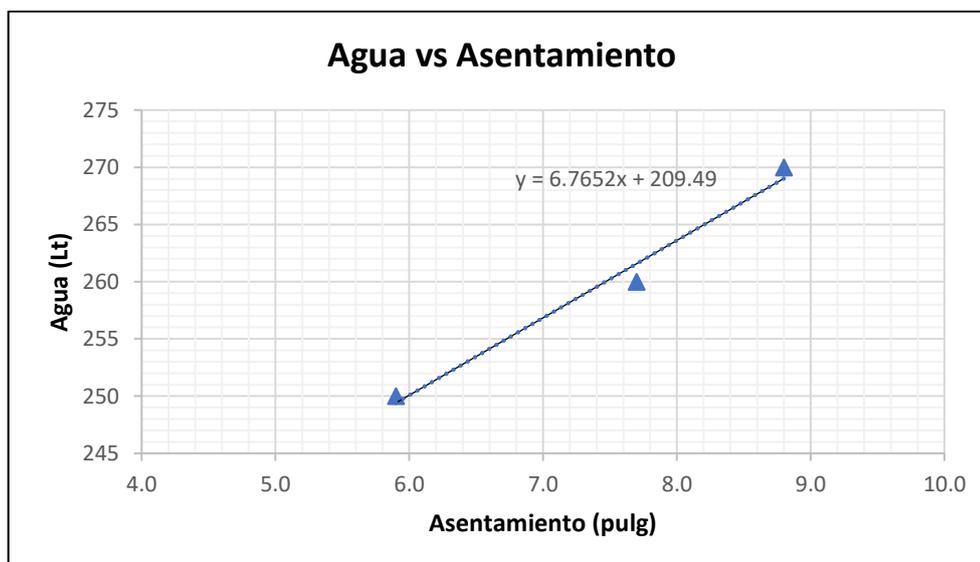


Figura 9: Agua vs. Asentamiento

Fuente: Elaboración propia

A partir de la función mostrada en la Figura 9, que relaciona el asentamiento con la cantidad de agua que se requiere para un rango de asentamiento entre 7" y 8", se seleccionó un valor promedio de 7.5" para utilizar como referencia en el diseño del concreto patrón para $a/c=0.50$. En este caso, la cantidad de agua determinada es de 260 litros.

$$\text{Agua} = 6.7652 * (7.5) + 209.49 = 260 \text{ lts}$$

En la siguiente Tabla se resume los valores de agua hallados en la prueba de agua para cada relación a/c .

Tabla 25: Resultados de la prueba de agua por relación a/c .

Prueba de Agua	
a/c	Agua (Lts.)
0.40	284
0.45	268
0.50	260

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Porcentaje de agregado grueso/fino según la resistencia

Para determinar el porcentaje de agregados del concreto se tomó como referencia el porcentaje de participación que se obtuvo en el capítulo III según el ensayo de peso unitario compactado para el agregado global, No obstante, esto resulta insuficiente ya que en esta fase se disponen de variables más exactas como la cantidad de agua y por ende la cantidad de cemento, es por eso que en este capítulo se reajustó dichos porcentajes para encontrar que combinación de agregados nos ofrece la mejor resistencia a la compresión axial y a la vez una máxima compactación.

Se realizó 3 diseños de mezclas para cada relación a/c con las cantidades de agua establecidas anteriormente realizando una variación porcentual de $\pm 3\%$ con respecto a los valores hallados del porcentaje de agregados (capítulo III) como se indica en la Tabla 26. A continuación, se presenta la tabla, seguida de un mayor detalle de la determinación del porcentaje de agregados para cada relación a/c .

Tabla 26: Variación del %arena para probetas a los 7 días

VARIACION	%ARENA	%PIEDRA
-3%	47.7	52.3
0%	50.7	49.3
3%	53.7	46.3

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.3.2.1 Porcentaje de agregado fino y grueso según resistencia para $a/c = 0.40$

Se diseño una vez más para la relación a/c de 0.40, manteniendo constante el agua patrón y variando el porcentaje de agregados en un +/- 3%, como se muestra en las Tablas 27, 28 y 29. Las probetas obtenidas se dejaron curar durante 7 días para realizar el ensayo de compresión axial, y se obtuvo la Figura 10, que representa la resistencia en función del porcentaje de arena.

Tabla 27: Diseño de mezcla con arena=47.7% y piedra=52.3%

$a/c = 0.40$ y arena = 47.7%							
	D. S.	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	LAB. (Kg)
Cemento	710.00	3150	0.225	1.00	710.00	1.00	12.56
Agua	284.00	1000	0.284	0.40	288.75	0.41	5.11
Arena	584.10	2630	0.222	0.82	593.27	0.84	10.50
Piedra	664.78	2730	0.244	0.94	668.44	0.94	11.83
Aire A.	0.025		0.025				
Suma			1.00		2260.46	3.18	40.00

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

Tabla 28: Diseño de mezcla con arena=50.7% y piedra=49.3%

$a/c = 0.40$ y arena = 50.7%							
	D.S.	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	LAB. (Kg)
Cemento	710.00	3150	0.225	1.00	710.00	1.00	12.57
Agua	284.00	1000	0.284	0.40	288.34	0.41	5.11
Arena	620.84	2630	0.236	0.87	630.59	0.89	11.17
Piedra	626.65	2730	0.230	0.88	630.10	0.89	11.16
Aire A.	0.025		0.025				
Suma			1.00		2259.02	3.18	40.00

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

Tabla 29: Diseño de mezcla con arena=53.7% y piedra=46.3%

$a/c = 0.40$ y arena = 53.7%							
	P.S.	P.E (kg/m ³)	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	LAB. (Kg)
Cemento	710.00	3150	0.225	1.00	710.00	1.00	12.58
Agua	284.00	1000	0.284	0.40	287.92	0.41	5.10
Arena	657.58	2630	0.250	0.93	667.90	0.94	11.83

Piedra	588.52	2730	0.216	0.83	591.75	0.83	10.48
Aire A.	0.025		0.025				
suma			1.00		2257.58	3.18	40.00

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

Las resistencias a compresión axial tras 7 días de curado de las probetas se presentan a continuación en la Tabla 30.

Tabla 30: Resultado a la compresión axial a los 7 días de curado

Agregados		Resistencia kg/cm ²
% Arena	%Piedra	f'c
47.7	52.3	340.4
50.7	49.3	364.6
53.7	46.3	368.2

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

En la Figura 10 se muestra la representación gráfica de los resultados de compresión axial a los 7 días vs % de arena.

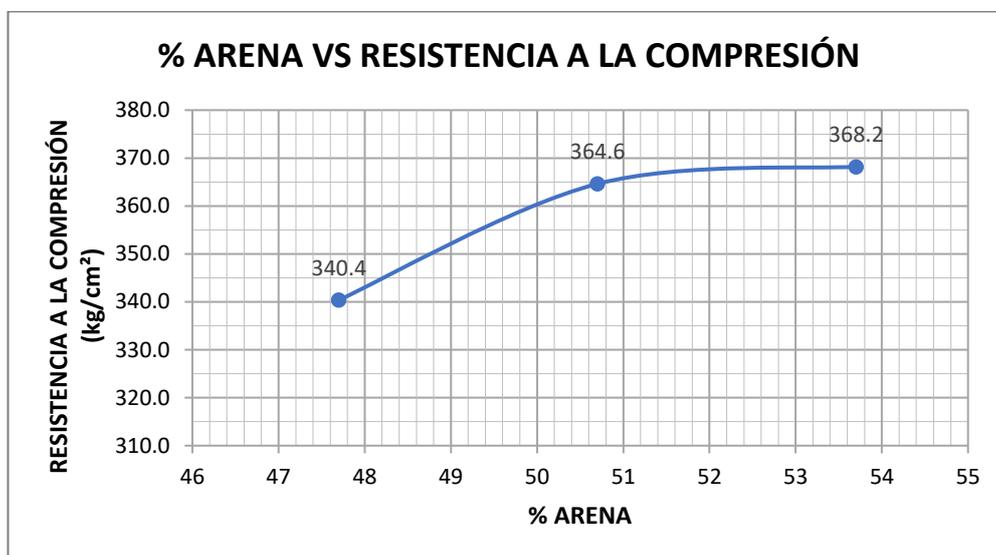


Figura 10: Curva de resistencia vs. % arena

Nota. Fuente: Elaboración propia

Superponiendo este gráfico con el gráfico del máximo P.U.C del agregado global se determinó el porcentaje de participación ideal de los agregados, ver figura 11.

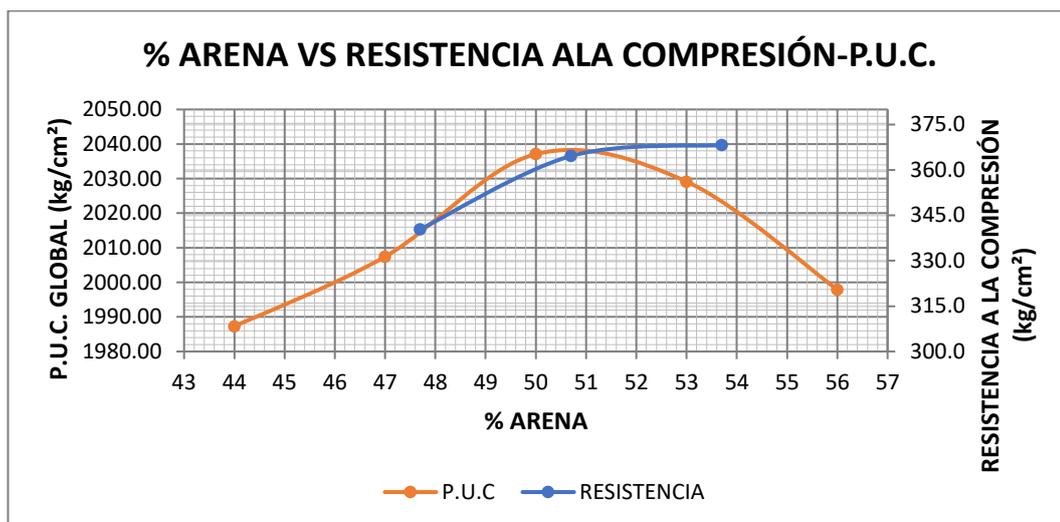


Figura 11: Curva de resistencia vs. % de arena – P.U.C

Nota. Fuente: Elaboración propia

De la figura 11 se notó que, para lograr la combinación óptima de agregados, considerando una resistencia adecuada a la compresión los valores del porcentaje de agregado fino y grueso son:

Agregado fino = **53%**

Agregado grueso = **47%**

4.3.2.2 Porcentaje de agregado fino y grueso según resistencia para a/c = 0.45

Se diseñó una vez más para la relación a/c de 0.45, manteniendo constante el agua patrón y variando el porcentaje de agregados en un +/- 3%, como se muestra en las Tablas 31, 32 y 33. Las probetas obtenidas se dejaron curar durante 7 días para realizar el ensayo de compresión axial, y se obtuvo la Figura 12, que representa la resistencia en función del porcentaje de arena.

Tabla 31: Diseño de mezcla con arena=47.7% y piedra=52.3%

a/c = 0.45 y arena = 47.7%							
	D.S.	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	LAB. (Kg)
Cemento	595.56	3150	0.189	1.00	595.56	1.00	10.48
Agua	268.00	1000	0.268	0.45	273.28	0.46	4.81
Arena	649.75	2630	0.247	1.09	659.96	1.11	11.62
Piedra	739.50	2730	0.271	1.24	743.57	1.25	13.09
Aire A.	0.025		0.025				
		suma	1.00		2272.36	3.82	40.00

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

Tabla 32: Diseño de mezcla con arena=50.7% y piedra=49.3%

a/c = 0.45 y arena = 50.7%							
	D.S.	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	LAB. (Kg)
Cemento	595.56	3150	0.189	1.00	595.56	1.00	10.49
Agua	268.00	1000	0.268	0.45	272.82	0.46	4.81
Arena	690.62	2630	0.263	1.16	701.46	1.18	12.36
Piedra	697.08	2730	0.255	1.17	700.92	1.18	12.35
Aire A.	0.025		0.025				
		suma	1.00		2270.76	3.81	40.00

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

Tabla 33: Diseño de mezcla con arena=53.7% y piedra=46.3%

a/c = 0.45 y arena = 53.7%							
	D.S.	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	LAB. (Kg)
Cemento	595.56	3150	0.189	1.00	595.56	1.00	10.50
Agua	268.00	1000	0.268	0.45	272.36	0.46	4.80
Arena	731.48	2630	0.278	1.23	742.97	1.25	13.10
Piedra	654.66	2730	0.240	1.10	658.26	1.11	11.60
Aire A.	0.025		0.025				
		suma	1.00		2269.15	3.81	40.00

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

Las resistencias a compresión axial tras 7 días de curado de las probetas se presentan a continuación en la Tabla 34.

Tabla 34: Resultado a la compresión axial a los 7 días de curado

Agregados		Resistencia kg/cm ²
% Arena	%Piedra	f'c
47.7	52.3	338.2
50.7	49.3	342.9
53.7	46.3	318.9

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

En la Figura 12 se muestra la representación gráfica de los resultados de compresión axila a los 7 días vs % de arena.

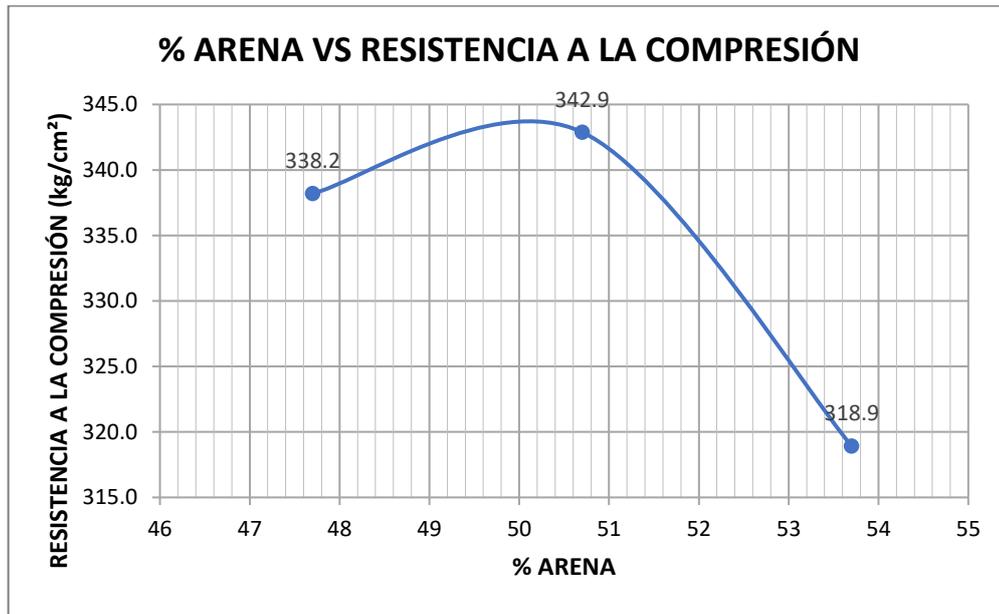


Figura 12: Curva de resistencia vs. % arena

Nota. Fuente: Elaboración propia

Superponiendo este gráfico con el gráfico del máximo P.U.C del agregado global se determinó el porcentaje de participación ideal de los agregados, ver figura 13.

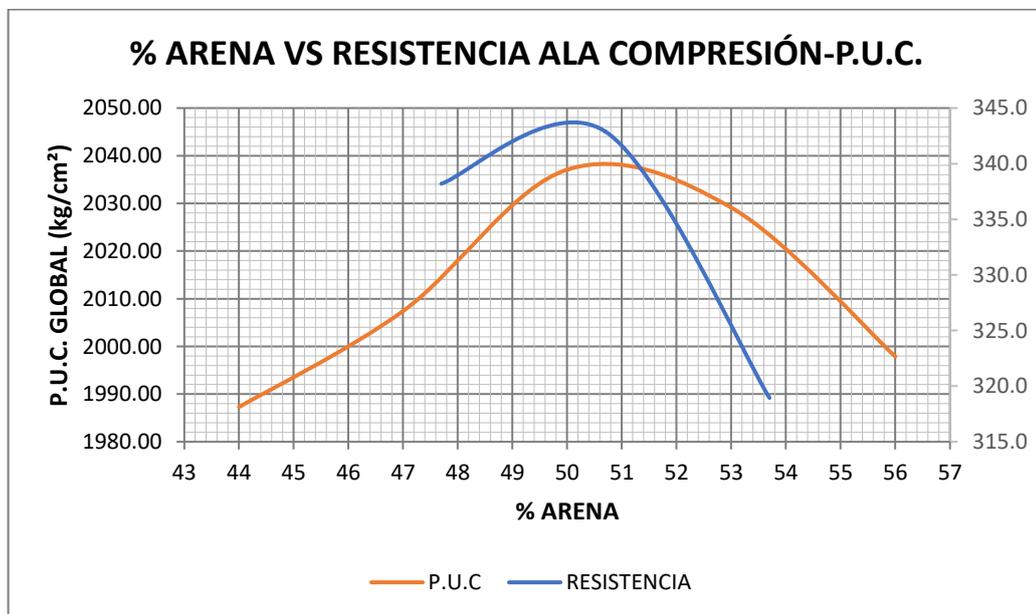


Figura 13: Curva de resistencia vs. % de arena – P.U.C

Nota. Fuente: Elaboración propia

De la figura 13 se notó que, para lograr la combinación óptima de agregados, considerando una resistencia adecuada a la compresión los valores del porcentaje de agregado fino y grueso son:

Agregado fino = **50.1%**

Agregado grueso = **49.9%**

4.3.2.3 Porcentaje de agregado fino y grueso según resistencia para $a/c = 0.50$

Se diseño una vez más para la relación a/c de 0.50, manteniendo constante el agua patrón y variando el porcentaje de agregados en un +/- 3%, como se muestra en las Tablas 35, 36 y 37. Las probetas obtenidas se dejaron curar durante 7 días para realizar el ensayo de compresión axial, y se obtuvo la Figura 12, que representa la resistencia en función del porcentaje de arena.

Tabla 35: Diseño de mezcla con arena=47.7% y piedra=52.3%

a/c = 0.50 y arena = 47.7%							
	D.S.	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	LAB. (Kg)
Cemento	520.00	3150	0.165	1.00	520.00	1.00	9.14
Agua	260.00	1000	0.260	0.50	265.61	0.51	4.67
Arena	689.88	2630	0.262	1.33	700.71	1.35	12.32
Piedra	785.17	2730	0.288	1.51	789.49	1.52	13.88
Aire A.	0.025		0.025				
	suma		1.00		2275.81	4.38	40.00

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

Tabla 36: Diseño de mezcla con arena=50.7% y piedra=49.3%

a/c = 0.50 y arena = 50.7%							
	D.S.	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	LAB. (Kg)
Cemento	520.00	3150	0.165	1.00	520.00	1.00	9.15
Agua	260.00	1000	0.260	0.50	265.12	0.51	4.66
Arena	733.27	2630	0.279	1.41	744.78	1.43	13.10
Piedra	740.13	2730	0.271	1.42	744.20	1.43	13.09
Aire A.	0.025		0.025				
	suma		1.00		2274.11	4.37	40.00

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

Tabla 37: Diseño de mezcla con arena=53.7% y piedra=46.3%

a/c = 0.50 y arena = 53.7%							
	D.S.	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	LAB. (Kg)
Cemento	520.00	3150	0.165	1.00	520.00	1.00	9.15
Agua	260.00	1000	0.260	0.50	264.63	0.51	4.66
Arena	776.66	2630	0.295	1.49	788.85	1.52	13.89

Piedra	695.09	2730	0.255	1.34	698.92	1.34	12.30
Aire A.	0.025		0.025				
suma			1.00		2272.40	4.37	40.00

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

Las resistencias a compresión axial tras 7 días de curado de las probetas se presentan a continuación en la Tabla 38.

Tabla 38: Resultado a la compresión axial a los 7 días de curado

Agregados		Resistencia kg/cm ²
% Arena	%Piedra	f'c
47.7	52.3	297.6
50.7	49.3	320.8
53.7	46.3	297.8

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

En la Figura 14 se muestra la representación gráfica de los resultados de compresión axila a los 7 días vs % de arena.

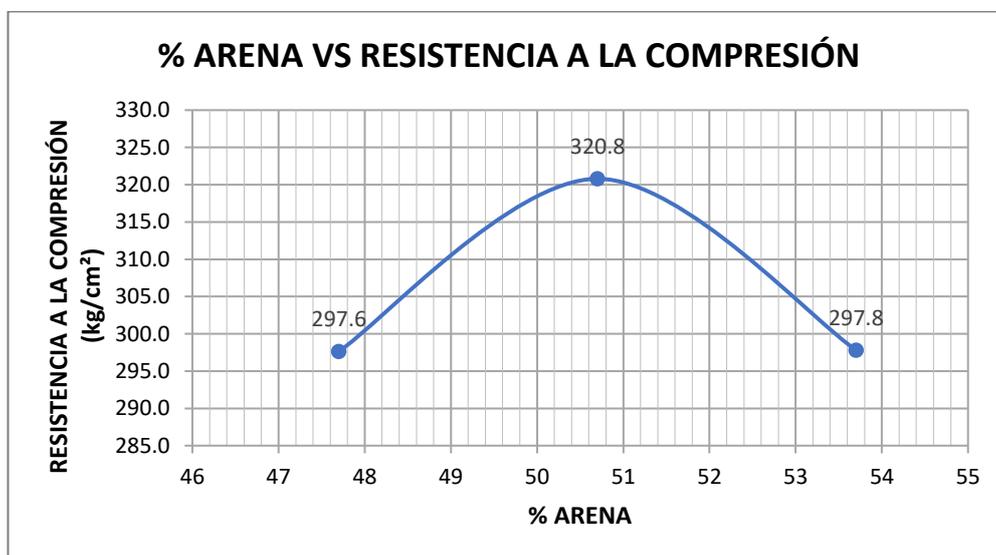


Figura 14: Curva de resistencia vs. % arena

Nota. Fuente: Elaboración propia

Superponiendo este gráfico con el gráfico del máximo P.U.C del agregado global se determinó el porcentaje de participación ideal de los agregados, ver figura 15.

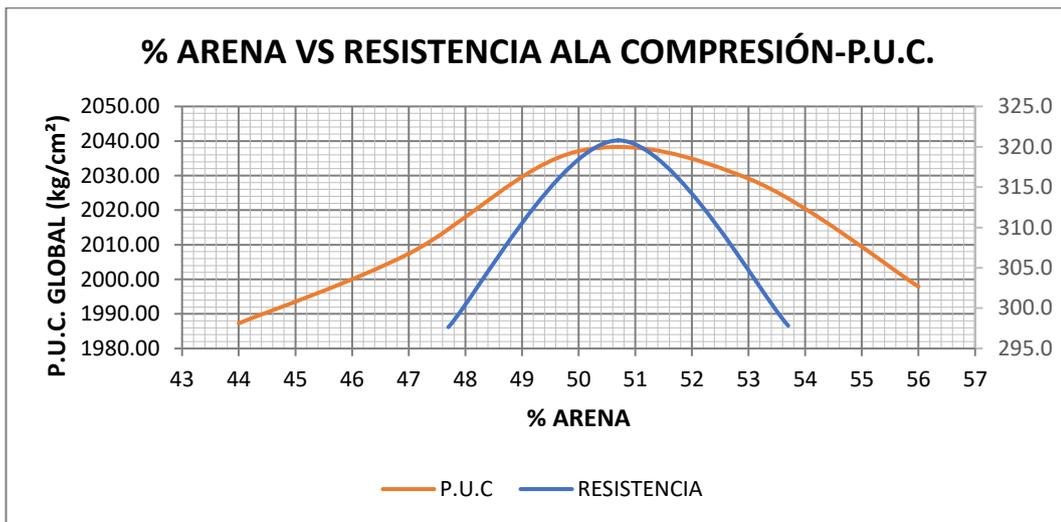


Figura 15: Curva de resistencia vs. % de arena – P.U.C

Nota. Fuente: Elaboración propia

De la figura 15 se notó que, para lograr la combinación óptima de agregados, considerando una resistencia adecuada a la compresión los valores del porcentaje de agregado fino y grueso son:

Agregado fino = **50.7%**

Agregado grueso = **49.3%**

Finalmente, los porcentajes de los agregados para cada relación a/c del concreto se presentan de manera resumida en la tabla siguiente:

Tabla 39: Resumen de Porcentajes de los Agregados para cada a/c

a/c	% Arena	% Piedra
0.40	53.00	47.00
0.45	50.10	49.90
0.50	50.70	49.30

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Dosificación del concreto patrón

La dosificación del concreto patrón se elaboró con las propiedades y cantidades anteriormente encontradas, de la prueba de agua y de los porcentajes de agregados, para cada relación a/c = 0.40, 0.45, 0.50.

4.3.3.1 Concreto patrón con $a/c = 0.40$

Se uso las siguientes propiedades físicas de los materiales:

Tabla 40: Propiedades físicas de los materiales

	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento
% participación	53	47	
P.e. (g/cm ³)	2.63	2.73	3.15
%H	1.57	0.55	
%Abs.	1.37	1.44	

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

Anteriormente se determinó el uso de 284 l/m³ de agua patrón, para la relación $a/c = 0.40$, entonces se obtiene:

$$a/c = 0.40 = \frac{284}{c} \rightarrow c = 710.00 \text{ kg/m}^3$$

Después de determinar la cantidad de cemento, se procedió a calcular el volumen de los agregados, asegurando que la suma del volumen de los agregados, el cemento y el agua sea igual a 1 m³.

- Volumen absoluto

Se tiene la siguiente relación:

$$Ar + P + A + C + \text{aire} = 1 \text{ m}^3$$

Donde:

Ar: Agregado fino.

P: Agregado grueso.

A: Agua.

C: Cemento.

$$\rightarrow A = \frac{284 \text{ lt}}{1000 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3}} = 0.284 \text{ m}^3; \quad C = \frac{710.00 \text{ kg}}{3150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.225 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow Ar + P = 0.466 \text{ m}^3; \quad \rightarrow Ar = 53\% * 0.466 \text{ m}^3; \quad P = 47\% * 0.466 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow Ar = 0.247 \text{ m}^3; \quad P = 0.219 \text{ m}^3$$

- Diseño seco

$$C = 710.00 \text{ kg}$$

$$A = 284 \text{ lt}$$

$$Ar = 0.247 \text{ m}^3 * 2630 \text{ kg/m}^3 = 649.00 \text{ kg}$$

$$P = 0.219 \text{ m}^3 * 2730 \text{ kg/m}^3 = 597.42 \text{ kg}$$

- Diseño unitario seco (D.U.S.)

$$C = 710.00 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 1.00$$

$$A = 284 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.40$$

$$Ar = 649.00 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.91$$

$$P = 597.42 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.84$$

- Diseño húmedo o diseño de obra

Se realizo el ajuste a la cantidad de agua debido a la humedad y la absorción tanto del agregado fino como del grueso.

$$C = 710.00 \text{ kg}$$

$$\text{Correccion de arena} = (\%H - \%Abs) * Par = (1.57 - 1.37)\% * 649.00 = 1.30 \text{ kg}$$

$$\text{Correccion de piedra} = (\%H - \%Abs) * Pp = (0.55 - 1.44)\% * 597.42 = -5.32 \text{ kg}$$

$$A = 284 - (1.30 - 5.32) = 288.02 \text{ lt}$$

$$Ar = (100 + H)\% * Par = 101.57\% * 649.00 = 659.19 \text{ kg}$$

$$P = (100 + H)\% * Pp = 100.55\% * 597.42 = 600.70 \text{ kg}$$

- Diseño unitario en obra (D.U.O.)

$$C = 710.00 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 1.00$$

$$A = 288.02 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.41$$

$$Ar = 659.19 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.93$$

$$P = 600.70 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.85$$

- Diseño para laboratorio

Se realizaron vaciados de 80 kg para el diseño en laboratorio, siendo esta cantidad de concreto la necesaria para llevar a cabo los ensayos del concreto fresco y endurecido. Esta cantidad de concreto se determinó a través de ensayos previos.

$$\sum D.U.O. = 1 + 0.41 + 0.93 + 0.85 = 3.18$$

$$F = \frac{80kg}{3.18} = 25.16 kg$$

$$C = (D.U.O.c) * 25.16 = 1 * 25.16 = 25.16 kg$$

$$A = (D.U.O.a) * 25.16 = 0.41 * 25.16 = 10.20 kg$$

$$Ar = (D.U.O.ar) * 25.16 = 0.93 * 25.16 = 23.36 kg$$

$$P = (D.U.O.p) * 25.16 = 0.85 * 25.16 = 21.28 kg$$

Se muestra un resumen de los cálculos realizados para la relación a/c=0.40 en la siguiente tabla:

Tabla 41: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.40

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs. m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	710.00	3150	0.225	1.00	710.00	1.00	25.16
Agua	284.00	1000	0.284	0.40	288.02	0.41	10.20
Arena	649.00	2630	0.247	0.91	659.19	0.93	23.36
Piedra	597.42	2730	0.219	0.84	600.70	0.85	21.28
Aire A.			0.025				
	suma		1.00		2257.91	3.18	80.00

Nota. El asentamiento que se obtuvo fue de 7.2 pulgadas.

Aplicando el mismo procedimiento se obtuvo los diseños para las relaciones a/c=0.45, 0.50, estos se detallan en el anexo II.

4.3.3.2 Concreto patrón con a/c =0.45

Se muestra un resumen de los cálculos que se realizaron para la relación a/c=0.45 en la siguiente tabla:

Tabla 42: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.45

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs. m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	595.56	3150	0.189	1.00	595.56	1.00	20.98
Agua	268.00	1000	0.268	0.45	272.91	0.46	9.61
Arena	682.45	2630	0.259	1.15	693.16	1.16	24.42
Piedra	705.57	2730	0.258	1.18	709.45	1.19	24.99

Aire A.	0.025			
suma	1.00	2271.08	3.81	80.00

Nota. El asentamiento que se obtuvo fue de 7.5 pulgadas.

4.3.3.3 Concreto patrón con $a/c = 0.50$

Se muestra un resumen de los cálculos que se realizaron para la relación $a/c=0.50$ en la siguiente tabla:

Tabla 43: Diseño del concreto patrón para la relación $a/c=0.50$

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	520.00	3150	0.165	1.00	520.00	1.00	18.29
Agua	260.00	1000	0.260	0.50	265.12	0.51	9.33
Arena	733.27	2630	0.279	1.41	744.78	1.43	26.20
Piedra	740.13	2730	0.271	1.42	744.20	1.43	26.18
Aire A.			0.025				
suma			1.00		2274.11	4.37	80.00

Nota. El asentamiento que se obtuvo fue de 7.6 pulgadas.

4.4 Diseño del concreto con aditivo antideslave

Para el diseño del concreto con aditivo se empleó los porcentajes dentro de lo recomendado en la ficha técnica del aditivo MasterMatrix UW 450 M. cuyas dosificaciones son 0.4%, 0.98% y 1.56% respecto al peso del cemento, debido a que este aditivo quita la trabajabilidad del concreto se utilizó el aditivo superplastificante CPA DISPER WR al 0.5%, Esta cantidad de aditivo superplastificante se determinó a través de ensayos previos, en los cuales se prepararon mezclas de concreto con diferentes proporciones de aditivos. El objetivo fue identificar el porcentaje de superplastificante que, al mantenerse constante, proporcionara una consistencia adecuada para trabajar con los 3 porcentajes del MasterMatrix UW 450 M durante un vaciado bajo agua.

Además, la cantidad de agua a utilizar también es la misma que el concreto patrón, ya que no se hará uso de una reducción de agua por aditivo, por cuestiones de estudio de las propiedades del concreto antideslave.

4.4.1 Concreto de $a/c = 0.40$ con aditivo

4.4.1.1 Concreto de $a/c = 0.40$ y aditivo 0.40% del peso de cemento

Anteriormente se determinó el uso de 284 l/m³ de agua patrón, para la relación $a/c = 0.40$, además la proporción de aditivo superplastificante CPA DISPER WR es 0.5% respecto al peso del cemento entonces se obtiene:

$$a/c = 0.40 = \frac{284}{c} \rightarrow c = 710.00 \text{ kg/m}^3$$

Una vez que se ha determinado la cantidad de cemento, se calculó la cantidad de aditivos.

$$\rightarrow CD = 0.5\% * c = 0.5\% * 710.00 = 3.55 \text{ kg}$$

$$\rightarrow MM = 0.4\% * c = 0.4\% * 710.00 = 2.84 \text{ kg}$$

La densidad de los aditivos se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 44: Densidad de los aditivos

Aditivos	Densidad
CPA DISPER WR (CD)	1.08 kg/l
MasterMatrix UW 450 M (MM)	1.20 kg/l

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Volumen absoluto

Se tiene la siguiente relación:

$$Ar + P + A + C + \text{aire} + CD + MM = 1 \text{ m}^3$$

Donde:

Ar: Agregado fino.

P: Agregado grueso.

A: Agua.

C: Cemento.

CD: CPA DISPER WR.

MM: MasterMatrix UW 450 M.

$$\rightarrow A = \frac{284 \text{ lt}}{1000 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3}} = 0.284 \text{ m}^3; C = \frac{710.00 \text{ kg}}{3150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.225 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow CD = \frac{3.55 \text{ kg}}{1.08 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} = 0.0033 \text{ m}^3; MM = \frac{2.84 \text{ kg}}{1.20 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} = 0.0024 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow Ar + P = 0.460 \text{ m}^3; \rightarrow Ar = 53\% * 0.460 \text{ m}^3; P = 47\% * 0.460 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow Ar = 0.244 \text{ m}^3; P = 0.216 \text{ m}^3$$

- Diseño seco

$$C = 710.00 \text{ kg}$$

$$A = 284 \text{ lt}$$

$$Ar = 0.244 \text{ m}^3 * 2630 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 641.12 \text{ kg}$$

$$P = 0.216 \text{ m}^3 * 2730 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 590.16 \text{ kg}$$

$$CD = 3.55 \text{ kg}$$

$$MM = 2.84 \text{ kg}$$

- Diseño unitario Seco (D.U.S)

$$C = 710.00 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 1.00$$

$$A = 284 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.40$$

$$Ar = 641.12 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.90$$

$$P = 590.16 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.83$$

$$CD = 3.55 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.005$$

$$MM = 2.84 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.004$$

- Diseño húmedo o diseño de obra (D.O.)

