

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MORTERO DE
REVESTIMIENTO UTILIZANDO ADITIVO ACELERADOR DE
FRAGUA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

EDWIN XAVIER CALDAS SOTO

ASESOR

Ing. RAFAEL CACHAY HUAMAN

Lima- Perú

2021

ÍNDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT.....	5
PRÓLOGO	6
LISTA DE CUADRO	7
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS	14
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	15
1.1. GENERALIDADES	15
1.2. PROBLEMÁTICA	16
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. Objetivo General	16
1.3.2. Objetivo Específico.....	16
1.4. HIPÓTESIS	16
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	17
2.1. DEFINICIÓN	17
2.2. PROPIEDADES DEL MORTERO DE REVESTIMIENTO.....	17
2.2.1. Trabajabilidad.....	17
2.2.2. Consistencia.....	17
2.2.3. Estanqueidad	17
2.2.4. Resistencia a la Compresión.....	18
2.3. MATERIALES COMPONENTES	18
2.3.1. Cemento	18
2.3.2. Agregado Fino.....	18
2.3.3. Agua	19
2.3.4. Aditivo	20
CAPITULO III: PROBLEMAS EN EL MORTERO DE REVESTIMIENTO.....	21
CAPITULO IV: MATERIAL EMPLEADO EN ELABORACION DEL MORTERO.....	23
4.1. AGREGADO FINO	23
4.1.1. Propiedades del agregado fino	23
4.1.1.1. Granulometría	23
4.1.1.2. Peso unitario	25
4.1.1.3. Contenido de humedad	29
4.1.1.4. Peso específico y absorción:.....	30

4.1.2. Resumen de propiedades del agregado fino	33
CAPITULO V: APLICACIÓN DE ADITIVO ACELERANTE	34
5.1. DESCRIPCION DEL PRODUCTO SIKA 3	34
5.2. USO Y VENTAJAS DEL ADITIVO SIKA -3 DE ACUERDO AL FABRICANTE	34
5.3. PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES DE ACUERDO AL FABRICANTE	35
CAPITULO VI: DISEÑO DE MEZCLA DEL MORTERO.....	36
6.1. DISEÑO.....	36
6.1.1. Nomenclatura	38
6.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	39
6.2.1. Dosificaciones.....	39
6.2.1.1. Diseño N°1	39
6.2.1.2. Diseño N°2	39
6.2.1.3. Diseño N°3.....	40
6.2.1.4. Diseño N°4.....	40
6.2.1.5. Diseño N°5.....	41
6.2.2. Análisis de dosificación.....	42
CAPITULO VII: PRUEBA DE LABORATORIO PARA MORTERO A ENSAYAR	43
7.1. PREPARACION DE MUESTRAS DE MORTERO DE REVESTIMIENTO	43
7.2. PROPIEDADES DEL MORTERO DE REVESTIMIENTO EN ESTADO FRESCO	45
7.2.1. Fluidez.....	45
7.2.2. Peso unitario	53
7.2.3. Exudación	60
7.2.4. Tiempo de fraguado.....	66
7.3. PROPIEDADES DEL MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO	84
7.3.1. Resistencia a la Compresión.....	84
7.3.2. Ensayo de absorción.....	102
7.3.3. Ensayo de capilaridad.....	111
CAPITULO VIII: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	119
8.1. COMPARACIÓN DEL MORTERO EN ESTADO FRESCO.....	119
8.1.1. Análisis comparativo de la Fluidez.....	119
8.1.2. Análisis comparativo del Peso Unitario.....	124
8.1.3. Análisis comparativo de exudación	131
8.1.4. Análisis comparativo del tiempo de fraguado	137

8.2. COMPARACIÓN DEL MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO	145
8.2.1. Análisis comparativo de la resistencia a la compresión	145
8.2.2. Análisis comparativo de Absorción	156
8.2.3. Análisis comparativo de Capilaridad	162
CONCLUSIONES	169
RECOMENDACIONES.....	171
BIBLIOGRAFÍA	172
ANEXOS	173

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es analizar las propiedades del mortero de revestimiento en estado fresco y endurecido siguiendo las recomendaciones de la Norma Técnica Peruana. Posteriormente se analizaron las mismas propiedades del mortero añadiendo aditivo acelerador de fragua. Los resultados encontrados permiten identificar la influencia del aditivo en las propiedades del mortero encontrando la proporción de aditivo, cemento, arena y agua que optimiza las propiedades de este mortero.

Se han analizado las propiedades de los componentes del mortero de revestimiento principalmente del agregado fino, así como las características del aditivo acelerador de fragua Sika-3. Las dosificaciones del mortero sin aditivo empleadas tienen la proporción de cemento y arena de 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5. A estas muestras se añadió el aditivo Sika-3 en relación de volumen de aditivo con agua 1:9 y 1:3. En total se han realizado 15 muestras.

Los ensayos de laboratorio realizados han permitido la obtención de indicadores de las propiedades del mortero de revestimiento en estado fresco y en estado endurecido. Estos ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI.

Finalmente, con los resultados obtenidos en cada una de las 15 muestras se encontró la dosificación óptima para las propiedades del mortero de revestimiento utilizando aditivo acelerador de fragua. Esta dosificación óptima se consigue con una relación aditivo y agua de 1:9 y una relación cemento arena 1:2. Esta dosificación genera un secado rápido comparada con las otras dosificaciones analizadas. Esta condición no genera fisuras o grietas en el revestimiento lo que garantiza su uso en reparaciones de revestimiento en zonas sumergidas.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the properties of the coating mortar in a fresh and hardened state, following the recommendations of the Peruvian Technical Standard. Subsequently, the same properties of the mortar were analyzed by adding a setting accelerator additive. The results found allow us to identify the influence of the additive on the properties of the mortar by finding the proportion of additive, cement, sand and water that optimizes the properties of this mortar.

The properties of the coating mortar components, mainly of the fine aggregate, have been analyzed, as well as the characteristics of the Sika-3 setting accelerator additive. The mortar dosages without additive used have cement: sand ratio of 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5. To these samples the additive Sika-3 was added in volume of additive: water ratio of 1:9 and 1:3. In total 15 samples have been analyzed.

The laboratory test carried out have made it possible to obtain indicators of the properties of the coating mortar in the fresh and hardened states. These tests were carried out at the UNI Materials Testing Laboratory.

Finally, with the results obtained in each of the 15 samples, the optimal dosage was found for the properties of the coating mortar using the setting accelerator additive. This optimal dosage is achieved with an additive: water ratio of 1:9 and a cement: sand ratio of 1:2. This dosage generates a rapid drying compared to the other dosages analyzed. This condition does not generate fissures or cracks in the coating, which guarantees its use in coating repairs in submerged areas.

PRÓLOGO

La presente tesis tiene como finalidad, dar a conocer la influencia al usar aditivo acelerador de fragua con diferentes dosificaciones en las propiedades del mortero de revestimiento en estado fresco y en estado endurecido para distintas proporciones de cemento: arena, basándose en los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

En el presente estudio, se encontrará los resultados de ensayos de materiales obtenidos a partir de mortero de revestimiento sin aditivo con diferentes proporciones de cemento: arena para luego agregar aditivo con dos relaciones diferentes de aditivo: agua; evaluando las propiedades del mortero de revestimiento, explicando paso a paso el procedimiento de obtención de dichos resultados e indicando la normativa correspondiente para cada propiedad. Los resultados obtenidos se analizarán y compararán para finalmente presentar la dosificación de cemento: arena con una dosificación de aditivo: agua correspondiente para optimizar las propiedades del mortero de revestimiento.

La ventaja de obtener la dosificación de aditivo correcta que optimiza las propiedades del mortero de revestimiento, es disminuir el riesgo de sufrir alteraciones negativas a propiedades secundarias del mortero de revestimiento y evitar complicaciones en las construcciones. Se contribuirá a que las obras de construcción eviten daños de su estructura al utilizar aditivo acelerador de fragua e incentivar a la investigación de diferentes tipos de aditivos.

LISTA DE TABLAS

- Tabla N°01: Ensayos realizados al agregado fino
- Tabla N°02: Tipo de arena de acuerdo a su módulo de finura
- Tabla N°03: Ensayo de granulometría en agregado fino
- Tabla N°04: Valores de ensayo de peso unitario suelto
- Tabla N°05: Valores de ensayo de peso unitario compactado
- Tabla N°06: Valores de ensayo de contenido de humedad
- Tabla N°07: Valores de ensayo de peso específico y absorción
- Tabla N°08: Resumen de propiedades del agregado fino
- Tabla N°09: Resumen de ensayo preliminar de tiempo de fraguado en pasta
- Tabla N°10: Ensayos realizados al mortero
- Tabla N°11: Valores de dosificación de diseño N°1
- Tabla N°12: Valores de dosificación de diseño N°2
- Tabla N°13: Valores de dosificación de diseño N°3
- Tabla N°14: Valores de dosificación de diseño N°4
- Tabla N°15: Valores de dosificación de diseño N°5
- Tabla N°16: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero patrón MP-1
- Tabla N°17: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA1-1:9
- Tabla N°18: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA1-1:3
- Tabla N°19: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero patrón MP-2
- Tabla N°20: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA2-1:9
- Tabla N°21: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA2-1:3
- Tabla N°22: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero patrón MP-3
- Tabla N°23: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA3-1:9
- Tabla N°25: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero patrón MP-4
- Tabla N°26: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA4-1:9
- Tabla N°27: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA4-1:3
- Tabla N°28: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero patrón MP-5
- Tabla N°29: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA5-1:9
- Tabla N°30: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA5-1:3
- Tabla N°31: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero patrón MP-1.
- Tabla N°32: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA1-1:9
- Tabla N°33: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA1-1:3
- Tabla N°34: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero patrón MP-2
- Tabla N°35: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA2-1:9

- Tabla N°36: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA2-1:3
- Tabla N°37: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero patrón MP-3
- Tabla N°38: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA3-1:9
- Tabla N°39: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA3-1:3
- Tabla N°40: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero patrón MP-4
- Tabla N°41: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA4-1:9
- Tabla N°42: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA4-1:3
- Tabla N°43: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero patrón MP-5
- Tabla N°44: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA5-1:9
- Tabla N°45: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA5-1:3
- Tabla N°46: Valores de Ensayo de Exudación del mortero patrón MP-1
- Tabla N°47: Valores de Ensayo de Exudación del mortero MA1-1:9
- Tabla N°48: Valores de Ensayo de Exudación del mortero MA1-1:3
- Tabla N°49: Valores de Ensayo de Exudación del mortero patrón MP-3
- Tabla N°50: Valores de Ensayo de Exudación del mortero MA3-1:9
- Tabla N°51: Valores de Ensayo de Exudación del mortero MA3-1:3
- Tabla N°52: Valores de Ensayo de Exudación del mortero patrón MP-5
- Tabla N°53: Valores de Ensayo de Exudación del mortero MA5-1:9
- Tabla N°54: Valores de Ensayo de Exudación del mortero MA5-1:3
- Tabla N°55: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero patrón MP-1
- Tabla N°56: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA1-1:9
- Tabla N°57: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA1-1:3
- Tabla N°58: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero patrón MP-2
- Tabla N°59: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA2-1:9
- Tabla N°60: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA2-1:3
- Tabla N°61: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero patrón MP-3
- Tabla N°62: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA3-1:9
- Tabla N°63: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA3-1:3
- Tabla N°64: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero patrón MP-4
- Tabla N°65: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA4-1:9
- Tabla N°66: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA4-1:3
- Tabla N°67: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero patrón MP-5
- Tabla N°68: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA5-1:9
- Tabla N°69: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA5-1:3
- Tabla N°70: Ensayo: Resistencia a la compresión de mortero patrón MP-1

- Tabla N°71: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA1-1:9
- Tabla N°72: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA1-1:3
- Tabla N°73: Ensayo: Resistencia a la compresión del mortero patrón MP-2
- Tabla N°74: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA2-1:9
- Tabla N°75: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA2-1:3
- Tabla N°76: Ensayo: Resistencia a la compresión del mortero patrón MP-3
- Tabla N°77: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA3-1:9
- Tabla N°78: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA3-1:3
- Tabla N°79: Ensayo: Resistencia a la compresión del mortero patrón MP-4
- Tabla N°80: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA4-1:9
- Tabla N°81: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA4-1:3
- Tabla N°82: Ensayo: Resistencia a la compresión del mortero patrón MP-5
- Tabla N°83: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA5-1:9
- Tabla N°84: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA5-1:3
- Tabla N°85: Valores de Ensayo de absorción del mortero patrón MP-1
- Tabla N°86: Valores de Ensayo de absorción de muestra MA1-1:9
- Tabla N°87: Valores de Ensayo de absorción de muestra MA1-1:3
- Tabla N°88: Valores de Ensayo de absorción del mortero patrón MP-2
- Tabla N°89: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA2-1:9
- Tabla N°90: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA2-1:3
- Tabla N°91: Valores de Ensayo de absorción del mortero patrón MP-3
- Tabla N°92: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA3-1:9
- Tabla N°93: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA3-1:3
- Tabla N°94: Valores de Ensayo de absorción del mortero patrón MP-4
- Tabla N°95: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA4-1:9
- Tabla N°96: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA4-1:3
- Tabla N°97: Valores de Ensayo de absorción del mortero patrón MP-5
- Tabla N°98: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA5-1:9
- Tabla N°99: Valores de Ensayo de absorción de muestra MA5-1:3
- Tabla N°100: Valores de Ensayo de Capilaridad de la Muestra N°1
- Tabla N°101: Valores de Ensayo de Capilaridad de la Muestra N°2
- Tabla N°102: Valores de Ensayo de Capilaridad de la Muestra N°3
- Tabla N°103: Valores de Ensayo de Capilaridad de la Muestra N°4
- Tabla N°104: Valores de Ensayo de Capilaridad de la Muestra N°5
- Tabla N°105: Comparación de fluidez del diseño N°1

- Tabla N°106: Comparación de fluidez del diseño N°2
- Tabla N°107: Comparación de fluidez del diseño N°3
- Tabla N°108: Comparación de fluidez del diseño N°4
- Tabla N°109: Comparación de fluidez del diseño N°5
- Tabla N°110: Comparación del Peso Unitario del diseño N°1
- Tabla N°111: Comparación del Peso Unitario del diseño N°2
- Tabla N°112: Comparación del Peso Unitario del diseño N°3
- Tabla N°113: Comparación del Peso Unitario del diseño N°4
- Tabla N°114: Comparación del Peso Unitario del diseño N°5
- Tabla N°115: Comparación de la velocidad de exudación del diseño N°1
- Tabla N°116: Comparación de la capacidad de exudación del diseño N°1
- Tabla N°117: Comparación de la velocidad de exudación del diseño N°3
- Tabla N°118: Comparación de la capacidad de exudación del diseño N°3
- Tabla N°119: Comparación de la velocidad de exudación del diseño N°5
- Tabla N°120: Comparación de la capacidad de exudación del diseño N°5
- Tabla N°121: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°1
- Tabla N°122: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°2
- Tabla N°123: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°3
- Tabla N°124: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°4
- Tabla N°125: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°5
- Tabla N°126: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°1
- Tabla N°127: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°2
- Tabla N°128: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°3
- Tabla N°129: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°4
- Tabla N°130: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°5
- Tabla N°131: Comparación de Absorción del diseño N°1
- Tabla N°132: Comparación de Absorción del diseño N°2
- Tabla N°133: Comparación de Absorción del diseño N°3
- Tabla N°134: Comparación de Absorción del diseño N°4
- Tabla N°135: Comparación de Absorción del diseño N°5
- Tabla N°136: Comparación de Capilaridad del diseño N°1
- Tabla N°137: Comparación de Capilaridad del diseño N°2
- Tabla N°138: Comparación de Capilaridad del diseño N°3
- Tabla N°139: Comparación de Capilaridad del diseño N°4
- Tabla N°140: Comparación de Capilaridad del diseño N°5

LISTA DE GRAFICOS

- Gráfico N°01: Curva granulométrica de arena fina
- Gráfico N°02: Procedimiento para hallar el PUS de arena fina
- Gráfico N°03: Procedimiento para hallar el PUC de los agregados
- Gráfico N°04: Muestras para ensayo de Absorción y Peso Específico
- Gráfico N°05: Comparativo del tiempo de fraguado en pasta
- Gráfico N° 06: Preparación de mortero de revestimiento
- Gráfico N° 07: Moldeado y curado de muestra de mortero de revestimiento
- Gráfico N°08: Ensayo de fluidez: mortero desmoldado en mesa de flujo
- Gráfico N°09: Mortero expandido en mesa de flujo y medición de diámetro
- Gráfico N°10: Ensayo de Peso Unitario: Peso de recipiente metálico conteniendo la muestra
- Gráfico N°11: Muestra con penetraciones del ensayo de tiempo de fraguado
- Gráfico N°12: Aparato de Vicat
- Gráfico N°13: Tiempo-Penetración de ensayo Tiempo de fraguado MP-1
- Gráfico N°14: Tiempo-Penetración de ensayo Tiempo de fraguado MA1-1:9
- Gráfico N°15: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA1-1:3
- Gráfico N°16: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MP-2
- Gráfico N°17: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA2-1:9
- Gráfico N°18: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA2-1:3
- Gráfico N°19: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MP-3
- Gráfico N°20: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA3-1:9
- Gráfico N°21: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA3-1:3
- Gráfico N°22: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MP-4
- Gráfico N°23: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA4-1:9
- Gráfico N°24: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA4-1:3
- Gráfico N°25: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MP-5
- Gráfico N°26: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA5-1:9
- Gráfico N°27: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA5-1:3
- Gráfico N°28: Máquina Versa-Tester de ensayo de compresión
- Gráfico N°29: Estado de falla del espécimen – Ensayo de compresión
- Gráfico N°30: Edad vs compresión del mortero patrón MP-1
- Gráfico N°31: Edad vs compresión de muestra MA1-1:9
- Gráfico N°32: Edad vs Compresión de muestra MA1-1:3
- Gráfico N°33: Edad vs compresión del mortero patrón MP-2