Se realizo el ajuste a la cantidad de agua debido a la humedad y la absorción tanto del agregado fino como del grueso.

$$C = 710.00 \text{ kg}$$

$$\text{Correccion de arena} = (\%H - \%Abs) * Par = (1.57 - 1.37)\% * 641.12 = 1.28kg$$

$$\text{Correccion de piedra} = (\%H - \%Abs) * Pp = (0.55 - 1.44)\% * 590.16 = -5.25kg$$

$$A = 284 - (1.28 - 5.25) = 287.97 \text{ lt}$$

$$Ar = (100 + H)\% * Par = 101.57\% * 641.12 = 651.189 \text{ kg}$$

$$P = (100 + H)\% * Pp = 100.55\% * 590.16 = 593.407 \text{ kg}$$

$$CD = 3.55 \text{ kg}$$

$$MM = 2.84 \text{ kg}$$

- Diseño unitario de obra

$$C = 710.00 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 1.000$$

$$A = 287.97 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.4056$$

$$Ar = 651.189 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.9172$$

$$P = 593.407 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.8358$$

$$CD = 3.55 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.005$$

$$MM = 2.84 \text{ kg} / 710.00 \text{ kg} = 0.004$$

- Diseño para laboratorio

Se realizaron vaciados de 80 kg para el diseño en laboratorio, siendo esta cantidad de concreto la necesaria para llevar a cabo los ensayos del concreto fresco y endurecido. Esta cantidad de concreto se determinó a través de ensayos previos.

$$\sum D.U.O. = 1 + 0.4056 + 0.9172 + 0.8358 + 0.005 + 0.004 = 3.1675$$

$$F = \frac{80kg}{3.1675} = 25.26kg$$

$$C = (D.U.O.c) * 25.26 = 1 * 25.26 = 25.26 \text{ kg}$$

$$A = (D.U.O.a) * 25.26 = 0.4056 * 25.26 = 10.24 \text{ kg}$$

$$Ar = (D.U.O.ar) * 25.26 = 0.9172 * 25.26 = 23.16 \text{ kg}$$

$$P = (D.U.O.p) * 25.26 = 0.8358 * 25.26 = 21.11 \text{ kg}$$

$$CD = (D.U.O.cd) * 25.26 = 0.005 * 25.26 = 0.1263 \text{ gr}$$

$$MM = (D.U.O.mm) * 25.26 = 0.004 * 25.26 = 0.1010 \text{ gr}$$

Se muestra el resumen de los cálculos realizados para la relación $a/c=0.40$ en la siguiente tabla:

Tabla 45: Diseño de concreto con relación $a/c=0.40$ y 0.40% de aditivo.

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs. m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	710.00	3150	0.225	1.00	710.0000	1.0000	25.26
Agua	284.00	1000	0.284	0.40	287.9702	0.4056	10.24
Arena	641.12	2630	0.244	0.90	651.1892	0.9172	23.16
Piedra	590.16	2730	0.216	0.83	593.4071	0.8358	21.11
Aire A.			0.0250				
Aditivo	3.5500	1080	0.0033	0.005	3.5500	0.0050	0.1263
Aditivo	2.8400	1200	0.0024	0.004	2.8400	0.0040	0.1010
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Aplicando el mismo procedimiento se obtuvo los diseños de mezcla para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45, 0.50 aplicando las 3 dosificaciones de aditivo MasterMatrix UW 450, estos se detallan en el anexo II.

4.4.1.2 Concreto de $a/c = 0.40$ y aditivo 0.98% del peso de cemento

Se utilizó el aditivo MasterMatrix UW 450 M al 0.98% y CPA DISPER WR al 0.5% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado.

Tabla 46: Diseño de concreto con relación $a/c=0.40$ y 0.98% de aditivo.

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs. m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	710.00	3150	0.225	1.00	710.0000	1.0000	25.31
Agua	284.00	1000	0.284	0.40	287.9406	0.4056	10.27
Arena	636.34	2630	0.242	0.90	646.3307	0.9103	23.04
Piedra	585.76	2730	0.215	0.83	588.9797	0.8295	21.00
Aire A.			0.0250				
Aditivo	3.5500	1080	0.0033	0.005	3.5500	0.0050	0.1266
Aditivo	6.9580	1200	0.0058	0.010	6.9580	0.0098	0.2481
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.3 Concreto de $a/c = 0.40$ y aditivo 1.56% del peso de cemento

Se utilizó el aditivo MasterMatrix UW 450 M al 1.56% y CPA DISPER WR al 0.5% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado

Tabla 47: Diseño de concreto con relación $a/c=0.40$ y 1.56% de aditivo.

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	710.00	3150	0.225	1.00	710.0000	1.0000	25.37
Agua	284.00	1000	0.284	0.40	287.9109	0.4055	10.29
Arena	631.56	2630	0.240	0.89	641.4722	0.9035	22.92
Piedra	581.35	2730	0.213	0.82	584.5523	0.8233	20.89
Aire A.			0.0250				
Aditivo	3.5500	1080	0.0033	0.005	3.5500	0.0050	0.1269
Aditivo	11.0760	1200	0.0092	0.016	11.0760	0.0156	0.3958
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Concreto de $a/c = 0.45$ con aditivo

4.4.2.1 Concreto de $a/c = 0.45$ y aditivo 0.40% del peso de cemento

Se utilizó el aditivo MasterMatrix UW 450 M al 0.40% y CPA DISPER WR al 0.5% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado.

Tabla 48: Diseño de concreto con relación $a/c=0.45$ y 0.40% de aditivo.

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	595.56	3150	0.189	1.00	595.5556	1.0000	21.05
Agua	268.00	1000	0.268	0.45	272.8697	0.4582	9.64
Arena	676.20	2630	0.257	1.14	686.8139	1.1532	24.27
Piedra	699.11	2730	0.256	1.17	702.9516	1.1803	24.84
Aire A.			0.0250				
Aditivo	2.9778	1080	0.0028	0.005	2.9778	0.0050	0.1052
Aditivo	2.3822	1200	0.0020	0.004	2.3822	0.0040	0.0842
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.2 Concreto de $a/c = 0.45$ y aditivo 0.98% del peso de cemento

Se utilizó el aditivo MasterMatrix UW 450 M al 0.98% y CPA DISPER WR al 0.5% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado.

Tabla 49: Diseño de concreto con relación a/c=0.45 y 0.98% de aditivo.

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs. m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	595.56	3150	0.189	1.00	595.5556	1.0000	21.09
Agua	268.00	1000	0.268	0.45	272.8423	0.4581	9.66
Arena	672.40	2630	0.256	1.13	682.9616	1.1468	24.18
Piedra	695.19	2730	0.255	1.17	699.0088	1.1737	24.75
Aire A.			0.0250				
Aditivo	2.9778	1080	0.0028	0.005	2.9778	0.0050	0.1054
Aditivo	5.8364	1200	0.0049	0.010	5.8364	0.0098	0.2067
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.3 Concreto de a/c = 0.45 y aditivo 1.56% del peso de cemento

Se utilizó el aditivo MasterMatrix UW 450 M al 1.56% y CPA DISPER WR al 0.5% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado.

Tabla 50: Diseño de concreto con relación a/c=0.45 y 1.56% de aditivo.

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	595.56	3150	0.189	1.00	595.5556	1.0000	21.13
Agua	268.00	1000	0.268	0.45	272.8150	0.4581	9.68
Arena	668.61	2630	0.254	1.12	679.1092	1.1403	24.09
Piedra	691.26	2730	0.253	1.16	695.0659	1.1671	24.66
Aire A.			0.0250				
Aditivo	2.9778	1080	0.0028	0.005	2.9778	0.0050	0.1057
Aditivo	9.2907	1200	0.0077	0.016	9.2907	0.0156	0.3296
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.4.3 Concreto de a/c = 0.50 con aditivo

4.4.3.1 Concreto de a/c = 0.50 y aditivo 0.40% del peso de cemento

Se utilizó el aditivo MasterMatrix UW 450 M al 0.40% y CPA DISPER WR al 0.5% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado.

Tabla 51: Diseño de concreto con relación a/c=0.50 y 0.40% de aditivo.

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs. m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	520.00	3150	0.165	1.00	520.00	1.0000	18.35
Agua	260.00	1000	0.260	0.50	265.08	0.5098	9.35
Arena	727.75	2630	0.277	1.40	739.1740	1.4215	26.08
Piedra	734.56	2730	0.269	1.41	738.5998	1.4204	26.06
Aire A.			0.0250				
Aditivo	2.6000	1080	0.0024	0.005	2.6000	0.0050	0.0917
Aditivo	2.0800	1200	0.0017	0.004	2.0800	0.0040	0.0734
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.4.3.2 Concreto de a/c = 0.50 y aditivo 0.98% del peso de cemento

Se utilizó el aditivo MasterMatrix UW 450 M al 0.98% y CPA DISPER WR al 0.5% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado.

Tabla 52: Diseño de concreto con relación a/c=0.50 y 0.98% de aditivo.

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs. m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	520.00	3150	0.165	1.00	520.0000	1.0000	18.38
Agua	260.00	1000	0.260	0.50	265.0587	0.5097	9.37
Arena	724.40	2630	0.275	1.39	735.7701	1.4149	26.00
Piedra	731.18	2730	0.268	1.41	735.1985	1.4138	25.98
Aire A.			0.0250				
Aditivo	2.6000	1080	0.0024	0.005	2.6000	0.0050	0.0919
Aditivo	5.0960	1200	0.0042	0.010	5.0960	0.0098	0.1801
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.4.3.3 Concreto de a/c = 0.50 y aditivo 1.56% del peso de cemento

Se utilizó el aditivo MasterMatrix UW 450 M al 1.56% y CPA DISPER WR al 0.5% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado.

Tabla 53: Diseño de concreto con relación a/c=0.50 y 1.56% de aditivo.

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs. m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	520.00	3150	0.165	1.00	520.0000	1.0000	18.41
Agua	260.00	1000	0.260	0.50	265.0353	0.5097	9.38
Arena	721.05	2630	0.274	1.39	732.3662	1.4084	25.93
Piedra	727.79	2730	0.267	1.40	731.7972	1.4073	25.91
Aire A.			0.0250				
Aditivo	2.6000	1080	0.0024	0.005	2.6000	0.0050	0.0920
Aditivo	8.1120	1200	0.0068	0.016	8.1120	0.0156	0.2872
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo V: Ensayos y resultados del concreto en estado fresco

Una vez que se han desarrollado los diseños de la mezcla de concreto, se controló sus propiedades de estos a través de una serie de ensayos normados, a continuación, se describen estos ensayos.

5.1 Propiedades del concreto en estado fresco

5.1.1 Ensayo de consistencia

Según la NTP 339.035:2022 este ensayo tiene como finalidad determinar el asentamiento del concreto tanto en el laboratorio como en el campo. Se coloca una muestra de concreto fresco en un molde con forma de cono truncado y se compacta utilizando varillado. Después, se retira el molde hacia arriba, permitiendo que el concreto se asiente. Se mide la distancia vertical entre la posición inicial y la final en el centro de la superficie superior del concreto.

Materiales:

- Cono de Abrams: molde con forma de tronco de cono, con un diámetro de 20 cm en la base inferior y 10 cm en la base superior, y una altura de 30 cm; equipado con agarraderas y aletas de pie.
- Varilla compactadora de acero lisa con un diámetro de 5/8", punta semiesférica y una longitud aproximada de 60 cm.
- Wincha.
- Cucharón.

Procedimiento:

- a) Colocar el molde previamente humedecido y superficialmente seco, sobre una superficie plana y no absorbente, Llenar el concreto en tres capas de aproximadamente 1/3 del volumen total en cada capa.
- b) Aplicar 25 golpes uniformes en toda la sección utilizando la barra para compactar cada capa.
- c) Alisar el exceso del molde después de compactar la última capa, utilizando una plancha de albañilería o la barra compactadora.

- d) Elevar el molde verticalmente y medir de inmediato la disparidad entre la altura del molde y la del concreto fresco. Esta acción debe completarse en un lapso de 5 a 10 segundos máximo, evitando movimientos laterales o torsionales.

Resultados:

En la tabla 54 se muestran los resultados de los ensayos de asentamiento del concreto para una relación a/c de 0.40. También se incluye una representación gráfica (Figura 16) de la variación porcentual de los resultados del concreto con aditivo en sus diferentes porcentajes, en comparación con el concreto patrón.

Tabla 54: Variación de asentamientos respecto al concreto patrón a/c = 0.40.

a/c = 0.40		
Concreto	Asentamiento (pulg)	Variación respecto al concreto patrón
Concreto patrón	7.20"	100.00%
C. aditivo 0.40%	10.20"	141.67%
C. aditivo 0.98%	9.50"	131.94%
C. aditivo 1.56%	9.40"	130.56%

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

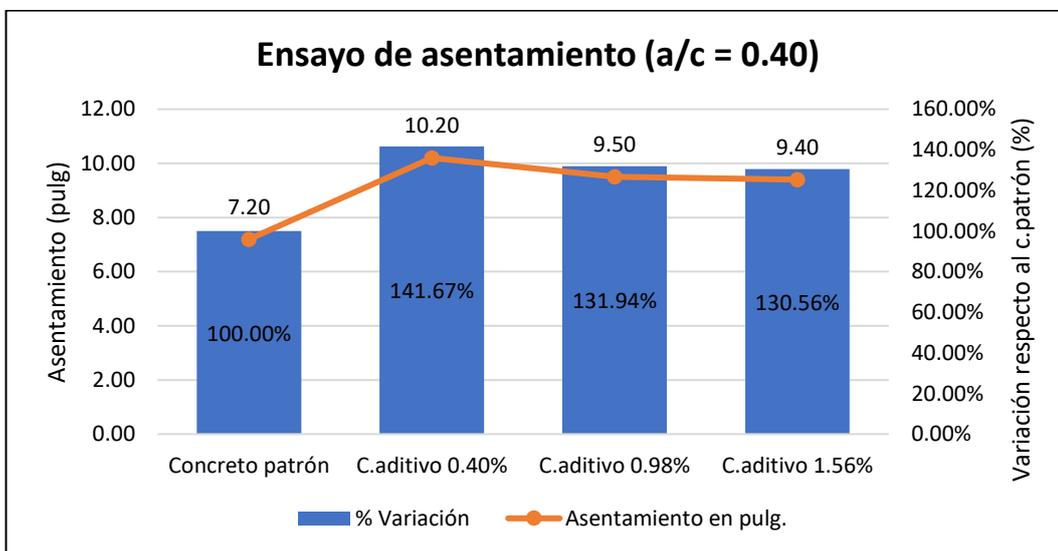


Figura 16: Asentamientos en porcentaje y pulgadas para a/c=0.40

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 55 se muestran los resultados de los ensayos de asentamiento del concreto para una relación a/c de 0.45. También se incluye una representación

gráfica (Figura 17) de la variación porcentual de los resultados del concreto con aditivo en sus diferentes porcentajes, en comparación con el concreto patrón.

Tabla 55: Variación de asentamientos respecto al concreto patrón a/c = 0.45.

a/c = 0.45		
Concreto	Asentamiento (pulg)	Variación respecto al concreto patrón
Concreto patrón	7.50"	100.00%
C. aditivo 0.40%	10.50"	140.00%
C. aditivo 0.98%	9.70"	129.33%
C. aditivo 1.56%	9.50"	126.67%

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

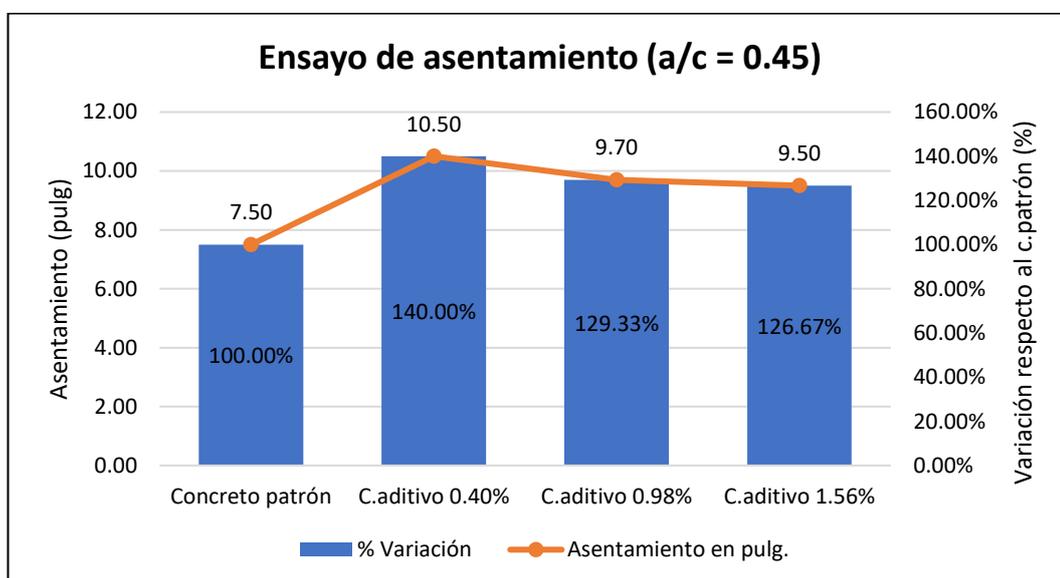


Figura 17: Asentamientos en porcentaje y pulgadas para a/c=0.45

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 56 se muestran los resultados de los ensayos de asentamiento del concreto para una relación a/c de 0.45. También se incluye una representación gráfica (Figura 18) de la variación porcentual de los resultados del concreto con aditivo en sus diferentes porcentajes, en comparación con el concreto patrón.

Tabla 56: Variación de asentamientos respecto al concreto patrón a/c = 0.50.

a/c = 0.50		
Concreto	Asentamiento (pulg)	Variación respecto al concreto patrón

Concreto patrón	7.60"	100.00%
C. aditivo 0.40%	10.70"	140.79%
C. aditivo 0.98%	10.20"	134.21%
C. aditivo 1.56%	10.10"	132.89%

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

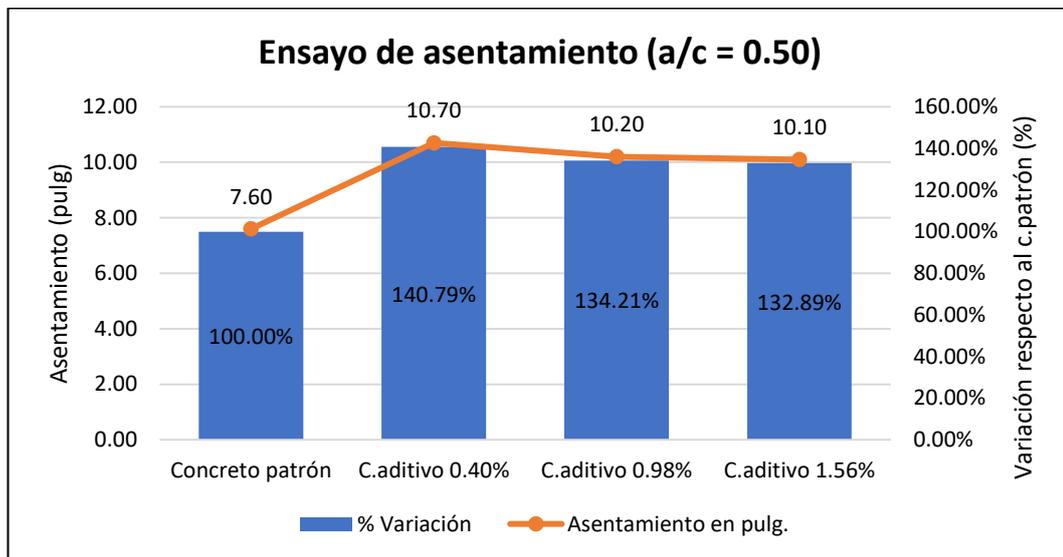


Figura 18: Asentamientos en porcentaje y pulgadas para a/c=0.50

Nota. Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Peso unitario

Según la NTP 339.046:2019 Se define como un procedimiento de prueba para evaluar la densidad (peso unitario) del concreto fresco, y se proporcionan fórmulas para calcular el rendimiento, el contenido de cemento y el contenido de aire del concreto. El rendimiento se describe como el volumen de concreto generado a partir de una mezcla de cantidades conocidas de los materiales componentes.

Materiales:

- Balanza con aproximación de 45 gr.
- Varilla compactadora de acero lisa con un diámetro de 5/8", punta semiesférica y una longitud aproximada de 60 cm
- Recipiente cilíndrico.

Procedimiento:

- a) Llenar el recipiente en tres capas de igual volumen.
- b) Apisonar cada capa con 25 golpes si el recipiente es de ½ pie³ y con 50 golpes si el recipiente es de 1 pie³, la primera capa evitando golpear el fondo y distribuyendo uniformemente sobre la superficie.
- c) Golpear con cuidado la superficie exterior del recipiente de 10 a 15 veces utilizando un martillo de goma en cada capa para eliminar las burbujas atrapadas.
- d) Alisar el exceso del molde después de compactar la última capa, utilizando una plancha de albañilería o la barra compactadora

Se determina según la siguiente expresión:

$$D = \frac{(Mc - Mm)}{Vm}$$

Donde:

D = Densidad (peso unitario)

Mc = Masa del recipiente lleno de concreto

Mm = Masa del recipiente de medida

Vm = Volumen del recipiente de medida

Resultados:

En la tabla 57 se muestran los resultados de los ensayos de peso unitario del concreto para una relación a/c de 0.40. También se incluye una representación gráfica (Figura 19) de la variación porcentual de los resultados del concreto con aditivo en sus diferentes porcentajes, en comparación con el concreto patrón.

Tabla 57: Variación porcentual de los pesos unitarios para a/c=0.40

Concreto	a/c = 0.40	
	Peso Unitario (kg/m ³)	(%)
Concreto patrón	2366	100.00%
C. aditivo 0.40%	2358	99.67%
C. aditivo 0.98%	2351	99.37%
C. aditivo 1.56%	2350	99.31%

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

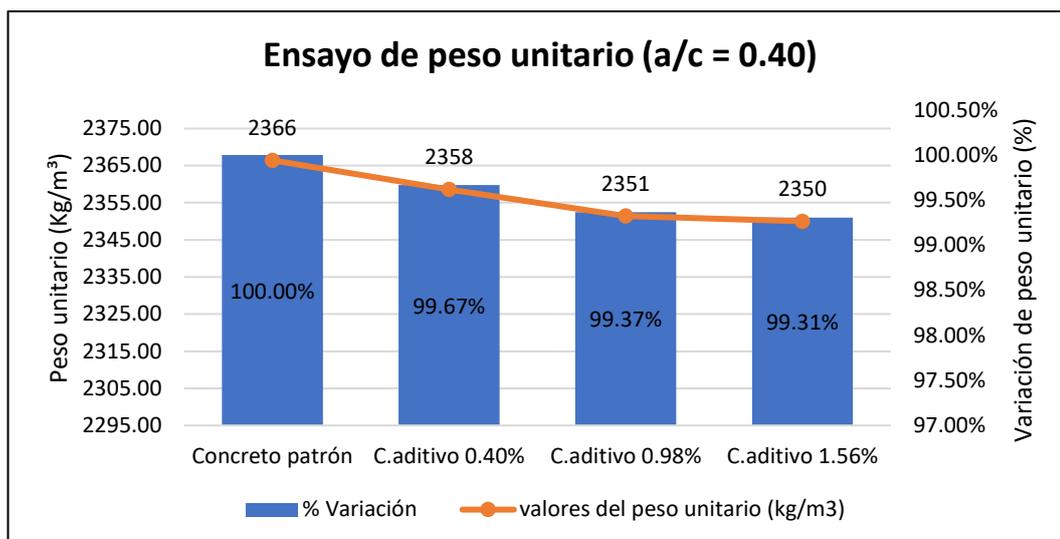


Figura 19: Ensayo de Peso Unitario y % de Variación para a/c=0.40.

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 58 se muestran los resultados de los ensayos de peso unitario del concreto para una relación a/c de 0.45. También se incluye una representación gráfica (Figura 20) de la variación porcentual de los resultados del concreto con aditivo en sus diferentes porcentajes, en comparación con el concreto patrón.

Tabla 58: Variación porcentual de los pesos unitarios para a/c=0.45

Concreto	a/c = 0.45	
	Peso Unitario (kg/m³)	Peso Unitario (%)
Concreto patrón	2376	100.00%
C. aditivo 0.40%	2371	99.79%
C. aditivo 0.98%	2369	99.73%
C. aditivo 1.56%	2369	99.73%

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

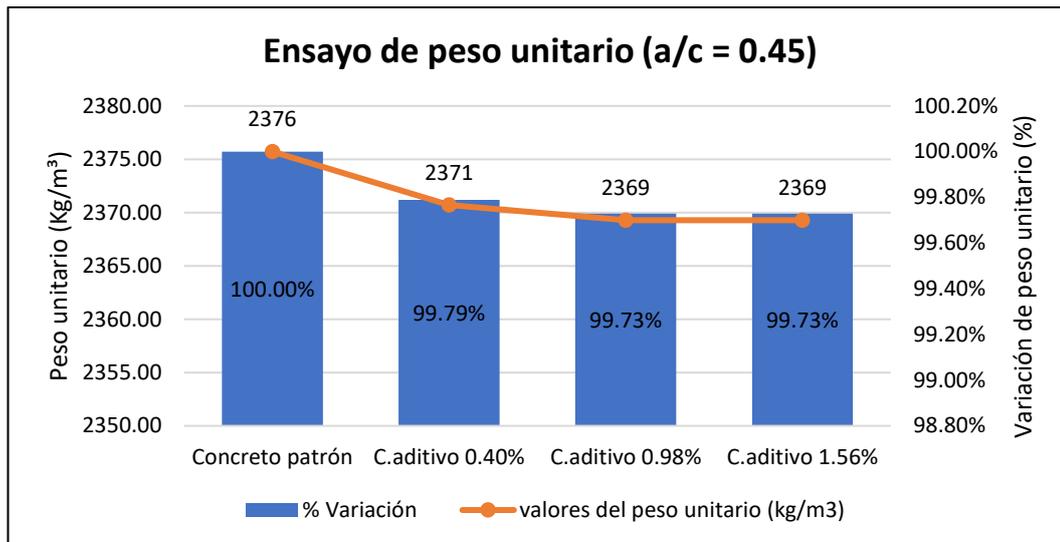


Figura 20: Ensayo de Peso Unitario y % de Variación para a/c=0.45.

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 59 se muestran los resultados de los ensayos de peso unitario del concreto para una relación a/c de 0.50. También se incluye una representación gráfica (Figura 21) de la variación porcentual de los resultados del concreto con aditivo en sus diferentes porcentajes, en comparación con el concreto patrón.

Tabla 59: Variación porcentual de los pesos unitarios para a/c=0.50

Concreto	a/c = 0.50	
	Peso Unitario (kg/m³)	Peso Unitario (%)
Concreto patrón	2388	100.00%
C. aditivo 0.40%	2384	99.82%
C. aditivo 0.98%	2378	99.58%
C. aditivo 1.56%	2376	99.49%

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

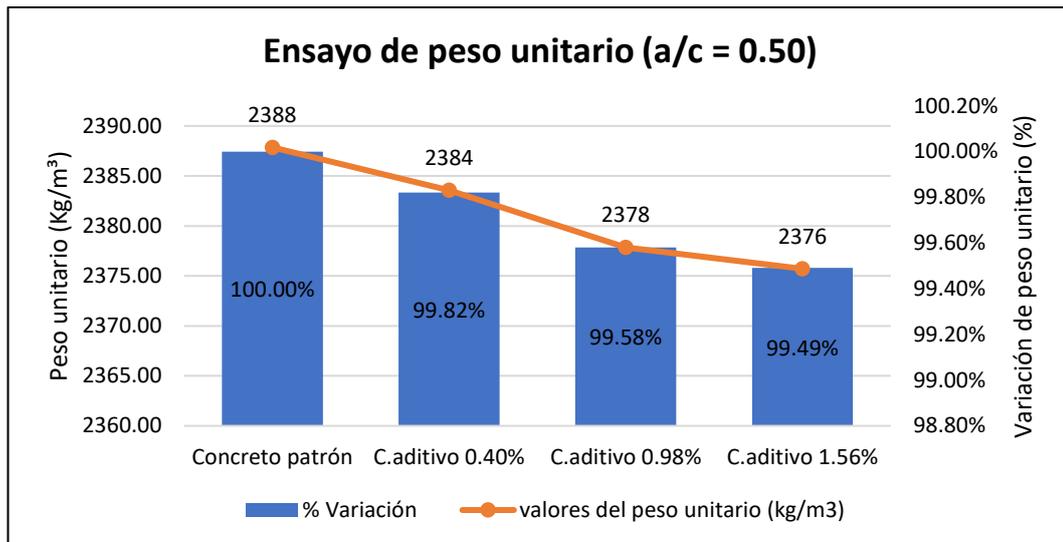


Figura 21: Ensayo de Peso Unitario y % de Variación para $a/c=0.50$.

Nota. Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Fluidez de asentamiento

Según la NTP 339.219:2008 una muestra de concreto fresco mezclado se coloca en un molde con forma de cono truncado, ya sea en posición vertical o invertida. El concreto se vierte de una sola vez sin compactarlo ni vibrarlo. Posteriormente, se retira el molde y se deja que el concreto se expanda libremente. Una vez que la expansión se detiene, se miden dos diámetros de la masa de concreto en direcciones aproximadamente perpendiculares. El flujo de asentamiento se calcula como el promedio de estos dos diámetros.

Materiales:

- El molde utilizado en este método de ensayo deberá cumplir con lo especificado en la NTP 339.035:2022.
- La placa de base en la que el molde reposa será no absorbente, llana, rígida y tendrá un diámetro mínimo de 915 mm
- Una regla, una cinta métrica metálica enrollable o un instrumento de medición rígido o semirrígido similar con marcas en incrementos de 5 mm o menos.
- Cronometro.
- Cucharon.

Procedimiento:

- a) Humedezca la superficie de trabajo y elimine cualquier agua acumulada. Evite someter la superficie de trabajo o el molde a vibraciones o perturbaciones.
- b) Llenado del molde: durante la implementación de este método de ensayo, se observó que algunos usuarios prefieren realizarlo con la abertura mayor del molde hacia abajo, como se especifica en la NTP 334.057:2011. La adición de un collar en la parte superior del molde se utiliza para reducir la probabilidad de derramar el concreto sobre el molde y la placa base. Otros usuarios prefieren colocar el molde con la abertura menor hacia abajo, lo que facilita el llenado. Ambos métodos de llenado se consideran adecuados para la realización de este ensayo.
- c) Nivelar y alisar la superficie del concreto al ras del borde del molde usando un movimiento de corte con la barra de nivelado, retirar el exceso de concreto del área de trabajo.
- d) Retirar el molde una distancia de 225 ± 75 mm en un tiempo de 3 ± 1 segundos, asegurando un ascenso estable sin movimientos laterales ni torsionales.
- e) Esperar a que el concreto termine de expandirse sobre la base y luego medir el diámetro más largo resultante, incluyendo los halos si se observan. Luego medir un segundo diámetro aproximadamente perpendicular al primero.

El flujo de asentamiento se determina según la siguiente expresión:

$$F = \frac{(d1 + d2)}{2}$$

Donde:

F = Fluidez de asentamiento

d1 = El diámetro más largo del concreto expandido

d2 = El diámetro del concreto con un ángulo aproximadamente perpendicular a d1

Medición relativa de la velocidad de flujo, viscosidad y estabilidad

La viscosidad influye en la velocidad de flujo de una mezcla de concreto autocompactante. Por lo tanto, para el desarrollo de estas mezclas en laboratorio

es fundamental contar con una medida relativa de viscosidad. En el ensayo de fluidez, el tiempo que demora el borde de la masa de concreto en extenderse hasta un diámetro de 500 mm desde que el molde es removido inicialmente, ofrece una estimación relativa de la velocidad de flujo para una mezcla de concreto no confinada. En el caso de materiales similares, este intervalo de tiempo, denominado T_{50} , indica la viscosidad relativa de la mezcla de concreto autocompactante.

Procedimiento:

- a) Para calcular T_{50} , utilice un cronómetro para medir en segundos cuánto tarda el borde externo del concreto expandido en llegar a la marca indicada en la placa base desde el momento inicial en que se retiró el molde.
- b) Una vez que la expansión del concreto se ha completado, realice una inspección visual de la mezcla para evaluar la distribución del agregado grueso dentro de la masa de concreto, cómo se distribuye la fracción del mortero, especialmente alrededor del perímetro, y las características de exudación. Asigne un valor al Índice de Estabilidad Visual (VSI) del concreto expandido, basándose en los criterios detallados en la tabla 60.

Tabla 60: Índice de estabilidad visual

Valor VSI	Criterio
0 = Altamente estable	No hay evidencia de segregación o sangrado
1 = Estable	No hay evidencia de segregación, hay un ligero sangrado observado como un brillo en la masa de concreto
2 = Inestable	Hay un ligero halo de mortero $\leq 10\text{mm}$ y/o una pila de agregado en el centro de la masa de concreto
3 = Altamente inestable	Clara segregación por evidencia de un halo de mortero $> 10\text{mm}$ y/o una pila de agregado en el centro de la masa de concreto

Nota. Fuente: NTP 339.219

Resultados:

En la tabla 61 se muestran los resultados de los ensayos de fluidez de asentamiento del concreto para una relación a/c de 0.40. También se incluye una representación gráfica (Figura 22) de los resultados del concreto con aditivo en sus diferentes porcentajes.