- Gráfico N°34: Edad vs compresión de muestra MA2-1:9
- Gráfico N°35: Edad vs compresión de muestra MA2-1:3
- Gráfico N°36: Edad vs compresión del mortero patrón MP-3
- Gráfico N°37: Edad vs compresión de muestra MA3-1:9
- Gráfico N°38: Edad vs compresión de muestra MA3-1:3
- Gráfico N°39: Edad vs compresión del mortero patrón MP-4
- Gráfico N°40: Edad vs compresión de muestra MA4-1:9
- Gráfico N°41: Edad vs compresión de muestra MA4-1:3
- Gráfico N°42: Edad vs compresión del mortero patrón MP-5
- Gráfico N°43: Edad vs compresión de muestra MA5-1:9
- Gráfico N°44: Edad vs compresión de muestra MA5-1:3
- Gráfico N°45: Ensayo de absorción de mortero en estado endurecido
- Gráfico N°46: Muestras sumergidas en 3mm de agua-Ensayo Capilaridad
- Gráfico N°47: Tiempo vs capilaridad de Muestra N°1
- Gráfico N°48: Tiempo vs capilaridad de Muestra N°2
- Gráfico N°49: Tiempo vs capilaridad de Muestra N°3
- Gráfico N°50: Tiempo vs capilaridad de Muestra N°4
- Gráfico N°51: Tiempo vs capilaridad de Muestra N°5
- Grafico N°52: Comparación de fluidez del diseño N°1 con respecto al MP1
- Grafico N°53: Comparación de fluidez del diseño N°2 con respecto al MP2
- Grafico N°54: Comparación de fluidez del diseño N°3 con respecto al MP3
- Grafico N°55: Comparación de fluidez del diseño N°4 con respecto al MP4
- Grafico N°56: Comparación de fluidez del diseño N°5 con respecto al MP5
- Grafico N°57: Comparación de variación de fluidez.
- Gráfico N°58: Comparación de Peso Unitario de diseño N°1
- Grafico N°59: Comparación de Peso Unitario del diseño N°2
- Grafico N°60: Comparación de Peso Unitario del diseño N°3
- Grafico N°61: Comparación de Peso Unitario del diseño N°4
- Grafico N°62: Comparación de Peso Unitario del diseño N°5
- Grafico N°63: Comparación de variación de Peso Unitario.
- Grafico N°64: Comparación de la capacidad de Exudación del diseño N°1
- Grafico N°65: Comparación de la capacidad de Exudación del diseño N°3
- Grafico N°66: Comparación de la capacidad de Exudación del diseño N°5
- Grafico N°67: Comparación de variación de capacidad de Exudación
- Grafico N°68: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°1

- Grafico N°69: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°2
- Grafico N°70: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°3
- Grafico N°71: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°4
- Grafico N°72: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°5
- Grafico N°73: Comparación de tiempo de fraguado inicial de diseños.
- Grafico N°74: Comparación de tiempo de fraguado final de diseños
- Grafico N°75: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°1
- Grafico N°76: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°2
- Grafico N°77: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°3
- Grafico N°78: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°4
- Grafico N°79: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°5
- Grafico N°80: Comparación de resistencia a la compresión a los 7 días
- Grafico N°81: Comparación de resistencia a la compresión a los 14 días
- Grafico N°82: Comparación de resistencia a la compresión a los 14 días
- Grafico N°83: Comparación de Absorción de diseño N°1
- Grafico N°84: Comparación de Absorción de diseño N°2
- Grafico N°85: Comparación de Absorción de diseño N°3
- Grafico N°86: Comparación de Absorción de diseño N°4
- Grafico N°87: Comparación de Absorción de diseño N°5
- Grafico N°88: Comparación de Absorción de todos los diseños.
- Grafico N°89: Comparación de Capilaridad de diseño N°1
- Grafico N°90: Comparación de Capilaridad de diseño N°2
- Grafico N°91: Comparación de Capilaridad de diseño N°3
- Grafico N°92: Comparación de Capilaridad de diseño N°4
- Grafico N°93: Comparación de Capilaridad de diseño N°5
- Grafico N°94: Comparación de Capilaridad de todos los diseños.

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

- NTP : Norma Técnica Peruana
- SUCS : Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
- ASTM : American Society of Testing Materials
- UNE-EN : Una Norma Española – European Norm
- LEM : Laboratorio de Ensayo de Materiales
- M.F. : Módulo de Finura
- PUS : Peso Unitario Suelto
- $W_{M.S.}$: Peso Material Suelto
- $V_{Recipiente}$: Volumen de Recipiente
- P.U. : Peso Unitario
- PUC : Peso Unitario Compactado
- $W_{M.C.}$: Peso Material Compactado
- W_h : Peso con Humedad natural de material
- W_s : Peso Seco de material
- H% : Contenido de Humedad
- V_{Fiola} : Volumen de recipiente denominado Fiola
- P.E. _{Masa} : Peso Específico de masa
- W_{Ag} : Peso del agua
- P.E. _{Aparente} : Peso Específico Aparente
- %Abs : Porcentaje de Absorción
- %F : Fluidez
- D_p : Diámetro Promedio
- D_i : Diámetro inicial
- P_m : Peso recipiente conteniendo una muestra
- $P_{Recipiente}$: Peso recipiente
- R_B : Velocidad de exudación
- C_B : Capacidad de exudación
- $f'c$: Resistencia a la compresión
- σ : Desviación Estándar
- C_v : Coeficiente de Variación
- C_1 : Capacidad capilar

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

El mortero es el resultado actual de la búsqueda de la humanidad para satisfacer su necesidad de seguridad frente a filtraciones, el cual contiene básicamente una mezcla de agregado fino, aglomerante (cemento) y agua; utilizado básicamente para resanar, sellar o juntar unidades de albañilería. Existen distintos tipos de mortero según su conformación o el uso que se le dé, como el mortero de revestimiento, mortero para juntas de albañilería o mortero de inyección. La presente investigación se centra en el MORTERO DE REVESTIMIENTO.

Inicialmente, una de las primeras preocupaciones del uso del mortero de revestimiento fue de regular la duración de fraguado, ya sea retardarlo o acelerarlo. Con el fin de obtener un fraguado condicionado del cemento se utilizó el yeso y el cloruro cálcico que, según la dosis, podrían ser utilizados como acelerador o retardador del fraguado, los cuales posteriormente fueron denominados “aditivos”.

El uso de los aditivos se ha incrementado últimamente, se ha generalizado en obras de gran envergadura que se ejecutan en distintas zonas del interior del país, que, debido a las diferentes condiciones climáticas y la complejidad de la obra a ejecutar, se hace necesario mejorar algunas propiedades del mortero y el concreto. Se considera que debido a la importancia del aditivo este llegue a considerarse un elemento básico para la elaboración del mortero y concreto.

Es así que la presente tesis investiga la influencia del aditivo acelerador de fragua a las propiedades del mortero de revestimiento en estado fresco y endurecido, con el fin que esta investigación sirva para obtener criterios en la utilización del aditivo acelerador de fragua. Actualmente en el mercado existe el aditivo acelerador de fragua SIKA – 3, el cual se escoge para la presente investigación debido a su uso en reparaciones de muros sumergidos en agua como sellante.

1.2. PROBLEMÁTICA

El aditivo acelerador de fragua es utilizado frecuentemente en reparaciones de revestimiento de estructuras sumergidas en agua como cisterna, cámara de desagües, pozo sumidero, etc. ya que dichas estructuras no pueden estar largo tiempo sin uso debido a que son indispensable para las personas que las utilizan; con una dosificación no adecuada del aditivo acelerador de fragua puede alterar otras propiedades del mortero de revestimiento conllevando a otros problemas graves como la disminución de la resistencia a la compresión provocando la aparición de fisura en el revestimiento haciendo a la estructura vulnerable ante la humedad y un posible desprendimiento del mortero de revestimiento. La problemática principal del uso de aditivo acelerador de fragua Sika – 3, es no conocer la influencia de dicho aditivo en las propiedades del mortero de revestimiento para reparaciones en zonas sumergidas en agua.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Analizar las características del mortero de revestimiento en estado fresco y endurecido utilizando aditivo acelerador de fragua de baja permeabilidad SIKA – 3.

1.3.2. Objetivo Específico

Con la siguiente tesis se busca los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar las propiedades del mortero de revestimiento variando la proporción cemento: arena.
- Identificar la proporción necesaria de aditivo acelerador de fragua, agregado fino, cemento y agua que optimicen las propiedades del mortero.

1.4. HIPÓTESIS

La dosificación necesaria de aditivo acelerador de Fragua Sika-3 en el mortero de revestimiento que obtenga mejores resultados respecto a la aceleración de fragua sin alterar negativamente las propiedades de impermeabilización y resistencia del mortero de revestimiento permitirá el correcto uso de dicho aditivo, en consecuencia, evitar daños en las reparaciones de zonas sumergidas en agua.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. DEFINICIÓN

El mortero de revestimiento se constituye por la mezcla de la arena fina, aglomerante y un medio líquido que proporciona una mezcla trabajable y sin segregación del agregado.

El termino revestimiento, se entiende que se aplica sobre una superficie externa de otro sistema constructivo, con la finalidad de cubrirlo para evitar la permeabilidad y brindarle durabilidad o simplemente por razones estéticas.

2.2. PROPIEDADES DEL MORTERO DE REVESTIMIENTO

2.2.1. Trabajabilidad

Es la propiedad del mortero de revestimiento que indica el grado de plasticidad, el cual permita la facilidad de colocación sobre la superficie a revestir, la condición de trabajabilidad varían de acuerdo a la proporción cemento: arena utilizada. La colocación del mortero de revestimiento tiene que ser continua y rápida para que disminuya el tiempo entre el proceso de mezclado y colocado, evitando así la perdida de trabajabilidad.

La trabajabilidad está relacionada directamente con otras propiedades del mortero de revestimiento: la consistencia y retentividad. Entonces para poder cuantificar la trabajabilidad, en los ensayos se relaciona con las propiedades mencionadas.

2.2.2. Consistencia

Es la propiedad del mortero de revestimiento que le permite fluir dependiendo netamente de la cantidad de agua en el mortero. Esta propiedad es cuantificable de acuerdo a la Norma NTP 334.057 "*Método de ensayo para determinar la fluidez de mortero de cemento Portland*", el cual nos indica que para una óptima trabajabilidad la fluidez debe estar entre 110%+/- 5%.

2.2.3. Estanqueidad

Es una de las principales propiedades del mortero de revestimiento, evitar la penetración de agua a través del mortero. Esta propiedad está influenciada por una adecuada composición del mortero de revestimiento permitiendo a los muros

soportar las agresiones de los agentes externos evitando el deterioro posterior de los materiales que conformar el interior del muro.

2.2.4. Resistencia a la Compresión

Propiedad del mortero de revestimiento que depende principalmente de las proporciones del aglomerante y agregado fino, el cual fundamentalmente nos indica la cohesión interna de sus partículas capaces de soportar presiones sin disgregarse, generadas por cambios ambientales, impactos directos o agresiones externas.

Esta propiedad del mortero de revestimiento aumenta con el tiempo, teniendo el valor máximo a los 28 días después de su fabricación, este valor está influenciado por: la proporción de cemento respecto a los demás componentes, una adecuada elección de arena fina con una distribución granulométrica que permita cohesión de la masa de mortero y en algunos casos por el uso de aditivos.

2.3. MATERIALES COMPONENTES

2.3.1. Cemento

Es un material que adquiere propiedades conglomerantes al contacto con el agua, resultando una masa plástica duradera y resistente debido a las reacciones químicas en su interior, que al mezclarse con arena fina o arena gruesa se obtiene el denominado mortero.

Los cementos portland del tipo I, II, III, IV y V, tienen la propiedad de fraguar y endurecer con el agua, esta reacción se denomina hidratación.

2.3.2. Agregado Fino

El agregado fino es el material resultante de la desintegración natural de las rocas o trituración de las mismas. En la fragmentación artificial, las rocas son trituradas en lugares llamados plantas de áridos y en caso de la obtención natural ésta se realiza de la extracción del lecho del río. En general, el agregado fino deberá cumplir con los requisitos establecidos en la norma, es decir, no deberá contener cantidades dañinas de arcilla, limo, álcalis, materiales orgánicos y otras sustancias perjudiciales.

El agregado fino está conformado por la arena, existiendo tres tipos de agregados finos: arena gruesa, arena media y arena fina. La arena gruesa tiene granos que pasa por un tamiz de 5mm de diámetro y son retenidos por otro de 2.5mm que es utilizado principalmente en la elaboración de mortero para elementos estructurales o albañilería, la arena media es aquella cuyos granos pasan por un tamiz de 2.5mm de diámetro y son retenidos por otro de 1mm, y finalmente la arena fina es la que contiene granos que pasan por un tamiz de 1mm de diámetro y son retenidas por otro de 0.25mm.

En el mortero de revestimiento se utiliza como agregado fino a la arena fina, utilizándose en la preparación de mezcla para el tarrajeo de muros, cielo raso y asentado de ladrillo cara vista.

Las características específicas de la arena fina son la siguientes:

- Tiene un módulo de finura entre los valores de 0.5 y 1.5,
- Según la clasificación SUCS contiene partículas redondas que pasan la malla N°20
- No debe presentar más del 3% de partículas deleznableles ni más del 5% de material fino que pasa la malla N°200.

Se tiene que tener las siguientes consideraciones con la arena fina para el preparado de mortero de revestimiento:

- Debe estar seca antes del preparado del mortero, ya que al mojarse impediría realizar una buena mezcla ya que el cemento fraguaría antes de tiempo.
- No debe contener tierra ni contener mica, quiere decir no debe ensuciar las manos y no debe brillar al sol.
- No debe contener una apariencia oscura, debe estar libre de impurezas y materiales orgánicos como raíces, excrementos, etc.
- No debe utilizarse arena de mar, debido a su abundante contenido de sales.

2.3.3. Agua

El agua es el componente principal del mortero de revestimiento en el estado plástico, siendo la influencia directa en la consistencia del mortero ya que al contacto con el material cementante se logra la formación de la pasta, en caso se observe pérdida de consistencia en el mortero se puede añadir agua, únicamente antes del inicio de fraguado del cemento.

El agua tiene que ser potable, o aquella que se conozca que puedan ser utilizadas tal que reúna las condiciones adecuadas para la mejor elaboración del mortero y que cumpla con los requisitos indicados en la Norma NTP 339.088 “*Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland*”.

El exceso de agua en la preparación del mortero de revestimiento, ayuda a la hidratación, pero por otra parte genera vacíos y reduce la resistencia de la mezcla, la relación de agua: cemento varía entre 0.35 -1.00 dependiendo de la resistencia deseada.

2.3.4. Aditivo

Los aditivos son elementos químicos que se agregan al concreto o mortero para modificar las propiedades o comportamientos de la mezcla tanto en su estado fresco como en su estado endurecido, por ejemplo, aumentar la durabilidad, reducir la exudación y sangrado, reducir la permeabilidad, disminuir la segregación, reducir la contracción mejorar la adherencia del concreto y acero, retardar el fraguado o acelerar el fraguado.

El empleo eficiente de los aditivos debe determinarse con cuidado antes de emplearse en el trabajo, por lo general se usa con un fin establecido para modificar una propiedad específica, aunque puede tener acciones secundarias adversas a las otras propiedades del mortero

La norma C 494 de la ASTM, “Aditivos químicos para el concreto”, clasifica la gama de productos más usados en la industria de la construcción, el aditivo SIKA -3 es el aditivo usado en el análisis para la elaboración de esta tesis, el cual es un aditivo acelerante de fragua, es decir el tipo C.

CAPITULO III: PROBLEMAS EN EL MORTERO DE REVESTIMIENTO

En edificios residenciales, viviendas, establecimientos de salud y edificaciones similares es frecuente encontrar problemas en el mortero de revestimiento como la humedad, este problema persiste resultando incómodo para sus habitantes, la sensación de frío, aparición de mohos y probablemente ocasione enfermedades respiratorias.

La humedad en las edificaciones se genera por la infiltración lateral proveniente de suelos húmedos, fenómenos naturales como lluvias, ascenso capilar de la napa freática o por filtraciones de redes de agua y desagüe.

La eflorescencia, es otro problema que afecta al revestimiento. Este fenómeno está estrechamente relacionado con la humedad, sucede cuando el mortero de revestimiento aditivado con un producto que afecta su permeabilidad entra en contacto con el suelo, que contiene salitre (nitrato de sodio) que es soluble al agua, al evaporarse y por capilaridad entra en contacto con el cemento, haciendo que los componentes del cemento reaccionen y se forme la eflorescencia, se manifiestan tornándose de color blanco.

Entonces la problemática en los morteros de revestimiento es la alteración de las propiedades del mismo debido a dos factores: una incorrecta dosificación y al uso inadecuado de aditivos que por desconocimiento del producto.