Tabla 61: Fluidez de asentamiento del concreto para $a/c=0.40$

$a/c=0.40$	d1	d2	F	T ₅₀
ADIT.0.40%	59.00	59.00	59.00	4.91
ADIT.0.98%	58.50	58.00	58.25	6.23
ADIT.1.56%	58.00	57.50	57.75	9.05

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

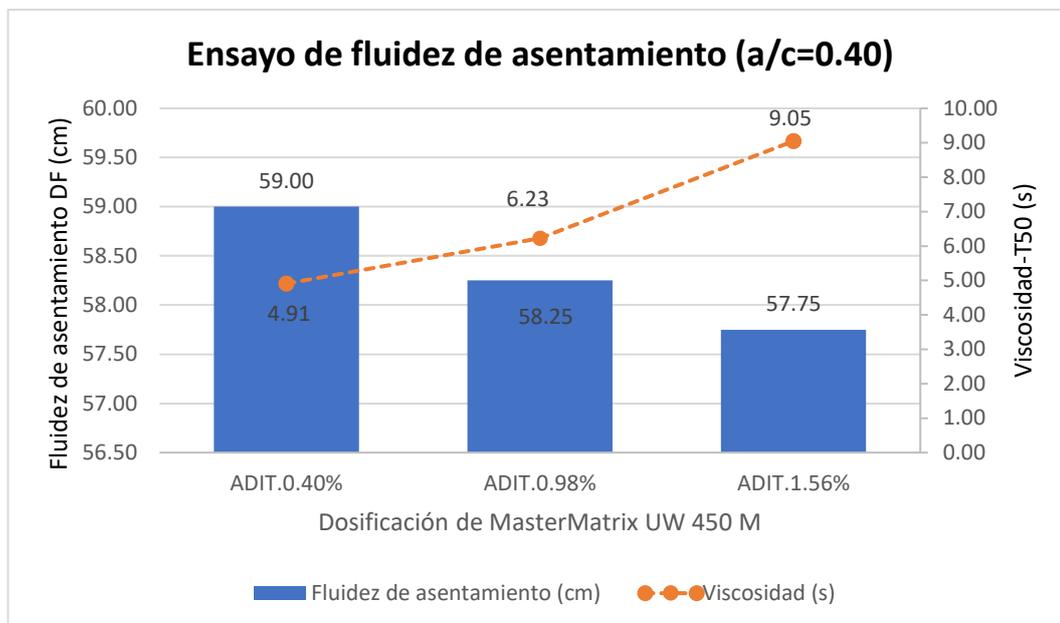


Figura 22: Ensayo de fluidez de asentamiento y Viscosidad para $a/c= 0.40$

Nota. Fuente: Elaboración propia

También se evaluó el índice de estabilidad visual (VSI). De acuerdo con los criterios de la norma, se obtuvo el siguiente resultado.

Tabla 62: Índice de estabilidad visual

Índice de estabilidad visual	
1	Estable

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

En la tabla 63 se muestran los resultados de los ensayos de fluidez de asentamiento del concreto para una relación a/c de 0.45. También se incluye una representación gráfica (Figura 23) de los resultados del concreto con aditivo en sus diferentes porcentajes.

Tabla 63: Fluidez de asentamiento del concreto para a/c=0.45

a/c=0.45	d1	d2	F	T ₅₀
ADIT.0.40%	60.00	62.00	61.00	5.06
ADIT.0.98%	58.50	58.50	58.50	8.33
ADIT.1.56%	58.00	57.50	57.75	8.35

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

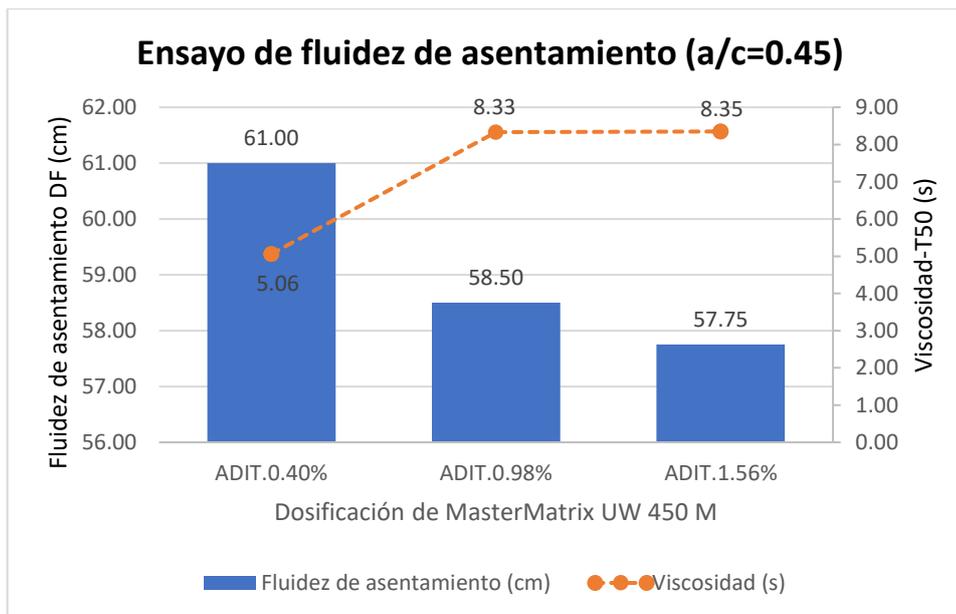


Figura 23: Ensayo de fluidez de asentamiento y Viscosidad para a/c= 0.45

Nota. Fuente: Elaboración propia

También se evaluó el índice de estabilidad visual (VSI). De acuerdo con los criterios de la norma, se obtuvo el siguiente resultado.

Tabla 64: Índice de estabilidad visual

Índice de estabilidad visual	
1	Estable

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

En la tabla 65 se muestran los resultados de los ensayos de fluidez de asentamiento del concreto para una relación a/c de 0.50. También se incluye una representación gráfica (Figura 24) de los resultados del concreto con aditivo en sus diferentes porcentajes.

Tabla 65: Fluidez de asentamiento del concreto para a/c=0.50

a/c=0.50	d1	d2	F	T ₅₀
ADIT.0.40%	63.00	58.50	60.75	5.03
ADIT.0.98%	58.00	60.00	59.00	7.08
ADIT.1.56%	58.50	56.00	57.25	8.33

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

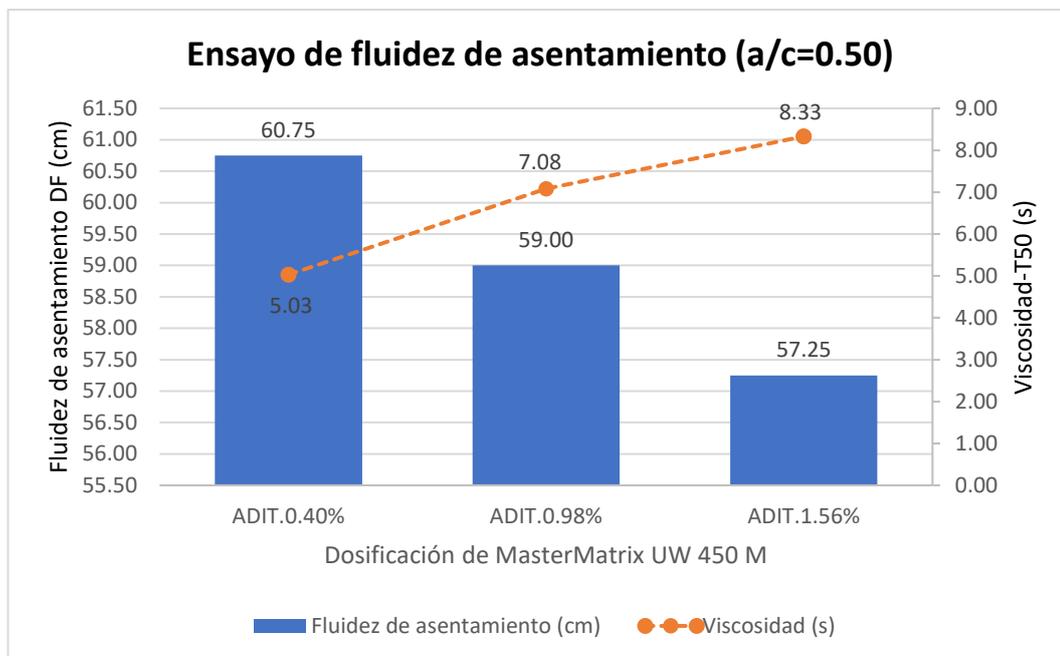


Figura 24: Ensayo de fluidez de asentamiento y Viscosidad para a/c= 0.50

Nota. Fuente: Elaboración propia

También se evaluó el índice de estabilidad visual (VSI). De acuerdo con los criterios de la norma, se obtuvo el siguiente resultado.

Tabla 66: Índice de estabilidad visual

Índice de estabilidad visual	
1	Estable

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

5.1.4 Contenido de aire

Según la NTP 339.080:2011 se establece el método de ensayo para la determinación del contenido de aire del concreto fresco mezclado, a partir de la observación del cambio de volumen de concreto, con un cambio de presión.

Materiales:

- Olla de Washington
- Varilla compactadora 5/8".
- Martillo de goma.
- Cucharón.
- Regla para enrasar

Procedimiento:

- a) Humedecer el recipiente y colocar en una superficie horizontal.
- b) Llenar el recipiente con el cucharón en tres capas de igual volumen y varillar cada una 25 veces con la barra de acero.
- c) Golpear suavemente los lados del recipiente por cada capa con el martillo de goma de 10 a 15 veces para eliminar burbujas de aire
- d) Alisar la superficie de concreto en el recipiente con la regla para enrasar
- e) Ensamblar el equipo, asegurar la tapa e ingresar agua mediante válvulas presentes en la tapa hasta que no haya más espacio.
- f) Abrir la válvula de conexión permitiendo que el aire a presión ingrese en el recipiente.
- g) Dar lectura en el manómetro.

Resultados:

En la tabla 67 se muestran los resultados de los ensayos de contenido de aire del concreto para la relación $a/c = 0.40$, además la variación porcentual respecto al concreto patrón. Estos valores están representados en la figura 25.

Tabla 67: Ensayo de contenido de aire para un $a/c=0.40$

$a/c=0.40$		
Concreto	contenido de aire %	Variación respecto al concreto patrón
Concreto patrón	1.10	100.00%
C. aditivo 0.40%	1.60	145.45%
C. aditivo 0.98%	1.60	145.45%
C. aditivo 1.56%	1.70	154.55%

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

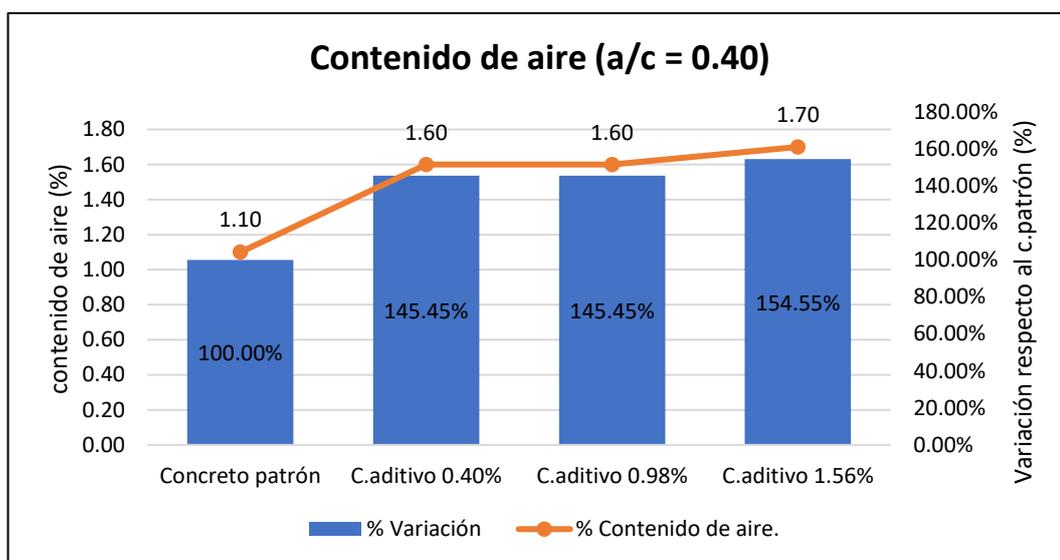


Figura 25: Contenido de aire y % de variación para $a/c=0.40$.

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 68 se muestran los resultados de los ensayos de contenido de aire del concreto para la relación $a/c = 0.45$, además la variación porcentual respecto al concreto patrón. Estos valores están representados en la figura 26.

Tabla 68: Ensayo de contenido de aire para un $a/c=0.45$

$a/c=0.45$		
Concreto	contenido de aire %	Variación respecto al concreto patrón
Concreto patrón	1.50	100.00%
C. aditivo 0.40%	1.70	113.33%
C. aditivo 0.98%	1.90	126.67%
C. aditivo 1.56%	1.92	128.00%

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

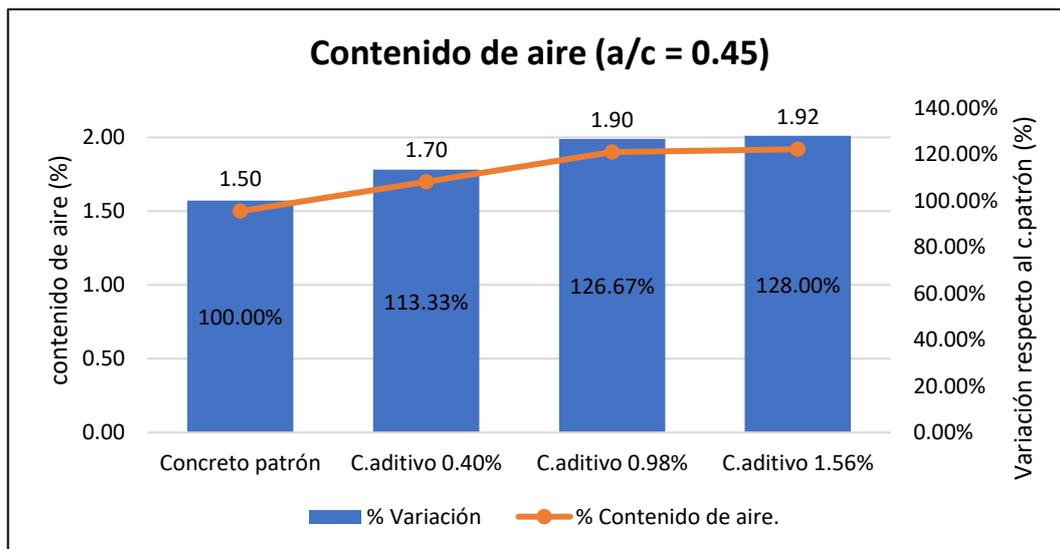


Figura 26: Contenido de aire y % de variación para a/c=0.45.

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 69 se muestran los resultados de los ensayos de contenido de aire del concreto para la relación a/c = 0.50, además la variación porcentual respecto al concreto patrón. Estos valores están representados en la figura 27.

Tabla 69: Ensayo de contenido de aire para un a/c=0.50

a/c=0.50		
Concreto	contenido de aire %	Variación respecto al concreto patrón
Concreto patrón	1.70	100.00%
C. aditivo 0.40%	1.80	105.88%
C. aditivo 0.98%	1.90	111.76%
C. aditivo 1.56%	2.10	123.53%

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

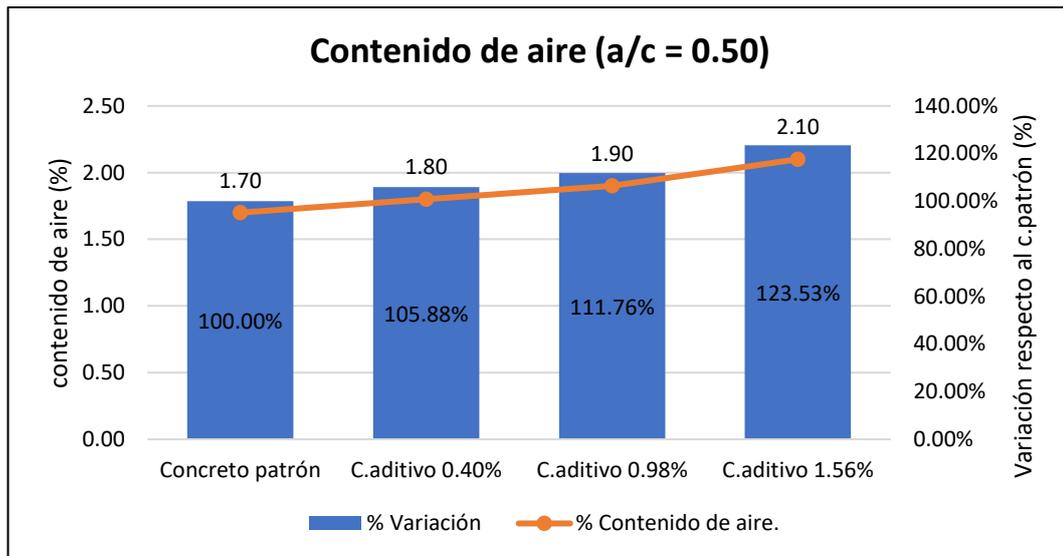


Figura 27: Contenido de aire y % de variación para $a/c=0.50$.

Nota. Fuente: Elaboración propia

5.1.5 Tiempo de fragua

Según la NTP 339.082:2017 es la propiedad que indica el tiempo requerido para que el concreto fresco pase de una consistencia plástica y moldeable a una consistencia sólida e indeformable. El tiempo de fraguado se ha dividido en dos periodos claramente diferenciados.

5.1.5.1 Tiempo de Fragua Inicial (T.F.I)

El tiempo de fraguado inicial define el límite para el vaciado del concreto. Se considera alcanzado cuando la resistencia a la penetración llega a 500 lb/pulg².

5.1.5.2 Tiempo de Fragua Final (T.F.F)

Se denomina así al tiempo en el que la mezcla de concreto pierde completamente su capacidad de deformación debido al incremento de su resistencia. El tiempo de fraguado final se considera alcanzado cuando la resistencia a la penetración llega a 4000 lb/pulg².

Materiales:

- Tamiz con 4.76 mm de abertura.
- Recipiente de 15 cm de diámetro con una altura de 15 cm.
- Equipo hidráulico con medidor de presión.

- Conjunto de agujas cilíndricas con las siguientes áreas de contacto de 0.025, 0.050, 0.10, 0.25, 0.50, 1.0 pulg².

Procedimiento:

- a) Se tamiza la muestra de concreto recién mezclado hasta obtener el volumen necesario para llenar el recipiente humedecido a utilizar.
- b) Eliminar el agua exudada antes de realizar cada penetración de las agujas en el concreto.
- c) Se aplica una fuerza vertical uniforme para lograr una penetración de 2.5 cm en 10 segundos. La aguja se cambia a medida que la muestra se va endureciendo.
- d) Se registran la fuerza de resistencia, el área de la aguja y la hora del ensayo. El ensayo concluye cuando la aguja de menor área alcanza una resistencia a la penetración de al menos 4000 lb/pulg².

Resultados:

En la tabla 70 se muestran los resultados de los ensayos de tiempo de fragua del concreto para la relación a/c = 0.40, además la variación porcentual respecto al concreto patrón estableciendo el 100% para el valor del concreto patrón. Estos valores están representados en la figura 28.

Tabla 70: Variación del tiempo de fragua respecto al patrón (a/c = 0.40).

RESULTADOS DE ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA					
relación a/c	Diseño	TFI (min)	TFF (min)	variación (%) FI	variación (%) FF
0.4	C.P.	266	348	100.00	100.00
	C.P. + aditivo 0.40%	318	405	119.55	116.38
	C.P. + aditivo 0.98%	341	425	128.20	122.13
	C.P. + aditivo 1.56%	388	458	145.86	131.61

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

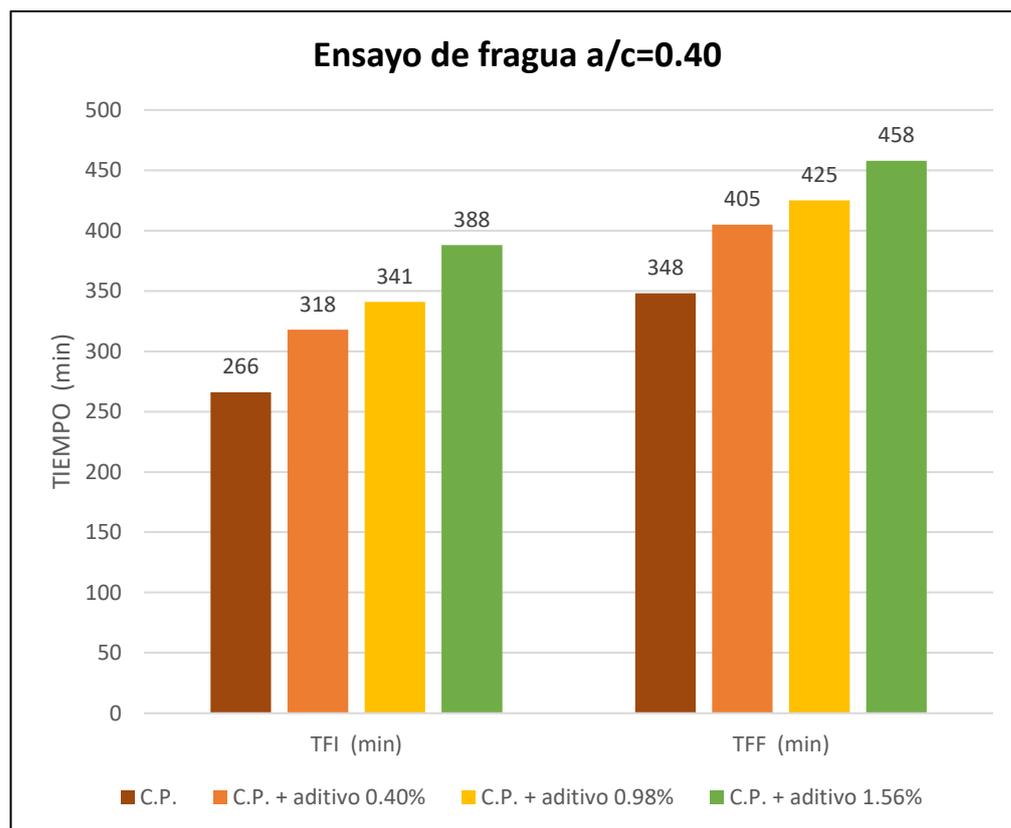


Figura 28: Ensayo de tiempo de fragua para una $a/c = 0.40$

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 71 se muestran los resultados de los ensayos de tiempo de fragua del concreto para la relación $a/c = 0.45$, además la variación porcentual respecto al concreto patrón estableciendo el 100% para el valor del concreto patrón. Estos valores están representados en la figura 29.

Tabla 71: Variación del tiempo de fragua respecto al patrón ($a/c = 0.45$).

relación a/c	Diseño	RESULTADOS DE ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA			
		TFI (min)	TFF (min)	variación (%) FI	variación (%) FF
0.45	C.P.	305	398	100	100
	C.P. + aditivo 0.40%	337	423	110.49	106.28
	C.P. + aditivo 0.98%	358	440	117.38	110.55
	C.P. + aditivo 1.56%	402	472	131.80	118.59

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

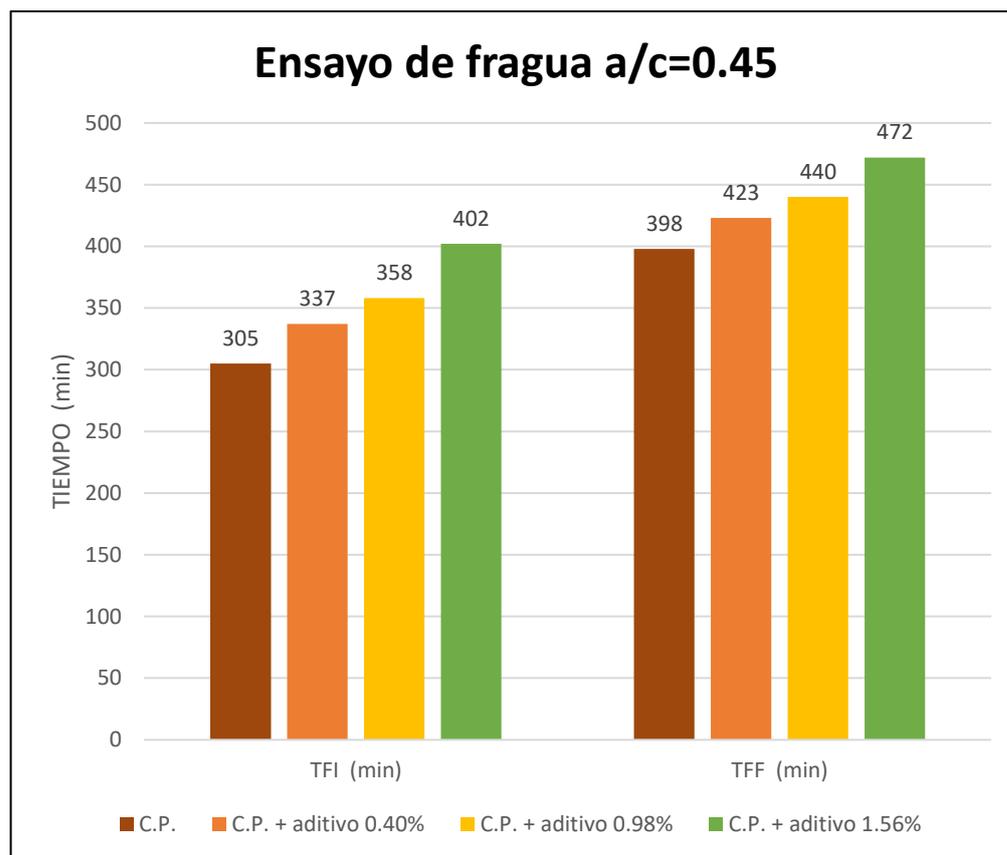


Figura 29: Ensayo de tiempo de fragua para una a/c= 0.45

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 72 se muestran los resultados de los ensayos de tiempo de fragua del concreto para la relación a/c = 0.50, además la variación porcentual respecto al concreto patrón estableciendo el 100% para el valor del concreto patrón. Estos valores están representados en la figura 30.

Tabla 72: Variación del tiempo de fragua respecto al patrón (a/c = 0.50).

RESULTADOS DE ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA					
relación a/c	Diseño	TFI (min)	TFF (min)	variación (%) FI	variación (%) FF
0.5	C.P.	326	405	100	100
	C.P. + aditivo 0.40%	339	427	103.99	105.43
	C.P. + aditivo 0.98%	363	444	111.35	109.63
	C.P. + aditivo 1.56%	408	479	125.15	118.27

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

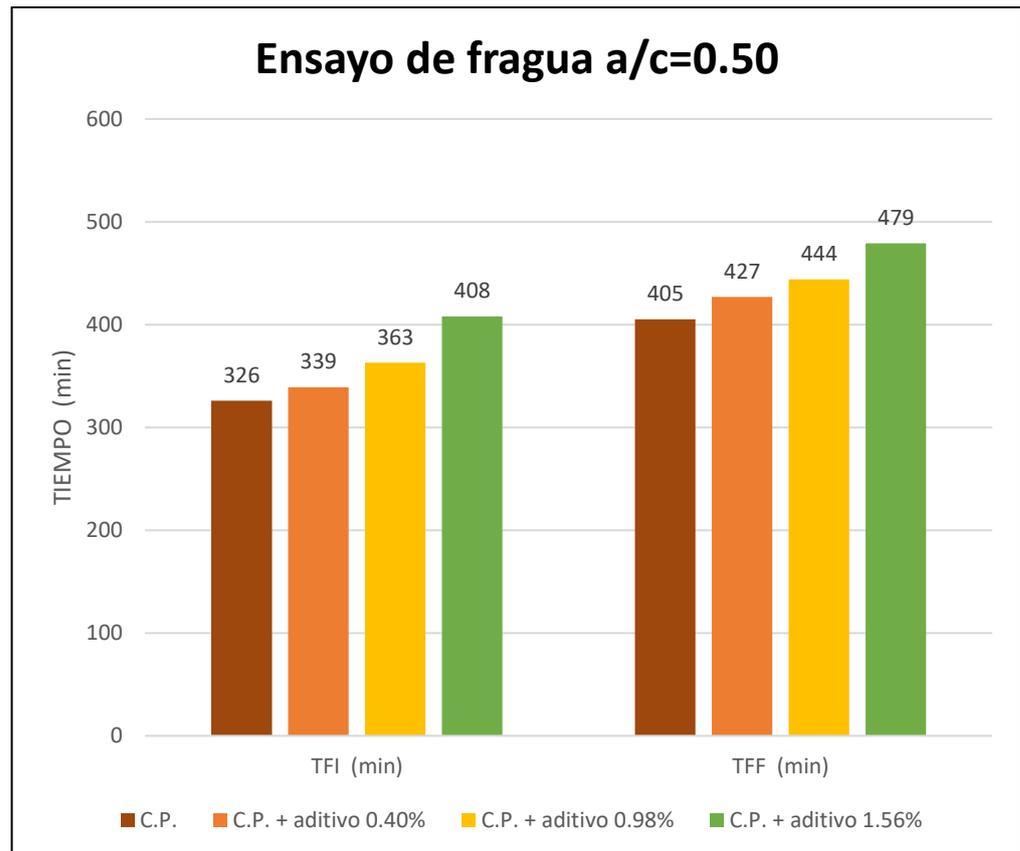


Figura 30: Ensayo de tiempo de fragua para una $a/c=0.50$

Nota. Fuente: Elaboración propia

5.1.6 Ensayo de resistencia al lavado del concreto fresco

Según la normativa CRD-C 661-06 se establece el método para evaluar el porcentaje de pérdida de finos de una muestra de concreto antideslave después de someterla a un proceso físico de contacto con el agua.

Materiales:

- Recipiente cilíndrico de acero perforado, espesor nominal de 1.4 mm, diámetro de 130 mm +/- 2 mm y altura de 120 mm +/- 2 mm.
- Tubo de plástico con una altura 200 mm +/- 2 mm, diámetro interior de 190 mm +/- 2 mm, diámetro exterior de 200 mm +/- 2 mm.
- Soga con una longitud mínima de 2.5 m.
- Balanza.
- Cucharón.

- Varilla compactadora de 10mm de diámetro.

Procedimiento:

- a) Se nivela la base del tubo de lavado y se llena con agua hasta una altura de 170 mm,
- b) Determinar la masa del recipiente receptor de concreto, colocar una muestra de concreto fresco con una masa ligeramente superior a 2000 g en el recipiente receptor.
- c) Varillar la muestra 10 veces con la varilla de 10 mm de diámetro, golpear los laterales con la varilla de 10 a 15 veces
- d) Se amarra la soga a la tapa superior del recipiente receptor, se deja caer hasta el fondo del tubo con agua.
- e) Después de 15 segundos de haber sumergido el recipiente, se extrae en un periodo de 5 segundos con la muestra de concreto dentro. Luego, se deja reposar al aire libre durante dos minutos, inclinándolo un poco para drenar el agua sobrante.
- f) Se lleva a cabo el procedimiento tres veces y se anota la masa final.

Se determina según la siguiente expresión:

$$D = \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100$$

Donde:

D = Porcentaje de lavado (%)

M_i = Masa inicial (gr)

M_f = Masa final (gr)

Resultados:

En la tabla 73 se muestra los resultados de los ensayos de pérdida de finos. Estos valores están representados en la figura 31.

Tabla 73: Resumen de la pérdida de finos del Concreto Antideslave

A/C	Aditivo (%)	Pérdida de Finos
0.40	-	10.83%

	0.40	2.27%
	0.98	1.45%
	1.56	0.42%
	-	10.30%
0.45	0.40	2.20%
	0.98	1.48%
	1.56	0.87%
	-	10.81%
0.50	0.40	3.37%
	0.98	1.68%
	1.56	0.89%

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI

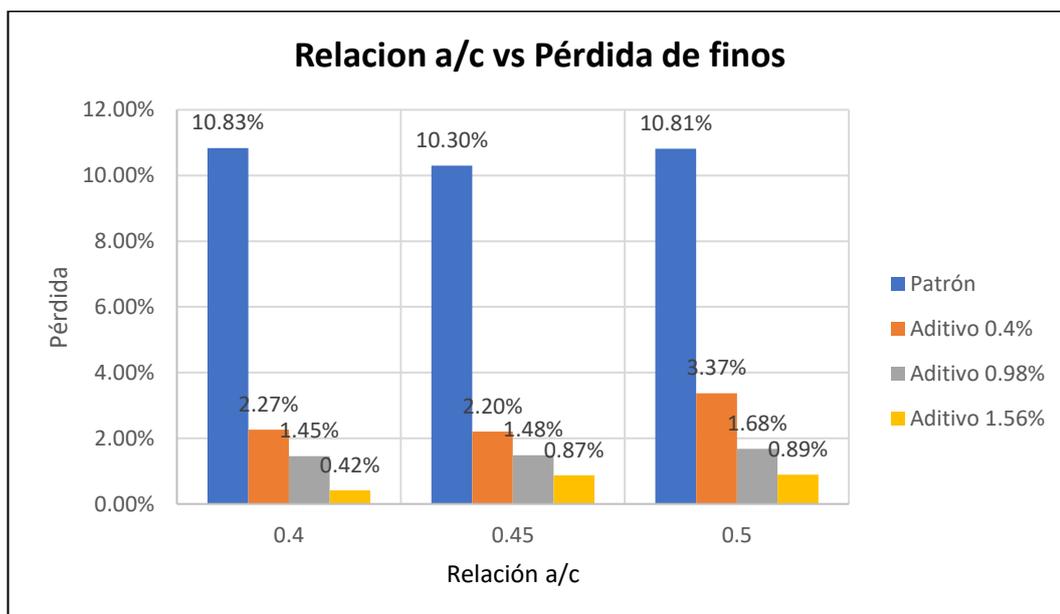


Figura 31: Pérdida de finos vs. dosificación de aditivo para diferentes a/c.

Nota. Fuente: Elaboración propia

Capítulo VI: Ensayos y resultados del concreto en estado endurecido

6.1 Propiedades del concreto endurecido

Los ensayos realizados sobre los diseños de mezcla de concreto en su estado endurecido fueron los siguientes:

6.1.1 Resistencia a la compresión axial

Según la NTP 339.034 se especifica la metodología para determinar la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto y núcleos diamantinos extraídos de estructuras de concreto. Este procedimiento se aplica exclusivamente a concretos con una densidad unitaria superior a 800 kg/m³. El método implica someter los cilindros moldeados o los núcleos extraídos a una carga axial de compresión, aplicada a una velocidad dentro de un rango establecido, hasta que ocurra la falla del material. La resistencia a la compresión del espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo por el área de la sección transversal del mismo.