En la actualidad los aditivos más utilizados para los morteros de revestimiento son los aceleradores de fraguado y los aditivos impermeabilizantes debido a que algunas construcciones como la de tanques o cisternas requieren de un fraguado rápido para impermeabilizar zonas donde están en contacto con el agua o en trabajos sumergidos. El uso de estos aditivos para solucionar problemas específicos, con una dosificación no adecuada, puede alterar otras propiedades del mortero de revestimiento conllevando a otros problemas graves como la disminución de la resistencia a la compresión provocando la aparición de fisuras la cual hace vulnerable a la construcción ante la humedad y un posible desprendimiento del mortero de revestimiento. Por ejemplo, si usamos un aditivo acelerador de fraguado con una relación de volumen de aditivo: agua elevado ante una composición de mortero de revestimiento con una relación cemento: arena

igual a 1:1, esta dosificación producirá fisuras en el revestimiento debido al aumento de la contracción por secado rápido del mortero.

Actualmente existen una variedad de productos de aditivos en el mercado, los cuales indican en sus fichas técnicas un intervalo de valores para la relación aditivo: agua dependiendo del uso del mortero de revestimiento, y recomendando realizar pruebas previas antes de utilizarlo. En la realidad, en las construcciones de edificaciones o viviendas, generalmente no realizan las pruebas del aditivo y utilizan la dosificación promedio recomendado por el producto, ocasionando que el mortero de revestimiento resultante pierda propiedades importantes. El aditivo acelerador de fragua SIKKA-3, que es el aditivo utilizado en la investigación de la presente tesis, en su ficha técnica indica un intervalo amplio de relación aditivo: agua desde la relación 1:15 hasta 1:1, es por ello que se analizará las propiedades del mortero de revestimiento utilizando diferentes dosificaciones del aditivo para optimizar las propiedades del mortero.

CAPITULO IV: MATERIAL EMPLEADO EN ELABORACION DEL MORTERO

4.1. AGREGADO FINO

4.1.1. Propiedades del agregado fino

La arena fina utilizada en la preparación del mortero de la presente tesis es proveniente de una cantera ubicada en Zapallal – Puente Piedra, sus propiedades físicas se obtienen de acuerdo a los ensayos especificados en la Norma Técnica Peruana (Ver Tabla N°1), que fueron realizados en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería (LEM N°01-FIC-UNI). A continuación, se muestra los resultados obtenidos, el cual es el resultado promedio de 03 ensayos realizado.

Tabla N°01: Ensayos realizados al agregado fino. Fuente: elaboración propia

ENSAYO	NORMATIVA
Agregados: Análisis granulométrico	NTP 400.012:2013
Agregados: Peso Unitario	NTP 400.017:2020
Suelos: Ensayo Contenido de Humedad	NTP 339.127:1998
Agregados: Peso Específico y Absorción	NTP 400.022:2013

4.1.1.1. Granulometría

Es la propiedad de un material granular que se refiere a la distribución de sus partículas de acuerdo a su tamaño expresándolo, en porcentaje, la relación del peso presente en cada tamiz utilizado en el ensayo, y el procedimiento para determinarlo se detalla en la NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

El módulo de finura de la arena es un indicador de finura de sus granos, mientras mayor es su valor el agregado contiene granos gruesos y mientras menor es su valor el agregado contiene granos finos, definiéndolo como arena gruesa o arena fina (Ver Tabla N°02). El material utilizado en la presente investigación es arena fina en estado natural.

Tabla N°02: Tipo de Arena de acuerdo a su módulo de finura. Fuente: elaboración propia

TIPO DE ARENA	MÓDULO DE FINURA
Arena Gruesa	2.5 – 3.5
Arena Media	1.5 – 2.5
Arena Fina	0.5 – 1.5

El procedimiento de ensayo descrito en la NTP 400.012 es la siguiente:

- Dejar secar una muestra en horno con una temperatura de 110°C +/- 5°C.
- Luego del secado proceder con el método de cuarteo de la muestra obteniendo una muestra representativa de la arena fina.
- Tomar una muestra de 600g de la muestra representativa, colocarlo en la pila de tamices ordenadas decrecientemente según el tamaño de sus aberturas, colocar la pila de tamices en la máquina de vibrado y ponerlo en funcionamiento por un periodo de aproximadamente de 1 minuto y medio.
- Luego del vibrado, pesar el material retenido en cada tamiz, obteniendo el porcentaje retenido en cada tamiz con respecto al peso total de la muestra.
- Las herramientas y equipos que se necesitan son: horno de laboratorio con temperatura máxima de 200°C, bandeja de metal, badilejo, guantes, espátula, balanza electrónica con precisión de 0.1g, maquina vibradora y tamices N°04, N°08, N°16, N°30, N°50 N°100 y fondo.

El resultado obtenido del ensayo en laboratorio a la muestra representativa (ver tabla N°03) se expresan como porcentaje del peso de material acumulado que pasan por cada tamiz y se grafica en una hoja logarítmica (Ver Gráfico N°01).

Tabla N°03: Ensayo de granulometría en agregado fino. Fuente: Elaboración propia

GRANULOMETRIA DE AGREAGADO FINO							
MASA INICIAL DE 600 GRAMOS							
Tamiz #	Tamaño de tamiz en mm	Peso Retenido	Error	Peso Retenido Distribuido	% Retenido	% Retenido acumulado	% pasa
3/8"	9.5	0.00	0.02%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
# 4	4.75	0.00		0.00	0.00%	0.00%	100.00%
# 8	2.36	0.00		0.00	0.00%	0.00%	100.00%
# 16	1.18	0.00		0.00	0.00%	0.00%	100.00%
# 30	0.6	0.60		0.58	0.10%	0.10%	99.90%
# 50	0.3	125.20		125.18	20.86%	20.96%	79.04%
#100	0.15	383.10		383.08	63.85%	84.80%	15.20%
	Fondo	91.20		91.18	15.20%	100.00%	0.00%
	Σ	600.10		600.00			

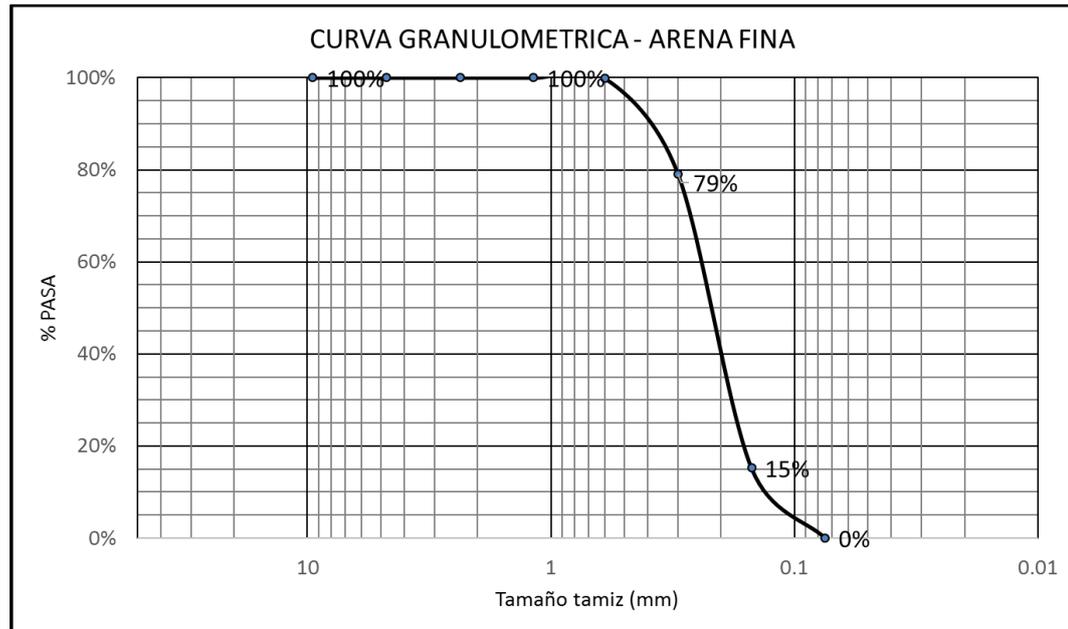


Gráfico N°01: Curva granulométrica de arena fina. Fuente: Elaboración Propia

El módulo de finura (M.F.) se calcula sumando el porcentaje retenido acumulado de los tamices N°04, N°08, N°16, N°30, N°50 y N°100, para luego dividirlo entre 100 como se indica en la siguiente fórmula:

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{Retenido Acumulado (N}^\circ 4, N^\circ 8, N^\circ 16, N^\circ 30, N^\circ 50, N^\circ 100)}{100}$$

$$M.F. = \frac{0.1 + 20.96 + 84.80}{100}$$

$$M.F. = 1.059$$

El valor del módulo de finura obtenido en el ensayo de granulometría clasifica al agregado como arena fina (Ver tabla N°02), confirmando que el agregado es óptimo para la realización del mortero de revestimiento.

4.1.1.2. Peso unitario

Es la propiedad del material granular que se refiere a su peso por unidad de volumen, que dependiendo de la compactación que se efectúa en el ensayo se puede subdividir en Peso Unitario Suelto y Peso Unitario Compactado. El ensayo se puede realizar al agregado grueso y al agregado fino, el resultado se expresa en kg/m³. El procedimiento para determinarlo se detalla en la NTP 400.017: Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados.

A. Peso unitario suelto (PUS)

El concepto de PUS de los agregados indica el peso de sus granos, acomodados naturalmente sin ninguna compactación, por unidad de volumen. Es necesario conocer esta propiedad ya que te permite un mejor control del transporte y almacenamiento de la arena fina.

El procedimiento de ensayo descrito en la NTP 400.017 “Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado” para el cálculo del PUS es el siguiente:

- Dejar secar una muestra de arena fina en horno con una temperatura de 110°C.
- Luego del secado proceder con el método de cuarteo de la muestra, obteniendo una muestra representativa de la arena fina.
- Tarar en la balanza el peso del recipiente de volumen 1/10 pie³ el cual debe estar seco y limpio, proceder a llenar el recipiente con la muestra de arena fina con ayuda de un badilejo dejando caer la arena fina desde una altura aproximada de 5cm por encima del recipiente. Este llenado se realiza en una sola capa sin ningún golpe, finalmente enrasar con una varilla metálica eliminando el exceso y se procede a pesarlo (Ver gráfico N°02).
- Las herramientas y equipos que se necesitan son: horno de laboratorio con temperatura máxima de 200°C, recipiente metálico de 1/10 pie³ de capacidad, varilla metálica lisa, badilejo y balanza electrónica con precisión de 0.1g.



Gráfico N°02: Procedimiento para hallar el P.U.S. de arena fina. Fuente: elaboración propia.

El PUS se calcula dividiendo el peso del material suelto (Kg) entre el volumen del recipiente (m^3) como se indica en la siguiente formula:

$$PUS = \frac{W_{M.S.} (Kg)}{V_{Recipiente} (m^3)}$$

Donde:

$$W_{M.S.} = \text{Peso de material suelto}$$

$$V_{Recipiente} = \frac{1}{10} pie^3 = 0.0028m^3$$

Siguiendo el procedimiento y calculo anteriormente mencionado, se obtiene los siguientes resultados de 03 ensayos realizados de peso unitario suelto a la muestra representativa de la arena fina (Ver Tabla N°04), dando un PUS promedio de $1508 kg/m^3$.

Tabla N°04: Valores de ensayo de peso unitario suelto. Fuente: Elaboración Propia

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
$W_{M.S.} (kg)$	4.265	4.275	4.269
$V_{Recipiente}(m^3)$	0.0028	0.0028	0.0028
$P.U.S. (kg/m^3)$	1506.17	1509.70	1507.59
P.U.S. = 1508 kg/m³			

B. Peso unitario compactado (PUC)

El concepto de PUC de los agregados indica el peso de sus granos, que han sido sometido a compactación, por unidad de volumen. La diferencia entre el PUS y el PUC es el grado de acomodamiento de las partículas, teniendo en el PUS una mayor masa unitaria. Es necesario conocer esta propiedad para determinar el volumen real ocupado del agregado durante el proceso de colocación del mortero.

El procedimiento de ensayo para el cálculo del PUC es el siguiente:

- Dejar secar una muestra de arena fina en horno con una temperatura de $110^{\circ}C$.
- Luego del secado proceder con el método de cuarteo de la muestra, obteniendo una muestra representativa de la arena fina (Ver Gráfico N°03).
- Tarar en la balanza el peso del recipiente de volumen $1/10 pie^3$ el cual debe estar seco y limpio, luego llenar el recipiente con la muestra de arena fina hasta $1/3$ de su altura y nivelar la superficie con los dedos. Realizar la compactación

de esta primera capa de arena fina mediante 25 golpes con la varilla metálica distribuido uniformemente en toda la superficie del agregado.

- Efectuar el llenado del recipiente en una segunda y tercera capa por separado, realizar el procedimiento de compactado descrito anteriormente sin penetrar en las capas anteriores, luego nivelar la superficie enrasando con el borde del recipiente.
- Las herramientas y equipos que se necesitan son: horno de laboratorio con temperatura máxima de 200°C, recipiente metálico de 1/10 pie³ de capacidad, varilla metálica lisa, badilejo y balanza electrónica con precisión de 0.1g.



Gráfico N°03: Procedimiento para hallar el PUC del agregado, imagen izquierda: muestreo por el método de cuarteo a la arena fina, imagen derecha: pesado de recipiente con muestra de arena fina. Fuente: Elaboración Propia.

El PUC se calcula dividiendo el peso del material compactado (Kg) entre el volumen del recipiente (m³) como se indica en la siguiente fórmula:

$$PUC = \frac{W_{M.C.} (Kg)}{V_{Recipiente} (m^3)}$$

Donde:

$W_{M.C.}$ = Peso de material compactado

$V_{Recipiente}$ = $\frac{1}{10} pie^3 = 0.0028m^3$

Realizando el procedimiento y calculo anteriormente mencionado, se obtiene los siguientes resultados de 03 ensayos realizados de peso unitario compactado a la muestra representativa de la arena fina (Ver Tabla N°05), dando un PUC promedio de 1675 Kg/m³.

Tabla N°05: Valores de ensayo peso unitario compactado. Fuente: elaboración propia.

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
W _{M.C.} (kg)	4.739	4.745	4.742
V Recipiente(m ³)	0.0028	0.0028	0.0028
P.U.C. (kg/m ³)	1673.56	1675.68	1674.62
P.U.C. = 1675 kg/m³			

1. Contenido de humedad

El contenido de humedad en el agregado es la relación del peso de agua contenida en la arena fina, al peso de sus granos sólidos; expresada en porcentaje. El procedimiento para determinar el contenido de humedad se detalla en la NTP 339.127 "Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo". El ensayo realizado a la muestra de arena fina se realiza en su estado natural.

El procedimiento de ensayo descrito en la NTP 339.127 es la siguiente:

- Obtener una muestra representativa de la arena fina en estado natural con el método de cuarteo.
- Tomar una cantidad de arena fina de 1.5 Kg (W_h) de la muestra representativa, colocarlo en el horno utilizando un recipiente a una temperatura de 110°C +/- 5°C por un periodo de aproximadamente de 24 horas hasta conseguir un peso constante.
- Luego del secado, orear el recipiente con la muestra durante 15s y proceder a pesarlo, obteniendo el peso seco (W_s).
- Las herramientas y equipos que se necesitan son: horno de laboratorio con temperatura máxima de 200°C, recipiente metálico, balanza electrónica con precisión de 0.1g y badilejo.

El contenido de humedad (H%) se calcula dividiendo la diferencia entre el peso natural de la arena Fina (W_h) y el peso seco (W_s), entre el peso seco (W_s) como se indica en la siguiente formula:

$$H(\%) = \frac{W_h(Kg) - W_s(Kg)}{W_s(Kg)} \times 100$$

Realizando el procedimiento y calculo anteriormente mencionado, se obtiene los siguientes resultados de 03 ensayos realizados de contenido de humedad a la muestra representativa (Ver Tabla N°06), dando un contenido de humedad promedio de 1.18%.

Tabla N°06: Valores de ensayo de contenido de humedad. Fuente: Elaboración propia.

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
W_h (g)	1500.0	1500.0	1500.0
W_s (g)	1482.5	1482.3	1482.8
H (%)	1.18%	1.19%	1.16%
H (%) = 1.18%			

2. *Peso específico y absorción:*

El peso específico de los agregados es la relación de su peso con respecto al peso del agua que posee un volumen igual al del agregado, se expresa como densidad en kg/m^3 . El peso específico es una propiedad intrínseca y es necesario para determinar el volumen absoluto ocupado por el agregado. El peso específico de la arena varía entre 2.4 y 2.9.

La absorción del agregado es la cantidad de agua absorbida por la arena fina luego de ser sumergida en agua durante 24 horas, se expresa como porcentaje del peso seco de la arena. Esta propiedad es importante determinarla para controlar la cantidad de agua en el diseño de mezcla.

El procedimiento para determinar estas propiedades del agregado se detalla en la NTP 400.022: *“Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”*.

- Obtener una muestra representativa de la arena fina en estado natural con el método del cuarteo.
- Sumergir una muestra de aproximadamente 1 Kg por 24+/-4 horas en un recipiente hasta que el agua cubra la totalidad de la muestra para saturarla.
- Retirar el agua en exceso a la muestra teniendo cuidado en no eliminar partículas para luego extenderlo sobre un pliego de plástico dejándolo secar a

temperatura ambiente, para acelerar proceso de secado utilizar una olla y estufa (Ver gráfico N°04) hasta obtener el estado saturado superficialmente seco.