La resistencia a la compresión axial se determina según la siguiente expresión:

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

Donde:

R = Resistencia a la compresión (kg/cm²)

P = Carga de rotura (kg)

D = Diámetro promedio de probeta (cm).

Resultados:

En la tabla 74 se muestran los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión axial del concreto para las diferentes relaciones a/c (0.40,0.45 y 0.50), además agregado diferentes porcentajes de aditivo Máster Matrix UW 450 M (0.4%,0.98% y 1.56%), pero manteniendo constante el superplastificante CPA DISPER WR (0.5%). Estos valores están representados en las figuras 32,33 y 34.

Tabla 74: Resumen de resultados de compresión axial a los 7, 14 y 28 días.

a/c	% de aditivo CPA DISPER WR	% de aditivo MasterMatrix UW 450 M	Resistencia de concreto patrón (kg/cm ²)		
			7 días	14 días	28 días
0.40	0	0	366	457	498
	0.5	0.4	360	453	496
	0.5	0.98	388	460	526
	0.5	1.56	385	473	533
0.45	0	0	351	433	472
	0.5	0.4	347	426	456
	0.5	0.98	360	432	476
	0.5	1.56	362	440	478
0.50	0	0	319	383	429
	0.5	0.4	306	380	413
	0.5	0.98	332	394	436
	0.5	1.56	334	397	443

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

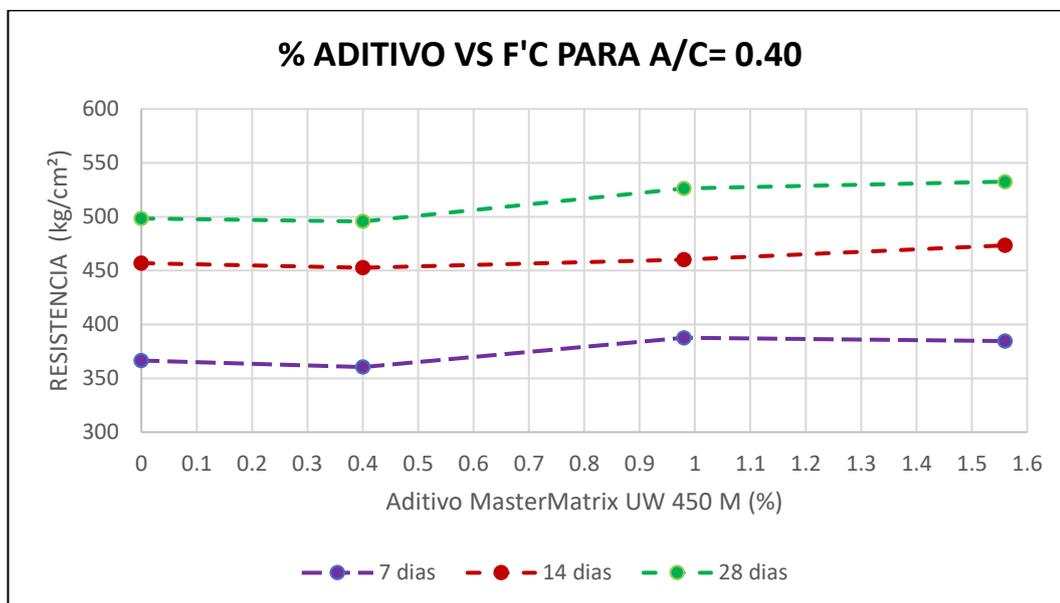


Figura 32: Resistencia a la compresión para a/c=0.40.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

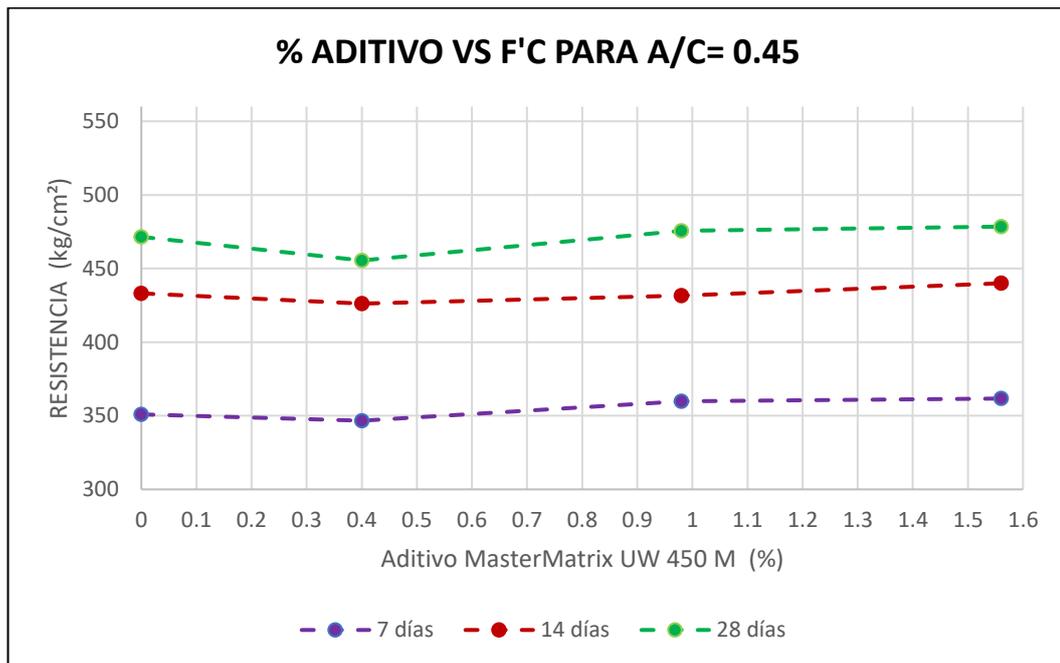


Figura 33: Resistencia a la compresión para a/c=0.45.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

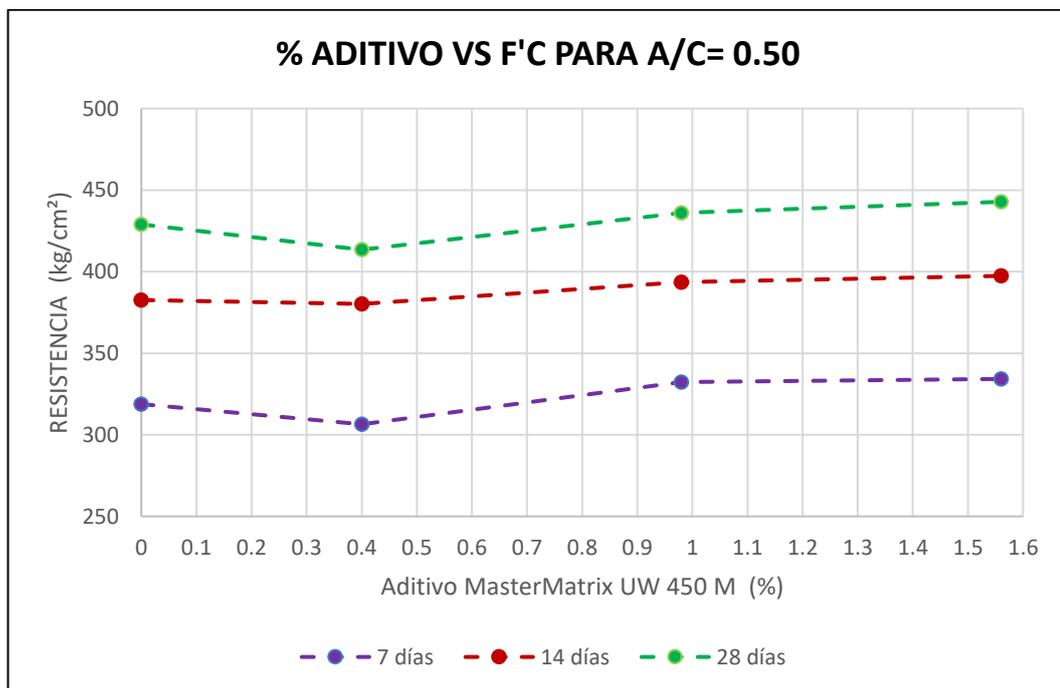


Figura 34: Resistencia a la compresión para a/c=0.50.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 75 se muestran los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión axial del concreto para las diferentes relaciones a/c (0.40,0.45 y 0.50) a los 28 días. Estos valores están representados en la Figura 35.

Tabla 75: Resistencia a la compresión axial a los 28 días.

Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)				
a/c	C.P.	C.P. + aditivo 0.4%	C.P. + aditivo 0.98%	C.P. + aditivo 1.56%
0.40	498	496	526	533
0.45	472	456	476	478
0.50	429	413	436	443

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

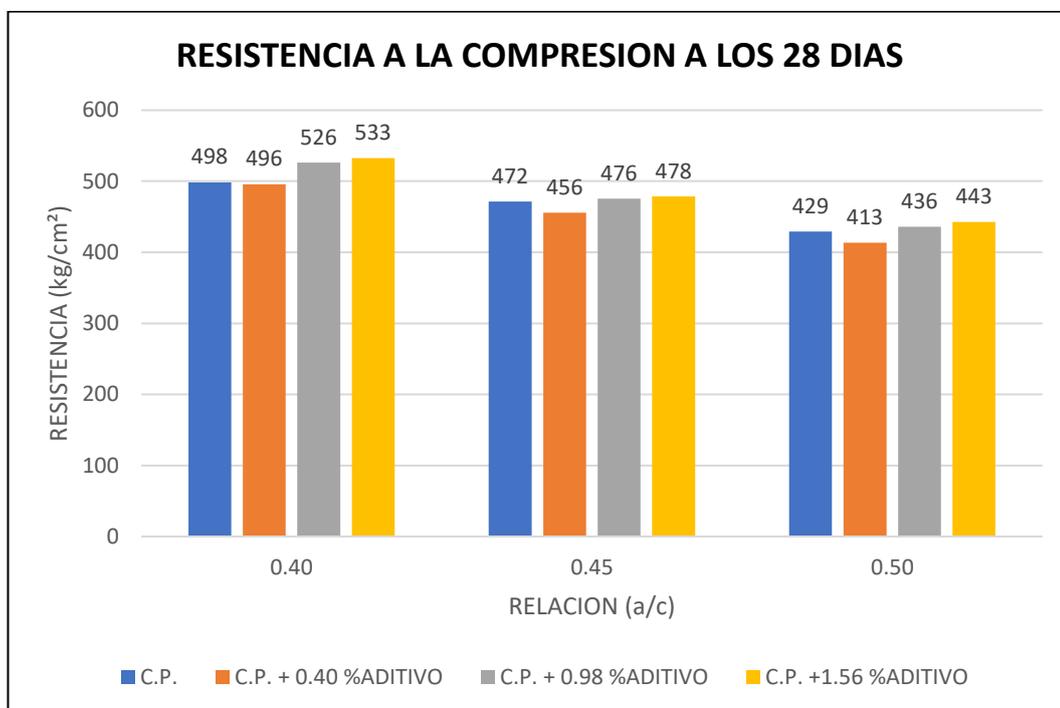


Figura 35: Resistencia del concreto patrón y aditivos a los 28 días.

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 76 se muestra la variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días del concreto para las diferentes relaciones a/c (0.40, 0.45 y 0.50) estableciendo el 100% para el valor del concreto patrón. Estos valores están representados en las figuras 36,37 y 38.

Tabla 76: Variación porcentual de la resistencia respecto al concreto patrón.

VARIACION PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)					
a/c	Edad (días)	C.P.	C.P. + aditivo 0.40%	C.P. + aditivo 0.98%	C.P. + aditivo 1.56%
0.40	7	100	98	106	105
	14	100	99	101	104
	28	100	99	106	107
0.45	7	100	99	102	103
	14	100	98	100	102
	28	100	97	101	101
0.50	7	100	96	104	105
	14	100	99	103	104
	28	100	96	102	103

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

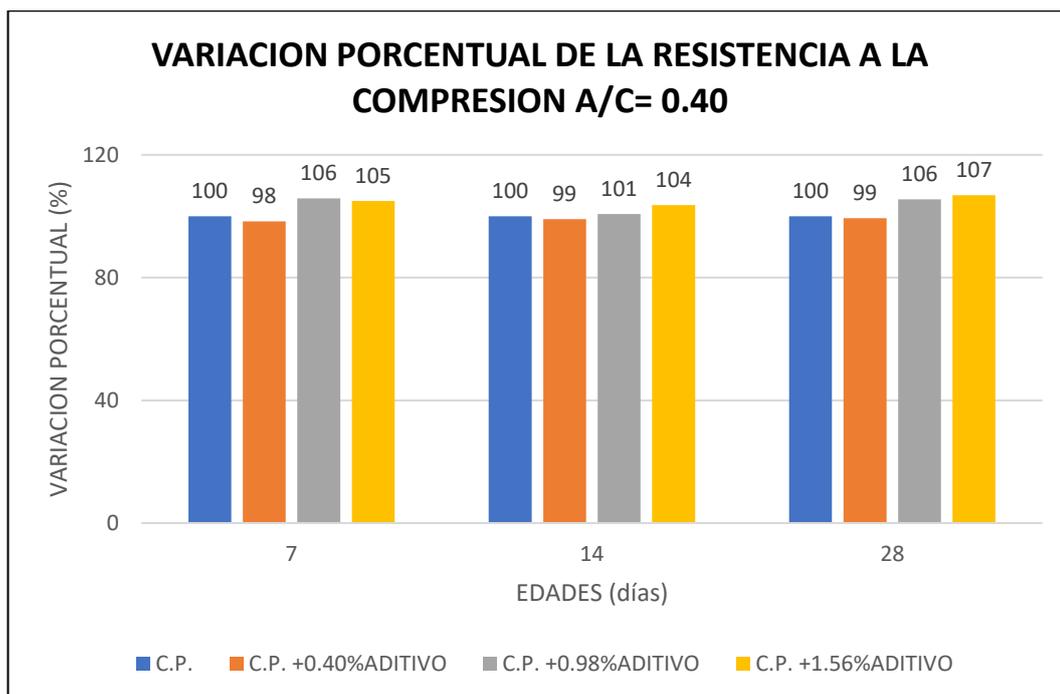


Figura 36: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.40.

Nota. Fuente: Elaboración propia

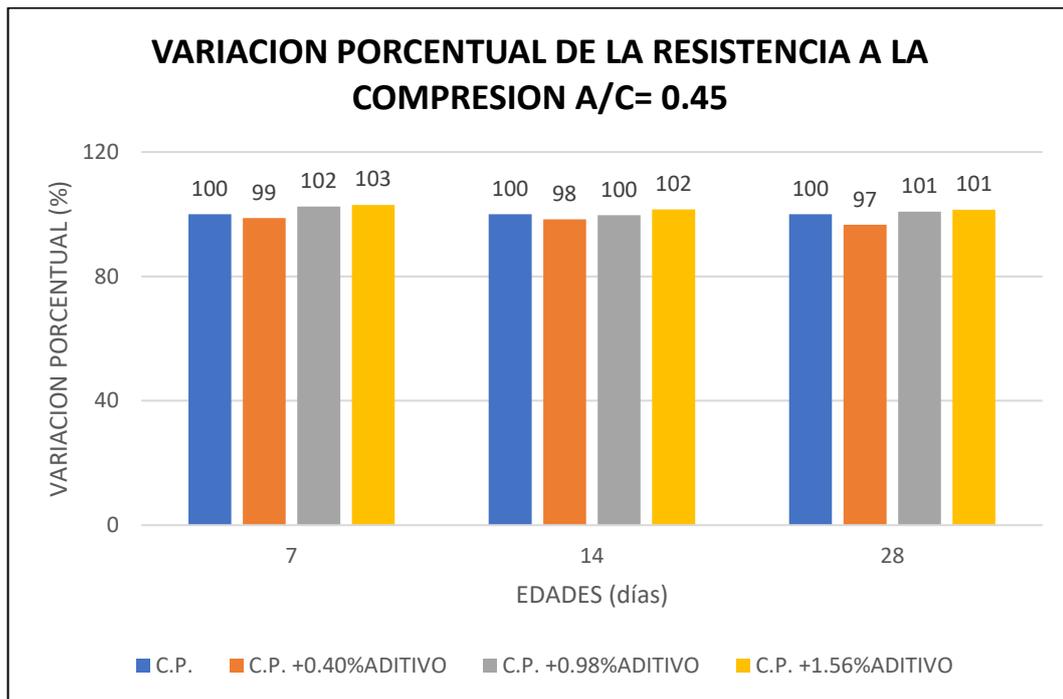


Figura 37: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.45.

Nota. Fuente: Elaboración propia

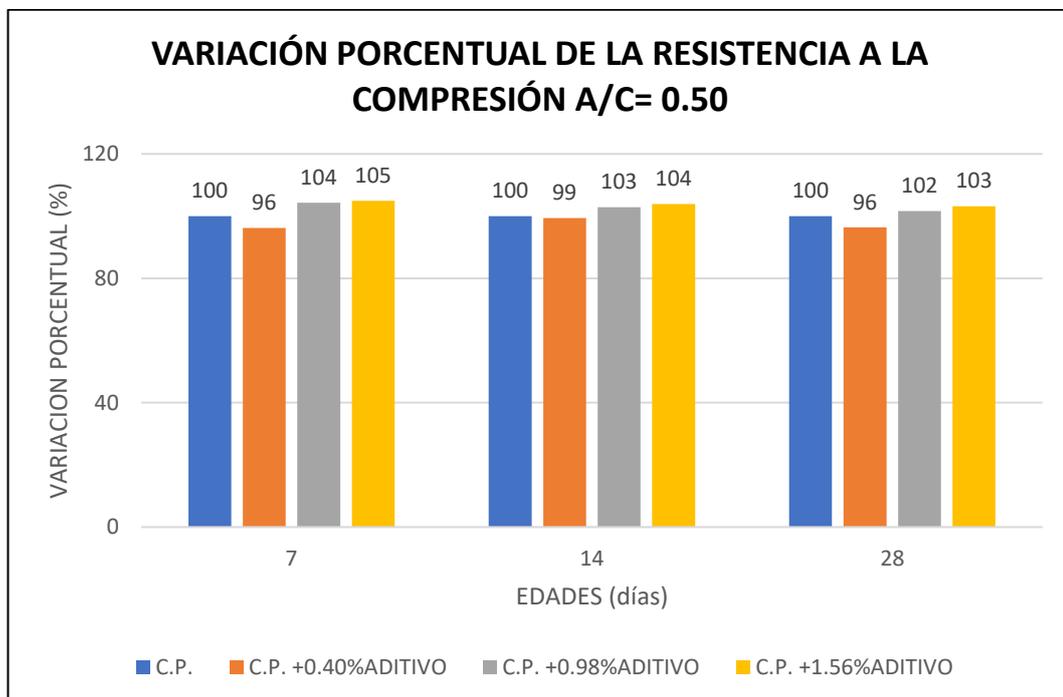


Figura 38: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.50.

Nota. Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral

Según la NTP 339.84 se establece el procedimiento para determinar la resistencia a la tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto, como cilindros moldeados y diamantinos. Este método de ensayo consiste en aplicar una fuerza de compresión diametral a lo largo de toda la longitud del espécimen cilíndrico a una velocidad prescrita, hasta que se produzca la falla. La falla por tracción ocurre antes que la de compresión porque las áreas donde se aplica la carga están sometidas a un estado de compresión triaxial, lo que permite soportar esfuerzos de compresión mucho mayores que los obtenidos en un ensayo de compresión uniaxial.

La resistencia a la compresión diametral se determina mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{2 * P}{\pi * D * L}$$

Donde:

R = Resistencia a la tracción (kg/cm²).

P = Carga de rotura (kg).

D = Diámetro promedio de probeta (cm).

L = Longitud de probeta (cm).

Resultados:

En la tabla 77 se muestran los resultados de los ensayos de resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto para las relaciones a/c (0.40, 0.45 y 0.50). además, la variación porcentual respecto al concreto patrón estableciendo el 100% para el valor del concreto patrón. Estos valores están representados en las Figuras 39 y 40.

Tabla 77: Variación porcentual de la resistencia a la tracción diametral.

RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL			
relación a/c	Diseño	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	variación (%)
0.4	C.P.	51	100.00
	C.P. + aditivo 0.40%	48	93.80
	C.P. + aditivo 0.98%	51	99.76
	C.P. + aditivo 1.56%	53	102.61
0.45	C.P.	45	100.00
	C.P. + aditivo 0.40%	44	99.29
	C.P. + aditivo 1.98%	47	105.37
	C.P. + aditivo 1.56%	46	103.72
0.5	C.P.	42	100.00
	C.P. + aditivo 0.40%	41	98.09
	C.P. + aditivo 0.98%	44	104.53
	C.P. + aditivo 1.56%	44	104.75

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

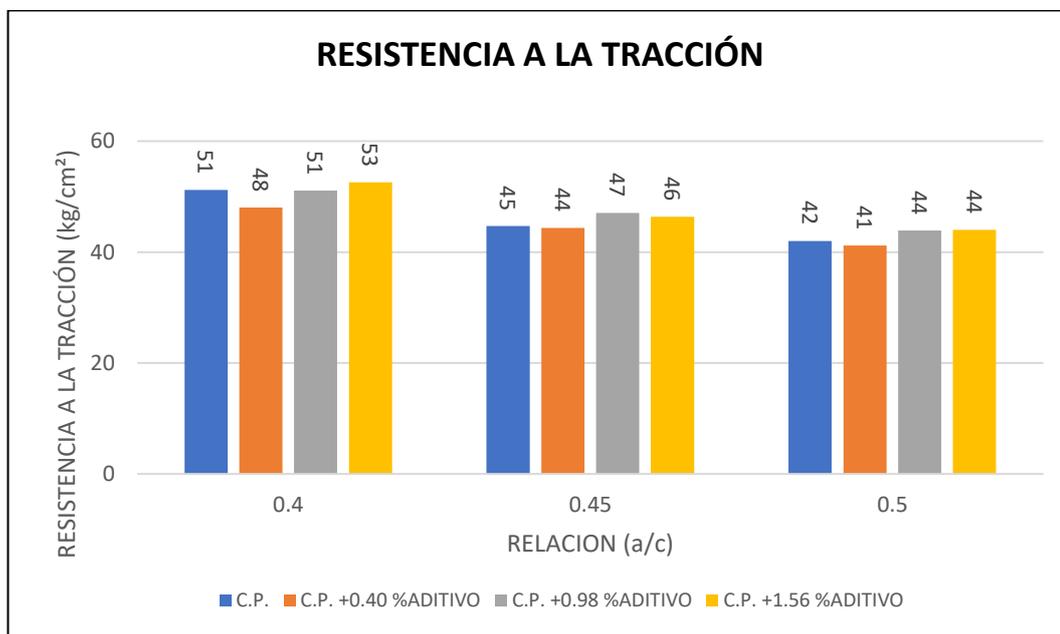


Figura 39: Resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

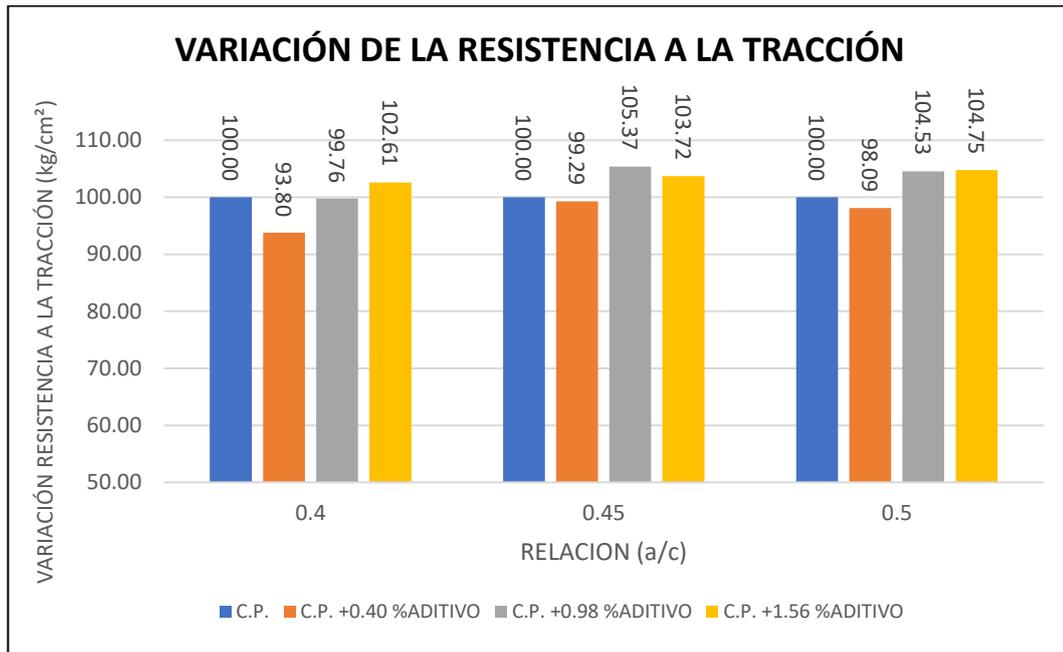


Figura 40: Variación porcentual de la tracción diametral a los 28 días.

Nota. Fuente: Elaboración propia

Capítulo VII: Análisis de resultados

En este capítulo se analizaron los resultados de los ensayos realizados al agregado (fino y grueso), concreto fresco y el concreto endurecido para las relaciones a/c (0.40, 0.45 y 0.50), con dosificaciones de aditivos Máster Matrix UW 450 M (0.4%, 0.98% y 1.56%), pero manteniendo constante el superplastificante CPA DISPER WR (0.5%) en peso del cemento.

7.1 Agregados

7.1.1 Agregado fino

El agregado fino que se empleó para la presente tesis proviene de la cantera TRAPICHE distrito de Carabaylo departamento Lima, latitud 11° 46' 50.54" S y longitud 76° 57' 36.89" O. De los ensayos de granulometría se obtuvo la curva que se encuentra dentro de los límites especificados en el Huso de la NTP 400.037:2021. Un análisis visual de la Figura 1 revela el adecuado tendido de esta, lo que indica que el agregado es de buena calidad. Además, se obtuvo un módulo de finura de 3.04 lo que indica que se encuentra dentro de los límites establecidos (2.3-3.1) según la NTP 400.037:2021.

7.1.2 Agregado grueso

El agregado grueso que se empleó para la presente tesis proviene de la cantera JICAMARCA de UNICON situada en Lurigancho – Chosica departamento Lima, latitud 11°57'40.69" S y longitud 76°53'40.48" O, el agregado presentó un tamaño máximo nominal de 1/2 pulgada y módulo de finura de 6.42, con una granulometría que se encuentra dentro de los límites especificados del Huso 67 de la NTP 400.037:2021, esto satisface las recomendaciones de utilizar un tamaño máximo de agregado grueso de 3/4" a 1" para colocaciones reforzadas bajo el agua y 1 1/2" para colocaciones no reforzadas según el ACI 304R, así como utilizar agregado grueso con Huso 67 según la CRD-C 661-06 para el diseño de un concreto destinado a ser vaciado bajo agua.

7.1.3 Agregado global

Se denomina agregado global a la mezcla de los agregados fino y grueso. Los ensayos de esta combinación producen una curva de Peso Unitario Compactado (PUC) vs %agregado fino, de esta curva se obtuvo el máximo PUC (50.7% de agregado fino y 49.3% de agregado grueso), estos porcentajes son

indicativos para el diseño preliminar de la mezcla, pero no son definitivos, ya que se requiere considerar la inclusión de otros materiales que componen el concreto. Se toman muestras del agregado global con el porcentaje previamente establecido de agregados se obtuvo una curva que cumple con la NTP 400.037:2021, Esto sugiere que la calidad de la combinación de los agregados es apropiada, y el módulo de finura promedio del agregado global es de 4.76.

7.2 Propiedades del concreto en estado fresco

7.2.1 Asentamiento

En esta investigación, el asentamiento de los diseños para el concreto patrón osciló entre 7" y 8". Para el concreto con aditivo, donde se mantuvo la misma cantidad de agua que en el patrón, se observó que concreto cumple con la característica de tener un asentamiento superior a 6 pulgadas, conforme a lo indicado por el ACI 304R – 00 (Subcapítulo 3.5.1), para ser vaciado bajo agua. Los resultados se muestran en la tabla 78.

Tabla 78: Resumen de resultados de asentamiento.

a/c	DISEÑO	Asentamiento (pulg)	Variación respecto al concreto patrón
0.40	C.P.	7.20"	100.00%
	C.P. + aditivo 0.40%	10.20"	141.67%
	C.P. + aditivo 0.98%	9.50"	131.94%
	C.P. + aditivo 1.56%	9.40"	130.56%
0.45	C.P.	7.50"	100.00%
	C.P. + aditivo 0.40%	10.50"	140.00%
	C.P. + aditivo 0.98%	9.70"	129.33%
	C.P. + aditivo 1.56%	9.50"	126.67%
0.50	C.P.	7.60"	100.00%
	C.P. + aditivo 0.40%	10.70"	140.79%
	C.P. + aditivo 0.98%	10.20"	134.21%
	C.P. + aditivo 1.56%	10.10"	132.89%

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados mostraron que, para las relaciones a/c de 0.40, 0.45 y 0.50, el concreto con aditivo exhibió un asentamiento (slump) superior al del concreto patrón. Además, se observó que cuanto mayor es el porcentaje de aditivo

MasterMatrix UW 450 M, menor es el slump obtenido; ya que el aditivo CPA DISPER WR se mantiene constante.

Además, en la relación a/c de 0.50, se observó que el asentamiento máximo se alcanzó con un 0.4% de aditivo antideslave, registrando un aumento del 40.79%.

7.2.2 Peso Unitario

En la Tabla 79, Se exponen los resultados de peso unitario del concreto, indicando que los valores se sitúan dentro del rango habitual (2300 – 2500 kg/m³).

Tabla 79: Resumen de resultados de peso unitario

a/c	DISEÑO	Peso unitario (kg/m ³)	Variación respecto al concreto patrón
0.40	C.P.	2366	100.00%
	C.P. + aditivo 0.40%	2359	99.67%
	C.P. + aditivo 0.98%	2351	99.37%
	C.P. + aditivo 1.56%	2350	99.31%
0.45	C.P.	2376	100.00%
	C.P. + aditivo 0.40%	2371	99.79%
	C.P. + aditivo 0.98%	2369	99.73%
	C.P. + aditivo 1.56%	2369	99.73%
0.50	C.P.	2388	100.00%
	C.P. + aditivo 0.40%	2384	99.82%
	C.P. + aditivo 0.98%	2378	99.58%
	C.P. + aditivo 1.56%	2376	99.49%

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados mostraron que la incorporación de aditivo genera una ligera disminución de peso unitario es decir a mayor aditivo menor peso unitario siendo las variaciones máximas 99.31% 99.73% 99.49% para las relaciones 0.40 0.45 y 0.50 respectivamente

Una observación adicional que se puede extraer es que, a pesar de que la inclusión de aditivos afectó las proporciones de los agregados y redujo el peso unitario, este efecto fue insignificante. Esto se atribuye en parte a los porcentajes de aditivos utilizados que variaron entre el 0.40% y el 1.56% del peso del cemento, siendo valores mínimos en cada caso.

7.2.3 Fluidez de asentamiento

El ensayo de fluidez de los diseños de mezcla con aditivos para relaciones $a/c = 0.40, 0.45$ y 0.50 mostro resultados de extensiones entre 57.25 y 61.00 cm. Estos valores se encuentran dentro del rango recomendado de 55.00 a 65.00 cm para un concreto vaciado bajo agua, según Ahmed, Songgui y Feng (2021). Dicho rango asegura que la mezcla sea tanto cohesiva como suficientemente fluida para facilitar el vaciado bajo agua.

Tabla 80: Resumen de resultados de fluidez de asentamiento.

a/c	MEZCLA DISEÑO	Fluidez de	Viscosidad (T50)
		Asentamiento (Cm)	(s)
0.4	C.P. + aditivo 0.40%	59.00	4.91
	C.P. + aditivo 0.98%	58.25	6.23
	C.P. + aditivo 1.56%	57.75	9.05
0.45	C.P. + aditivo 0.40%	61.00	5.06
	C.P. + aditivo 0.98%	58.50	8.33
	C.P. + aditivo 1.56%	57.75	8.35
0.50	C.P. + aditivo 0.40%	60.75	5.03
	C.P. + aditivo 0.98%	59.00	7.08
	C.P. + aditivo 1.56%	57.25	8.33

Nota. Fuente: Elaboración propia.

El incremento de la fluidez puede ser beneficioso porque esto indicaría mayor capacidad de relleno para el vaciado.

Respecto al T50 los valores indicaron que la viscosidad aumenta mientras mayor era el aditivo MasterMatrix UW 450 M.

7.2.4 Contenido de aire

En la tabla 81 se muestran los valores obtenidos de contenido de aire y también su variación porcentual respecto del concreto patrón para las relaciones $a/c = 0.40, 0.45$ y 0.50 .

Tabla 81: Resumen de resultados de contenido de aire

a/c	DISEÑO	Contenido de aire (%)	Variación respecto al concreto patrón
0.40	C.P.	1.10%	100.00%
	C.P. + aditivo 0.40%	1.60%	145.45%

	C.P. + aditivo 0.98%	1.60%	145.45%
	C.P. + aditivo 1.56%	1.70%	154.55%
0.45	C.P.	1.50%	100.00%
	C.P. + aditivo 0.40%	1.70%	113.33%
	C.P. + aditivo 0.98%	1.90%	126.67%
	C.P. + aditivo 1.56%	1.92%	128.00%
0.50	C.P.	1.70%	100.00%
	C.P. + aditivo 0.40%	1.80%	105.88%
	C.P. + aditivo 0.98%	1.90%	111.76%
	C.P. + aditivo 1.56%	2.10%	123.53%

Nota. Fuente: Elaboración propia.

El contenido de aire se determinó siguiendo las especificaciones de la NTP 339.083. Los valores obtenidos indicaron que el contenido de aire aumentaba conforme se incrementaba el % de aditivo MasterMatrix UW 450 M en la mezcla. La variación máxima respecto al patrón fue del 54.55% para la relación a/c = 0.40, alcanzando un valor de casi 2.00% de contenido de aire en la mezcla. Este incremento en el contenido de aire puede ser beneficioso dependiendo del clima en el que se utilice el concreto, ya que disminuye el riesgo de desintegración debido al ciclo continuo de congelación y descongelación.

7.2.5 Tiempo de fragua

El tiempo de fragua Inicial para el concreto patrón presenta los siguientes valores 04h:26min, 05h:05min y 05h:26min y para los diseños con mayor porcentaje de aditivo MasterMatrix UW 450 M de 1.56% en peso del cemento mostro los valores 06h:28min, 06h:42min y 06h:48min para las relaciones a/c= 0.40,0.45 y 0.50 respectivamente. Los valores obtenidos indicaron que el tiempo de fragua inicial aumento mientras mayor era él % de aditivo MasterMatrix UW 450 M un valor promedio de este incremento es 34.27%.

El tiempo de fragua final para el concreto patrón presenta los siguientes valores 05h:48min, 06h:38min y 06h:45min y para los diseños con mayor porcentaje de aditivo MasterMatrix UW 450 M de 1.56% en peso del cemento mostro los valores 07h:38min, 07h:52min y 07h:59min para las relaciones a/c= 0.40,0.45 y 0.50 respectivamente. Los valores obtenidos indicaron que el tiempo de fragua inicial aumento mientras mayor era él % de aditivo MasterMatrix UW 450 M un valor promedio de este incremento es 22.82%. En la tabla 82 se muestran los resultados.

Tabla 82: Resumen de resultados del tiempo de fragua

a/c	DISEÑO	Tiempo de fragua inicial		Tiempo de fragua final	
		T.F.I. (h:min)	Variación respecto al C.P.	T.F.F. (h:min)	Variación respecto al C.P.
0.40	C.P.	04h:26min	100.00%	05h:48min	100.00%
	C.P. + aditivo 0.40%	05h:18min	119.55%	06h:45min	116.38%
	C.P. + aditivo 0.98%	05h:41min	128.20%	07h:05min	122.13%
	C.P. + aditivo 1.56%	06h:28min	145.86%	07h:38min	131.61%
0.45	C.P.	05h:05min	100.00%	06h:38min	100.00%
	C.P. + aditivo 0.40%	05h:37min	110.49%	07h:03min	106.28%
	C.P. + aditivo 0.98%	05h:58min	117.38%	07h:20min	110.55%
	C.P. + aditivo 1.56%	06h:42min	131.80%	07h:52min	118.59%
0.50	C.P.	05h:26min	100.00%	06h:45min	100.00%
	C.P. + aditivo 0.40%	05h:39min	103.99%	07h:07min	105.43%
	C.P. + aditivo 0.98%	06h:03min	111.35%	07h:24min	109.63%
	C.P. + aditivo 1.56%	06h:48min	125.15%	07h:59min	118.27%

Nota. Fuente: Elaboración propia.

7.2.6 Ensayo de resistencia al lavado del concreto fresco

La evaluación de la pérdida de finos se realizó siguiendo las especificaciones de la norma CRD-C 661-06. Los valores obtenidos mostraron que la pérdida de finos disminuía a medida que aumentaba el porcentaje del aditivo MasterMatrix UW 450 M en la mezcla. La variación máxima en comparación con el patrón fue del 3.84% para la relación a/c = 0.40, alcanzando un valor de casi 0.4% de pérdida de finos en la mezcla. Esta reducción en la pérdida de finos puede ser beneficiosa, ya que, a menor lavado de finos, mayor es la conservación de la resistencia para la cual fue diseñada la mezcla de concreto. Los resultados se muestran en la tabla 83.

Tabla 83: Resultados del ensayo de resistencia al lavado del concreto

a/c	DISEÑO	Pérdida de Finos (%)	Variación respecto al concreto patrón
0.40	C.P.	10.83%	100.00%
	C.P. + aditivo 0.40%	2.27%	20.92%
	C.P. + aditivo 0.98%	1.45%	13.39%
	C.P. + aditivo 1.56%	0.42%	3.84%
0.45	C.P.	10.30%	100.00%

	C.P. + aditivo 0.40%	2.20%	21.36%
	C.P. + aditivo 0.98%	1.48%	14.40%
	C.P. + aditivo 1.56%	0.87%	8.47%
	C.P.	10.81%	100.00%
0.50	C.P. + aditivo 0.40%	3.37%	31.15%
	C.P. + aditivo 0.98%	1.68%	15.54%
	C.P. + aditivo 1.56%	0.89%	8.20%

Nota. Fuente: Elaboración propia.

7.3 Propiedades del concreto en estado endurecido

7.3.1 Resistencia a la compresión axial

A los 28 días y con una relación a/c de 0.40, los diseños con dosificaciones de aditivos de 0.40%, 0.98% y 1.56% del peso del cemento presentaron resistencias a la compresión axial de 496, 526 y 533 kg/cm² respectivamente. Al comparar estos resultados con el concreto patrón (498 kg/cm²), se obtuvieron porcentajes de 99%, 106% y 107% respectivamente. La tendencia observada en los resultados indicaba que a mayor porcentaje de MasterMatrix UW 450 M en las mezclas de concreto conlleva a que la resistencia a la compresión aumentaba pero que con el menor porcentaje de aditivo se obtenía una resistencia menor al concreto patrón.

A los 28 días y con una relación a/c de 0.45, los diseños con dosificaciones de aditivos de 0.40%, 0.98% y 1.56% del peso del cemento presentaron resistencias a la compresión axial de 456, 476 y 478 kg/cm² respectivamente. Al comparar estos resultados con el concreto patrón (472 kg/cm²), se obtuvieron porcentajes de 97%, 101% y 101% respectivamente. La tendencia observada en los resultados indicaba que a mayor porcentaje de MasterMatrix UW 450 M en las mezclas de concreto conlleva a que la resistencia a la compresión aumentaba pero que con el menor porcentaje de aditivo se obtenía una resistencia menor al concreto patrón.

A los 28 días y con una relación a/c de 0.50, los diseños con dosificaciones de aditivos de 0.40%, 0.98% y 1.56% del peso del cemento presentaron resistencias a la compresión axial de 413, 436 y 443 kg/cm² respectivamente. Al comparar estos resultados con el concreto patrón (429 kg/cm²), se obtuvieron porcentajes de 96%, 102% y 103% respectivamente. La tendencia observada en los resultados indicaba que a mayor porcentaje de MasterMatrix UW 450 M en las

mezclas de concreto conlleva a que la resistencia a la compresión aumentaba pero que con el menor porcentaje de aditivo se obtenía una resistencia menor al concreto patrón.

Los valores obtenidos a los 28 días para un 1.56% de aditivo en peso de cemento fueron 107.00%, 101.00% y 103.00% en comparación con el concreto patrón para las relaciones 0.40, 0.45 y 0.50, respectivamente. Este incremento porcentual se

puede atribuir al uso del aditivo superplastificante CPA DISPER WR y del aditivo modificador de viscosidad MasterMatrix UW 450 M, los cuales proporcionaron una mezcla más cohesiva y permitieron el desarrollo de las resistencias obtenidas. En la tabla 84 se muestran los resultados.

Tabla 84: Resumen de los resultados de resistencia a la compresión

a/c	% de aditivo CPA DISPER WR	% de aditivo MasterMatrix UW 450 M	Resistencia de concreto patrón (kg/cm ²)			Variación respecto al concreto patrón
			7 días	14 días	28 días	28 días
0.40	0	0	366	457	498	100.00%
	0.5	0.4	360	453	496	99.00%
	0.5	0.98	388	460	526	106.00%
	0.5	1.56	385	473	533	107.00%
0.45	0	0	351	433	472	100.00%
	0.5	0.4	347	426	456	97.00%
	0.5	0.98	360	432	476	101.00%
	0.5	1.56	362	440	478	101.00%
0.50	0	0	319	383	429	100.00%
	0.5	0.4	306	380	413	96.00%
	0.5	0.98	332	394	436	102.00%
	0.5	1.56	334	397	443	103.00%

Nota. Fuente: Elaboración propia

7.3.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral

A los 28 días y con una relación a/c de 0.40, los diseños con dosificaciones de aditivos de 0.40%, 0.98% y 1.56% del peso del cemento presentaron resistencias a la compresión diametral de 48, 51 y 53 kg/cm² respectivamente. Al comparar estos resultados con el concreto patrón (51 kg/cm²), se obtuvieron porcentajes de 93.80%, 99.76% y 102.61% respectivamente.

A los 28 días y con una relación a/c de 0.45, los diseños con dosificaciones de aditivos de 0.40%, 0.98% y 1.56% del peso del cemento presentaron resistencias a la compresión diametral de 44, 47 y 46 kg/cm² respectivamente. Al comparar estos resultados con el concreto patrón (45 kg/cm²), se obtuvieron porcentajes de 99.29%, 105.37% y 103.72% respectivamente.

A los 28 días y con una relación a/c de 0.50, los diseños con dosificaciones de aditivos de 0.40%, 0.98% y 1.56% del peso del cemento presentaron resistencias a la compresión diametral de 41, 44 y 44 kg/cm² respectivamente. Al comparar estos resultados con el concreto patrón (42 kg/cm²), se obtuvieron porcentajes de 98.09%, 104.53% y 104.75% respectivamente.

Se puede deducir que el vaciado, efectuado utilizando una adaptación del método Tremie para las probetas de concreto con aditivo, logró un llenado adecuado del molde.

Tabla 85: Resistencia a la tracción a los 28 días.

RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL			
relación a/c	Diseño	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	variación (%)
0.4	C.P.	51	100.00
	C.P. + aditivo 0.40%	48	93.80
	C.P. + aditivo 0.98%	51	99.76
	C.P. + aditivo 1.56%	53	102.61
0.45	C.P.	45	100.00
	C.P. + aditivo 0.40%	44	99.29
	C.P. + aditivo 1.98%	47	105.37
	C.P. + aditivo 1.56%	46	103.72
0.5	C.P.	42	100.00
	C.P. + aditivo 0.40%	41	98.09
	C.P. + aditivo 0.98%	44	104.53
	C.P. + aditivo 1.56%	44	104.75

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

La presente investigación logró cumplir sus objetivos, demostrando que el aditivo antideslave, en combinación con el superplastificante en un porcentaje fijo de 0.5% del peso del cemento en todos los diseños de concreto con aditivo, utilizado principalmente para alcanzar los requerimientos de trabajabilidad según el ACI 304R – 00, mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto, permitiendo su uso en vaciados bajo condiciones de presencia de agua. Los objetivos específicos, que incluían la variación de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, se alcanzaron mediante ensayos que confirmaron que a mayor dosificación del aditivo antideslave, se reduce significativamente la pérdida de finos durante el vaciado bajo agua. En cuanto a la resistencia a la compresión y tracción para las dosificaciones de 0.98% y 1.56% de aditivo antideslave en peso del cemento para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.5 mostraron mejoras hasta en más del 5% en comparación con el concreto patrón, mientras que para la dosificación de 0.4% de aditivo antideslave presentó menor resistencia a la compresión y tracción, aunque cercana, lo que indica que esta última no cumplió con la segunda hipótesis específica. Las hipótesis planteadas fueron validadas únicamente para las dosificaciones de 0.98% y 1.56% de aditivo antideslave para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.5.

Respecto a los ensayos de concretos fresco:

La trabajabilidad del concreto antideslave mejoró en todas sus dosificaciones en comparación con el concreto patrón. Sin embargo, el asentamiento fue inversamente proporcional a la dosificación del aditivo antideslave, lo cual se debe a que este aditivo reduce el revenimiento. Por ello, las mezclas con menor porcentaje de aditivo antideslave presentaron un mayor asentamiento.

El peso unitario del concreto antideslave disminuyó entre [0.18% - 0.69%] al aumentar la dosificación del aditivo en comparación con el concreto patrón. Este efecto se relaciona con el incremento del contenido de aire, que pasó de un rango de [1.10% - 1.70%] en el

concreto patrón a [1.60% - 2.10%] con el aditivo, lo que reduce la densidad sin comprometer la resistencia.

La fluidez de asentamiento para el concreto con aditivo (0.40%, 0.98% y 1.56% en peso del cemento) estuvo en el rango de [57.25 cm – 61.00 cm], lo cual se encuentra dentro de lo recomendado para concretos vaciados bajo el agua [55 cm – 65 cm]. Además, a medida que se incorporaba más aditivo antideslave, la fluidez disminuyó esto debido a que el aditivo antideslave aumenta la viscosidad.

La pérdida de finos en las mezclas con aditivo antideslave se redujo significativamente, con valores que variaron entre [0.42% - 3.37%], en comparación con el concreto patrón, que registró pérdidas entre [10.30% - 10.83%]. A medida que se aumentaba la dosificación del aditivo antideslave, la pérdida de finos fue menor, lo que se atribuye a la viscosidad proporcionada por el aditivo, minimizando así el arrastre del material cementante y agregado fino durante el contacto con el agua.

El tiempo de fragua inicial del concreto patrón está en el rango de [4h26min - 5h26min]. Al aumentar el porcentaje del aditivo antideslave para las relaciones $a/c= 0.40, 0.45$ y 0.50 , el tiempo de fraguado inicial se incrementó hasta en un rango de [4% - 45.86%]. en comparación con el concreto patrón siendo beneficioso para climas cálidos.

El tiempo de fragua final del concreto patrón está en el rango de [5h48min - 6h45min]. Al aumentar el porcentaje del aditivo antideslave para las relaciones $a/c= 0.40, 0.45$ y 0.50 , el tiempo de fraguado final se incrementó hasta en un rango de [5.43% - 31.61%]. respecto al concreto patrón. Dándole mayor tiempo de manejabilidad para colocación adecuada del concreto.

Respecto a los ensayos de concreto endurecido:

La resistencia a la compresión axial a los 28 días mostró que el concreto con aditivo antideslave, utilizando proporciones de 0.98% y 1.56% en peso de cemento, para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50, mostró un incremento porcentual entre [1.00% - 7.00%] en comparación con el concreto patrón. Estos aumentos se atribuyen a que mayores dosis de aditivo mejoran la cohesión y viscosidad de la mezcla, reduciendo la segregación. En contraste, una proporción del 0.40% resultó en una disminución de resistencia de entre el [1.00% - 4.00%] indicando que esta cantidad no es suficiente para optimizar las propiedades del concreto, haciéndolo más susceptible al lavado de finos.

La resistencia a la tracción a los 28 días del concreto con aditivo, utilizando proporciones de 0.98% y 1.56% en peso de cemento para relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50, mostró un incremento porcentual en el rango de [2.61% - 5.37%] en comparación con el concreto patrón. Sin embargo, para una proporción de aditivo del 0.40%, la resistencia disminuyó en el rango de [0.71% - 6.20%] respecto al concreto patrón, lo que sugiere que esta cantidad de aditivo no es suficiente para mejorar significativamente la resistencia a la tracción

Recomendaciones

Se recomienda que se realicen pruebas preliminares antes de llevar a cabo los ensayos del concreto con aditivo antideslave destinado al vaciado bajo el agua. Estas pruebas son fundamentales para determinar los porcentajes óptimos de aditivos necesarios, lo que garantizará una consistencia adecuada para el vaciado. Además, se sugiere llevar a cabo pruebas complementarias, como el ensayo de embudo en V y la caja en L, que permiten evaluar la autocompactabilidad del concreto, una característica esencial para asegurar el rendimiento del material en condiciones de vaciado bajo el agua.

Cuando se realice el vaciado bajo el agua, se aconseja elevar el tubo de manera gradual para prevenir la segregación del concreto, además de evitar movimientos horizontales que puedan ocasionar el lavado de finos (arena y cemento).

Investigar el uso de concretos antideslave con el uso de TMN diferentes a $\frac{1}{2}$ del agregado grueso. Asimismo, Se sugiere realizar estudios con diversos tipos de agua, como agua de mar o de río, para evaluar su impacto en el vaciado o la mezcla del concreto. Estas investigaciones serían útiles para adaptar mejor el concreto antideslave a condiciones geográficas y ambientales específicas, como obras en zonas costeras o cercanas a ríos

Evaluar la resistencia al lavado del concreto antideslave utilizando la nueva prueba de pulverización (MC-1), desarrollada por la Universidad de Paisley, para compararla con la prueba CRD-C 661-06.

Es importante considerar el tiempo de fraguado y explorar la posibilidad de usar aceleradores de fraguado para mejorar este proceso, examinando así sus ventajas en situaciones de vaciado bajo el agua.

Se recomienda aumentar el número de probetas utilizadas en los ensayos de compresión axial y tracción. con el fin de mejorar la precisión y solidez del análisis estadístico, sería conveniente emplear más de 30 probetas de concreto en futuros estudios.

Referencias bibliográficas

- Abanto, F. (2013). *Tecnología del concreto (teoría y problemas)*. Editorial San Marcos.
- ACI Committee 304, (2000). *Guide for Measuring, Mixing, Transporting and Placing Concrete* (ACI 304R – 00). ACI.
<https://dogoharani.com/wp-content/uploads/2021/03/ACI-304R-00-Guide-for-Measuring-Mixing-Transporting-and-Placing-Concrete.pdf>
- Beckhaus, K., Larisch, M., y Alehossein, H. (2011). New performance criteria for fresh tremie concrete. *In Workshop Performance-based Specifications for Concrete, 10*, 311-318.
https://www.researchgate.net/publication/283119677_New_Performance_Criteria_for_fresh_Tremie_Concrete
- CRD-C 661-06, (2006). Specification for antiwa - shout admixtures for concrete. *Test method for determining the resistance of freshly mixed concrete to wash-out out in water*. Washington, DC: Chemical Research and Development Center, U.S. Army.
https://wbdg.org/FFC/ARMYCOE/STANDARDS/crd_c661.pdf
- Díaz, J. (2015). Alta ingeniería para retos de construcción bajo agua: concreto antideslave. *Construcción y tecnología en concreto, 120*, 33-36.
<https://www.imcyc.com/revistacyt/pdf/noviembre2015/tecnologia.pdf>
- Diaz, J. y Soberón, J. (2019). *Concreto antideslave con incorporación de aditivos para vaciado en estructuras bajo nivel freático alto - distrito de jaén*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional UNJ.
<http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/250>
- Irigoín, H. (2022). *Variación de la resistencia a compresión de un concreto $f'c = 280$ kg/cm² para ser vaciado dentro del agua usando cemento portland tipo MS con diferentes porcentajes del aditivo anti-deslave MasterMatrix UW 450*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4671>

- INACAL. (2021). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones. 5a Edición (NTP 400.037).*
- INACAL. (2021). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo. 4a Edición (NTP 400.012).*
- INACAL. (2020). *AGREGADOS. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo. 4a Edición (NTP 400.021).*
- INACAL. (2021). *AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo. 4a Edición (NTP 400.022).*
- INACAL. (2021). *AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo. 3a Edición (NTP 339.185).*
- INACAL. (2020). *AGREGADOS. Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (No. 200) por lavado en agregados. Método de ensayo. 4ª Edición (NTP 400.018).*
- INACAL. (2020). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 4a Edición (NTP 400.017).*
- INACAL. (2021). *CEMENTOS. Aditivos químicos para concreto. Especificaciones. 4a Edición (NTP 334.088).*
- INACAL. (2021). *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento hidráulico. Especificaciones. 4a Edición (NTP 339.088).*
- INACAL. (2021). *CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados. 4a Edición (NTP 339.047).*

- INACAL. (2021). *CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo*. 5a Edición (NTP 339.034).
- INACAL. (2022). *CONCRETO. Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico. Método de Ensayo*. 5a Edición (NTP 339.035).
- INACAL. (2012). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica*. 3a Edición (NTP 339.084).
- INACAL. (2019). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto*. 3a Edición (NTP 339.046).
- INACAL. (2017). *CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración*. 4a Edición (NTP 339.082).
- INACAL. (2021). *CONCRETO. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*. 3a Edición (NTP 339.183).
- INACAL. (2019). *CONCRETO. Método de ensayo estándar para determinar la fluidez de asentamiento del concreto autocompactado*. 2a Edición (NTP 339.219).
- Llanto, D. (2021). *Comportamiento físico mecánico del concreto antideslave con aditivo euco akua e hiperplastificante para zonas con nivel freático*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional UPLA.
<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/3104>
- Macedo, E. y Miranda, J. (2016). *Diseño de concreto antideslave, para vaciados en zonas con presencia de nivel freático alto con uso de aditivos, en la ciudad de Arequipa*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.]. Repositorio Institucional UCSM.

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/00682a57-69e5-4376-9017-7dfdfb4df261>

Mehta, J., Pitroda, J., y Bhavsar, J. (2015). Open caisson: underwater construction technique and placement. *In Int. Conf. Eng. Issues Opportunities Challenges Dev. Bardoli, India, 1*, 1-8.

https://www.researchgate.net/profile/Dr-JayeshkumarPitroda/publication/281174813_OPEN_CAISSON_UNDER_WATER_CONSTRUCTION_TECHNIQUE_AND_PLACEMENT/links/55d96b7c08aec156b9ac3744/OPEN-CAISSON-UNDERWATER-CONSTRUCTION-TECHNIQUE-AND-PLACEMENT.pdf

Nasr, A., Chen, S., y Jin, F. (2021). Washout resistance of self-protected underwater concrete in freshwater and seawater. *Construction and Building Materials*, 289, 123186.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061821009466>

Pasquel, E. (1998). *Tópico de Tecnología del concreto en el Perú*. Colegio de Ingenieros del Perú.

Rivva, E. (2010). *Diseño de mezclas (1ª edición)*. Lima, Perú: ICG.

Sonebi, M., Bartos, P., y Khayat, K. (1999). Assessment of washout resistance of underwater concrete: a comparison between CRD C61 and new MC-1 tests. *Materials and structures*, 32(4), 273-281.

https://www.researchgate.net/publication/250058289_Assessment_of_washout_resistance_of_underwater_concrete_A_comparison_between_CRD_C61_and_new_MC-1_tests

Sonebi, M., Tamimi, A., y Bartos, P. (2000). Application of factorial models to predict the effect of anti-washout admixture, superplasticizer and cement on slump, flow time and washout resistance of underwater concrete. *Materials and Structures*, 33(5), 317-323.

https://www.researchgate.net/publication/225590360_Application_of_factorial_models_to_predict_the_effect_of_antiwashout_admixture_superplasticizer_and_cement_on_slump_flow_time_and_washout_resistance_of_underwater_concrete

- Sikandar, M., Wazir, N., Khan, A., Nasir, H., Ahmad, W. y Alam, M. (2020). Effect of various anti-washout admixtures on the properties of non-dispersible underwater concrete. *Construction and Building Materials*, 245, 118469. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820304748>
- Torre, A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú.
https://www.academia.edu/9191423/CURSO_BASICO_DE_TECNOLOGIA_A_DEL_CONCRETO_PARA_INGENIEROS_CIVILES
- Varas, J. (2018). *Concreto de mediana a baja resistencia con aditivo super plastificante y cemento Portland Tipo I*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI.
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/18709>
- Zavala, J. (2019). *Concreto de mediana a baja resistencia producido: en terreno natural, con equipo y con equipo y aditivo plastificante*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI.
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/19318>
- Zanelli, C. y Fernández, L. (2014). Concreto Antideslave: retos de construcción bajo el agua. *Revista Civilizate PUCP*, 4, 21-23.
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/download/10139/10576/>

Anexos

Anexo I: Ensayo de los agregados fino y grueso.....	122
Anexo II: Diseño del concreto	130
Anexo III: Concreto en estado fresco.....	143
Anexo IV: Concreto en estado endurecido.....	155
Anexo V: Panel fotográfico.....	172
Anexo VI: Fichas técnicas.....	178

Anexo I: Ensayo de los agregados fino y grueso**Agregado fino****1.- Peso Unitario Suelto (P.U.S.)****Tabla A1. 1:** Peso Unitario Suelto del Agregado Fino

Muestra	P. muestra + P. balde (1/10p3) kg	P. balde (1/10p3) kg	P. muestra kg	V(balde) m ³	Peso unitario suelto kg/m ³
M1	6.2473	1.5744	4.6729	0.0028	1668.89
M2	6.2246	1.5744	4.6502	0.0028	1660.79
M3	6.2436	1.5744	4.6692	0.0028	1667.57
PROMEDIO					1665.75

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

2.- Peso Unitario Compactado (P.U.C.)**Tabla A1. 2:** Peso Unitario Compactado del Agregado Fino

Muestra	P. muestra + P. balde (1/10p3) kg	P. balde (1/10p3) kg	P. muestra kg	V(balde) m ³	Peso unitario compactado kg/m ³
M1	6.9534	1.5744	5.379	0.0028	1921.07
M2	6.9499	1.5744	5.3755	0.0028	1919.82
M3	6.9755	1.5744	5.4011	0.0028	1928.96
PROMEDIO					1923.29

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

3.- Peso Específico (P.E.) y Porcentaje de Absorción (%Abs)**Tabla A1. 3:** Pesos Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino

Muestra	Pm sss (g)	Wfiola+ Wagua (g)	P fiola (g)	Pagua Va (g)	Pm s W0 (g)	Vol. fiola V (cm ³)	P.E de masa	P.E de masa sss	P.E aparente	absorción
M1	500	1005.7	193.1	312.6	493.30	500.00	2.63	2.67	2.73	1.36
M2	500	1005.3	193.1	312.2	493.20	500.00	2.63	2.66	2.72	1.38
M3	500	1006.5	193.1	313.4	493.20	500.00	2.64	2.68	2.74	1.38
PROMEDIO						500.00	2.63	2.67	2.73	1.37

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

4.- Contenido de Humedad (C.H.)

Tabla A1. 4: Contenido de Humedad del Agregado Fino

MUESTRA	Peso húmedo (W) g	Peso seco (D) g	Contenido de humedad (P) %
M1	600	590.9	1.54
M2	600	590.4	1.63
M3	600	590.8	1.56
		Promedio	1.57

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

5.- Material que pasa la malla N° 200 del Agregado.

Tabla A1. 5: Material que pasa la malla N° 200 del Agregado.

MUESTRA	Peso seco inicial (P1) g	Peso seco final (P2) g	Muestra que pasa tamiz # 200 (A) %
M1	500	475.40	4.92%
M2	500	476.00	4.80%
M3	500	473.90	5.22%
		Promedio	4.98%

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

6.- Granulometría.

Tabla A1. 6: Granulometría de Muestra del Agregado Fino

tamiz	abertura (mm)	peso retenido (g)	%retenido	%retenido acumulado	% acumulado que pasa
3/8"	9.53	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.75	22.20	3.70%	3.70%	96.30%
N° 8	2.36	95.60	15.93%	19.63%	80.37%
N°16	1.18	138.80	23.13%	42.77%	57.23%
N° 30	0.6	132.67	22.11%	64.88%	35.12%
N° 50	0.3	100.50	16.75%	81.63%	18.37%
N° 100	0.15	58.47	9.74%	91.37%	8.63%
FONDO		51.77	8.63%	100.00%	0.00%

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

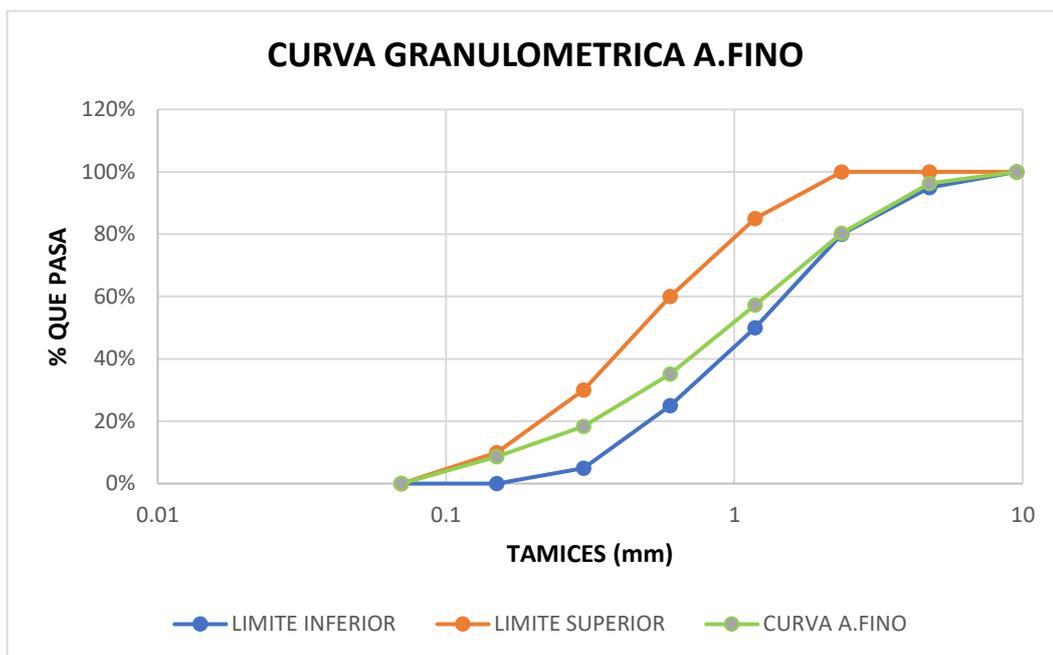


Figura A 1: Curva granulométrica del agregado fino

Nota. Fuente: Elaboración propia

7.- Módulo de finura

$$MF = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 3.70 + 19.63 + 42.77 + 64.88 + 81.63 + 91.37}{100}$$

$$MF = 3.04$$

Agregado grueso

1.- Peso Unitario Suelto (P.U.S.)

Tabla A1. 7: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso

Muestra	P muestra + P balde (1/3p3) kg	P balde (1/3p3) kg	P muestra kg	V(balde) m ³	Peso unitario suelto kg/m ³
M1	18.63	4.33	14.3	0.00944	1514.83
M2	18.58	4.33	14.25	0.00944	1509.53
M3	18.55	4.33	14.22	0.00944	1506.36
				PROMEDIO	1510.24

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

2.- Peso Unitario Compactado (P.U.C.)

Tabla A1. 8: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso

Muestra	P muestra + P balde (1/3p3) kg	P balde (1/3p3) kg	P muestra kg	V(balde) m ³	Peso unitario compactado kg/m ³
M1	19.92	4.33	15.59	0.00944	1651.48
M2	19.9	4.33	15.57	0.00944	1649.36
M ³	19.87	4.33	15.54	0.00944	1646.19
PROMEDIO					1649.01

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

3.- Peso Específico (P.E.) y Porcentaje de Absorción (%Abs)

Tabla A1. 9: Pesos Específicos y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso

Muestra	Wm sss B (g)	Wm s al horno A (g)	Wm s en agua +W canastilla (g)	W canastilla (g)	Wm saturada en agua C (g)	P.E de masa A/(B- C)	P.E de masa sss B/(B- C)	P.E aparente A/(A-C)	Absorción (B-A/A) *100 %
M1	4000	3944.2	3429.8	875.7	2554.10	2.73	2.77	2.84	1.41
M2	4000	3943.1	3432	875.7	2556.30	2.73	2.77	2.84	1.44
M ³	4000	3942.2	3433.0	875.5	2557.50	2.73	2.77	2.85	1.47
PROMEDIO						2.73	2.77	2.84	1.44

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

4.- Contenido de Humedad (C.H.)

Tabla A1. 10: Contenido de Humedad del Agregado Grueso

MUESTRA	Peso húmedo(W) g	Peso seco (D) g	Contenido de humedad (P) %
M1	4000	3979.5	0.52
M2	4000	3976.4	0.59
M ³	4000	3978.1	0.55
Promedio			0.55

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

5.- Granulometría.

Tabla A1. 11: Granulometría de Muestra del Agregado Grueso

tamiz	abertura (mm)	peso retenido (g)	%retenido	%retenido acumulado	% acumulado que pasa
-------	------------------	-------------------	-----------	------------------------	-------------------------

1"	25.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.00	208.50	2.09%	2.09%	97.92%
1/2"	12.50	2447.07	24.47%	26.56%	73.44%
3/8"	9.50	1845.47	18.45%	45.01%	54.99%
N° 4	4.75	5103.17	51.03%	96.04%	3.96%
N° 8	2.56	310.67	3.11%	99.15%	0.85%
FONDO	85.13		0.85%	100.00%	0.00%

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

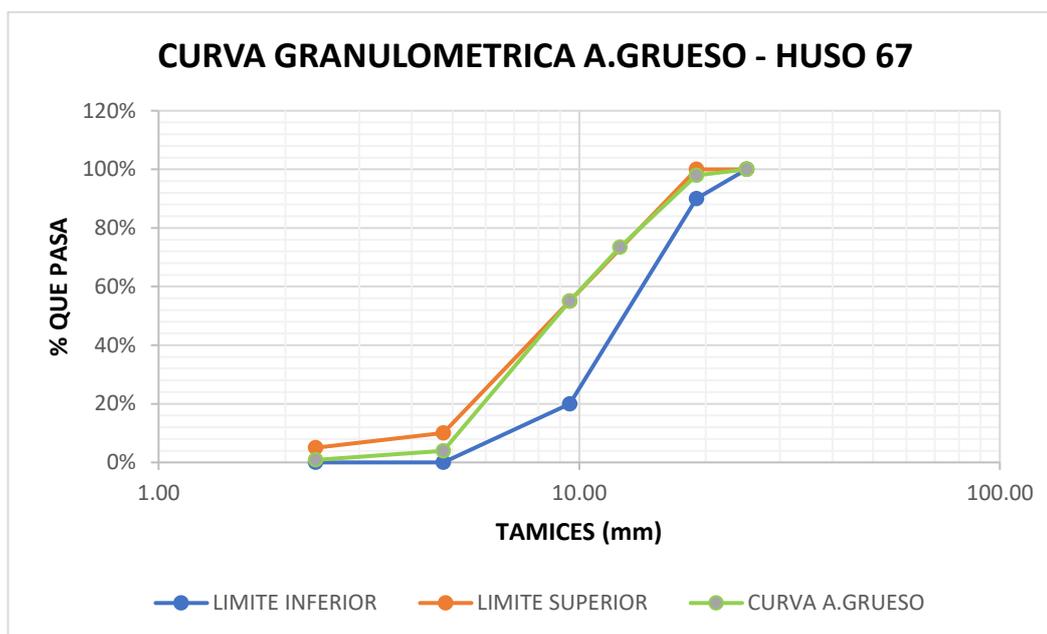


Figura A 2: Curva granulométrica del agregado grueso

Nota. Fuente: Elaboración propia

6.- Módulo de finura

$$MF = \frac{0 + 0 + 2.09 + 45.01 + 96.04 + 99.15 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$MF = 6.42$$

Agregado global

1.- Peso Unitario Compactado de la combinación de agregados (P.U.C.)