- Realizar el ensayo de cono realizando lo siguiente, llenar el molde de tronco de cono metálico rebasando su capacidad con la arena fina, apisonar ligeramente dejando caer el apisonador con 25 golpes distribuidos uniformemente sobre su superficie. Limpiar la arena suelta en la base y levantar el molde verticalmente. Si la muestra mantiene la forma del molde entonces aún está húmeda, continuar con el proceso de secado; si la muestra se desmorona completamente indica que está seco internamente, humedecer ligeramente; si la muestra presenta un desmoronamiento ligero entonces se encuentra en el estado saturado superficialmente seco.
- Llenar 500g con la muestra de arena fina saturada superficialmente seca en una fiola de volumen igual a 500 cm^3 (V_{Fiola}), luego completar el volumen de la fiola llenando con agua hasta un 90% de la capacidad de la fiola. Proceder a eliminar las burbujas de aire dentro de la fiola, haciendo rodar la fiola sobre una superficie.
- Proceder a completar la capacidad de la fiola con agua, pesar la fiola conteniendo el agregado y agua, luego restarle los 500g de la muestra de la arena obteniendo el peso de agua (W_{Ag}) dentro de la fiola.
- Secar material de agregado dentro de la fiola, colocándolo en el horno a una temperatura de 105°C con ayuda de un recipiente durante 24 horas aproximadamente, para luego pesarlo obteniendo el Peso Seco de la Arena (W_{S}).
- Las herramientas y equipos que se necesitan son: horno de laboratorio con temperatura máxima de 200°C , balanza electrónica con precisión de 0.1g, frasco volumétrico (Fiola) de 500cm^3 de capacidad, molde de tronco de cono metálico con 40mm y 90mm de diámetro y 75 mm de altura, barra metálica para apisonar de 340 Kg aproximadamente con un extremo de superficie plana circular de 25mm de diámetro, estufa, embudo pipeta y badilejo.



Gráfico N°04: Muestras para ensayo de Absorción y Peso Específico. Fuente: elaboración propia.

El Peso Específico de masa (P.E._{Masa}) se calcula dividiendo el peso seco de la arena fina (W_s) entre la diferencia del volumen de fiola (V_{Fiola}) y el peso del agua (W_{Ag}) como se indica en la siguiente fórmula:

$$P.E._{Masa} = \frac{W_s (g)}{V_{Fiola} (cm^3) - W_{Ag} (g)}$$

El peso específico de masa saturado superficialmente seco (P.E._{MASAsss}) se calcula dividiendo 500g entre la diferencia del volumen de fiola (V_{Fiola}) y el peso del agua (W_{Ag}) como se indica en la siguiente fórmula:

$$P.E._{MASAsss} = \frac{500(g)}{V_{Fiola} (cm^3) - W_{Ag} (g)}$$

El peso específico aparente (P.E._{Aparente}) se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$P.E._{Aparente} = \frac{W_s (g)}{[V_{Fiola} (cm^3) - W_{Ag} (g)] - [500(g) - W_s (g)]}$$

El porcentaje de absorción (%Abs) se calcula dividiendo la diferencia del peso de la arena en estado superficialmente seco (500g) y el peso seco (W_s), entre el peso seco (W_s) como se indica en la siguiente formula:

$$\%Abs = \frac{500(g) - W_s(g)}{W_s(g)} \cdot 100$$

Realizando el procedimiento y calculo anteriormente mencionado, se obtiene los siguientes resultados (Ver tabla N°07)

Tabla N°07: Valores de ensayo de peso específico y absorción. Fuente: Elaboración Propia.

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
W_s	g	482.30
V_{Fiola}	cm ³	500.00
W_{Ag}	g	316.40
P.E. masa	g/cm³	2.63
P.E. masa sss	g/cm³	2.72
P.E. Aparente	g/cm³	2.91
%Abs	%	3.67

ii. Resumen de propiedades del agregado fino

Las propiedades de la arena fina en estudio (Ver tabla N°08), utilizada como agregado fino en mortero de revestimiento, se encuentran dentro de los rangos establecido para este tipo de material.

Tabla N°08: Resumen de propiedades del agregado fino. Fuente: Elaboración Propia.

RESUMEN DE PROPIEDADES DE ARENA FINA		
Módulo de finura		1.059
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1508.00
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1675.00
Contenido de humedad	%	1.18
Peso específico de masa	g/cm ³	2.63
Absorción	%	3.67

CAPITULO V: APLICACIÓN DE ADITIVO ACELERANTE

5.1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO SIKA 3

SIKA – 3 es un aditivo acelerador de fraguado y endurecimiento a base de cloruros. Actúa aumentando la velocidad de hidratación y las reacciones químicas de los constituyentes del cemento.

Es un líquido de tono verde azulino de peso específico superior al agua (1.32+/- 0.01 kg/L) fácilmente miscible en el agua, no es inflamable. Se recomienda tener cuidado en su manipulación, evitar el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias.

5.2. USO Y VENTAJAS DEL ADITIVO SIKA -3 DE ACUERDO AL FABRICANTE

La aplicación y ventajas del aditivo Sika – 3 indicado en su hoja técnica SikaSika°- 3 3 del 22.01.2015, Edición 13 basada y cumpliendo la Norma ASTM C 494 tipo C, el aditivo acelerador de fragua Sika - 3 se usa para el sellado de perforaciones en las faenas de sondaje, el tapado de grieta con o sin filtraciones de agua para pastas.

En morteros se emplea para morteros de fraguado y endurecimiento rápido, tanto en la albañilería, en la nivelación de pisos, obstrucción de grietas y revestimiento en zonas húmedas.

Las ventajas que se obtiene del aditivo acelerador de fragua de acuerdo al fabricante, son las siguientes:

- Revestimiento en zonas sumergidas como cisterna para obstruir grietas, fragua bajo el agua.
- Permite sellar filtraciones o chorros de agua sin necesidad de vaciar la estructura afectada.
- Vaciado de concreto en climas fríos, obteniendo endurecimiento rápido y reduciendo el tiempo de protección.
- Vaciados de concretos rápidos para cimientos o elementos de concreto expuestos a la acción de aguas subterráneas (napas freáticas).
- Faenas en donde se necesite una rotación rápida del encofrado.
- Reducción de las presiones de los moldes.

- Reparación de pavimentos y pistas de aeropuerto para una rápida puesta de servicio.
- Trabajos marítimos entre dos mareas (sin armadura) y obras hidráulicas.
- Para alcantarillado en la construcción o reparación de pozos, cámaras y tuberías.

Se puede utilizar puro o disuelto hasta en 15 partes de agua, dependiendo del uso y de las necesidades de la obra.

Para su dilución deberá emplearse recipientes limpios y mantener una agitación constante evitando con ello diferencias en la concentración del aditivo. Se utiliza con cementos frescos. La colocación del concreto o mortero con Sika – 3 deberá ser rápida, ya que los tiempos de fraguado se acortan considerablemente.

En caso de utilizar Sika – 3 en concreto, deberá considerarse una concentración máxima de 1:9, una parte de Sika – 3 diluido en nueve o más partes de agua. Dependiendo del uso y de las necesidades de la obra, se puede utilizar puro o disuelto hasta en 15 partes de agua en mortero.

5.3. PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES DE ACUERDO AL FABRICANTE

Las recomendaciones y precauciones para el uso del aditivo Sika – 3 indicado en su hoja técnica SikaSika^o-3 3 del 22.01.2015, Edición 13 basada y cumpliendo la Norma ASTM C 494 tipo C, señalan que debido a que existen muchos factores que influyen a la mezcla del mortero con el aditivo acelerador de fraguado Sika - 3, no se pueden indicar dosis exactas de aditivos, por lo que se recomienda efectuar ensayos preliminares con los materiales que se utilizan en la obra para determinar la concentración más favorable.

Las influencias son:

- Temperatura ambiental y de los materiales.
- Tipo, cantidad y grado de meteorización del cemento.
- Cantidad de agua (relación a/c) y otros.
- Tomar las más estrictas precauciones para un correcto curado del concreto.
- Nunca usar con aditivos expansores.

CAPITULO VI: DISEÑO DE MEZCLA DEL MORTERO

6.1. DISEÑO

Las propiedades esenciales del mortero en estado fresco y en estado endurecido que se quiere obtener dependen principalmente de la dosificación que se realiza. Siendo así que durante el estado fresco del mortero debe ser lo suficientemente trabajable para permitir una fácil aplicación, y en el estado endurecido debe proporcionar una resistencia mayor a la requerida. La dosificación del cemento y arena fina del presente estudio parte de 5 muestras representativas con variaciones de proporción de cemento: arena en 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5 del peso natural de los materiales, donde se evalúa la influencia de la arena fina en las propiedades del mortero de revestimiento durante su estado fresco y endurecido, la dosificación del agua para las 5 muestras representativas se obtiene de acuerdo a la NTP 334.057: *“Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento Portland”*, donde se indica que la fluidez del mortero se encuentre en el rango 110+/- 5 para obtener un mortero de buena trabajabilidad.

Con el objetivo de encontrar la dosificación del aditivo Sika – 3 y siguiendo las recomendaciones de la ficha técnica del producto, se realiza los ensayos preliminares de tiempo de fraguado a la pasta sin aditivo y a la pasta con aditivo con proporciones en volumen de aditivo: agua de 1:3, 1:5, 1:7, 1:9 y 1:13. El ensayo preliminar de tiempo de fraguado de la pasta se ha realizado según la NTP 334.006: *“Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico con aguja de Vicat”*, donde se indica que para obtener el tiempo de fraguado de la pasta, se tiene que encontrar inicialmente el agua requerida para tener una pasta con una consistencia que permite una penetración de la aguja de Vicat de 10 +/- 1 mm, los valores obtenidos, de la cantidad agua para una consistencia recomendada, se encuentran en el anexo N°01 de la presente tesis. Luego se realiza el ensayo de tiempo de fraguado a la pasta con la cantidad de agua calculada anteriormente para cada relación de volumen aditivo: agua, los resultados obtenidos del ensayo de tiempo de fraguado para la pasta se encuentra en el Anexo N°02 de la presente tesis, indicando la fragua inicial y la fragua final para cada muestra. Se procede a calcular la aceleración de fragua (Ver tabla N°9) y a realizar un gráfico comparativo con los resultados del ensayo preliminar de tiempo de fraguado en pasta (Ver gráfico N°5).

Tabla N°9: Resultado de ensayo Preliminar de tiempo de fraguado en pasta. Fuente: Elaboración propia

ENSAYO PRELIMINAR - TIEMPO DE FRAGUADO				
Muestra	Fragua Inicial (min)	Fragua final (min)	Aceleración de fragua inicial (min)	Aceleración de Fragua final (min)
Pasta sin aditivo	123.4	167	0	0
Pasta con aditivo: agua = 1:13	111.5	150	12	17
Pasta con aditivo: agua = 1:9	104	137	19	30
Pasta con aditivo: agua = 1:7	101	126	22	41
Pasta con aditivo: agua = 1:5	95	116	28	51
Pasta con aditivo: agua = 1:3	53	87	70	80

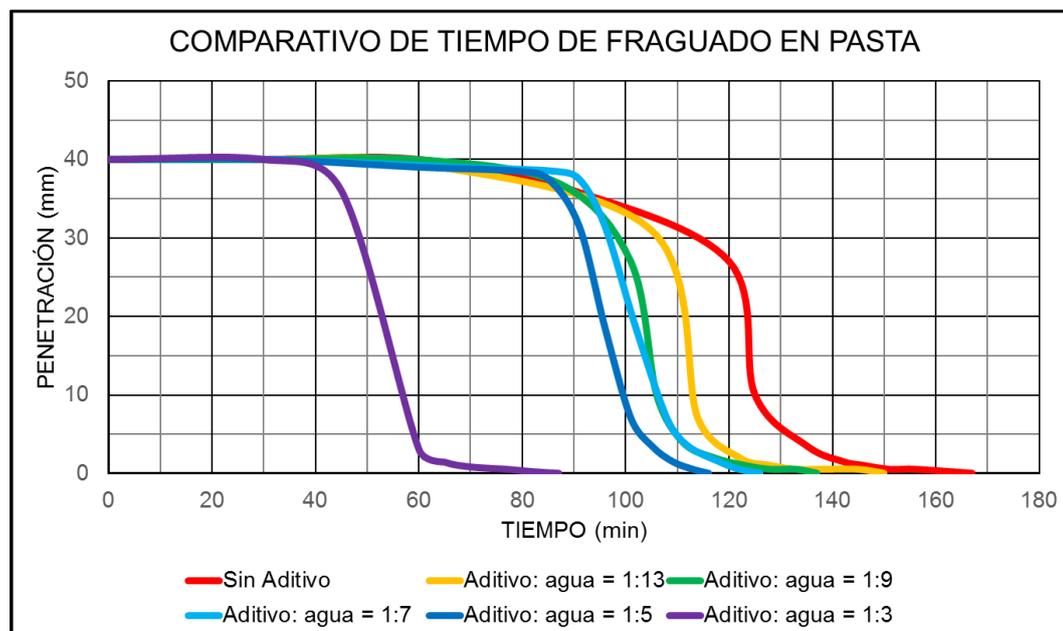


Gráfico N° 5: Comparativo del tiempo de fraguado en pasta. Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados, se elige la proporción que obtenga una aceleración de fragua aproximadamente de 30 minutos (aditivo: agua = 1:9) y otra proporción que obtenga una aceleración de fragua mayor a los 60 minutos (aditivo: agua = 1:3). Para optimizar las propiedades del mortero de revestimiento para obtener una buena trabajabilidad con el mayor grado de resistencia y un menor tiempo de fraguado, se ha trabajado 5 diseños con relación en peso natural de cemento: arena en 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5; para cada diseño se sustituye el volumen del agua obteniendo una proporción en volumen de agua: aditivo de 1:9, así también obteniendo otra proporción en volumen de agua: aditivo de 1:3; por lo que se ha

trabajado con un total de 15 dosificaciones. En la presente tesis se realiza 7 ensayos al mortero de revestimiento para cada dosificación (Ver tabla N°10).

Tabla N°10: Ensayos realizados al mortero. Fuente: Elaboración propia

ENSAYO	NORMATIVA
Ensayo de peso unitario	NTP 339.046:2019
Ensayo de exudación	NTP 334.121:2008
Ensayo de fluidez	NTP 334.057:2019
Ensayo de tiempo de fraguado	NTP 334.006:2019
Ensayo de resistencia a la compresión	NTP 334.051:2019
Ensayo de absorción	UNE-EN 13755:2008
Ensayo de capilaridad	UNE-EN 15801:2010

6.1.1. Nomenclatura

La nomenclatura usada para el reconocimiento de cada diseño, está relacionada a las muestras patrón, la proporción de arena fina con respecto al cemento y la proporción del aditivo acelerador de fraguado Sika – 3 con respecto al agua.

- MP-1 : Mortero patrón N°1 – relación cemento: arena = 1:1
- MA1-1:3 : Mortero patrón N°1 con aditivo en relación agua: aditivo 1:3
- MA1-1:9 : Mortero patrón N°1 con aditivo en relación agua: aditivo 1:9
- MP-2 : Mortero patrón N°2 – relación cemento: arena = 1:2
- MA2-1:3 : Mortero patrón N°2 con aditivo en relación agua: aditivo 1:3
- MA2-1:9 : Mortero patrón N°2 con aditivo en relación agua: aditivo 1:9
- MP-3 : Mortero patrón N°3 – relación cemento: arena = 1:3
- MA3-1:3 : Mortero patrón N°3 con aditivo en relación agua: aditivo 1:3
- MA3-1:9 : Mortero patrón N°3 con aditivo en relación agua: aditivo 1:9
- MP-4 : Mortero patrón N°4 – relación cemento: arena 1:4
- MA4-1:3 : Mortero patrón N°4 con aditivo en relación agua: aditivo 1:3
- MA4-1:9 : Mortero patrón N°4 con aditivo en relación agua: aditivo 1:9
- MP-5 : Mortero patrón N°5 – relación cemento: arena = 1:5
- MA5-1:3 : Mortero patrón N°5 con aditivo en relación agua: aditivo 1:3
- MA5-1:9 : Mortero patrón N°5 con aditivo en relación agua: aditivo 1:9

6.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

6.2.1. Dosificaciones

La dosificación para cada diseño parte de la relación arena: cemento considerando la cantidad de cemento igual a una bolsa de cemento comercial (42.0 Kg) y el peso de la arena se obtiene de la relación de peso natural arena: cemento de cada diseño igual a 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5.

6.2.1.1. Diseño N°1

A partir de la característica del MP-1

- Arena/cemento : 1:1

Obtenemos:

- Cemento : 42.5 kg

- Arena (peso natural) : 42.5 kg

Se procede a obtener la cantidad de agua necesaria para conseguir una fluidez que se encuentre dentro del rango 110 +/- 5.

- Agua : 16.49 L

La cantidad de aditivo se obtiene partiendo de la proporción aditivo: agua 1:3 y 1:9, manteniendo el volumen del agua del diseño patrón MP-1 (Ver tabla N°11).

Tabla N°11: Valores de dosificación de diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

DOSIFICACIÓN FINAL				
	AGREGADO FINO (KG)	CEMENTO (KG)	AGUA (L)	ADITIVO (L)
MP-1	42.50	42.50	16.49	0.00
MA1-1:3	42.50	42.50	12.37	4.12
MA1-1:9	42.50	42.50	14.84	1.65

6.2.1.2. Diseño N°2

A partir de la característica del MP-2

- Arena/cemento : 1:2

Obtenemos:

- Cemento : 42.5 kg

- Arena (peso natural) : 85.0 kg

Se procede a obtener la cantidad de agua necesaria para conseguir una fluidez que se encuentre dentro del rango 110 +/- 5.