Tabla A1. 12: Peso Unitario Compactado del Agregado Global

ARENA %	PIEDRA %	PESO TOTAL kg	Pbalde kg	Pmuestra kg	V(balde) m ³	P.U.C kg/m ³	P.U.C PROMEDIO
44	56	23.06	4.33	18.73	0.00944	1984.11	1987.29
		23.12	4.33	18.79	0.00944	1990.47	
47	53	23.26	4.33	18.93	0.00944	2005.30	2007.42
		23.30	4.33	18.97	0.00944	2009.53	
50	50	23.44	4.33	19.11	0.00944	2024.36	2037.08
		23.68	4.33	19.35	0.00944	2049.79	
53	47	23.46	4.33	19.13	0.00944	2026.48	2029.13
		23.51	4.33	19.18	0.00944	2031.78	
56	44	23.32	4.33	18.99	0.00944	2011.65	1997.88
		23.06	4.33	18.73	0.00944	1984.11	

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

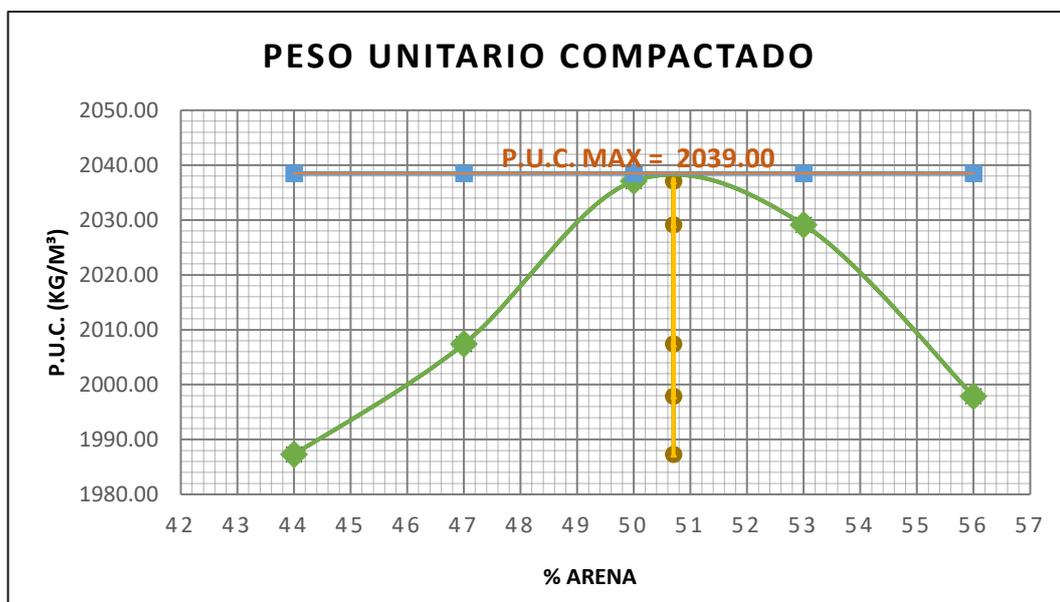


Figura A1. 3: Combinación de agregados por el criterio de máxima compactad

Nota. Fuente: Elaboración propia

De la gráfica se tiene que:

Agregado fino = **50.7 %**

Agregado grueso = **49.3 %**

2.- Granulometría.

Tabla A1. 13: Granulometría del agregado global

tamiz	%Retenido	%Retenido	%Ret. arena	%Ret. piedra	%Acumulado global	
	arena	piedra	49.3%	50.7%	Retenido	Pasa
1 1/2"		0.00%		0.00%	0.00%	100.00%
1"		0.00%		0.00%	0.00%	100.00%
3/4"		2.09%		1.06%	1.06%	98.94%
1/2"		24.47%		12.41%	13.46%	86.54%
3/8"		18.45%		9.36%	22.82%	77.18%
N° 4	3.70%	51.03%	1.82%	25.87%	50.52%	49.48%
N° 8	15.93%	3.96%	7.86%	2.01%	60.38%	39.62%
N°16	23.13%		11.40%		71.78%	28.22%
N° 30	22.11%		10.90%		82.68%	17.32%
N° 50	16.75%		8.26%		90.94%	9.06%
N° 100	9.74%		4.80%		95.75%	4.25%
FONDO	8.63%		4.25%		100.00%	0.00%
TOTAL	100.00%	100.00%	49.30%	50.70%		

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

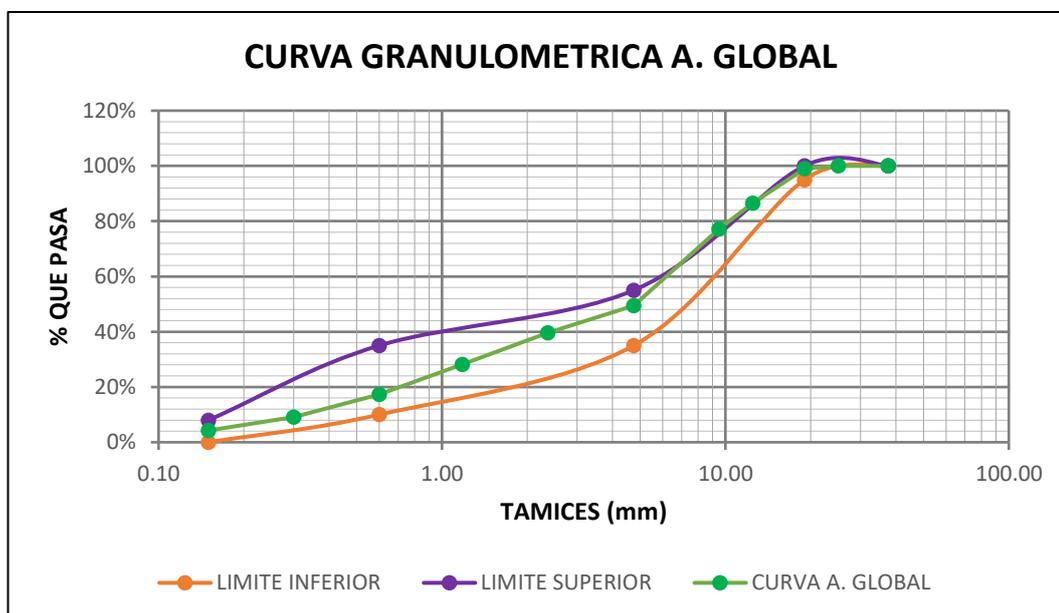


Figura A1. 4: Curva Granulométrica del agregado global.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.- Módulo de finura

$$MF = \frac{0 + 0 + 1.06 + 22.82 + 50.52 + 60.38 + 71.78 + 82.68 + 90.94 + 95.75}{100}$$

$$MF = 4.76$$

Anexo II: Diseño del concreto

A continuación, se describirá el procedimiento de cálculo para el diseño de concreto para las relaciones $a/c = 0.45$ y 0.50 teniendo en cuenta el agua patrón y el porcentaje de agregados para cada a/c hallados anteriormente y se muestran en las siguientes tablas.

Tabla A2. 14: Resumen de los resultados del agua patrón.

Prueba de Agua	
a/c	Agua (Lts.)
0.40	284.0
0.45	268.0
0.50	260.0

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

Tabla A2. 2: Resumen de Porcentajes de los Agregados para cada a/c .

a/c	% Arena	% Piedra
0.40	53.00	47.00
0.45	50.10	49.90
0.50	50.70	49.30

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

Diseño del concreto patrón relación $a/c=0.45$

Anteriormente se determinó el uso de 268 l/m^3 de agua patrón, para la relación $a/c = 0.45$, entonces se obtiene:

$$a/c = 0.45 = \frac{268}{c} \rightarrow c = 595.56 \text{ kg/m}^3$$

Después de determinar la cantidad de cemento, se procedió a calcular el volumen de los agregados, asegurando que la suma del volumen de los agregados, el cemento y el agua sea igual a 1 m^3 .

- Volumen absoluto

Se tiene la siguiente relación:

$$Ar + P + A + C + \text{aire} = 1 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow A = \frac{268 \text{ lt}}{1000 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3}} = 0.268 \text{ m}^3; \quad C = \frac{595.56 \text{ kg}}{3150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.189 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow Ar + P = 0.518 \text{ m}^3; \quad \rightarrow Ar = 50.1\% * 0.518 \text{ m}^3; \quad P = 49.9\% * 0.518 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow Ar = 0.259 \text{ m}^3 ; P = 0.258 \text{ m}^3$$

- Diseño seco

$$C = 595.56 \text{ kg}$$

$$A = 268 \text{ lt}$$

$$Ar = 0.259 \text{ m}^3 * 2630 \text{ kg/m}^3 = 682.45 \text{ kg}$$

$$P = 0.258 \text{ m}^3 * 2730 \text{ kg/m}^3 = 705.57 \text{ kg}$$

- Diseño unitario seco (D.U.S.)

$$C = 595.56 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 1.00$$

$$A = 268 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 0.45$$

$$Ar = 682.45 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 1.15$$

$$P = 705.57 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 1.18$$

- Diseño húmedo o diseño de obra

Se realizo el ajuste a la cantidad de agua debido a la humedad y la absorción tanto del agregado fino como del grueso.

$$C = 595.56 \text{ kg}$$

$$\text{Correccion de arena} = (\%H - \%Abs) * Par = (1.57 - 1.37)\% * 682.45 = 1.36 \text{ kg}$$

$$\text{Correccion de piedra} = (\%H - \%Abs) * Pp = (0.55 - 1.44)\% * 705.57 = -6.28 \text{ kg}$$

$$A = 268 - (1.36 - 6.28) = 272.91 \text{ lt}$$

$$Ar = (100 + H)\% * Par = 101.57\% * 682.45 = 693.16 \text{ kg}$$

$$P = (100 + H)\% * Pp = 100.55\% * 705.57 = 709.45 \text{ kg}$$

- Diseño unitario en obra (D.U.O.)

$$C = 595.56 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 1.00$$

$$A = 272.91 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 0.46$$

$$Ar = 693.16 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 1.16$$

$$P = 709.45 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 1.19$$

- Diseño para laboratorio

Se uso una tanda de 80kg para el diseño realizado en laboratorio

$$\sum D.U.O. = 1 + 0.46 + 1.16 + 1.19 = 3.81$$

$$F = \frac{80\text{kg}}{3.81} = 20.98 \text{ kg}$$

$$C = (D.U.O.c) * 20.98 = 1 * 20.98 = 20.98 \text{ kg}$$

$$A = (D.U.O.a) * 20.98 = 0.46 * 20.98 = 9.61 \text{ kg}$$

$$Ar = (D.U.O.ar) * 20.98 = 1.16 * 20.98 = 24.42 \text{ kg}$$

$$P = (D.U.O.p) * 20.98 = 1.19 * 20.98 = 24.99 \text{ kg}$$

Se muestra un resumen de los cálculos realizados para la relación a/c=0.45 en la siguiente tabla:

Tabla A2. 3: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.45

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	595.56	3150	0.189	1.00	595.56	1.00	20.98
Agua	268.00	1000	0.268	0.45	272.91	0.46	9.61
Arena	682.45	2630	0.259	1.15	693.16	1.16	24.42
Piedra	705.57	2730	0.258	1.18	709.45	1.19	24.99
Aire A.			0.025				
	suma		1.00		2271.08	3.81	80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

$$\text{asentamiento} = 7.5 \text{ pulg}$$

Diseño del concreto patrón relación a/c=0.50

Anteriormente se determinó el uso de 260 l/m³ de agua patrón, para la relación a/c = 0.50, entonces se obtiene:

$$a/c = 0.45 = \frac{260}{c} \rightarrow c = 520.00 \text{ kg/m}^3$$

Después de determinar la cantidad de cemento, se procedió a calcular el volumen de los agregados, asegurando que la suma del volumen de los agregados, el cemento y el agua sea igual a 1 m³.

- Volumen absoluto

Se tiene la siguiente relación:

$$Ar + P + A + C + aire = 1 m^3$$

$$\rightarrow A = \frac{260 \text{ lt}}{1000 \frac{\text{lt}}{m^3}} = 0.260 m^3; C = \frac{520.00 \text{ kg}}{3150 \frac{\text{kg}}{m^3}} = 0.165 m^3$$

$$\rightarrow Ar + P = 0.550 m^3; \rightarrow Ar = 50.7\% * 0.550 m^3; P = 49.3\% * 0.550 m^3$$

$$\rightarrow Ar = 0.279 m^3; P = 0.271 m^3$$

- Diseño seco

$$C = 520.00 \text{ kg}$$

$$A = 260 \text{ lt}$$

$$Ar = 0.279 m^3 * 2630 \text{ kg}/m^3 = 733.27 \text{ kg}$$

$$P = 0.271 m^3 * 2730 \text{ kg}/m^3 = 740.13 \text{ kg}$$

- Diseño unitario seco (D.U.S.)

$$C = 520.00 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 1.00$$

$$A = 260 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 0.50$$

$$Ar = 733.27 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 1.41$$

$$P = 740.13 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 1.42$$

- Diseño húmedo o diseño de obra

Se realizó el ajuste a la cantidad de agua debido a la humedad y la absorción tanto del agregado fino como del grueso.

$$C = 520.00 \text{ kg}$$

$$\text{Corrección de arena} = (\%H - \%Abs) * Par = (1.57 - 1.37)\% * 733.27 = 1.47 \text{ kg}$$

$$\text{Corrección de piedra} = (\%H - \%Abs) * Pp = (0.55 - 1.44)\% * 740.13 = -6.59 \text{ kg}$$

$$A = 260 - (1.47 - 6.59) = 265.12 \text{ lt}$$

$$Ar = (100 + H)\% * Par = 101.57\% * 733.27 = 744.78 \text{ kg}$$

$$P = (100 + H)\% * Pp = 100.55\% * 740.13 = 744.20 \text{ kg}$$

- Diseño unitario en obra (D.U.O.)

$$C = 520.00 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 1.00$$

$$A = 265.12 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 0.51$$

$$Ar = 744.78 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 1.43$$

$$P = 744.20 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 1.43$$

- Diseño para laboratorio

Se uso una tanda de 80kg para el diseño realizado en laboratorio

$$\sum D.U.O. = 1 + 0.51 + 1.43 + 1.43 = 4.37$$

$$F = \frac{80 \text{ kg}}{4.37} = 18.29 \text{ kg}$$

$$C = (D.U.O.c) * 18.29 = 1 * 18.29 = 18.29 \text{ kg}$$

$$A = (D.U.O.a) * 18.29 = 0.51 * 18.29 = 9.33 \text{ kg}$$

$$Ar = (D.U.O.ar) * 18.29 = 1.43 * 18.29 = 26.20 \text{ kg}$$

$$P = (D.U.O.p) * 18.29 = 1.43 * 18.29 = 26.18 \text{ kg}$$

Se muestra un resumen de los cálculos realizados para la relación a/c=0.50 en la siguiente tabla:

Tabla A2. 4: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.50

MATERIAL	D.S. (kg)	DISEÑO SECO		D.U.S.	DISEÑO EN OBRA		DISEÑO LAB. (80 Kg)
		P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³		D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	520.00	3150	0.165	1.00	520.00	1.00	18.29
Agua	260.00	1000	0.260	0.50	265.12	0.51	9.33
Arena	733.27	2630	0.279	1.41	744.78	1.43	26.20
Piedra	740.13	2730	0.271	1.42	744.20	1.43	26.18
Aire A.			0.025				
		suma	1.00		2274.11	4.37	80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

$$\text{asentamiento} = 7.6 \text{ pulg}$$

Diseño del concreto con aditivo

Concreto de a/c = 0.45 y aditivo 0.40% del peso de cemento

Anteriormente se determinó el uso de 268 l/m³ de agua patrón, para la relación a/c = 0.45, además la proporción de aditivo superplastificante CPA DISPERS WR es 0.5% respecto al peso del cemento entonces se obtiene:

$$a/c = 0.40 = \frac{268}{c} \rightarrow c = 595.56 \text{ kg/m}^3$$

Una vez que se ha determinado la cantidad de cemento, se calculó la cantidad de aditivos.

$$\rightarrow CD = 0.5\% * c = 0.5\% * 595.56 = 2.98 \text{ kg}$$

$$\rightarrow MM = 0.4\% * c = 0.4\% * 595.56 = 2.38 \text{ kg}$$

La densidad de los aditivos se presenta en la siguiente tabla.

Tabla A2. 5: Densidad de los aditivos

Aditivos	Densidad
CPA DISPER WR	1.08 kg/l
MasterMatrix UW 450 M	1.20 kg/l

Nota. Fuente: Fichas técnicas anexo VI.

- Volumen absoluto

Se tiene la siguiente relación:

$$Ar + P + A + C + \text{aire} + CD + MM = 1 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow A = \frac{268 \text{ lt}}{1000 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3}} = 0.268 \text{ m}^3; C = \frac{595.56 \text{ kg}}{3150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.189 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow CD = \frac{2.98 \text{ kg}}{1.08 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} = 0.0028 \text{ m}^3; MM = \frac{2.38 \text{ kg}}{1.20 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} = 0.0020 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow Ar + P = 0.513 \text{ m}^3; \rightarrow Ar = 53\% * 0.513 \text{ m}^3; P = 47\% * 0.513 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow Ar = 0.257 \text{ m}^3; P = 0.256 \text{ m}^3$$

- Diseño seco

$$C = 595.56 \text{ kg}$$

$$A = 268 \text{ lt}$$

$$Ar = 0.257 \text{ m}^3 * 2630 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 676.20 \text{ kg}$$

$$P = 0.256 \text{ m}^3 * 2730 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 699.11 \text{ kg}$$

$$CD = 2.98 \text{ kg}$$

$$MM = 2.38 \text{ kg}$$

- Diseño unitario Seco (D.U.S)

$$C = 595.56 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 1.00$$

$$A = 268 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 0.45$$

$$Ar = 676.20 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 1.14$$

$$P = 699.11 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 1.17$$

$$CD = 2.98 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 0.005$$

$$MM = 2.38 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 0.004$$

- Diseño húmedo o diseño de obra (D.O.)

Se realizo el ajuste a la cantidad de agua debido a la humedad y la absorción tanto del agregado fino como del grueso.

$$C = 595.56 \text{ kg}$$

$$\text{Correccion de arena} = (\%H - \%Abs) * Par = (1.57 - 1.37)\% * 676.20 = 1.35 \text{ kg}$$

$$\text{Correccion de piedra} = (\%H - \%Abs) * Pp = (0.55 - 1.44)\% * 699.11 = -6.22 \text{ kg}$$

$$A = 268 - (1.35 - 6.22) = 272.87 \text{ kg}$$

$$Ar = (100 + H)\% * Par = 101.57\% * 676.20 = 686.81 \text{ kg}$$

$$P = (100 + H)\% * Pp = 100.55\% * 699.11 = 702.95 \text{ kg}$$

$$CD = 2.98 \text{ kg}$$

$$MM = 2.38 \text{ kg}$$

- Diseño unitario de obra

$$C = 595.56 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 1.000$$

$$A = 272.87 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 0.458$$

$$Ar = 686.81 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 1.153$$

$$P = 702.95 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 1.180$$

$$CD = 2.98 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 0.005$$

$$MM = 2.38 \text{ kg} / 595.56 \text{ kg} = 0.004$$

- Diseño para laboratorio

Se uso una tanda de 80kg para el diseño realizado en laboratorio

$$\sum D.U.O. = 1 + 0.458 + 1.153 + 1.180 + 0.005 + 0.004 = 3.801$$

$$F = \frac{80 \text{ kg}}{3.801} = 21.05 \text{ kg}$$

$$C = (D.U.O.c) * 21.05 = 1 * 21.05 = 25.05 \text{ kg}$$

$$A = (D.U.O.a) * 21.05 = 0.458 * 21.05 = 9.64 \text{ kg}$$

$$Ar = (D.U.O.ar) * 21.05 = 1.153 * 21.05 = 24.27 \text{ kg}$$

$$P = (D.U.O.p) * 21.05 = 1.180 * 21.05 = 24.84 \text{ kg}$$

$$CD = (D.U.O.cd) * 21.05 = 0.005 * 21.05 = 0.1052 \text{ gr}$$

$$MM = (D.U.O.mm) * 21.05 = 0.004 * 21.05 = 0.0842 \text{ gr}$$

Se muestra un resumen de los cálculos realizados para la relación a/c=0.45 en la siguiente tabla:

Tabla A2. 6: Diseño del concreto para la relación a/c=0.45 con aditivo al 0.4% del peso de cemento

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	595.56	3150	0.189	1.00	595.56	1.000	21.05
Agua	268.00	1000	0.268	0.45	272.87	0.458	9.64
Arena	676.20	2630	0.257	1.14	686.81	1.153	24.27
Piedra	699.11	2730	0.256	1.17	702.95	1.180	24.84
Aire A.			0.0250				
Aditivo	2.9778	1080	0.0028	0.005	2.98	0.005	0.1052
Aditivo	2.3822	1200	0.0020	0.004	2.38	0.004	0.0842
		suma	1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

$$\text{asentamiento} = 10.5 \text{ pulg}$$

Aplicando el mismo procedimiento se obtuvo los diseños de mezcla para las proporciones 0.98% y 1.56% de aditivo respecto del peso del cemento.

Concreto de $a/c = 0.45$ y aditivo 0.98% del peso de cemento

Tabla A2. 7: Diseño del concreto para la relación $a/c=0.45$ con aditivo al 0.98% del peso de cemento

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	595.56	3150	0.189	1.00	595.5556	1.0000	21.09
Agua	268.00	1000	0.268	0.45	272.8423	0.4581	9.66
Arena	672.40	2630	0.256	1.13	682.9616	1.1468	24.18
Piedra	695.19	2730	0.255	1.17	699.0088	1.1737	24.75
Aire A.			0.0250				
Aditivo	2.9778	1080	0.0028	0.005	2.9778	0.0050	0.1054
Aditivo	5.8364	1200	0.0049	0.010	5.8364	0.0098	0.2067
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

asentamiento = 9.7 pulg

Concreto de $a/c = 0.45$ y aditivo 1.56% del peso de cemento

Tabla A2. 8: Diseño del concreto para la relación $a/c=0.45$ con aditivo al 1.56% del peso de cemento

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	595.56	3150	0.189	1.00	595.5556	1.0000	21.13
Agua	268.00	1000	0.268	0.45	272.8150	0.4581	9.68
Arena	668.61	2630	0.254	1.12	679.1092	1.1403	24.09
Piedra	691.26	2730	0.253	1.16	695.0659	1.1671	24.66
Aire A.			0.0250				
Aditivo	2.9778	1080	0.0028	0.005	2.9778	0.0050	0.1057
Aditivo	9.2907	1200	0.0077	0.016	9.2907	0.0156	0.3296
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

asentamiento = 9.5 pulg

Concreto de $a/c = 0.50$ y aditivo 0.40% del peso de cemento

Anteriormente se determinó el uso de 260 l/m³ de agua patrón, para la relación $a/c = 0.50$, además la proporción de aditivo superplastificante CPA DISPER WR es 0.5% respecto al peso del cemento entonces se obtiene:

$$a/c = 0.40 = \frac{260}{c} \rightarrow c = 520 \text{ kg/m}^3$$

Una vez que se ha determinado la cantidad de cemento, se calculó la cantidad de aditivos.

$$\rightarrow CD = 0.5\% * c = 0.5\% * 520.00 = 2.60 \text{ kg}$$

$$\rightarrow MM = 0.4\% * c = 0.4\% * 520.00 = 2.08 \text{ kg}$$

La densidad de los aditivos se presenta en la siguiente tabla.

Tabla A2. 9: Densidad de los aditivos

Aditivos	Densidad
CPA DISPER WR	1.08 kg/l
MasterMatrix UW 450 M	1.20 kg/l

Nota. Fuente: Fichas técnicas anexo VI.

- Volumen absoluto

Se tiene la siguiente relación:

$$Ar + P + A + C + \text{aire} + CD + MM = 1 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow A = \frac{260 \text{ lt}}{1000 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3}} = 0.260 \text{ m}^3; \quad C = \frac{520.00 \text{ kg}}{3150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.165 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow CD = \frac{2.60 \text{ kg}}{1.08 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} = 0.0024 \text{ m}^3; \quad MM = \frac{2.08 \text{ kg}}{1.20 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} = 0.0017 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow Ar + P = 0.546 \text{ m}^3; \quad \rightarrow Ar = 53\% * 0.546 \text{ m}^3; \quad P = 47\% * 0.546 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow Ar = 0.277 \text{ m}^3; \quad P = 0.269 \text{ m}^3$$

- Diseño seco

$$C = 520.00 \text{ kg}$$

$$A = 260 \text{ lt}$$

$$Ar = 0.277 \text{ m}^3 * 2630 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 727.75 \text{ kg}$$

$$P = 0.269 \text{ m}^3 * 2730 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 734.56 \text{ kg}$$

$$CD = 2.60 \text{ kg}$$

$$MM = 2.08 \text{ kg}$$

- Diseño unitario Seco (D.U.S)

$$C = 520.00 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 1.00$$

$$A = 260 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 0.50$$

$$Ar = 727.75 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 1.40$$

$$P = 734.56 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 1.41$$

$$CD = 2.60 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 0.005$$

$$MM = 2.08 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 0.004$$

- Diseño húmedo o diseño de obra (D.O.)

Se realizo el ajuste a la cantidad de agua debido a la humedad y la absorción tanto del agregado fino como del grueso.

$$C = 520.00 \text{ kg}$$

$$\text{Correccion de arena} = (\%H - \%Abs) * Par = (1.57 - 1.37)\% * 727.75 = 1.45 \text{ kg}$$

$$\text{Correccion de piedra} = (\%H - \%Abs) * Pp = (0.55 - 1.44)\% * 734.56 = -6.54 \text{ kg}$$

$$A = 260 - (1.45 - 6.54) = 265.08 \text{ lt}$$

$$Ar = (100 + H)\% * Par = 101.57\% * 727.75 = 739.14 \text{ kg}$$

$$P = (100 + H)\% * Pp = 100.55\% * 734.56 = 738.60 \text{ kg}$$

$$CD = 2.60 \text{ kg}$$

$$MM = 2.08 \text{ kg}$$

- Diseño unitario de obra

$$C = 595.56 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 1.000$$

$$A = 260.00 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 0.510$$

$$Ar = 727.75 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 1.421$$

$$P = 734.56 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 1.420$$

$$CD = 2.60 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 0.005$$

$$MM = 2.08 \text{ kg} / 520.00 \text{ kg} = 0.004$$

- Diseño para laboratorio

Se uso una tanda de 80kg para el diseño realizado en laboratorio

$$\sum D.U.O. = 1 + 0.510 + 1.421 + 1.420 + 0.005 + 0.004 = 4.361$$

$$F = \frac{80 \text{ kg}}{4.361} = 18.35 \text{ kg}$$

$$C = (D.U.O.c) * 18.35 = 1 * 18.35 = 18.35 \text{ kg}$$

$$A = (D.U.O.a) * 18.35 = 0.510 * 18.35 = 9.35 \text{ kg}$$

$$Ar = (D.U.O.ar) * 18.35 = 1.421 * 18.35 = 26.08 \text{ kg}$$

$$P = (D.U.O.p) * 18.35 = 1.420 * 18.35 = 26.06 \text{ kg}$$

$$CD = (D.U.O.cd) * 18.35 = 0.005 * 18.35 = 0.092 \text{ gr}$$

$$MM = (D.U.O.mm) * 18.35 = 0.004 * 18.35 = 0.073 \text{ gr}$$

Se muestra un resumen de los cálculos realizados para la relación a/c=0.50 en la siguiente tabla:

Tabla A2. 10: Diseño del concreto para la relación a/c=0.50 con aditivo al 0.4% del peso de cemento

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	520.00	3150	0.165	1.00	520.0000	1.000	18.35
Agua	260.00	1000	0.260	0.50	265.0821	0.510	9.35
Arena	727.75	2630	0.277	1.40	739.1740	1.421	26.08
Piedra	734.56	2730	0.269	1.41	738.5998	1.420	26.06
Aire A.			0.0250				
Aditivo	2.6000	1080	0.0024	0.005	2.6000	0.005	0.0917
Aditivo	2.0800	1200	0.0017	0.004	2.0800	0.004	0.0734
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

asentamiento = 10.70 pulg

Aplicando el mismo procedimiento se obtuvo los diseños de mezcla para las proporciones 0.98% y 1.56% de aditivo respecto del peso del cemento.

Concreto de a/c = 0.50 y aditivo 0.98% del peso de cemento

Tabla A2. 11: Diseño del concreto para la relación a/c=0.50 con aditivo al 0.98% del peso de cemento

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	520.00	3150	0.165	1.00	520.0000	1.0000	18.38
Agua	260.00	1000	0.260	0.50	265.0587	0.5097	9.37
Arena	724.40	2630	0.275	1.39	735.7701	1.4149	26.00
Piedra	731.18	2730	0.268	1.41	735.1985	1.4138	25.98
Aire A.			0.0250				
Aditivo	2.6000	1080	0.0024	0.005	2.6000	0.0050	0.0919
Aditivo	5.0960	1200	0.0042	0.010	5.0960	0.0098	0.1801
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

asentamiento = 10.2 pulg

Concreto de a/c = 0.50 y aditivo 1.56% del peso de cemento

Tabla A2. 12: Diseño del concreto para la relación a/c=0.50 con aditivo al 1.56% del peso de cemento

MATERIAL	DISEÑO SECO			DISEÑO EN OBRA			DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S. (kg)	P.E. (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	
Cemento	520.00	3150	0.165	1.00	520.0000	1.0000	18.41
Agua	260.00	1000	0.260	0.50	265.0353	0.5097	9.38
Arena	721.05	2630	0.274	1.39	732.3662	1.4084	25.93
Piedra	727.79	2730	0.267	1.40	731.7972	1.4073	25.91
Aire A.			0.0250				
Aditivo	2.6000	1080	0.0024	0.005	2.6000	0.0050	0.0920
Aditivo	8.1120	1200	0.0068	0.016	8.1120	0.0156	0.2872
	suma		1.000				80.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

asentamiento = 10.1 pulg

Anexo III: Concreto en estado frescoPeso unitario del concretoPara la relación a/c=0.40

PESO UNITARIO PARA A/C=0.40			
		muestra1	muestra2
PATRON	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	20.08	20.15
	Peso del recipiente en kg (Pm)	3.55	3.55
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	16.53	16.6
	Volumen del recipiente en m ³ (Vm)	0.007	0.007
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m ³ (Pu)	2361.43	2371.43
	Promedio kg/m ³	2366	
0.40%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	20	20.12
	Peso del recipiente en kg (Pm)	3.55	3.55
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	16.45	16.57
	Volumen del recipiente en m ³ (Vm)	0.007	0.007
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m ³ (Pu)	2350.00	2367.14
	Promedio kg/m ³	2359	
0.98%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	20.02	20
	Peso del recipiente en kg (Pm)	3.55	3.55
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	16.47	16.45
	Volumen del recipiente en m ³ (Vm)	0.007	0.007
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m ³ (Pu)	2352.86	2350.00
	Promedio kg/m ³	2351	
1.56%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	19.98	20.02
	Peso del recipiente en kg (Pm)	3.55	3.55
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	16.43	16.47
	Volumen del recipiente en m ³ (Vm)	0.007	0.007
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m ³ (Pu)	2347.14	2352.86
	Promedio kg/m ³	2350	

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para la relación a/c=0.45

PESO UNITARIO PARA A/C=0.45			
		muestra1	muestra2
PATRON	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	20.18	20.18
	Peso del recipiente en kg (Pm)	3.55	3.55
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	16.63	16.63
	Volumen del recipiente en m ³ (Vm)	0.007	0.007
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m ³ (Pu)	2375.71	2375.71

	Promedio kg/m ³		2376
0.40%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	20.12	20.17
	Peso del recipiente en kg (Pm)	3.55	3.55
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	16.57	16.62
	Volumen del recipiente en m ³ (Vm)	0.007	0.007
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m ³ (Pu)	2367.14	2374.29
	Promedio kg/m ³		2371
0.98%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	20.18	20.09
	Peso del recipiente en kg (Pm)	3.55	3.55
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	16.63	16.54
	Volumen del recipiente en m ³ (Vm)	0.007	0.007
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m ³ (Pu)	2375.71	2362.86
	Promedio kg/m ³		2369
1.56%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	20.11	20.16
	Peso del recipiente en kg (Pm)	3.55	3.55
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	16.56	16.61
	Volumen del recipiente en m ³ (Vm)	0.007	0.007
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m ³ (Pu)	2365.71	2372.86
	Promedio kg/m ³		2369

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para la relación a/c=0.50

PESO UNITARIO PARA A/C=0.50			
		muestra1	muestra2
PATRÓN	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	20.28	20.25
	Peso del recipiente en kg (Pm)	3.55	3.55
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	16.73	16.7
	Volumen del recipiente en m ³ (Vm)	0.007	0.007
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m ³ (Pu)	2390.00	2385.71
	Promedio kg/m ³		2388
0.40%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	20.25	20.22
	Peso del recipiente en kg (Pm)	3.55	3.55
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	16.7	16.67
	Volumen del recipiente en m ³ (Vm)	0.007	0.007
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m ³ (Pu)	2385.71	2381.43
	Promedio kg/m ³		2384
0.98%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	20.21	20.18
	Peso del recipiente en kg (Pm)	3.55	3.55