- Agua : 23.14 L

La cantidad de aditivo se obtiene partiendo de la proporción aditivo: agua 1:3 y 1:9, manteniendo el volumen del agua del diseño patrón MP-2 (Ver Tabla N°12).

Tabla N°12: Valores de dosificación de diseño N°2. Fuente: Elaboración Propia.

DOSIFICACIÓN FINAL				
	AGREGADO FINO (KG)	CEMENTO (KG)	AGUA (L)	ADITIVO (L)
MP-2	85.00	42.50	23.14	0.00
MA2-1:3	85.00	42.50	17.35	5.78
MA2-1:9	85.00	42.50	20.83	2.31

6.2.1.3. Diseño N°3

A partir de la característica del MP-3

- Arena/cemento : 1:3

Obtenemos:

- Cemento : 42.5 kg

- Arena (peso natural) : 127.5 kg

Se procede a obtener la cantidad de agua necesaria para conseguir una fluidez que se encuentre dentro del rango 110 +/- 5.

- Agua : 31.21 L

La cantidad de aditivo se obtiene partiendo de la proporción aditivo: agua 1:3 y 1:9, manteniendo el volumen del agua del diseño patrón MP-3 (Ver tabla N°13).

Tabla N°13: Valores de dosificación de diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

DOSIFICACIÓN FINAL				
	AGREGADO FINO (KG)	CEMENTO (KG)	AGUA (L)	ADITIVO (L)
MP-3	127.50	42.50	31.21	0.00
MA3-1:3	127.50	42.50	23.41	7.8
MA3-1:9	127.50	42.50	28.09	3.12

6.2.1.4. Diseño N°4

A partir de la característica del MP-4

- Arena/cemento : 1:4

Obtenemos:

- Cemento : 42.5 kg

- Arena (peso natural) : 170.0 kg

Se procede a obtener la cantidad de agua necesaria para conseguir una fluidez que se encuentre dentro del rango 110 +/- 5.

- Agua : 40.16 L

La cantidad de aditivo se obtiene partiendo de la proporción aditivo: agua 1:3 y 1:9, manteniendo el volumen del agua del diseño patrón MP-4 (Ver Tabla N°14).

Tabla N°14: Valores de dosificación de diseño N°4. Fuente: Elaboración Propia.

DOSIFICACIÓN FINAL				
	AGREGADO FINO (KG)	CEMENTO (KG)	AGUA (L)	ADITIVO (L)
MP-4	170.00	42.50	40.16	0.00
MA4-1:3	170.00	42.50	30.13	10.04
MA4-1:9	170.00	42.50	36.15	4.02

6.2.1.5. Diseño N°5

A partir de la característica del MP-5

- Arena/cemento : 1:5

Obtenemos:

- Cemento : 42.5 kg

- Arena (peso natural) : 212.5 kg

Se procede a obtener la cantidad de agua necesaria para conseguir una fluidez que se encuentre dentro del rango 110 +/- 5.

- Agua : 50.83 L

La cantidad de aditivo se obtiene partiendo de la proporción aditivo: agua 1:3 y 1:9, manteniendo el volumen del agua del diseño patrón MP-5 (Ver Tabla N°15).

Tabla N°15: Valores de dosificación de diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

DOSIFICACIÓN FINAL				
	AGREGADO FINO (KG)	CEMENTO (KG)	AGUA (L)	ADITIVO (L)
MP-5	212.50	42.50	50.83	0.00
MA5-1:3	212.50	42.50	38.12	12.71
MA5-1:9	212.50	42.50	45.74	5.08

6.2.2. Análisis de dosificación

Se observa que para el diseño patrón MP-1, MP-2, MP-3, MP-4 y MP-5 se varía la relación cemento: arena en 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5 respectivamente. Para obtener el diseño de MA1-1:3, MA2-1:3, MA3-1:3, MA4-1:3 y MA5-1:3 se mantiene la relación cemento: arena del diseño patrón correspondiente de cada muestra y solo se disminuye la cantidad de agua en su cuarta parte supliéndola por la misma cantidad en volumen del aditivo Sika – 3, manteniendo así el volumen inicial de líquido del mortero patrón correspondiente de cada muestra. Para obtener el diseño de MA1-1:9, MA2-1:9, MA3-1:9, MA4-1:9 y MA5-1:9 se mantiene la relación cemento: arena del diseño patrón correspondiente de cada muestra y solo se disminuye la cantidad de agua en su décima parte supliéndola por la misma cantidad en volumen del aditivo Sika – 3, manteniendo así el volumen de líquido del mortero patrón correspondiente de cada muestra, para los ensayos en laboratorio se usó menor cantidad de material.

CAPITULO VII: PRUEBA DE LABORATORIO PARA MORTERO A ENSAYAR

En el presente capítulo se describe el procedimiento de ensayos en morteros de revestimiento; realizados en el laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería (LEM N°01-FIC-UNI), con la finalidad de obtener el comportamiento del mortero de revestimiento con aditivo acelerante de fragua SIKA – 3, en las propiedades de estado fresco y endurecido del mortero.

En los ensayos del mortero, se utiliza como muestra el mortero de revestimiento con proporción de peso natural de 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5 de cemento: arena, así como también se utiliza las mismas proporciones de cemento: arena para distinta dosificación de aditivo, con una relación en volumen de 1:3 y 1:9 de aditivo: agua. El cemento utilizado fue el cemento Portland Tipo I maca SOL, arena de cantera ubicada en Zapallal – Lima y aditivo acelerador de fragua Sika – 3.

7.1. PREPARACION DE MUESTRAS DE MORTERO DE REVESTIMIENTO

Los materiales componentes del mortero de revestimiento; cemento, arena fina, agua y aditivo son preparados de acuerdo a la dosificación indicada en el Capítulo 6 de la presente investigación. Se separa el peso de cada componente de acuerdo a lo indicado en la dosificación para cada muestra en recipientes (Ver gráfico N°06).



Gráfico N° 6: Preparación de mortero de revestimiento. Fuente: Elaboración propia.

En el proceso de mezclado, de acuerdo a la NTP 334.003: “*Procedimiento para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica*”, se deposita el agua en el recipiente de mezclado, agregar el cemento e iniciar la mezcla con una velocidad de 140 revoluciones/ minuto (Velocidad lenta) durante 30 s, luego agregar en un periodo de 30 s la totalidad de arena fina mientras se continúa el mezclado con la velocidad lenta. Detener la mezcladora durante 15s, limpiando las paredes del recipiente, luego volver a mezclar con una velocidad de 285 revoluciones/ minuto (velocidad media) durante 30s (Ver Gráfico N°06).

Las herramientas y equipos que se requiere para la preparación del mortero de revestimiento son: recipientes metálicos, balanza electrónica con precisión de 0.1g, probeta, cucharon de laboratorio, badilejos y una batidora eléctrica de 5 litros de capacidad cuyos implementos son un motor de 3 velocidades, recipiente inoxidable y paleta de acero de mezclado.

Para el proceso de moldeado, se llena el molde metálico previamente engrasando la superficie que estará en contacto con la mezcla, compactando en dos capas cada una de ellas con 32 golpes de forma cuadrática. Ya vaciado el mortero, mantener la superficie expuesta del mortero húmeda por 24 horas (Ver gráfico N°7).



Gráfico N° 7: Moldeado y curado de muestra de mortero de revestimiento. Fuente: Elaboración propia.

Para el proceso de curado, luego de estar 24 horas en su molde, retirar la muestra de su molde y sumergirlos en agua con cal en relación de 3g/L. Para ello utilizar recipiente de plástico de acuerdo al tamaño de la muestra de mortero de revestimiento (Ver Gráfico N°07).

El ambiente el cual deben estar el recipiente de curado tiene que ser húmedo y con una temperatura que no presente condiciones extremas, quiere decir, no estar expuestas al sol directo ni a fuentes de calor. El curado del mortero de revestimiento es un proceso importante en la hidratación de mortero para poder llegar a resistencia deseadas por lo que se recomienda seguir las indicaciones mencionadas.

7.2. PROPIEDADES DEL MORTERO DE REVESTIMIENTO EN ESTADO FRESCO

El estado fresco del mortero de revestimiento es la primera fase que ocurre inmediatamente después del mezclado y amasado, en este estado el mortero de revestimiento es manipulable y adopta la forma del recipiente donde se coloca, puesto que es plástico y trabajable. Las propiedades en el estado fresco esta influenciadas principalmente por la humedad, temperatura y uso de aditivos, siendo las propiedades más importantes: la fluidez, el peso unitario, la exudación y el tiempo de fraguado.

7.2.1. Fluidez

La fluidez del mortero de revestimiento es una propiedad en su estado fresco, que está relacionada directamente con la trabajabilidad del mortero. El procedimiento para determinar la fluidez se detalla en la NTP 334.057: "*Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento Portland*". Mediante el ensayo de fluidez se determina la cantidad de agua necesaria para obtener una fluidez tal que el mortero de revestimiento aumente su diámetro en 110+/-5% después de realizar 25 golpes en la mesa de flujo durante 25 segundos.

El procedimiento de ensayo descrito en la NTP 334.057 para el cálculo de fluidez expresado en porcentaje es el siguiente:

- Humedecer la superficie de la mesa de flujo y el anillo de tronco de cono metálico.

- Colocar el anillo de tronco de cono metálico sobre el centro de la mesa de flujo, posteriormente colocar el mortero de revestimiento, preparado según el capítulo 7.1. de la presente investigación, en dos capas debidamente compactadas; siendo la primera capa hasta llenar las $\frac{3}{4}$ partes de su altura para luego compactar la muestra con 20 golpes del pistón. La segunda capa llenar el anillo de tronco de cono metálico hasta rebalsar la altura del mismo y realizar la compactación igual que la primera capa.
- Alisar la superficie del mortero de revestimiento con la espátula, evitando caer residuos del mortero sobre la superficie de la mesa de flujo. Luego retirar verticalmente y con cuidado el anillo de tronco de cono metálico, dejando así el mortero de revestimiento en el centro de la mesa de flujo (Ver Gráfico N°8).
- Girar la manivela de la mesa de flujo, dando 25 golpes en 15 segundos, extendiendo el mortero de revestimiento sobre la mesa de flujo. Realizar cuatro mediciones de diámetro de la muestra y obtener el diámetro promedio (Ver Gráfico N°9).
- Las herramientas y equipos que se requiere son: balanza electrónica con precisión de 0.1g, espátula, cronómetro, calibrador, mesa de flujo y anillo metálico con forma de tronco de cono con diámetro mayor de 10.16 cm y diámetro menor de 7.62 cm.

La fluidez (%F) del mortero de revestimiento se calcula dividiendo la variación del diámetro entre el diámetro inicial como se indica en la siguiente fórmula:

$$\%F = \frac{D_p(cm) - D_i(cm)}{D_i(cm)} \times 100\%$$

Donde:

- %F : Fluidez del mortero de revestimiento
- D_p : Diámetro promedio (cm).
- D_i : Diámetro inicial igual a diámetro menor de cono (10.16cm)



Gráfico N°8: Ensayo de fluidez: mortero desmoldado en mesa de flujo. Fuente: Elaboración Propia.



Gráfico N°9: Mortero expandido en mesa de flujo y medición de diámetro. Fuente: Elaboración Propia.

Realizando el procedimiento y cálculo anteriormente mencionado del ensayo de fluidez, se obtiene la cantidad de agua necesaria para conseguir la fluidez recomendada en la NTP 334.057, indicado en el capítulo 6.1 de la presente investigación.

A continuación, se muestra las tablas con el promedio de los resultados obtenidos de los tres ensayos de fluidez realizados a cada muestra.

Se realiza el ensayo de fluidez al mortero de revestimiento con relación en peso 1:1 de arena: cemento y sin aditivo, luego se varia el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 y 1:3 (Ver Tabla N°16 a Tabla N°18).

Tabla N°16: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero patrón MP-1. Fuente: Elaboración Propia

MP-1		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	700 g	21.30	21.16	108.29%
Arena	700 g	21.30		
Agua	271.6 ml	20.95		
Aditivo	0 ml	21.10		

Tabla N°17: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA1-1:9. Fuente: Elaboración Propia

MA1-1:9		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	700 g	21.02	21.13	107.92%
Arena	700 g	21.50		
Agua	244.44 ml	20.98		
Aditivo	27.16 ml	21.00		

Tabla N°18: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA1-1:3. Fuente: Elaboración Propia

MA1-1:3		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	700 g	21.94	21.59	112.52%
Arena	700 g	21.49		
Agua	203.7 ml	21.11		
Aditivo	67.9 ml	21.83		

Se realiza el ensayo de fluidez al mortero de revestimiento con relación en peso 1:2 de arena: cemento y sin aditivo, luego se varia el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 y 1:3 (Ver Tabla N°19 a Tabla N°21).

Tabla N°19: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero patrón MP-2. Fuente: Elaboración Propia

MP-2		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	500 g	21.53	21.82	114.79%
Arena	1000 g	21.95		
Agua	272.2 ml	21.94		
Aditivo	0 ml	21.87		

Tabla N°20: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA2-1:9. Fuente: Elaboración Propia

MA2-1:9		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	500 g	22.16	22.50	121.46%
Arena	1000 g	22.37		
Agua	244.98 ml	22.44		
Aditivo	27.22 ml	23.03		

Tabla N°21: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA2-1:3. Fuente: Elaboración Propia

MA2-1:3		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	500 g	22.37	22.33	119.81%
Arena	1000 g	22.47		
Agua	204.15 ml	22.30		
Aditivo	68.05 ml	22.19		

Se realiza el ensayo de fluidez al mortero de revestimiento con relación en peso 1:3 de arena: cemento y sin aditivo, luego se varia el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika - 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 y 1:3 (Ver Tabla N°22 a Tabla N°24).

Tabla N°22: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero patrón MP-3. Fuente: Elaboración Propia

MP-3		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	400 g	21.39	21.16	108.29%
Arena	1200 g	21.06		
Agua	293.7	21.00		
Aditivo	0 ml	21.20		

Tabla N°23: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA3-1:9. Fuente: Elaboración Propia

MA3-1:9		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	400 g	22.54	22.28	119.32%
Arena	1200 g	22.57		
Agua	264.33 ml	22.00		
Aditivo	29.37 ml	22.02		

Tabla N°24: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA3-1:3. Fuente: Elaboración Propia

MA3-1:3		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	400 g	21.22	21.36	110.19%
Arena	1200 g	21.45		
Agua	220.28 ml	21.67		
Aditivo	73.43 ml	21.08		

Se realiza el ensayo de fluidez al mortero de revestimiento con relación en peso 1:4 de arena: cemento y sin aditivo, luego se varia el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 y 1:3 (Ver Tabla N°25 a Tabla N°27).

Tabla N°25: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero patrón MP-4. Fuente: Elaboración Propia

MP-4		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	300 g	20.74	21.03	107.01%
Arena	1200 g	20.92		
Agua	283.5 ml	21.33		
Aditivo	0 ml	21.14		

Tabla N°26: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA4-1:9. Fuente: Elaboración Propia

MA4-1:9		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	300 g	21.37	21.58	112.38%
Arena	1200 g	21.59		
Agua	255.15 ml	21.70		
Aditivo	28.35 ml	21.65		

Tabla N°27: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA4-1:3. Fuente: Elaboración Propia

MA4-1:4		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	300 g	21.00	20.91	105.81%
Arena	1200 g	21.50		
Agua	212.63 ml	20.69		
Aditivo	70.88 ml	20.45		

Se realiza el ensayo de fluidez al mortero de revestimiento con relación en peso 1:5 de arena: cemento y sin aditivo, luego se varia el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika-3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 y 1:3 (Ver Tabla N°28 a Tabla N°30).

Tabla N°28: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero patrón MP-5. Fuente: Elaboración Propia

MP-5		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	250 g	21.18	21.36	110.24%
Arena	1250 g	21.42		
Agua	299.0 ml	21.42		
Aditivo	0 ml	21.42		

Tabla N°29: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA5-1:9. Fuente: Elaboración Propia

MA5-1:9		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	250 g	21.39	21.49	111.52%
Arena	1250 g	21.48		
Agua	269.1 ml	21.73		
Aditivo	29.90 ml	21.36		

Tabla N°30: Valores de Ensayo de Fluidez del mortero MA5-1:3. Fuente: Elaboración Propia

MA5-1:5		ENSAYO DE FLUIDEZ		
Material	cantidad	Diámetros (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fluidez
Cemento	250 g	21.74	21.84	114.99%
Arena	1250 g	22.39		
Agua	224.25 ml	22.07		
Aditivo	74.75 ml	21.17		

La cantidad en peso de la arena más la cantidad en peso del cemento utilizado en la muestra de mortero de revestimiento para el ensayo de fluidez se encuentra dentro del rango 1400g – 1600g debido a la capacidad del recipiente de la

mezcladora, además se observa que la cantidad de volumen de agua + aditivo se mantiene constante para cada muestra que tenga la misma proporción de cemento: arena.