	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	16.66	16.63
	Volumen del recipiente en m ³ (Vm)	0.007	0.007
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m ³ (Pu)	2380.00	2375.71
	Promedio kg/m ³	2378	
		muestra1	muestra2
	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	20.18	20.18
	Peso del recipiente en kg (Pm)	3.55	3.55
1.56%	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	16.63	16.63
	Volumen del recipiente en m ³ (Vm)	0.007	0.007
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m ³ (Pu)	2375.71	2375.71
	Promedio kg/m ³	2376	

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Fluidez de asentamiento

Para la relación a/c=0.40

a/c=0.40	d1	d2	F	T ₅₀
ADIT.0.40%	59.00	59.00	59.00	4.91
ADIT.0.98%	58.50	58.00	58.25	6.23
ADIT.1.56%	58.00	57.50	57.75	9.05

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

Para la relación a/c=0.45

a/c=0.45	d1	d2	F	T ₅₀
ADIT.0.40%	60.00	62.00	61.00	5.06
ADIT.0.98%	58.50	58.50	58.50	8.33
ADIT.1.56%	58.00	57.50	57.75	8.35

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

Para la relación a/c=0.50

a/c=0.50	d1	d2	F	T ₅₀
ADIT.0.40%	63.00	58.50	60.75	5.03
ADIT.0.98%	58.00	60.00	59.00	7.08
ADIT.1.56%	58.50	56.00	57.25	8.33

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

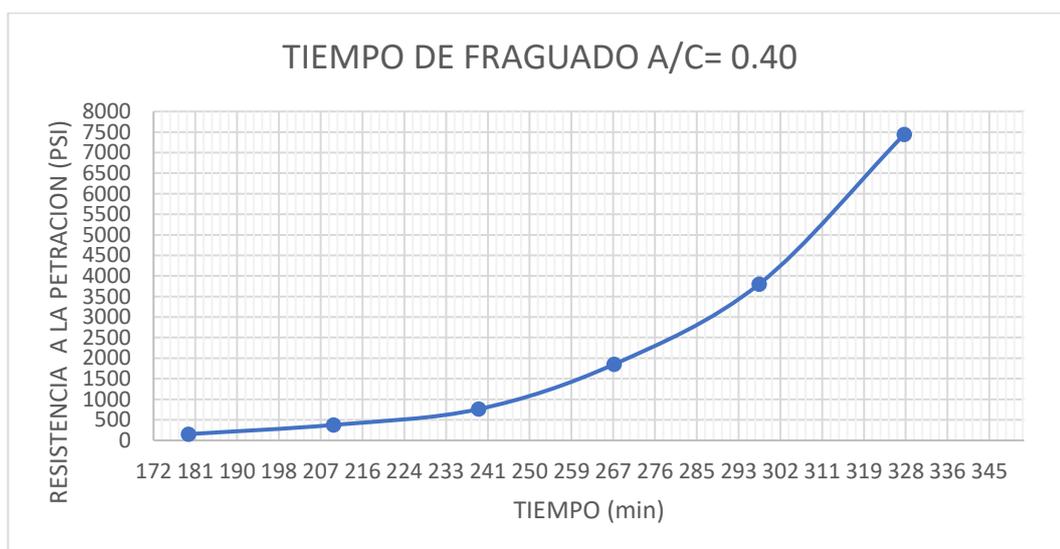
Tiempo de fragua

Para la relación a/c=0.40

Para el concreto patrón

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO (horas)	Tiempo absoluto (min)	FUERZA (lb)	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
1	03:00	180	152	1.000	152
2	03:30	210	188	0.500	376
3	04:00	240	190	0.250	760
4	04:28	268	185	0.100	1850
5	04:58	298	190	0.050	3800
6	05:28	328	186	0.025	7440

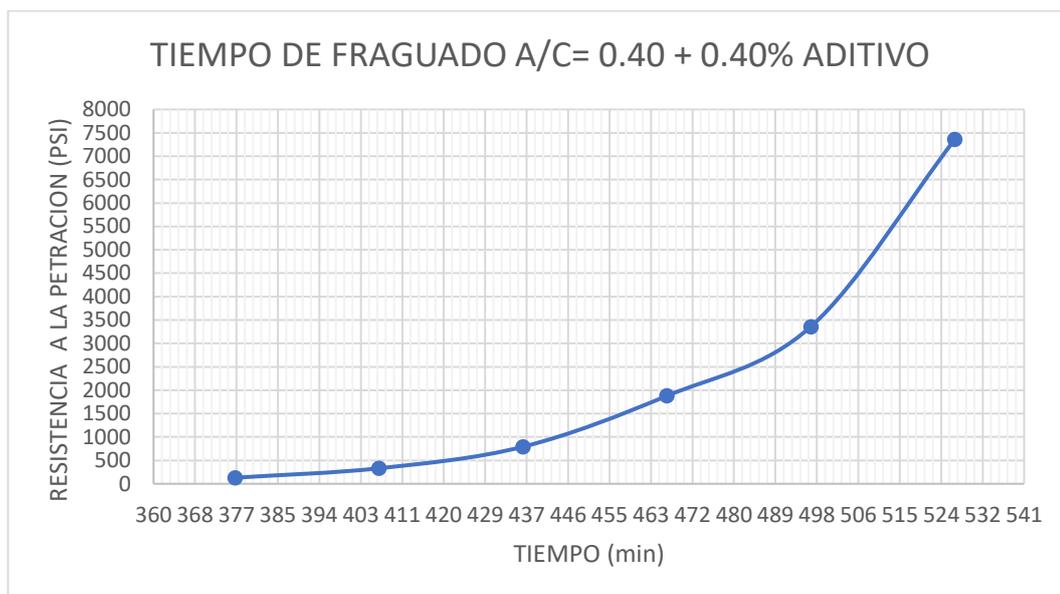
Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.



Para el concreto patrón +0.40% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO (horas)	Tiempo absoluto (min)	FUERZA (lb)	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
1	06:17	377	130	1.000	130
2	06:47	407	166	0.500	332
3	07:17	437	198	0.250	792
4	07:47	467	188	0.100	1880
5	08:17	497	168	0.050	3360
6	08:47	527	184	0.025	7360

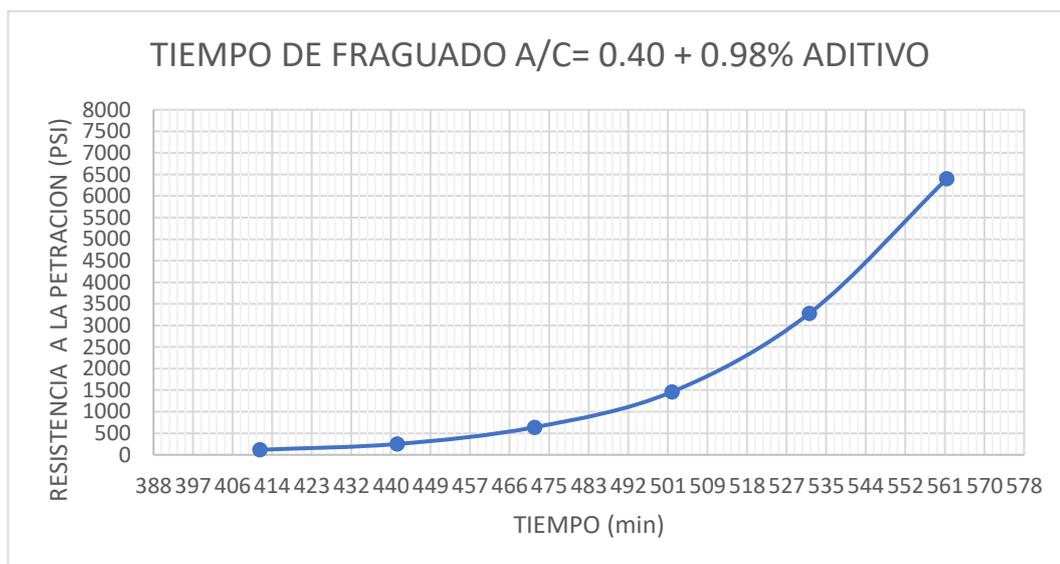
Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.



Para el concreto patrón +0.98% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO (horas)	Tiempo absoluto (min)	FUERZA (lb)	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
1	06:52	412	117	1.000	117
2	07:22	442	126	0.500	252
3	07:52	472	160	0.250	640
4	08:22	502	146	0.100	1460
5	08:52	532	164	0.050	3280
6	09:22	562	160	0.025	6400

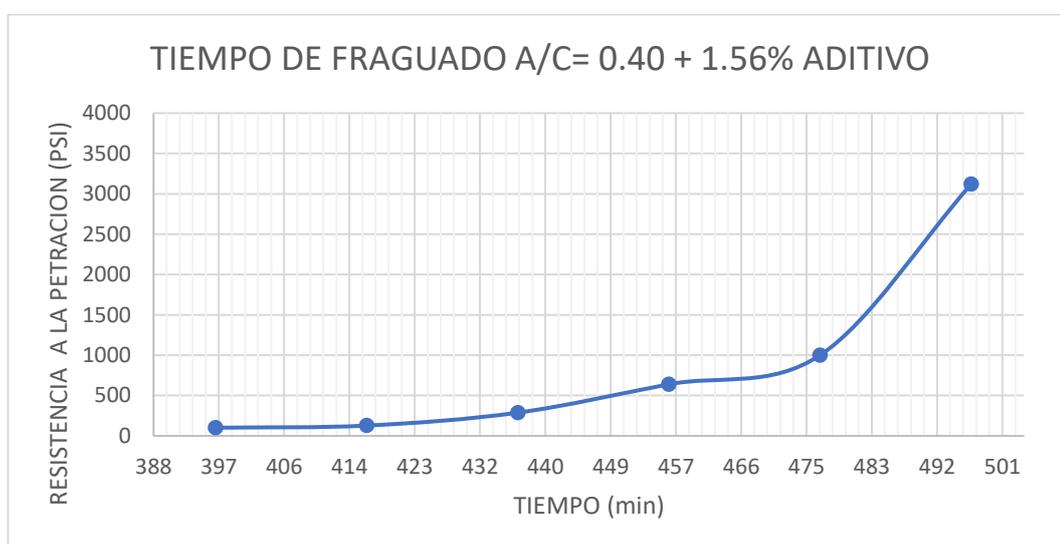
Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.



Para el concreto patrón +1.56% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO (horas)	Tiempo absoluto (min)	FUERZA (lb)	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
1	06:37	397	101	1.000	101
2	06:57	417	64	0.500	128
3	07:17	437	72	0.250	288
4	07:37	457	64	0.100	640
5	07:57	477	50	0.050	1000
6	08:17	497	78	0.025	3120

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

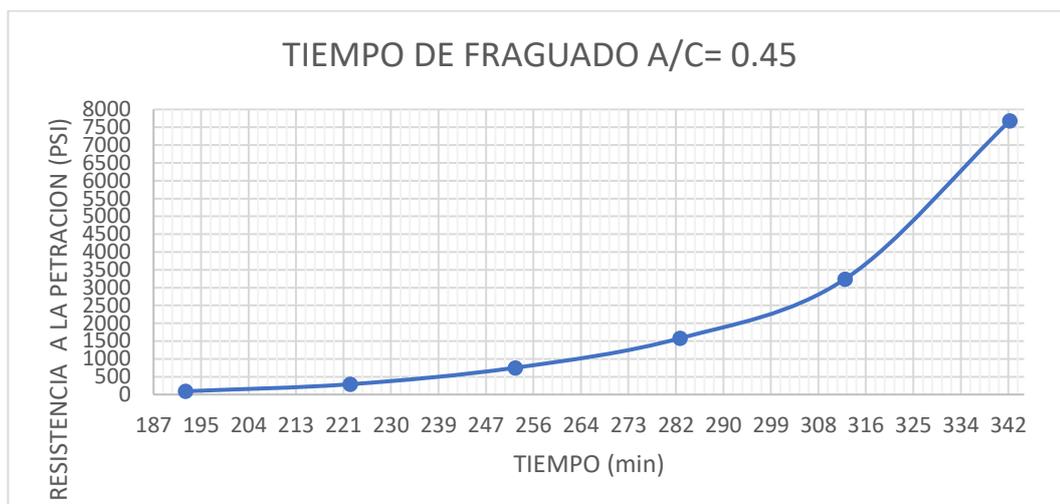


Para la relación a/c=0.45

Para el concreto patrón

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO (horas)	Tiempo absoluto (min)	FUERZA (lb)	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
1	03:13	193	92	1.000	92
2	03:43	223	145	0.500	290
3	04:13	253	188	0.250	752
4	04:43	283	158	0.100	1580
5	05:13	313	162	0.050	3240
6	05:43	343	192	0.025	7680

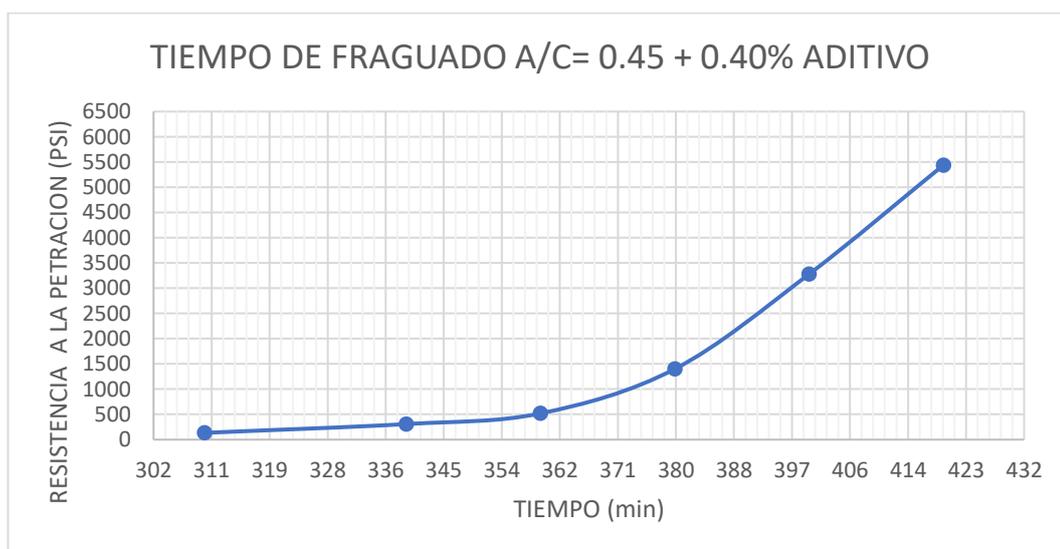
Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.



Para el concreto patrón +0.40% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO (horas)	Tiempo absoluto (min)	FUERZA (lb)	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
1	05:10	310	134	1.000	134
2	05:40	340	154	0.500	308
3	06:00	360	130	0.250	520
4	06:20	380	140	0.100	1400
5	06:40	400	164	0.050	3280
6	07:00	420	136	0.025	5440

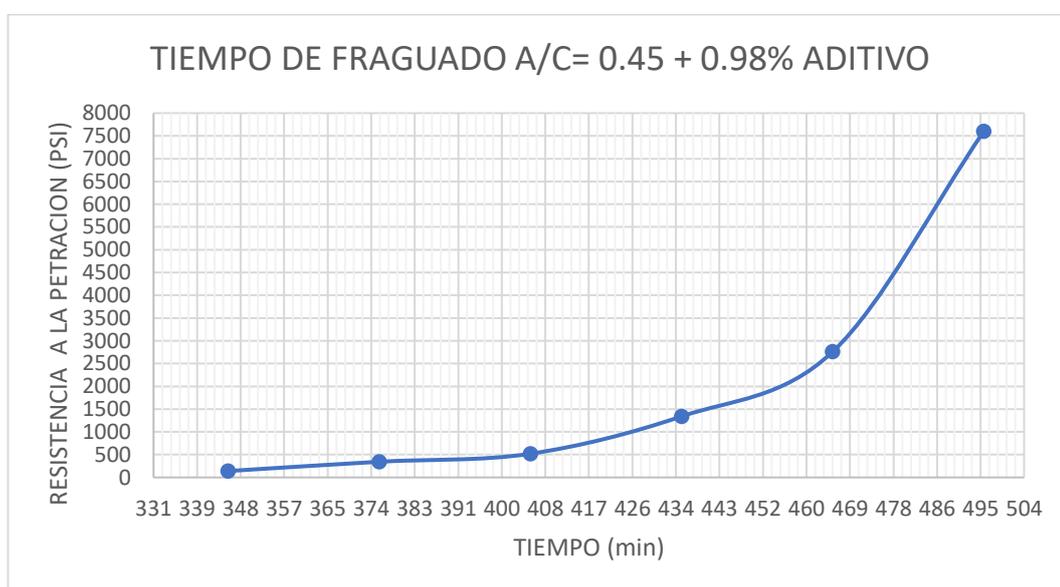
Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.



Para el concreto patrón +0.98% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO (horas)	Tiempo absoluto (min)	FUERZA (lb)	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
1	05:46	346	140	1.000	140
2	06:16	376	172	0.500	344
3	06:46	406	130	0.250	520
4	07:16	436	134	0.100	1340
5	07:46	466	138	0.050	2760
6	08:16	496	190	0.025	7600

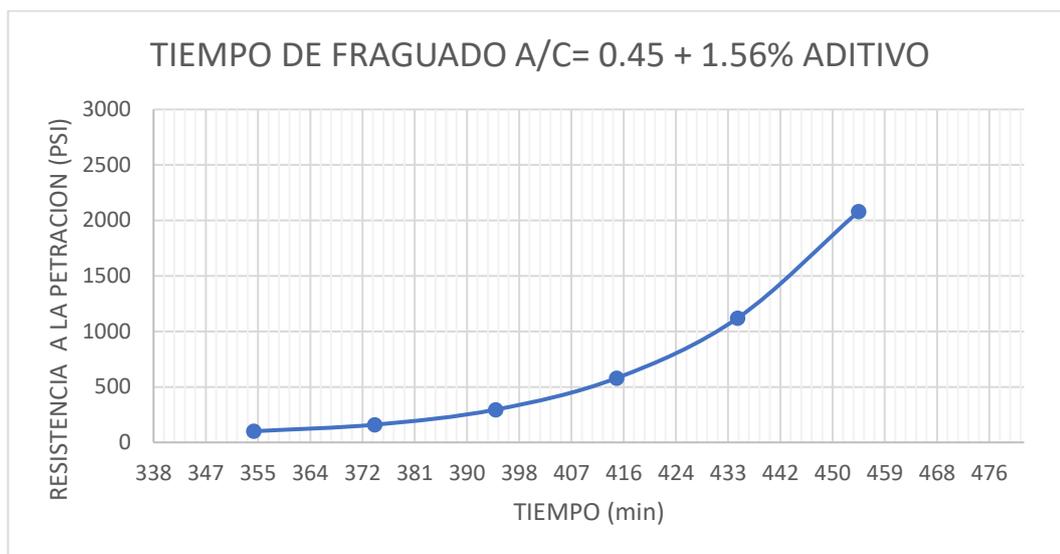
Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.



Para el concreto patrón +1.56% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO (horas)	Tiempo absoluto (min)	FUERZA (lb)	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
1	05:55	355	101	1.000	101
2	06:15	375	80	0.500	160
3	06:35	395	74	0.250	296
4	06:55	415	58	0.100	580
5	07:15	435	56	0.050	1120
6	07:35	455	52	0.025	2080

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

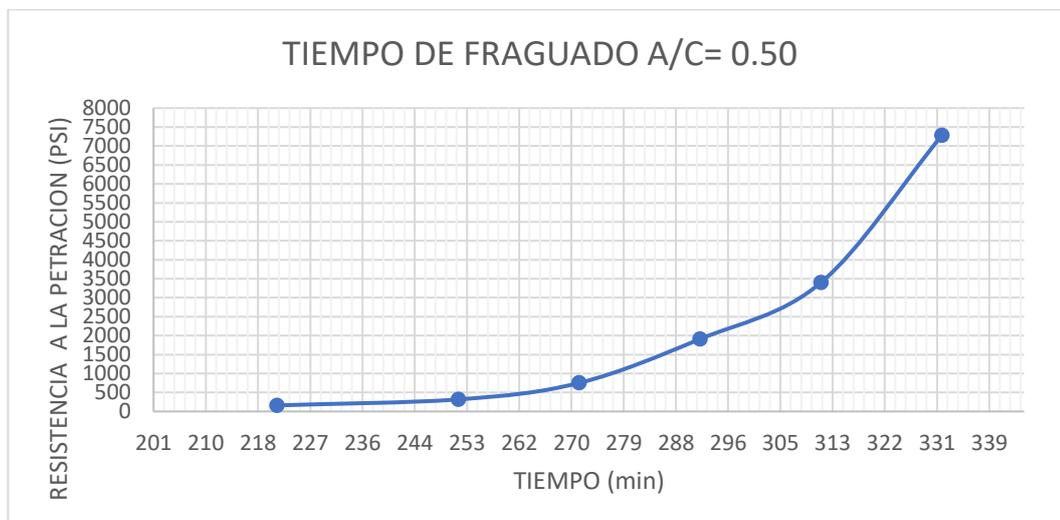


Para la relación a/c=0.50

Para el concreto patrón

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO (horas)	Tiempo absoluto (min)	FUERZA (lb)	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
1	03:42	222	160	1.000	160
2	04:12	252	159	0.500	318
3	04:32	272	188	0.250	752
4	04:52	292	191	0.100	1910
5	05:12	312	170	0.050	3400
6	05:32	332	182	0.025	7280

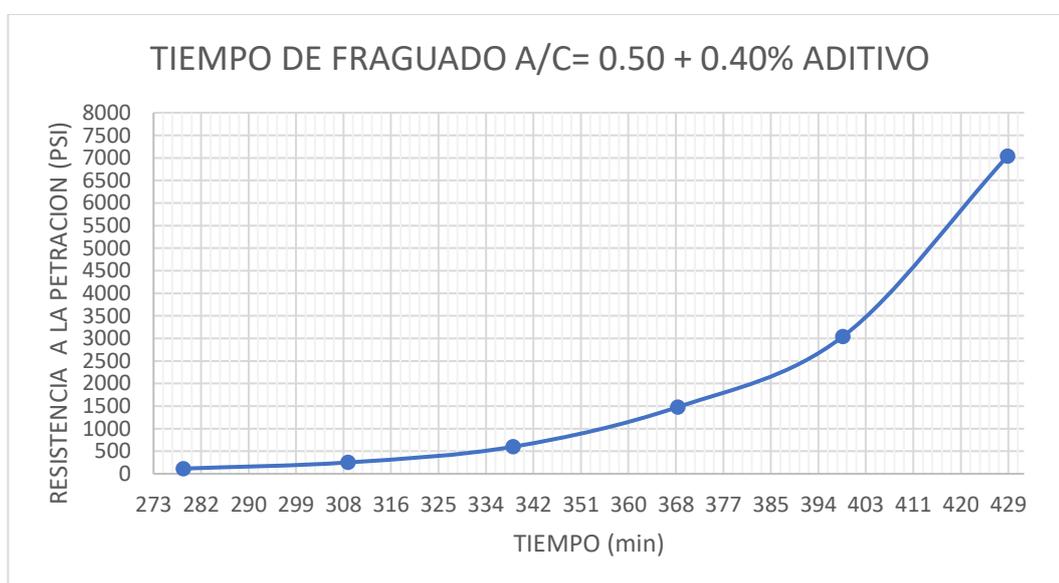
Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.



Para el concreto patrón +0.40% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO (horas)	Tiempo absoluto (min)	FUERZA (lb)	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
1	04:39	279	116	1.000	116
2	05:09	309	126	0.500	252
3	05:39	339	150	0.250	600
4	06:09	369	148	0.100	1480
5	06:39	399	152	0.050	3040
6	07:09	429	176	0.025	7040

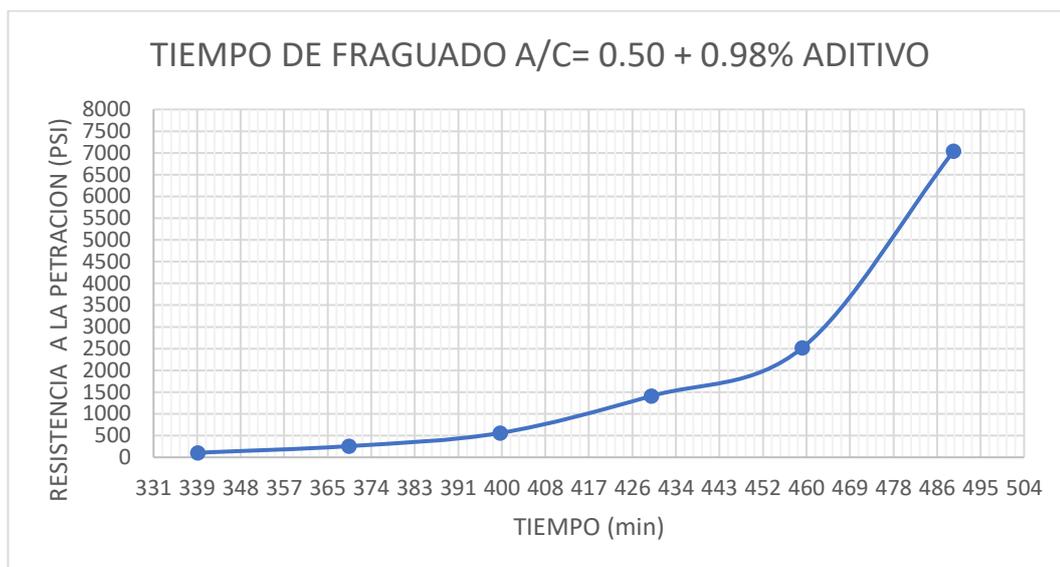
Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.



Para el concreto patrón +0.98% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO (horas)	Tiempo absoluto (min)	FUERZA (lb)	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
1	05:40	340	106	1.000	106
2	06:10	370	129	0.500	258
3	06:40	400	140	0.250	560
4	07:10	430	141	0.100	1410
5	07:40	460	126	0.050	2520
6	08:10	490	176	0.025	7040

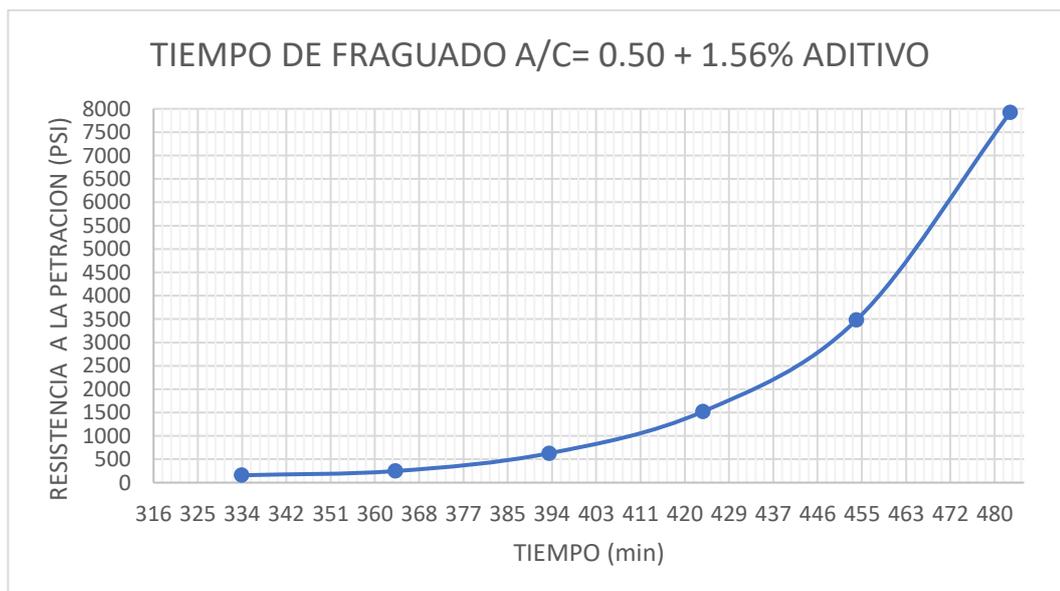
Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.



Para el concreto patrón +1.56% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO (horas)	Tiempo absoluto (min)	FUERZA (lb)	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
1	05:34	334	158	1.000	158
2	06:04	364	124	0.500	248
3	06:34	394	157	0.250	628
4	07:04	424	152	0.100	1520
5	07:34	454	174	0.050	3480
6	08:04	484	198	0.025	7920

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.



Método de ensayo para determinar la resistencia del concreto recién mezclado al lavado con agua

A/C	Aditivo (%)	Peso molde	Mi	Mf	% Lavado	Pérdida de Finos
0.4	-	1753.7	3759.2	3552.2	10.32%	
		1753.7	3771.8	3545.3	11.22%	10.83%
		1753.7	3739.3	3521.9	10.95%	
	0.40	1753.7	3773.2	3721.6	2.56%	
		1753.7	3771.2	3730.3	2.03%	2.27%
		1753.7	3740.1	3696.1	2.22%	
		1753.7	3752.6	3722.3	1.52%	
	0.98	1753.7	3761	3733.5	1.37%	1.45%
		1753.7	3772.5	3742.9	1.47%	
		1753.7	3771.6	3763.2	0.42%	
1.56	1753.7	3743.8	3737.5	0.32%	0.42%	
	1753.7	3755	3742.9	0.60%		
	1753.7	3774.2	3562.6	10.47%		
	1753.7	3773.2	3567.5	10.19%	10.30%	
0.45	-	1753.7	3758.3	3552.9	10.25%	
		1753.7	3771.3	3718.2	2.63%	
		1753.7	3759.4	3715.2	2.20%	2.20%
	0.40	1753.7	3736	3701	1.77%	
		1753.7	3768.8	3737.4	1.56%	
		1753.7	3760.3	3736.3	1.20%	1.48%
		1753.7	3771.3	3737.1	1.70%	
	0.98	1753.7	3763.6	3742.2	1.06%	
		1753.7	3772.5	3757	0.77%	0.87%
		1753.7	3768.7	3752.9	0.78%	
0.5	-	1753.7	3744.6	3487.5	12.91%	
		1753.7	3773.2	3587.2	9.21%	10.81%
		1753.7	3758.6	3551.8	10.31%	
	0.40	1753.7	3770.3	3720.9	2.45%	
		1753.7	3749.3	3694.6	2.74%	3.37%
		1753.7	3772.1	3672.9	4.91%	
		1753.7	3767.6	3737.1	1.51%	
	0.98	1753.7	3763.2	3731.9	1.56%	1.68%
		1753.7	3768.6	3728.9	1.97%	
		1753.7	3766.6	3749.1	0.87%	
1.56	1753.7	3772.4	3752.6	0.98%	0.89%	
	1753.7	3738.2	3722.1	0.81%		

Nota. Los ensayos se realizaron en el LEM UNI.

Anexo IV: Concreto en estado endurecido

Resistencia a la compresión axial

Para la relación a/c = 0.40

Para el concreto patrón

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.4		7 días	
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.01	20.71	29658	377	366
	10	20.65			
M2	10.15	20.62	29523	366	
	10.11	20.51			
M3	10.05	20.53	28125	356	
	10.02	20.42			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.4		14 días	
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.01	20.55	34956	444	457
	10.01	20.51			
M2	10.05	20.62	38758	488	
	10.06	20.57			
M3	10.03	20.7	34485	438	
	9.99	20.61			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.4		28 días	
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.99	20.65	39310	501	498
	10	20.57			
M2	9.99	20.45	38753	494	
	9.99	20.39			
M3	10	20.62	38325	488	
	9.99	20.64			
M4	9.95	20.62	38596	495	
	9.98	20.68			
M5	9.92	20.6	39111	502	
	10	20.52			

M6	9.9	20.62	38986	504
	9.95	20.61		
M7	10	20.69	37754	483
	9.95	20.62		
M8	9.99	20.55	39786	507
	10	20.51		
M9	9.95	20.57	38965	498
	10.01	20.47		
M10	9.96	20.41	39965	512
	9.98	20.4		

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para el concreto patrón +0.40% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.40 CON ADIT. 0.40%		Resistencia	7 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	(kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.05	20.72	29193	369	360
	10.02	20.71			
M2	10.16	20.45	28956	355	
	10.21	20.39			
M3	10.25	20.80	29072	357	
	10.12	20.76			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.4 CON ADIT. 0.40%		Resistencia	14 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	(kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.09	20.84	35586	445	453
	10.1	20.8			
M2	10.11	20.75	36856	460	
	10.09	20.71			
M3	10.09	20.93	36245	453	
	10.09	20.85			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.4 CON ADIT. 0.40%		Resistencia	28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	(kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.09	20.82	38465.00	482	486
	10.08	20.75			
M2	10.05	20.79	41286.00	517	
	10.11	20.74			
M3	10.10	20.87	38995.00	486	

	10.11	20.84			
M4	10.15	20.95	39917.00	491	
	10.19	20.84			
	10.11	20.98			
M5	10.11	20.89	41856.00	521	496
	10.11	20.71			
M6	10.09	20.64	36626.00	457	
	10.11	20.79			
M7	10.12	20.76	42875.00	534	
	10.11	20.68			
M8	10.10	20.63	38695.00	482	
	10.12	19.99			
M9	10.08	20.00	39859.00	498	
	10.15	20.12			
M10	10.19	20.14	39596.00	487	

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para el concreto patrón +0.98% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.4 CON ADIT. 0.98%			7 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.99	20.65	29426	375	
	10.00	20.63			
M2	10.00	20.60	33685	426	388
	10.07	20.54			
M3	10.00	20.55	28569	362	
	10.05	20.52			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.4 CON ADIT. 0.98%			14 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.98	20.82	36254	461	
	10.03	20.79			
M2	10.02	20.66	34455	438	460
	10	20.55			
M3	10	20.77	37895	482	
	10.02	20.78			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.4 CON ADIT. 0.98%			28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)

M1	10.02	20.69	39813	502	
	10.08	20.61			
M2	10.04	20.54	42365	535	
	10.05	20.51			
M3	10.02	20.61	43562	551	
	10.05	20.57			
M4	10.04	20.61	39435	498	
	10.05	20.52			
M5	10.03	20.75	44986	567	526
	10.07	20.71			
M6	10.04	20.71	40916	514	
	10.09	10.65			
M7	10.09	20.64	43862	550	
	10.07	20.58			
M8	10.10	20.57	41956	523	
	10.12	20.65			
M9	10.14	20.93	40125	496	
	10.16	20.20			
M10	10.16	20.21	42689	527	
	10.16	20.15			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para el concreto patrón +1.56% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.4 CON ADIT. 1.56%			7 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.05	20.78	29652	372	
	10.11	20.68			
M2	10.10	20.87	31685	398	385
	10.04	20.83			
M3	10.11	20.67	30589	384	
	10.02	20.59			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.4 CON ADIT. 1.56%			14 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.11	20.65	38265	478	
	10.09	20.64			
M2	10.05	20.9	36263	457	473
	10.06	20.81			
M3	10.1	20.81	38965	486	
	10.11	20.77			

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
PATRON	A/C=	0.4 CON ADIT. 1.56%			Resistencia (kg/cm ²)	28 días Resistencia promedio (kg/cm ²)
		DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)		
M1	10.17	20.49	40295	498	533	
	10.12	20.43				
M2	10.09	20.71	41384	514		
	10.15	20.67				
M3	10.09	20.79	41582	522		
	10.06	20.75				
M4	10.15	20.61	45426	564		
	10.11	20.59				
M5	10.1	20.66	40887	511		
	10.09	20.6				
M6	10.09	20.67	39714	496		
	10.11	20.64				
M7	10.08	20.59	46082	575		
	10.12	20.53				
M8	10.2	20.4	43812	540		
	10.12	20.34				
M9	10.13	20.15	45986	571		
	10.12	20.16				
M10	10.01	21.11	42578	534		
	10.14	21.15				

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para la relación a/c = 0.45

Para el concreto patrón

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
PATRON	A/C=	0.45			Resistencia (kg/cm ²)	7 días Resistencia promedio (kg/cm ²)
		DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)		
M1	10.05	20.75	27856	349	351	
	10.1	20.74				
M2	10.1	20.51	29895	375		
	10.05	20.5				
M3	10.11	20.51	26150	329		
	10.02	20.52				

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.45			14 días

	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.05	20.52	30263	384	433
	9.99	20.51			
M2	9.99	20.62	35856	457	
	10	20.55			
M3	10.02	20.65	36090	459	
	10	20.63			

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL

PATRON	A/C=	0.45			28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.02	20.59	37652	479	472
	9.99	20.57			
M2	10.02	20.71	36140	458	
	10.03	20.68			
M3	10.03	20.66	39897	506	
	10	20.67			
M4	10	20.65	36558	464	
	10.04	20.63			
M5	9.97	20.58	36982	473	
	9.98	20.56			
M6	9.92	20.62	34409	445	
	9.92	20.6			
M7	10.01	20.62	37506	476	
	10.03	20.6			
M8	10.05	20.6	36120	458	
	10	20.58			
M9	10.1	20.54	37856	474	
	10.06	20.53			
M10	10.01	20.64	37856	483	
	9.97	20.61			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para el concreto patrón +0.40% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.45 CON ADIT. 0.40%			7días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.01	20.71	28156	357	
	10.02	20.72			

M2	10.01	20.70	24856	317	347
	9.98	20.65			
M3	10.00	20.72	28756	366	
	10.01	20.65			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.45 CON ADIT. 0.40%			14 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.11	20.65	34652	431	
	10.12	20.58			
M2	10.11	20.7	35201	435	426
	10.19	20.67			
M3	10.09	20.8	32968	412	
	10.09	20.83			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.45 CON ADIT. 0.40%			28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.11	20.72	37021.00	461	
	10.12	20.64			
M2	10.09	20.81	34913.00	435	
	10.12	20.88			
M3	10.14	20.55	35998.00	447	
	10.11	20.50			
M4	10.09	20.61	37856.00	471	
	10.14	20.53			
M5	10.09	20.59	36313.00	455	456
	10.07	20.51			
M6	10.05	20.75	37385.00	467	
	10.15	20.70			
M7	10.11	20.99	38200.00	475	
	10.12	20.90			
M8	10.10	20.76	35383.00	442	
	10.09	20.70			
M9	10.09	20.66	37698.00	469	
	10.14	20.65			
M10	10.09	20.83	34698.00	433	
	10.12	20.81			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para el concreto patrón +0.98% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.45 CON ADIT. 0.98%			7 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio (kg/cm²)
M1	10.02	20.60	28598	363	360
	10.02	20.62			
M2	10.00	20.80	29259	372	
	10.02	20.76			
M3	10.10	20.55	27345	345	
	10	20.51			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.45 CON ADIT. 0.98%			14 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio (kg/cm²)
M1	10	20.65	33956	430	432
	10.05	20.71			
M2	10.11	20.55	35963	448	
	10.1	20.49			
M3	10	20.65	32745	417	
	10.01	20.58			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.45 CON ADIT. 0.98%			28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio (kg/cm²)
M1	10.10	20.85	33661	420	476
	10.11	20.80			
M2	10.05	20.80	37589	473	
	10.07	20.74			
M3	10.11	20.68	36824	459	
	10.10	20.61			
M4	10.12	20.74	40985	512	
	10.08	20.69			
M5	10.15	20.67	39785	493	
	10.12	20.57			
M6	10.11	20.91	38498	480	
	10.11	20.83			
M7	10.07	20.94	38116	476	
	10.12	20.83			
M8	10.16	20.76	37947	469	
	10.14	20.74			
M9	10.09	20.71	38373	477	

	10.15	20.65		
M10	10.08	20.68	39861	498
	10.12	20.60		

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para el concreto patrón +1.56% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.45 CON ADIT. 1.56%			7 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.11	20.50	32059	399	362
	10.12	20.55			
M2	9.99	20.85	26826	342	
	10.01	20.78			
M3	10.09	20.70	27494	345	
	10.07	20.61			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.45 CON ADIT. 1.56%			14 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.1	20.9	35956	446	440
	10.17	20.85			
M2	10.11	20.81	35587	441	
	10.17	20.73			
M3	10.11	20.5	35080	434	
	10.19	20.41			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.45 CON ADIT. 1.56%			28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.02	20.91	40591	514	478
	10.03	20.83			
M2	10.07	20.89	37109	465	
	10.09	20.96			
M3	10.09	20.81	40125	503	
	10.06	20.73			
M4	10.12	20.7	36721	459	
	10.07	20.6			
M5	10.09	20.72	40472	508	
	10.05	20.63			
M6	10.19	20.98	40695	502	
	10.13	20.87			

M7	10.19	20.91	41856	513
	10.2	20.85		
M8	10.1	20.75	33856	423
	10.1	20.73		
M9	10.15	20.6	37870	471
	10.09	20.53		
M10	10.2	20.35	34937	427
	10.21	20.29		

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para la relación a/c = 0.50

Para el concreto patrón

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.5		7 días	
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.99	20.52	24454	311	319
	10.01	20.43			
M2	10.05	20.51	24985	316	
	10.01	20.68			
M3	10.06	20.6	25985	329	
	10.01	20.57			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.5		14 días	
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.01	20.5	29953	380	383
	10.02	20.43			
M2	10.02	20.55	30985	393	
	10.03	20.50			
M3	10.02	20.60	29452	375	
	9.98	20.52			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.5		28 días	
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.95	20.59	32210	415	413
	9.94	20.55			
M2	9.95	20.53	32210	413	
	9.97	20.50			

M3	9.93	20.63	33042	426	429
	9.95	20.59			
M4	9.91	20.61	32550	419	
	9.99	20.57			
M5	9.95	20.66	34824	446	
	9.99	20.60			
M6	9.99	20.41	36820	472	
	9.95	20.39			
M7	9.95	20.54	35824	460	
	9.97	20.59			
M8	9.98	20.58	32622	416	
	10.00	20.55			
M9	10.00	20.21	33755	430	
	9.99	20.29			
M10	10.02	20.55	31041	394	
	10.01	20.50			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para el concreto patrón +0.40% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.50 CON ADIT. 0.40%			7 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.09	20.68	23985	300	306
	10.08	20.60			
M2	10.09	20.72	25658	322	
	10.07	20.68			
M3	10.07	20.55	23562	298	
	10.01	20.50			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.50 CON ADIT. 0.40%			14 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.08	20.62	31699	396	380
	10.11	20.57			
M2	10.11	20.66	30953	387	
	10.07	20.6			
M3	10.02	20.26	28304	358	
	10.06	20.3			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.50 CON ADIT. 0.40%			28 días

	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.00	20.70	30976.00	394	413
	10.02	20.65			
M2	10.06	20.45	33509.00	421	
	10.07	20.34			
M3	10.10	20.61	31235.00	392	
	10.05	20.58			
M4	10.12	20.65	32253.00	405	
	10.03	20.57			
M5	10.09	20.60	34259.00	430	
	10.05	20.67			
M6	10.08	20.63	34985.00	439	
	10.06	20.57			
M7	9.91	20.59	35589.00	448	
	10.20	20.53			
M8	10.09	20.56	30985.00	391	
	10.01	20.51			
M9	10.03	20.00	31269.00	396	
	10.02	20.11			
M10	10.05	20.21	33125.00	419	
	10.01	20.24			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para el concreto patrón +0.98% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.50 CON ADIT. 0.98%			7 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.09	20.8	28433	355	332
	10.11	20.76			
M2	10.09	20.75	26191	324	
	10.19	20.68			
M3	10.11	20.65	25452	318	
	10.09	20.61			
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL					
PATRON	A/C=	0.50 CON ADIT. 0.98%			14 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.11	20.74	34119	426	394
	10.09	20.69			
M2	10.1	20.47	31684	395	

PATRON	A/C=	ENSAYO DE COMPRESION AXIAL			Resistencia (kg/cm ²)	28 días Resistencia promedio (kg/cm ²)
		DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)		
M3	10.11	20.45				
	10.16	21.06				
	10.09	21.14	28966	360		
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
0.50 CON ADIT. 0.98%						
M1	10.11	20.54				
	10.07	20.51	35985	450		
M2	10.08	20.76				
	10.04	20.69	35956	452		
M3	10.09	20.61				
	10.08	20.57	34950	438		
M4	10.08	20.86				
	10.09	20.79	32658	409		
M5	10.08	20.49				
	10.09	20.39	34859	436	436	
M6	10.08	20.62				
	10.11	20.59	34859	436		
M7	10.09	20.62				
	10.06	20.68	37129	466		
M8	10.18	21.06				
	10.17	21.25	35239	433		
M9	10.15	21				
	10.16	21.05	36895	456		
M10	10.16	21.05				
	10.16	21.05	31196	385		

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para el concreto patrón +1.56% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
PATRON	A/C=	0.50 CON ADIT. 1.56%			Resistencia (kg/cm ²)	7 días Resistencia promedio (kg/cm ²)
		DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)		
M1	10.00	20.72				
	10.01	20.68	25200	321		
M2	10.00	20.80				
	9.98	20.75	26195	334	334	
M3	10.00	20.74				
	10.01	20.70	27356	348		
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
0.50 CON ADIT. 1.56%						
PATRON	A/C=					14 días

	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	
M1	10.10	20.63	32663	407	397	
	10.11	20.60				
M2	10.18	20.87	31684	390		
	10.16	20.88				
M3	10.11	20.68	31956	395		
	10.19	20.67				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
PATRON	A/C=	0.50 CON ADIT. 1.56%				28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)		Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.11	20.69	37057	463		443
	10.09	20.6				
M2	10.05	20.65	32498	410		
	10.04	20.58				
M3	10.02	20.68	35106	442		
	10.09	20.6				
M4	10.04	20.79	33658	423		
	10.08	20.71				
M5	10.08	20.8	36844	461		
	10.09	20.77				
M6	10.06	20.69	35426	444		
	10.09	20.63				
M7	10.09	20.72	38123	476		
	10.11	20.67				
M8	10	20.56	34598	438		
	10.05	20.55				
M9	10.17	20.72	32165	398		
	10.12	20.73				
M10	10.11	20.26	37995	472		
	10.13	20.29				

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la tracción por compresión diametral

Resistencias a la tracción diametral para la relación a/c=0.4

ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL					
PATRON	A/C=	0.4			28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.85	20.68	16845	52	

	10.04	20.55			
M2	9.9	20.88	16994	52	51
	10.15	20.72			
M ³	9.86	20.6	15986	50	
	10.1	20.6			
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL					
PATRON	A/C=	0.4 CON ADIT. 0.40%			28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.90	20.69	16427	50	
	10.19	20.62			
M2	9.89	20.46	15824	49	48
	10.19	20.85			
M ³	9.85	20.95	14702	45	
	10.18	20.42			
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL					
PATRON	A/C=	0.4 CON ADIT. 0.98%			28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.9	20.9	15366	47	
	10.2	20.79			
M2	9.89	20.61	17791	55	51
	10.19	20.5			
M ³	9.91	20.68	16873	52	
	10.11	20.79			
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL					
PATRON	A/C=	0.4 CON ADIT. 1.56%			28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.89	20.61	15785	49	
	10.17	20.7			
M2	9.89	20.71	18748	57	53
	10.23	20.69			
M ³	9.89	20.52	16711	52	
	10.02	20.67			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Resistencias a la tracción diametral para la relación a/c=0.45

ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL					
PATRON	A/C=	0.45			28 días

	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.92	21.02	12815	39	45
	10.1	20.95			
M2	9.9	20.82	14967	46	
	10.12	20.62			
M ³	9.88	20.6	15985	49	
	10.14	20.67			
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL					
PATRON	A/C=	0.45 CON ADIT. 0.40%			28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.99	20.40	15128	47	44
	10.05	20.88			
M2	9.95	20.61	14315	44	
	10.04	20.72			
M ³	10.01	20.63	13852	42	
	10.11	20.71			
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL					
PATRON	A/C=	0.45 CON ADIT. 0.98%			28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.95	20.71	15549	47	47
	10.18	20.8			
M2	9.96	20.79	16232	50	
	10.21	20.61			
M ³	9.92	20.79	14564	44	
	10.19	20.78			
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL					
PATRON	A/C=	0.45 CON ADIT. 1.56%			28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.09	20.79	15122	46	46
	10.2	20.71			
M2	9.95	20.9	15199	46	
	10.14	21			
M ³	9.9	20.8	15414	47	
	10.03	20.82			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Resistencias a la tracción diametral para la relación a/c=0.50

ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL

PATRON	A/C=		0.5		28 días					
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)					
M1	9.93	20.75	13971	43	42					
	10.13	20.7								
M2	9.9	20.68	13510	41			42			
	10.17	20.77								
M ³	9.92	20.8	13755	42					42	
	10.15	20.85								
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL										
PATRON	A/C=		0.50 CON ADIT. 0.40%		28 días					
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)					
M1	9.90	20.75	14344	44	41					
	10.15	20.60								
M2	9.91	20.69	12143	37			41			
	10.14	20.65								
M ³	9.90	20.69	13745	42					41	
	10.16	20.59								
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL										
PATRON	A/C=		0.50 CON ADIT. 0.98%		28 días					
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)					
M1	9.92	20.71	14036	43	44					
	10.04	20.78								
M2	9.92	20.79	14598	45			44			
	10.04	20.75								
M ³	9.92	20.82	14238	44					44	
	10.06	20.65								
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL										
PATRON	A/C=		0.50 CON ADIT. 1.56%		28 días					
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)					
M1	9.9	20.75	14225	44	44					
	10.15	20.51								
M2	9.9	20.74	15446	47			44			
	10.19	20.73								
M ³	9.9	20.65	13352	41					44	
	10.19	20.59								

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Anexo V: Panel fotográfico.



Figura A5. 1: Asentamiento del concreto patrón.



Figura A5. 2: Peso unitario del concreto patrón.



Figura A5. 3: Medición del diámetro del ensayo de fluidez de asentamiento.



Figura A5. 4: Ensayo de contenido de aire.



Figura A5. 5: Ensayo para determinar la resistencia del concreto recién mezclado al lavado con agua.



Figura A5. 6: Ensayo de tiempo de fragua por medio de la resistencia de penetración.



Figura A5. 7: Vaciado de concreto bajo el agua mediante el método tremie.



Figura A5. 8: Probetas de concreto con aditivo vaciadas bajo agua.



Figura A5. 9: Marcado de muestras para ensayos de resistencia a la compresión axial y tracción diametral.



Figura A5. 10: Muestras en la poza de curado para su posterior ensayo de resistencia a la compresión y tracción diametral.



Figura A5. 12: Ensayos de resistencia a la compresión axial.



Figura A5. 13: Ensayos de resistencia a la tracción diametral.

Anexo VI: Fichas técnicas.

Ficha técnica del cemento sol tipo I.



FICHA TÉCNICA CEMENTO SOL

DESCRIPCIÓN:

Tipo I, Cemento Portland de uso general.

BENEFICIOS:

- > Acelerado desarrollo de resistencias iniciales.
- > Óptima trabajabilidad.
- > Permite menor tiempo de desencofrado.
- > Excelente desarrollo de resistencias en shotcrete.
- > Excelente permanencia del slump.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

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

APLICACIONES:

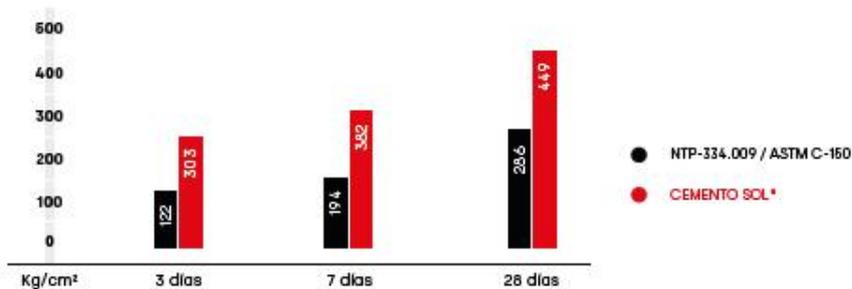
- > Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- > Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.

FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:

- > Bolsas de 42.5 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Bolsas de 25 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Granel: A despacharse en camiones bombonas y big bags.

REQUISITOS MECÁNICOS:

COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO SOL



* Valores referenciales

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO SOL	REQUISITOS NTP-334.009/ ASTM C-150
Contenido de aire	%	7	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	323	Mínimo 260
Densidad	g/cm ³	3.15	No específica
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	303	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	382	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	449	Mínimo 285 (*)
TIEMPO DE FRAGUADO			
Fraguado Vicat inicial	min	129	45 a 375
COMPOSICIÓN QUÍMICA			
MgO	%	2.9	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.8	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.9	Máximo 1.5
FASES MINERALÓGICAS			
C2S	%	12	No específica
C3S	%	65	No específica
C3A	%	10	No específica
C4AF	%	10	No específica

(*) Requisito opcional

RECOMENDACIONES GENERALES

DOSIFICACIÓN:

- > Utilizar agua, arena y piedra libre de impurezas.
- > Respetar la relación agua-cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- > Para desarrollar la resistencia a la compresión del concreto y evitar grietas, se necesita curar por lo menos durante 7 días.

MANIPULACIÓN:

- > Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- > Usar la vestimenta y epp adecuados: casco, protectores para los ojos, guantes y botas.
- > El contacto con la humedad o con el polvo de cemento sin protección puede causar irritación o daño en la piel.

ALMACENAMIENTO:

- > Las bolsas con cemento deben ser almacenadas en recintos secos, protegidos de la intemperie, lluvia y humedad.
- > Las bolsas deben ser colocadas sobre parihuelas de madera seca, en áreas niveladas y estables. Posteriormente cubrirlas con mantas de plástico.
- > Apilar como máximo 10 bolsas de cemento y evitar tiempos prolongados de almacenamiento.

Ficha técnica del aditivo MasterMatrix UW 450 M



MasterMatrix UW 450 M

Aditivo antideslave.

DESCRIPCIÓN

MasterMatrix UW 450 M es un aditivo antideslave patentado, listo para su uso a base de celulosa especialmente formulada para aplicaciones de concreto bajo agua. El concreto que contiene MasterMatrix® UW 450 M exhibe una resistencia superior al deslave de cemento y agregados finos, mientras que impide la penetración del agua exterior en el concreto en estado plástico. MasterMatrix® UW 450 M cumple con los requisitos de la norma del Cuerpo de Ingenieros de EEUU CRD-C 661-06, especificación para aditivos anti deslave para concreto.

USOS RECOMENDADOS

Todo tipo de concreto para aplicaciones bajo el agua donde las técnicas de colocación convencionales ocasionarían una alta pérdida de material por deslavado. Aplicaciones de mortero y relleno donde las mezclas normalmente son más fluidas y tienen un mayor potencial al deslave.

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

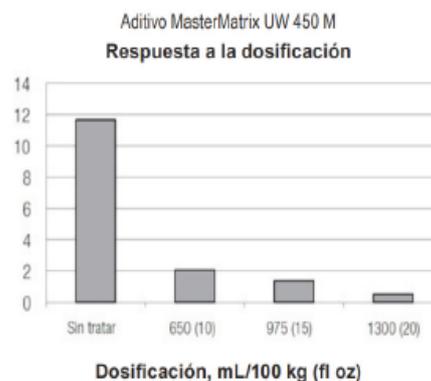
- Reducción del deslave del cemento y agregados finos.
- Menor segregación aún en mezclas de concreto altamente fluidas, con una alta relación de agua respecto al material cementicio.
- Acción tixotrópica que permite el endurecimiento del concreto después de su colocación.
- Reducción o eliminación del sangrado.
- Propiedades superiores y predecibles del concreto colocado en obra.
- Reducción o eliminación de costos operacionales de drenaje.
- Minimiza el impacto ambiental del cemento lavado en el agua.
- Flexibilidad en los procedimientos de dosificación.

DESEMPEÑO

El deslave se determina por el método de cuerpo de Ingenieros CDR-C 61 "Método de prueba para la determinación de la resistencia de concreto recién mezclado al deslave en agua". Los resultados de la prueba muestran que la adición de MasterMatrix UW 450 M al concreto reduce significativamente el deslave de cemento y agregados finos en comparación con el concreto no tratado.

Datos de la mezcla de concreto (Concreto sin aire incluido).

Contenido de cemento	386 kg/m ³ (650 lb/yd ³)
Relación agu-cemento	0.49
Revenimiento	100 ± 10 mm (4 ± 0.5 in)



Revenimiento: El concreto que ha sido diseñado para aplicaciones bajo el agua normalmente se dosifica para un revenimiento de 200 - 250 mm (8 - 10 in). Después de la adición de MasterMatrix UW 450 M, se observará una disminución en el revenimiento. Puede ser necesario adicionar mayor cantidad de aditivo reductor de agua de alto rango para lograr el revenimiento requerido. Las



MasterMatrix UW 450 M

Aditivo antideslave.

evaluaciones de revenimiento para un periodo de 60 minutos muestran que MasterMatrix UW 450 M no afecta en forma adversa la retención de revenimiento del concreto.

Contenido de aire: Puede requerirse una dosificación ligeramente mayor del aditivo incluso de aire para lograr el contenido de aire deseado al usar MasterMatrix UW 450 M.

Tiempo de fraguado: MasterMatrix UW 450 M tiene poco o ningún efecto en el tiempo de fraguado del concreto cuando se usa en los rangos de dosificación comunes de 260 a 780 ml/100 kg (4 - 12 fl oz/cwt). Se puede experimentar un ligero retraso en el tiempo de fraguado para dosificaciones superiores a 780 ml/100 kg (12 fl oz/cwt). Resistencia a la compresión: Usando muestras de prueba que son coladas a nivel de la superficie, el concreto que contiene MasterMatrix UW 450 M puede tener una resistencia a compresión ligeramente menor al compararse con el concreto sin tratar. Sin embargo, cuando se evalúa la resistencia usando muestras de prueba que son coladas bajo el agua, el concreto que contiene MasterMatrix UW 450 M logra una resistencia mayor ya que el deslave se minimiza. Además, la mayoría de las mezclas de concreto para aplicaciones bajo el agua que se dosifican de conformidad con la norma ACI 304R "Guía para la medición, mezclado, transporte y colocación de concreto", exceden la resistencia a compresión requerida para las aplicaciones bajo el agua. En caso necesario, puede usarse una relación menor agua-materiales cementicios para lograr los resultados deseados.

RECOMENDACIONES DE USO

Dosificación: Se recomienda usar MasterMatrix UW 450 M a un rango de dosificación de 260 a 1,300 ml/100 kg (4 - 20 fl oz/cwt) de material cementicio para la mayoría de las mezclas de concreto. Debido a las variaciones en las condiciones de la obra, a los materiales del concreto

y/o a las aplicaciones, pueden requerirse rangos de dosificación diferentes a los recomendados.

Mezclado: Para colocaciones de concreto bajo el agua, la norma ACI 304R Capítulo 8, "Concreto colocado bajo el agua" indica algunas relaciones básicas de la mezcla como:

- Un contenido mínimo de materiales cementicios de 356 kg/m³ (600 lb/yard³).
- Uso de puzolanas en aproximadamente un 15% por peso de materiales cementicios.
- Una relación máxima de agua-materiales cementicios de 0.45.
- Contenido de agregado fino de 45 - 55% por volumen del agregado total.
- Se requiere de un contenido de aire de hasta 5%.
- Generalmente se requiere de un revenimiento de 150 - 230 mm (6 - 9 in) y ocasionalmente se puede requerir de un rango de revenimiento ligeramente mayor.

MasterMatrix UW 450 M debe adicionarse con un aditivo reductor de agua, tales como los aditivos de las líneas MasterPolyheed o MasterSet. Para lograr un concreto con revenimiento alto, utilice MasterMatrix UW 450 M junto con un aditivo reductor de agua de alto rango de la línea MasterGlenium. Esta combinación producirá un concreto fluido de alto desempeño que cuenta con una resistencia superior al deslave de cemento y finos. MasterMatrix UW 450 M deberá adicionarse una vez que todos los materiales del concreto han sido dosificados y mezclados por completo, ya sea en la planta de preparación del lote o en la obra.

Colocación del concreto: El concreto que contiene MasterMatrix UW 450 M es bombeado con facilidad para todos los rangos típicos de revenimiento que se utilizan para las aplicaciones de concreto bajo el agua. Se recomienda que



MasterMatrix UW 450 M

Aditivo antideslave.

el concreto que contiene MasterMatrix UW 450 M se coloque por medio de bomba o tubo para colado bajo agua. La colocación de concreto deberá ser continua y sin interrupción. Mantenga el punto de descarga del dispositivo de colocación sumergido en el concreto fresco durante la colocación.

Compatibilidad: No use MasterMatrix UW 450 M con aditivos reductores de agua de alto rango con base en nafaleno, pueden presentarse comportamientos erráticos en el revenimiento, bombeo y deslave.

ALMACENAMIENTO Y MANEJO

Temperatura de almacenamiento: MasterMatrix UW 450 M debe almacenarse a temperaturas superiores a 7°C (44°F) para evitar dificultades en su distribución debido a engrosamiento. No permita que MasterMatrix UW 450 M se congele ya que no puede reconstituirse después de descongelarse.

Vida útil: MasterMatrix UW 450 M tiene una vida útil mínima de 12 meses. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor que la estipulada.

Presentación: MasterMatrix UW 450 M se suministra en tambores de 200 L (53 gal), en totes de 1,000 L (264 gal) y granel.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Hoja de Datos de Seguridad (HDS): MasterMatrix UW 450 M.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Para obtener información adicional sobre el aditivo MasterMatrix UW 450 M o su uso en el desarrollo de mezclas de concreto con características de desempeño especiales, entre en contacto con su representante de ventas de Master® Builders Solutions.

SEGURIDAD

Lea, entienda y siga la información contenida en la Hoja de Datos de Seguridad (HDS) y de la etiqueta del producto antes de usar. La HDS puede obtenerse solicitando a su representante de ventas de MBS. Derrame, Fuga, Fuego, Exposición o Accidente LLAMAR AL SET-IQ DIA Y NOCHE 800-00-214-00 / 55-59-15-88 (CDMX) MANTENER FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS! PARA USO PROFESIONAL. NO PARA LA VENTA O USO POR EL PÚBLICO EN GENERAL.

NOTIFICACIÓN DE GARANTÍA LIMITADA

Master B Solutions Mexicana S.A. de C.V. garantiza que este producto está exento de defectos de fabricación y cumple con todas las propiedades técnicas contenidas en la Hoja Técnica vigente, si el mismo se usa como se instruye dentro de su vida útil. Resultados satisfactorios dependen no solamente de la calidad del producto sino también de muchos factores fuera del control de Master B Solutions Mexicana S.A. de C.V.; MBS NO EXTIENDE NINGUNA OTRA GARANTÍA, O AVAL, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUYENDO GARANTÍAS DE COMERCIALIZACIÓN O ADECUACIÓN PARA UN FIN PARTICULAR CON RESPECTO A SUS PRODUCTOS. La única y exclusiva compensación del Comprador por cualquier reclamo relacionado a este producto, incluyendo pero sin limitarse a, reclamos relacionados con incumplimiento de garantía, negligencia, responsabilidad objetiva u otra causa, es el envío al comprador de un producto equivalente a la cantidad de producto que no cumple esta garantía o el reembolso de el precio original de compra del producto que no cumple esta garantía, a decisión exclusiva de Master B Solutions Mexicana S.A. de C.V. Cualquier reclamo relacionado a este producto debe recibirse por escrito dentro de un (1) año de la fecha del envío y cualquier reclamo que no sea presentado dentro de ese período constituirá una renuncia por parte del



MasterMatrix UW 450 M

Aditivo antideslave.

Comprador a realizar algún reclamo y la aceptación expresa de la calidad del producto. MASTER B SOLUTIONS MEXICANA S.A. DE C.V. NO SERÁ RESPONSABLE POR NINGÚN DAÑO ESPECIAL, INCIDENTAL, CONSECUENTE (INCLUYENDO LUCRO CESANTE) O PUNIBLE DE NINGÚN TIPO. El Comprador debe determinar la idoneidad de los productos para el uso previsto y asume todo riesgo y responsabilidad asociada con ello. Esta información y toda recomendación técnica adicional están basadas en el conocimiento y experiencia actuales de Master B Solutions Mexicana S.A. de C.V. Sin embargo, Master B Solutions Mexicana S.A. de C.V. no asume ninguna responsabilidad por proporcionar tal información y recomendación, incluida la medida en que tal información y recomendación pueda estar relacionada a derechos intelectuales existentes de terceros, derechos de patente, tampoco se establecerá ninguna relación legal por o surgirá de, proporcionar tal información y recomendación. Master B Solutions Mexicana S.A. de C.V. se reserva el derecho de hacer cualquier cambio debido a progreso tecnológico o desarrollos futuros. El Comprador de este Producto(s) debe realizar una prueba de este producto(s) para determinar la idoneidad para la aplicación prevista del producto(s). El desempeño del producto descrito aquí debe verificarse por medio de prueba que debe realizarse por profesionales calificados.

Ficha técnica del aditivo superplastificante CPA DISPER WR



HOJA TÉCNICA.
EDICIÓN Nº 2: JULIO 2020
CPA ADITIVOS GROUP S.A.C.

CPA DISPER WR

ADITIVO SUPER-PLASTIFICANTE, REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO

DESCRIPCION

- Dispersante, súper plastificante, reductor de agua y retenedor de trabajabilidad para concreto, economizador de cemento.
- Se utiliza en la elaboración de concretos y morteros con mayor fluidez como concreto lanzado, concreto convencional y mortero.
- No contiene cloruros.

ESPECIFICACIONES

Cumple con la especificación ASTM C-494 tipo G. Aditivos químicos para el concreto. Reductor de agua.

CPA DISPER WR	PROPIEDADES FÍSICAS	METODO ASTM
PRODUCTO ENVASADO		
A1. Tipo	G (reductor de agua)	C-494
A2. Consistencia	Líquido	
A3. Densidad (Kg/Lts)	1.08	D-1475
A4. Inflamabilidad	No	E-70
A5. Estabilidad		
Envase abierto (hrs)	5 x 6	
Envase cerrado (meses)	12	
A6. Color	Marrón	
A7. Sólidos Totales (peso)	33.54	Gravimetría
A8. Viscosidad (Cp) Spin 1,30 RPM	180	Método Brookfield
A9. pH	8.64	APHA 4500 H+
PRODUCTO APLICADO		
B1. Dosificación (% peso cemento)	0.5 - 2	Ensayo in situ.

VENTAJAS

- Es un reductor de agua de alto rango por lo que no es necesario utilizar fluidificantes adicionales.
- Permite la producción de concretos y morteros de alto desempeño.
- Brinda concretos y morteros de mayor estabilidad y tiempo de trabajabilidad.
- Permite formular concretos con el mismo revenimiento disminuyendo la cantidad de agua entre un 25 y 30 %, por lo tanto aumentando la resistencia de diseño a más de un 40%.
- Permite producir concretos económicos, reduciendo la cantidad de cemento y manteniendo la misma trabajabilidad y resistencia.
- Retiene la trabajabilidad por más tiempo manteniendo las resistencias iniciales.

USOS

- Como súper plastificante: Adicionado a una mezcla con consistencia normal se consigue dispersar el concreto o mortero, facilitando su colocación, haciéndolo apto para el bombeo.
- Como reductor de agua: Adicionado en el agua de amasado, permite reducir hasta el 30% de agua de la mezcla consiguiéndose la misma trabajabilidad con incremento notable en las resistencias mecánicas a todas las edades.
- Como economizador de cemento: se puede aprovechar el incremento de resistencias logrado al reducir agua con el aditivo, para disminuir el contenido de cemento y hacer más económico el diseño.

CPA ADITIVOS - MINERIA.



CUIDADOS

- Utilizar buenos agregados y un diseño adecuado.
- En ciertas condiciones climatológicas varia la dosificación.
- En caso de ser necesario usar entrampador de aire de 0.03 a 0.15%.
- Para determinar el slump deseado hacer pruebas en el campo.

ALMACENAMIENTO

- El producto deberá almacenarse en lugares secos bajo techo en su envase original.
- Para el transporte debe tomar las precauciones normales.
- Agítese antes de usar.

ENVASES

5 Galones, 55 Galones y 1000 Litros.

SEGURIDAD

Consultar la hoja de manejo de materiales (MSDS). Uso obligatorio de EPP en su momento de aplicación.

OBSERVACIONES

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento ventas, teléfono: 01 418-2211 a través de nuestro e-mail: ventas@cpaditivos.com.pe

Productos CPA son proporcionados de buena fe, en base al conocimiento y experiencia técnica, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, clima y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos se recomienda hacer una prueba in situ, 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.

Antes de su uso del producto se recomienda solicitar la ficha técnica.