7.2.2. Peso unitario

El peso unitario es la propiedad del mortero de revestimiento que se refiere a su peso por unidad de volumen. El valor del peso unitario de morteros varía normalmente entre los 2000 kg/m^3 y 2200 kg/m^3 , influenciado principalmente por el tipo de agregado y la cantidad de agua añadida. El procedimiento para determinarlo se detalla en la NTP 339.046: *“Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto”*

El procedimiento de ensayo descrito en la NTP 339.046 para el cálculo del Peso Unitario es el siguiente:

- Preparar el recipiente metálico normalizado de 400 ml de capacidad y una varilla metálica, humedeciendo la superficie que estará en contacto con el mortero de revestimiento
- Colocar el mortero de revestimiento, preparado según el capítulo 7.1. de la presente investigación, dentro del recipiente metálico de 400 ml. Realizar el proceso de llenado en tres capas compactadas, para ello, llenar la primera capa hasta la tercera parte de la altura del recipiente metálico para luego compactar el mortero con la varilla mediante 25 golpes. Repetir el proceso para la segunda capa hasta las dos terceras partes de la altura del recipiente metálico, y para la tercera capa hasta rebalsar la altura del recipiente.
- Alisar la superficie del mortero de revestimiento con la espátula y proceder a pesar el recipiente metálico conteniendo la muestra (Ver gráfico N°10).
- Las herramientas y equipos que se requiere son: balanza electrónica con precisión de 0.1g, varilla metálica, espátula y recipiente metálico de 400 ml de capacidad.

El Peso Unitario (P.U.) del mortero de revestimiento se calcula dividiendo la diferencia de peso del recipiente metálico conteniendo la muestra y el recipiente sin la muestra, entre el volumen del recipiente que es igual a 400 ml como se indica en la siguiente fórmula:

$$P.U.= \frac{P_m (g) - P_{recipiente} (g)}{V_{Recipiente} (ml)}$$

Donde:

- P.U. : Peso Unitario del mortero de revestimiento (g/cm³).
P_m : Peso recipiente conteniendo la muestra (g).
P_{recipiente} : Peso recipiente metálico (759.3 g).
V_{Recipiente} : Volumen de recipiente metálico (400 ml).



Gráfico N°10: Ensayo de Peso Unitario: Peso de recipiente metálico conteniendo la muestra.

Fuente: Elaboración Propia.

Realizando el procedimiento y cálculo anteriormente mencionado del ensayo de peso unitario, se obtiene las tablas conteniendo los resultados de 03 ensayos realizados a cada muestra indicando el resultado promedio.

Se realiza el ensayo de peso unitario al mortero de revestimiento con relación en peso 1:1 de arena: cemento y sin aditivo, luego se varia el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika - 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 y 1:3 (Ver Tabla N°31 a Tabla N°33).

Tabla N°31: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero patrón MP-1. Fuente: Elaboración Propia

MP-1		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm ³	P recipiente	759.3 g
Cemento	700 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm ³)
Arena	700 g	1	1642.6	883.3	2.21
Agua	271.6 ml	2	1644.0	884.7	2.21
Aditivo	0 ml	3	1645.2	885.9	2.21
		P.U. Promedio =		2211	kg/m³

Tabla N°32: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA1-1:9. Fuente: Elaboración Propia

MA1-1:9		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm ³	P recipiente	759.3 g
Cemento	700 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm ³)
Arena	700 g	1	1645.1	885.8	2.21
Agua	244.44 ml	2	1640.0	880.7	2.20
Aditivo	27.16 ml	3	1642.6	883.25	2.21
		P.U. Promedio =		2208	Kg/m³

Tabla N°33: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA1-1:3. Fuente: Elaboración Propia

MA1-1:3		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm ³	P recipiente	759.3 g
Cemento	700 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm ³)
Arena	700 g	1	1642.6	883.3	2.21
Agua	203.7 ml	2	1643.8	884.5	2.21
Aditivo	67.9 ml	3	1643.2	883.9	2.21
		P.U. Promedio =		2209	Kg/m³

Se realiza el ensayo de peso unitario al mortero de revestimiento con relación en peso 1:2 de arena: cemento y sin aditivo, luego se varia el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika - 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 y 1:3 (Ver Tabla N°34 a Tabla N°36).

Tabla N°34: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero patrón MP-2. Fuente: Elaboración Propia

MP-2		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm ³	P recipiente	759.3 g
Cemento	500 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm ³)
Arena	1000 g	1	1641.1	881.8	2.20
Agua	272.2 ml	2	1631.7	872.4	2.18
Aditivo	0 ml	3	1636.4	877.1	2.19
		P.U. Promedio =		2192	Kg/m³

Tabla N°35: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA2-1:9. Fuente: Elaboración Propia

MA2-1:9		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm ³	P recipiente	759.3 g
Cemento	500 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm ³)
Arena	1000 g	1	1627.8	868.5	2.17
Agua	244.98 ml	2	1628	868.7	2.17
Aditivo	27.22 ml	3	1627.9	868.6	2.17
		P.U. Promedio =		2171	Kg/m³

Tabla N°36: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA2-1:3. Fuente: Elaboración Propia

MA2-1:3		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm ³	P recipiente	759.3 g
Cemento	500 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm ³)
Arena	1000 g	1	1615.6	856.3	2.14
Agua	204.15 ml	2	1634	874.7	2.19
Aditivo	68.05 ml	3	1624.8	865.5	2.16
		P.U. Promedio =		2163	Kg/m³

Se realiza el ensayo de peso unitario al mortero de revestimiento con relación en peso 1:3 de arena: cemento y sin aditivo, luego se varia el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika - 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 y 1:3 (Ver Tabla N°37 a Tabla N°39).

Tabla N°37: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero patrón MP-3. Fuente: Elaboración Propia

MP-3		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm3	P recipiente	759.3 g
Cemento	400 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm3)
Arena	1200 g	1	1608.8	849.5	2.12
Agua	293.7	2	1604.2	844.9	2.11
Aditivo	0 ml	3	1613.4	854.1	2.14
		P.U. Promedio =		2123	Kg/m3

Tabla N°38: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA3-1:9. Fuente: Elaboración Propia

MA3-1:9		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm3	P recipiente	759.3 g
Cemento	400 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm3)
Arena	1200 g	1	1609.2	849.9	2.12
Agua	264.33 ml	2	1597.9	838.6	2.10
Aditivo	29.37 ml	3	1603.55	844.3	2.11
		P.U. Promedio =		2110	Kg/m3

Tabla N°39: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA3-1:3. Fuente: Elaboración Propia

MA3-1:3		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm3	P recipiente	759.3 g
Cemento	400 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm3)
Arena	1200 g	1	1597.5	838.2	2.10
Agua	220.28 ml	2	1604.4	845.1	2.11
Aditivo	73.43 ml	3	1600.95	841.7	2.10
		P.U. Promedio =		2104	Kg/m3

Se realiza el ensayo de peso unitario al mortero de revestimiento con relación en peso 1:4 de arena: cemento y sin aditivo, luego se varia el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika - 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 y 1:3 (Ver Tabla N°40 a Tabla N°42).

Tabla N°40: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero patrón MP-4. Fuente: Elaboración Propia

MP-4		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm ³	P recipiente	759.3 g
Cemento	300 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm ³)
Arena	1200 g	1	1596.4	837.1	2.09
Agua	283.5 ml	2	1604.8	845.5	2.11
Aditivo	0 ml	3	1600.6	841.3	2.10
		P.U. Promedio =		2103	Kg/m³

Tabla N°41: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA4-1:9. Fuente: Elaboración Propia

MA4-1:9		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm ³	P recipiente	759.3 g
Cemento	300 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm ³)
Arena	1200 g	1	1599.2	839.9	2.10
Agua	255.15 ml	2	1586.0	826.7	2.07
Aditivo	28.35 ml	3	1592.6	833.3	2.08
		P.U. Promedio =		2083	Kg/m³

Tabla N°42: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA4-1:3. Fuente: Elaboración Propia

MA4-1:3		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm ³	P recipiente	759.3 g
Cemento	300 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm ³)
Arena	1200 g	1	1584.8	825.5	2.06
Agua	212.63 ml	2	1588.3	829.0	2.07
Aditivo	70.88 ml	3	1586.6	827.3	2.07
		P.U. Promedio =		2068	Kg/m³

Se realiza el ensayo de peso unitario al mortero de revestimiento con relación en peso 1:5 de arena: cemento y sin aditivo, luego se varia el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika - 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 y 1:3 (Ver Tabla N°43 a Tabla N°45).

Tabla N°43: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero patrón MP-5. Fuente: Elaboración Propia

MP-5		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm ³	P recipiente	759.3 g
Cemento	250 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm ³)
Arena	1250 g	1	1592.3	833	2.08
Agua	299.0 ml	2	1594.2	834.9	2.09
Aditivo	0 ml	3	1596.1	836.8	2.09
		P.U. Promedio =		2087	Kg/m³

Tabla N°44: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA5-1:9. Fuente: Elaboración Propia

MA5-1:9		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm ³	P recipiente	759.3 g
Cemento	250 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm ³)
Arena	1250 g	1	1584.4	825.1	2.06
Agua	269.1 ml	2	1581.2	821.9	2.05
Aditivo	29.90 ml	3	1582.8	823.5	2.06
		P.U. Promedio =		2058	Kg/m³

Tabla N°45: Valores de Ensayo de Peso Unitario del mortero MA5-1:3. Fuente: Elaboración Propia

MA5-1:3		ENSAYO DE PESO UNITARIO			
Material	cantidad	V Recipiente	400 cm ³	P recipiente	759.3 g
Cemento	250 g	N° Ensayo	Peso Total (g)	Peso Neto (g)	P.U. (g/cm ³)
Arena	1250 g	1	1573.9	814.6	2.04
Agua	224.25 ml	2	1569.7	810.4	2.03
Aditivo	74.75 ml	3	1571.8	812.5	2.03
		P.U. Promedio =		2031	Kg/m³

7.2.3. Exudación

La exudación es una propiedad del mortero en estado fresco, que se presenta momentos después de haberse terminado la mezcla, la exudación se nota mediante la presencia de agua en la superficie del mismo, y continúa durante dos a tres horas. Esta presencia de agua es producida por la sedimentación de las partículas sólidas más pesadas que el agua, que se encuentran en suspensión en la masa plástica del mortero fresco.

Las fases de la exudación principalmente son:

- La velocidad de exudación, definida como la velocidad inicial constante de exudación durante los primeros 30 minutos.
- Capacidad de exudación, que es la relación del volumen total de agua que aparece en la superficie de la mezcla del mortero con el volumen total del mortero en el recipiente cilíndrico.

El procedimiento para determinarlo se detalla en la NTP 334.121: “*Método de ensayo para exudación de pastas de cemento y mortero*”, que calcula midiendo el agua que resurge a la superficie del mortero en reposo durante un promedio de 2 - 3 horas.

El procedimiento de ensayo descrito en la NTP 334.121 para hallar la exudación es el siguiente:

- Preparar recipiente cilíndrico de 10cm de diámetro y 10cm de altura, humedeciendo la superficie que estará en contacto con el mortero. Marcar a la mitad de altura del recipiente.
- Dentro de un total de tiempo transcurrido de no más de 2 min y 30 s después de la culminación del mezclado del mortero, comenzar a colocar la muestra del mortero dentro del recipiente cilíndrico.
- La colocación del mortero dentro del recipiente se realiza en tres capas debidamente compactadas. Para ello, llenar el molde cilíndrico hasta la sexta parte de su altura y luego apisonar 40 veces con el pistón. Repetir el proceso para las dos capas siguientes, la última capa llenar hasta la media parte de su altura.
- Dejar el recipiente en completo reposo, al resguardo de sacudidas o vibraciones que influyan a una exudación no normal.

- Durante los primeros 30 minutos tomar medida del agua que resurge a la superficie del mortero cada 5 minutos inclinando el recipiente un minuto antes de cada medición, utilizando como la hora de inicio la culminación del tratamiento de la superficie. Continuar la medición cada 30 minutos hasta que termine la exudación.
- Las herramientas y equipos que se necesitan son: varilla metálica, espátula, aparato para medir el desplazamiento del líquido exudado, balanza electrónica con precisión de 0.1g y un recipiente cilíndrico con diámetro de 10.00 cm y altura de 10.00cm.

La exudación se cuantifica mediante dos valores: la velocidad de exudación y la capacidad de exudación.

Para el cálculo de velocidad de exudación (R_B) se utiliza la siguiente fórmula:

$$R_B = \frac{V_t (ml) \times 100}{A (cm^2) \times t (min)}$$

Para el cálculo de la capacidad de exudación (C_B) se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_B = \frac{V_i (ml)}{V_f (ml)}$$

Donde:

R_B : Velocidad de exudación, ml/dm²/min,

V_t : Volumen de agua de exudación, medida durante el intervalo de tiempo t, ml.

A : Área expuesta del recipiente cilíndrico, cm².

t : Tiempo durante el cual ocurre la exudación a una velocidad constante, min.

C_B : Capacidad de exudación, ml/ml.

V_i : Volumen total de agua de exudación, ml.

V_f : Volumen inicial del mortero en el recipiente cilíndrico, ml.

Se realiza el ensayo de peso unitario al mortero de revestimiento sin aditivo, luego se varía el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika - 3 en proporción aditivo: agua de 1:9 y 1:3. Para la relación cemento: arena de 1:1 (Ver Tabla N°46 a N°48), para relación cemento: arena de 1:3 (Ver Tabla N°49 a N°51) y para relación cemento: arena igual a 1:5 (Ver Tabla N°52 a N°54)

Tabla N°46: Valores de Ensayo de Exudación del mortero patrón MP-1. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE EXUDACIÓN - MP1			
A = 78.54 cm ²		V _f = 392.70 ml	
Hora	V _t (ml)	Tiempo (min)	R _B (ml/dm ² /min)
11:05	-	0	-
11:10	0.10	5	0.025
11:15	0.10	10	0.025
11:20	0.20	15	0.051
11:25	0.30	20	0.076
11:30	0.40	25	0.102
11:35	0.40	30	0.102
12:05	2.30	60	
12:35	0.70	90	
01:05	0.00	120	
V _i = ∑V _t = 4.50 ml		R_B PROMEDIO = 0.064 ml/dm²/min	
		C_B = V_i/V_f = 1.15%	

Tabla N°47: Valores de Ensayo de Exudación del mortero MA1-1:9. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE EXUDACIÓN - MA1-1:9			
A = 78.54 cm ²		V _f = 392.70 ml	
Hora	V _t (ml)	Tiempo (min)	R _B (ml/dm ² /min)
12:20	-	0	-
12:25	0.00	5	0.000
12:30	0.00	10	0.000
12:35	0.00	15	0.000
12:40	0.10	20	0.025
12:45	0.30	25	0.076
12:50	0.20	30	0.051
12:55	0.10	35	
01:25	0.90	65	
01:50	0.00	90	
V _i = ∑V _t = 1.60 ml		R_B PROMEDIO = 0.025 ml/dm²/min	
		C_B = V_i/V_f = 0.41%	

Tabla N°48: Valores de Ensayo de Exudación del mortero MA1-1:3. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE EXUDACIÓN - MA1-1:3			
$A = 78.54 \text{ cm}^2$		$V_f = 392.70 \text{ ml}$	
Hora	V_t (ml)	Tiempo (min)	R_B (ml/dm ² /min)
01:44	-	0	-
01:49	0.00	5	0.000
01:54	0.00	10	0.000
01:59	0.10	15	0.025
02:04	0.10	20	0.025
02:09	0.10	25	0.025
02:14	0.10	30	0.025
02:44	0.00	60	
$V_i = \sum V_t = 0.40 \text{ ml}$		$R_B \text{ PROMEDIO} = 0.017 \text{ ml/dm}^2/\text{min}$	
		$C_B = V_i/V_f = 0.10\%$	

Tabla N°49: Valores de Ensayo de Exudación del mortero patrón MP-3. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE EXUDACIÓN - MP3			
$A = 78.54 \text{ cm}^2$		$V_f = 392.70 \text{ ml}$	
Hora	V_t (ml)	Tiempo (min)	R_B (ml/dm ² /min)
10:05	-	0	-
10:10	1.05	5	0.267
10:15	1.05	10	0.267
10:20	1.15	15	0.293
10:25	1.25	20	0.318
10:30	1.40	25	0.357
10:35	1.60	30	0.407
11:05	8.70	60	
11:35	2.80	90	
12:05	0.80	120	
12:35	0.00	150	
$V_i = \sum V_t = 19.80 \text{ ml}$		$R_B \text{ PROMEDIO} = 0.318 \text{ ml/dm}^2/\text{min}$	
		$C_B = V_i/V_f = 5.04 \%$	

Tabla N°50: Valores de Ensayo de Exudación del mortero MA3-1:9. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE EXUDACIÓN - MA3-1:9			
$A = 78.54 \text{ cm}^2$		$V_f = 392.70 \text{ ml}$	
Hora	$V_t \text{ (ml)}$	Tiempo (ml)	$R_B \text{ (ml/dm}^2\text{/min)}$
11:52	-	0	-
11:57	0.30	5	0.076
12:02	0.40	10	0.102
12:07	1.00	15	0.255
12:12	1.50	20	0.382
12:17	1.50	25	0.382
12:22	1.00	30	0.255
12:52	3.20	60	
01:22	0.10	90	
01:52	0.00	120	
$V_i = \sum V_t = 9.00 \text{ ml}$		$R_B \text{ PROMEDIO} = 0.242 \text{ ml/dm}^2\text{/min}$	
		$C_B = V_i/V_f = 2.29 \%$	

Tabla N°51: Valores de Ensayo de Exudación del mortero MA3-1:3. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE EXUDACIÓN - MA3-1:3			
$A = 78.54 \text{ cm}^2$		$V_f = 392.70 \text{ ml}$	
Hora	$V_t \text{ (ml)}$	Tiempo (min)	$R_B \text{ (ml/dm}^2\text{/min)}$
12:50	-	0	-
12:55	0.00	5	0.000
01:00	0.00	10	0.000
01:05	0.10	15	0.025
01:10	0.10	20	0.025
01:15	0.10	25	0.025
01:20	0.10	30	0.025
01:50	0.20	60	
02:20	0.00	90	
$V_i = \sum V_t = 0.60 \text{ ml}$		$R_B \text{ PROMEDIO} = 0.017 \text{ ml/dm}^2\text{/min}$	
		$C_B = V_i/V_f = 0.15\%$	

Tabla N°52: Valores de Ensayo de Exudación del mortero patrón MP-5. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE EXUDACIÓN - MP5			
A = 78.54 cm ²		V _f = 392.70 ml	
Hora	V _t (ml)	Tiempo (min)	R _B (ml/dm ² /min)
03:56	-	0	-
04:01	2.40	5	0.611
04:06	2.50	10	0.637
04:11	2.90	15	0.738
04:16	3.40	20	0.866
04:23	3.60	25	0.917
04:26	3.80	30	0.968
04:31	8.10	60	
05:01	5.50	90	
05:31	2.10	120	
06:01	0.00	150	
V _i = ∑V _t = 34.30 ml		R_B PROMEDIO = 0.789 ml/dm²/min	
		C_B = V_i/V_f = 8.73 %	

Tabla N°53: Valores de Ensayo de Exudación del mortero MA5-1:9. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE EXUDACIÓN - MA5-1:9			
A = 78.54 cm ²		V _f = 392.70 ml	
Hora	V _t (ml)	Tiempo (min)	R _B (ml/dm ² /min)
02:56	-	0	-
03:01	1.00	5	0.255
03:06	1.40	10	0.357
03:11	1.80	15	0.458
03:16	2.20	20	0.560
03:21	1.40	25	0.357
03:26	1.10	30	0.280
03:31	0.50	35	
04:01	1.90	65	
04:31	1.50	95	
04:56	0.00	120	
V _i = ∑V _t = 12.80 ml		R_B PROMEDIO = 0.378 ml/dm²/min	
		C_B = V_i/V_f = 3.26 %	

Tabla N°54: Valores de Ensayo de Exudación del mortero MA5-1:3. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE EXUDACIÓN - MA5-1:9			
$A = 78.54 \text{ cm}^2$		$V_f = 392.70 \text{ ml}$	
Hora	$V_t \text{ (ml)}$	Tiempo (min)	$R_B \text{ (ml/dm}^2\text{/min)}$
01:37	-	0	-
01:42	0.05	5	0.013
01:47	0.05	10	0.013
01:52	0.10	15	0.025
01:57	0.20	20	0.051
02:02	0.50	25	0.127
02:07	0.60	30	0.153
02:37	1.00	60	
03:07	0.40	90	
03:37	0.00	120	
$V_i = \sum V_t = 2.90 \text{ ml}$		$R_B \text{ PROMEDIO} = 0.064 \text{ ml/dm}^2\text{/min}$	
		$C_B = V_i/V_f = 0.74 \%$	

El cálculo de la velocidad de exudación se realiza solo para los 30 minutos iniciales de la exudación, ya que en ese intervalo se considera constante dicha velocidad.

7.2.4. Tiempo de fraguado

El fraguado es un fenómeno mecánico de endurecimiento que se produce cuando el agua entra en contacto con el aglomerante hidráulico, produciendo en este la multiplicación y adherencia de cristales tomando a menudo una forma muy alargada, especie de agujas embrolladas, que permiten adquirir al aglomerante coherencia y dureza.

El tiempo de fraguado presenta sucesivamente dos etapas distintas:

- Fraguado Inicial, que expresa el tiempo donde se da el aumento de la cohesión intempestivamente del aglomerante hidráulico, acompañado de una elevación de temperatura.
- Fraguado Final, que expresa el tiempo donde el aglomerante hidráulico deja de ser deformable y se convierte en un bloque rígido.

El ensayo de tiempo de fraguado se realiza con el aparato de Vicat utilizando un recipiente de tronco de cono el cual es llenado en una sola capa según lo indica

la NTP 334.006: “Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico con aguja de vicat”.

El procedimiento de ensayo descrito en la NTP 334.006 es el siguiente:

- Preparar el recipiente de tronco de cono y el aparato de Vicat, humedeciendo todas las superficies que entraran en contacto con la muestra de mortero.
- Preparar el mortero a ensayar, tomar una muestra y darle una forma esférica, este proceso se realiza con las manos debidamente protegidas, los cuales pasaran la muestra de una a otra unas 10 veces, las manos deben estar separadas aproximadamente 25cm.
- Colocar el orificio más angosto del recipiente de tronco de cono en la palma de la mano, colocar la muestra de mortero por la parte más ancha dentro del recipiente de tronco de cono, asegurar que se llene completamente realizando un movimiento oscilatorio de la mano, retirar la masa sobrante con el dedo para inmediatamente colocar la base de vidrio.
- Realizar un giro de 180° a la muestra preparada, quedando la base de vidrio apoyada en la superficie.
- Alisar la superficie superior del mortero con la plancha triangular una sola vez.
- Dejar fraguar la muestra durante 30 minutos, transcurrido dicho tiempo penetrar a la muestra con la aguja de Vicat. Apuntar la profundidad de penetración y el tiempo transcurrido desde que el agua entro en contacto con el cemento (Ver gráfico N°11)
- Repetir el proceso cada 15 minutos hasta que la aguja de Vicat no deje huella sobre el mortero.
- Las herramientas y equipos que se necesitan son: recipiente de tronco de cono, base de vidrio, espátula, guante, cronómetro y aparato de Vicat (Ver gráfico N°12).

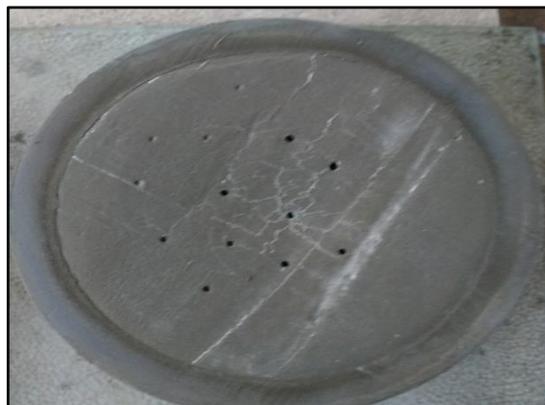


Gráfico N°11: Muestra penetrada en ensayo de tiempo de fraguado. Fuente: Elaboración propia



Gráfico N°12: Aparato de Vicat. Fuente: Elaboración propia

El tiempo de fraguado se obtiene a partir de la realización de la curva: tiempo (min) vs penetración (mm) con los resultados obtenidos del ensayo de tiempo de fragua.

El tiempo de fraguado inicial corresponde al tiempo (min) que produce una penetración de 25mm y el tiempo final de fraguado es el tiempo (min) en donde se produce una penetración igual a 0 mm.

Realizando el procedimiento y cálculo anteriormente mencionado del ensayo de tiempo de fraguado, se obtiene el gráfico de tiempo vs penetración, tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final para el mortero de revestimiento con relación en peso 1:1 de cemento: arena (Ver Tabla N°55 a Tabla N°57 y Gráfico N°13 a Gráfico N°15), para el mortero de revestimiento con relación en peso de 1:2 de cemento: arena (Ver Tabla N°58 a Tabla N°60 y Gráfico N°16 a Gráfico N°18), para el mortero de revestimiento con relación en peso de 1:3 de cemento: arena (Ver Tabla N°61 a Tabla N°63 y Gráfico N°19 a Gráfico N°21), para el mortero de revestimiento con relación en peso de 1:4 de cemento: arena (Ver Tabla N°64 a Tabla N°66 y Gráfico N°22 a Gráfico N°24) y para el mortero de revestimiento con relación en peso de 1:5 de cemento: arena (Ver Tabla N°67 a Tabla N°69 y Gráfico N°25 a Gráfico N°27); variando en cada muestra la relación en volumen de aditivo: agua en 1:9 y 1:3.

Tabla N°55: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero patrón MP-1. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MP-1	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
60	40.0
130	37.0
160	30.5
176	4.5
181	1.5
186	1.0
191	0.8
196	0.7
201	0.6
206	0.5
211	0.3
216	0.1
221	0.0
Fraguado inicial = 163 min Fraguado Final = 225 min	

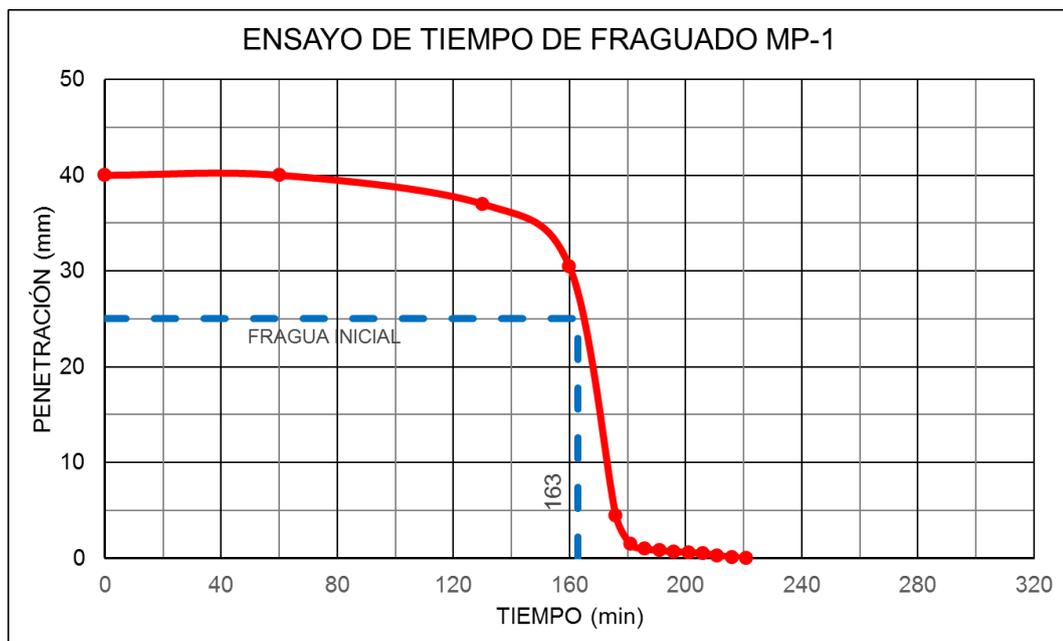


Gráfico N°13: Tiempo-Penetración de ensayo Tiempo de fraguado MP-1. Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°56: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA1-1:9. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MA1-1:9	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
57	40.0
73	39.0
87	34.0
99	18.0
109	4.0
117	2.0
123	0.5
130	0.1
136	0.0
Fraguado inicial = 94 min Fraguado Final = 140 min	

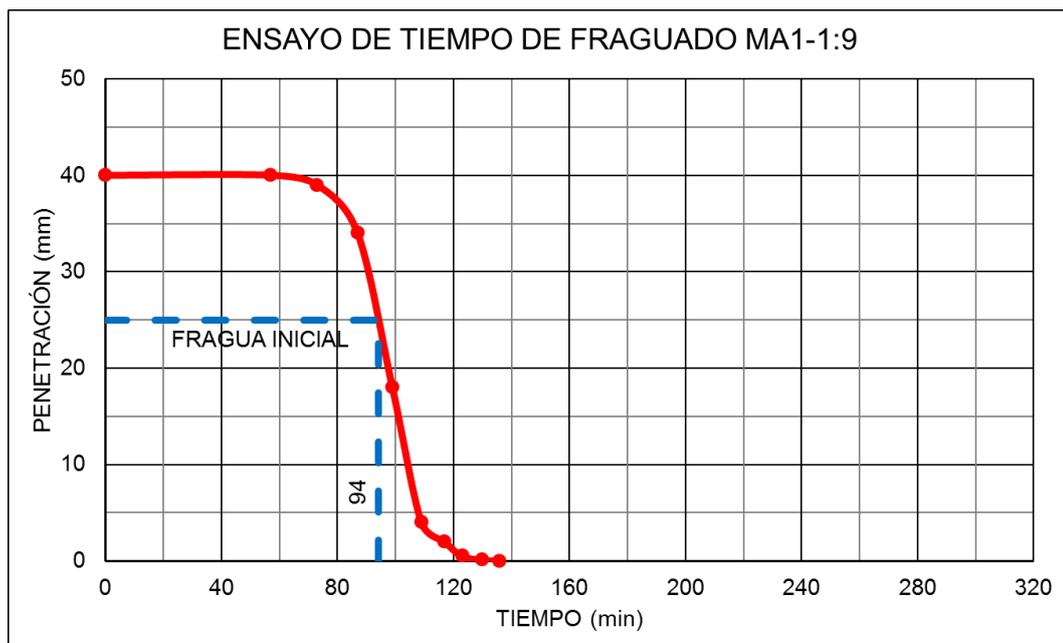


Gráfico N°14: Tiempo-Penetración de ensayo Tiempo de fraguado MA1-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°57: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA1-1:3. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MA1-1:3	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
43	40.0
63	33.5
81	1.5
87	0.5
90	0.5
96	0.2
103	0.0
Fraguado inicial = 68 min Fraguado Final = 105 min	

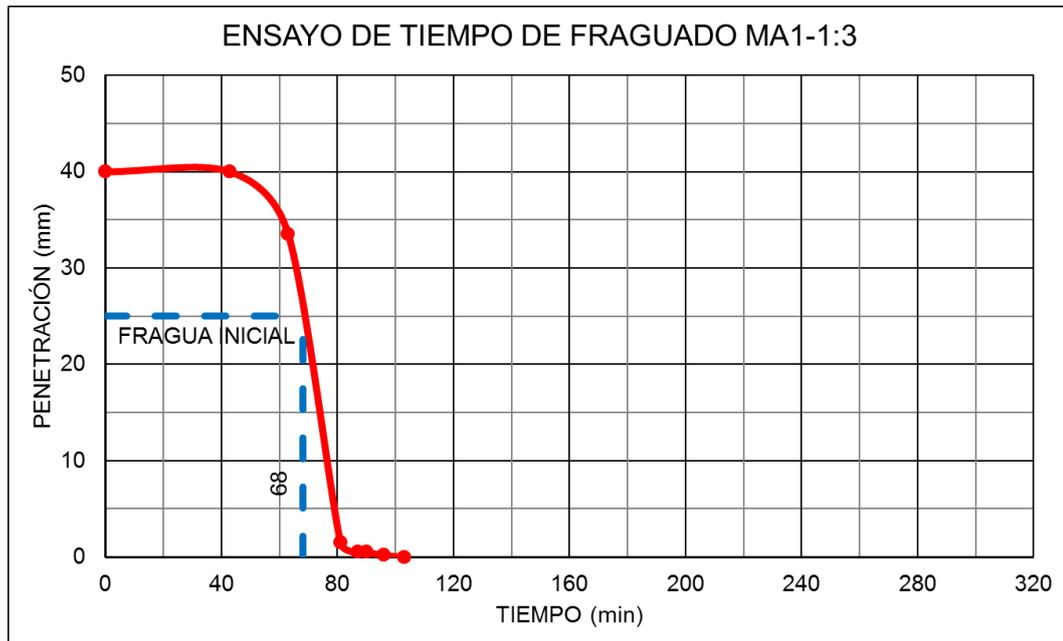


Gráfico N°15: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA1-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°58: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero patrón MP-2. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MP-2	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
60	40.0
120	39.5
178	31.5
194	4.0
200	2.5
207	1.8
213	1.5
218	1.0
223	0.8
228	0.7
233	0.5
237	0.1
246	0.0
Fraguado inicial = 182 min	
Fraguado Final = 250 min	

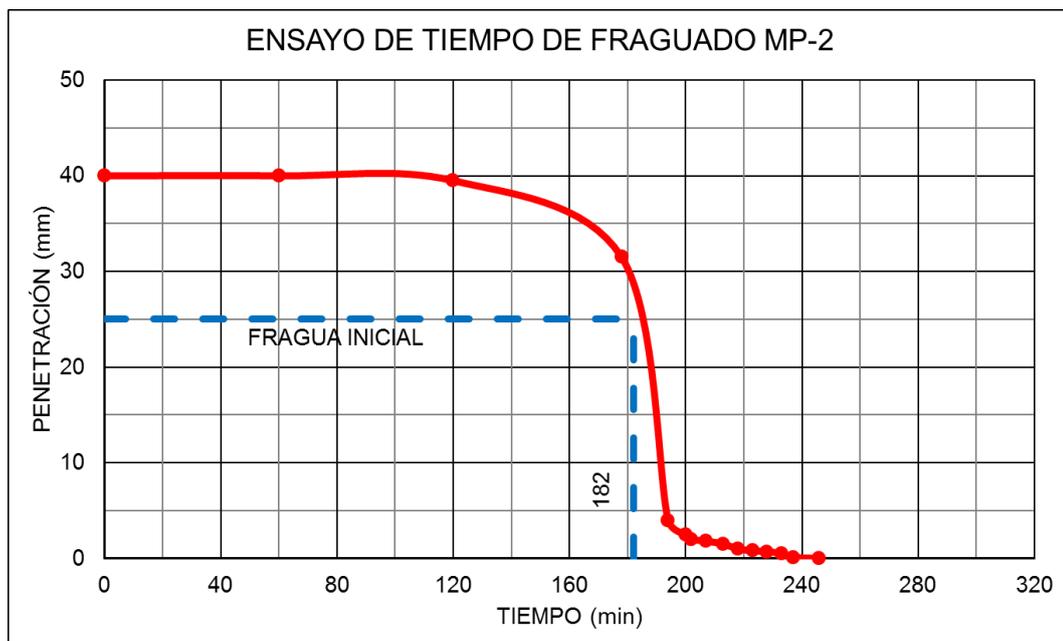


Gráfico N°16: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MP-2. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°59: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA2-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MA2-1:9	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
60	40.0
91	37.5
98	34.5
104	16.9
116	4.5
126	1.5
135	0.5
148	0.0
Fraguado inicial = 101 min Fraguado Final = 150 min	

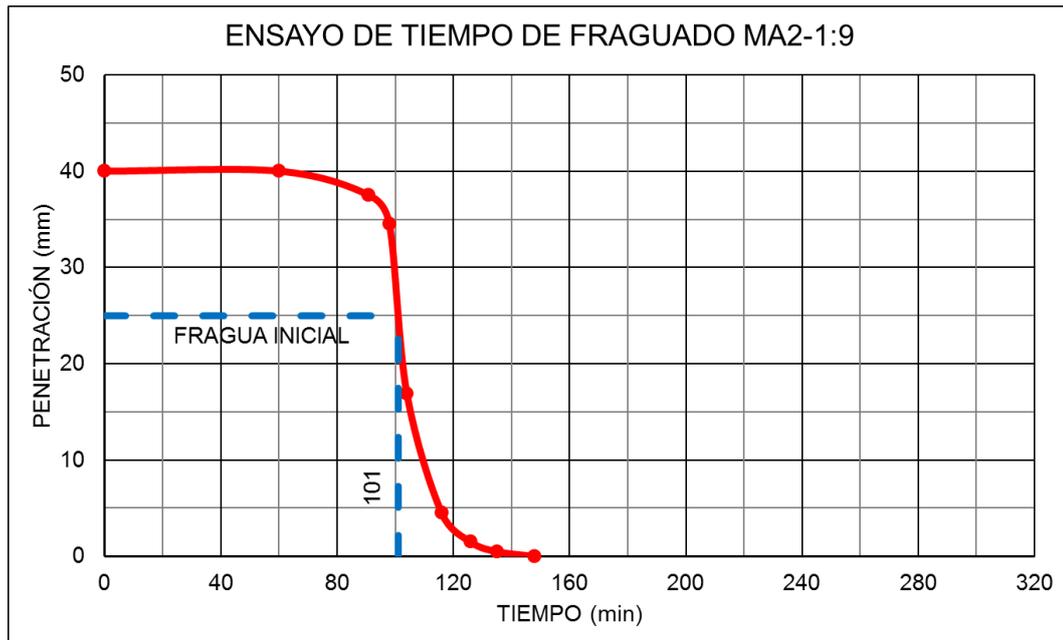


Gráfico N°17: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA2-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°60: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA2-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MA2-1:3	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
59	40.0
79	37.0
95	11.5
103	2.5
106	1.0
112	0.5
120	0.0
Fraguado inicial = 87 min Fraguado Final = 120 min	

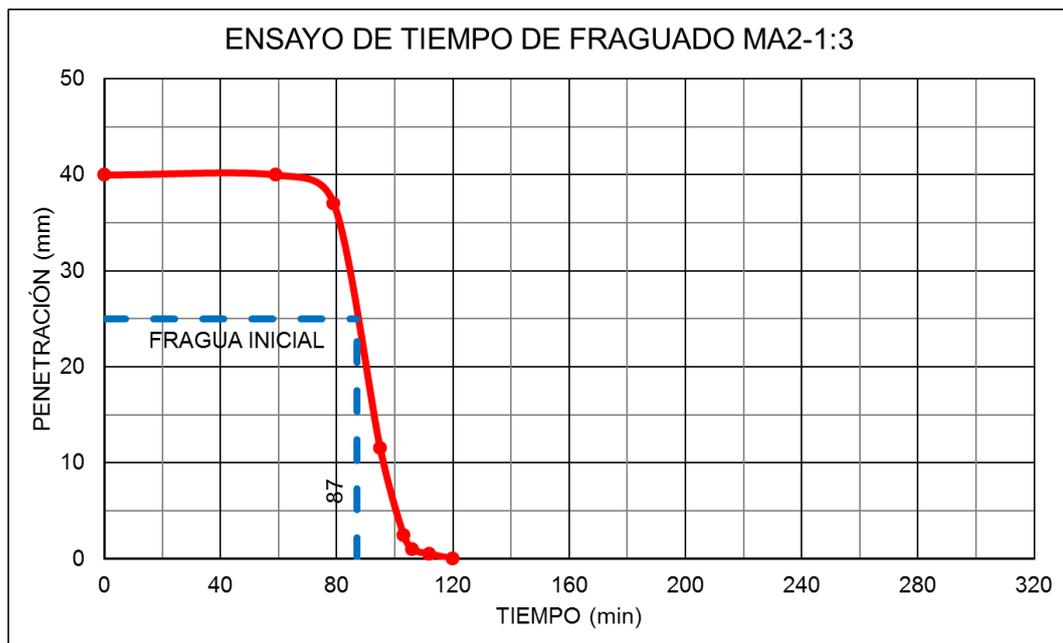


Gráfico N°18: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA2-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°61: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero patrón MP-3. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MP-3	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
60	40.0
120	40.0
186	36.0
215	8.0
219	5.5
221	3.5
227	2.5
233	1.3
238	1.0
266	0.5
270	0.3
273	0.1
276	0.0
Fraguado inicial = 197 min	
Fraguado Final = 280 min	

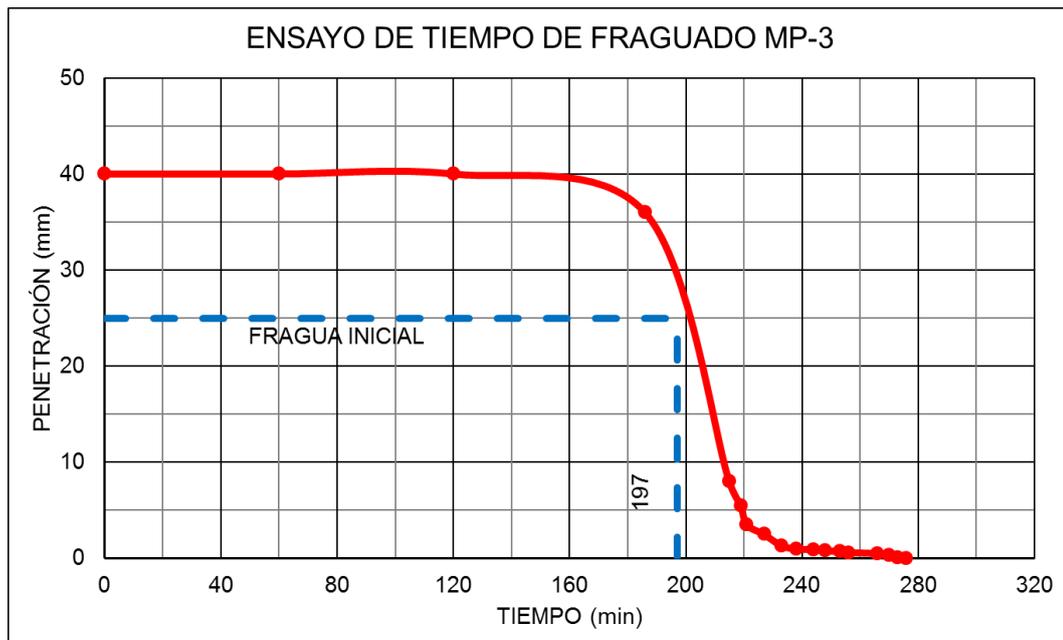


Gráfico N°19: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MP-3. Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°62: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA3-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MA3-1:9	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
60	40.0
88	38.0
110	26.5
115	10.5
120	3.0
128	1.5
139	1.0
151	0.8
159	0.5
165	0.2
172	0.0
Fraguado inicial = 110 min Fraguado Final = 175 min	

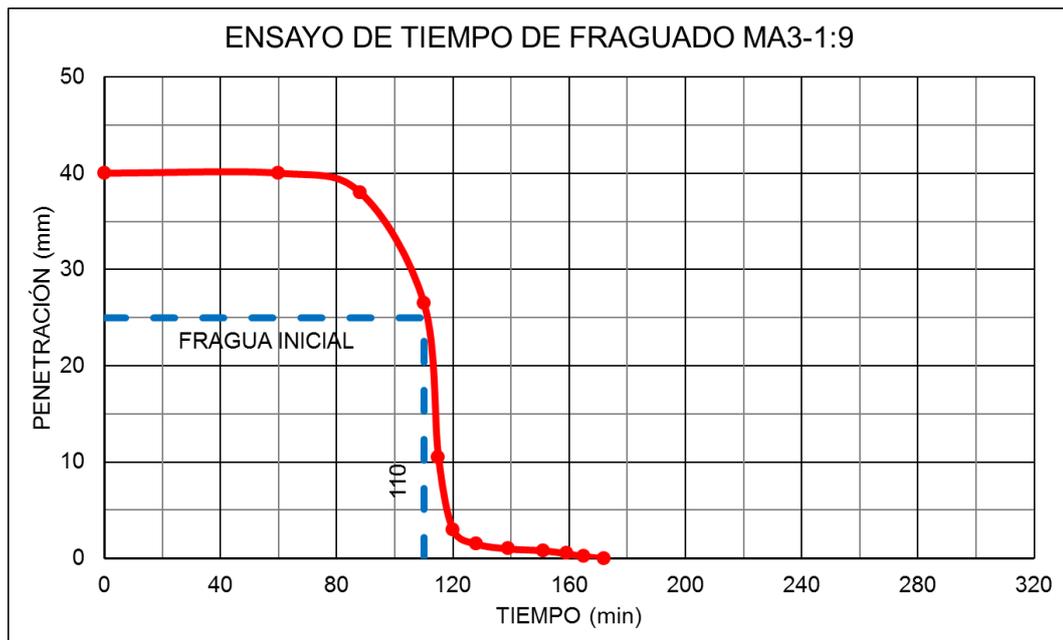


Gráfico N°20: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA3-1:9. Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°63: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA3-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MA3-1:3	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
60	40.0
74	40.0
89	33.0
110	8.0
116	2.0
120	1.0
126	0.5
135	0.5
142	0.0
Fraguado inicial = 96 min Fraguado Final = 145 min	

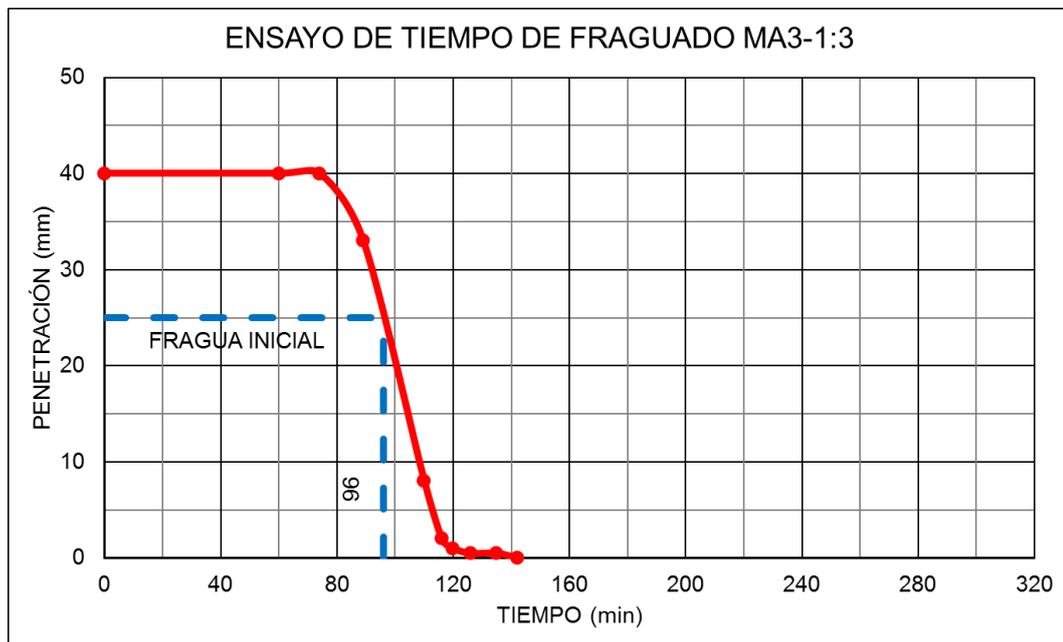


Gráfico N°21: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA3-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°64: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero patrón MP-4. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MP-4	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
120	40.0
184	36.5
214	26.5
233	8.0
237	3.0
241	2.0
246	1.5
252	1.0
262	1.0
267	0.5
277	0.5
288	0.5
293	0.0
Fraguado inicial = 216 min Fraguado Final = 295 min	

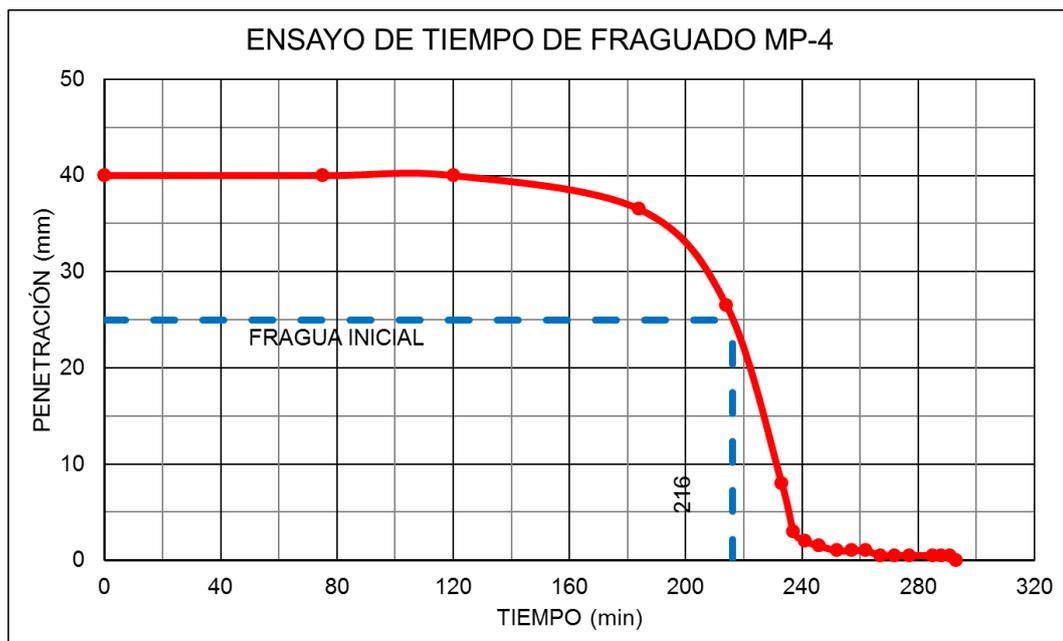


Gráfico N°22: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MP-4. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°65: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA4-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MA4-1:9	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
70	40.0
86	39.5
97	38.5
112	36.5
131	27.0
137	17.0
142	4.5
147	3.0
157	2.0
162	1.5
182	0.5
190	0.0
Fraguado inicial = 132 min Fraguado Final = 190 min	

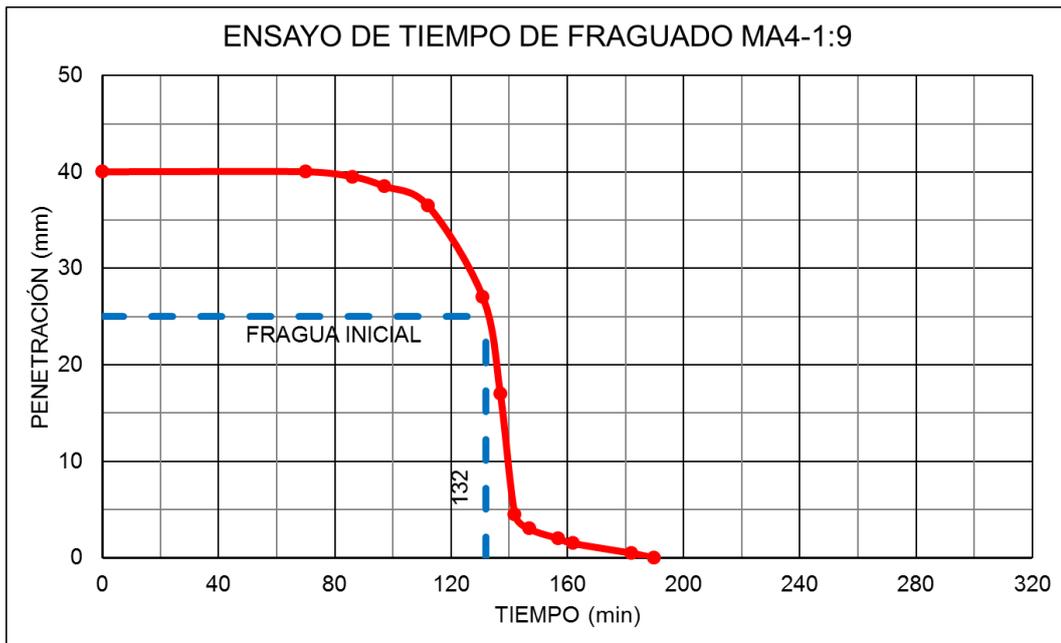


Gráfico N°23: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA4-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°66: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA4-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MA4-1:3	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
71	39.0
101	29.0
106	16.0
111	6.0
116	4.0
127	3.0
133	2.5
140	1.4
151	1.0
164	1.0
171	0.5
176	0.5
184	0.0
Fraguado inicial = 103 min Fraguado Final = 185 min	

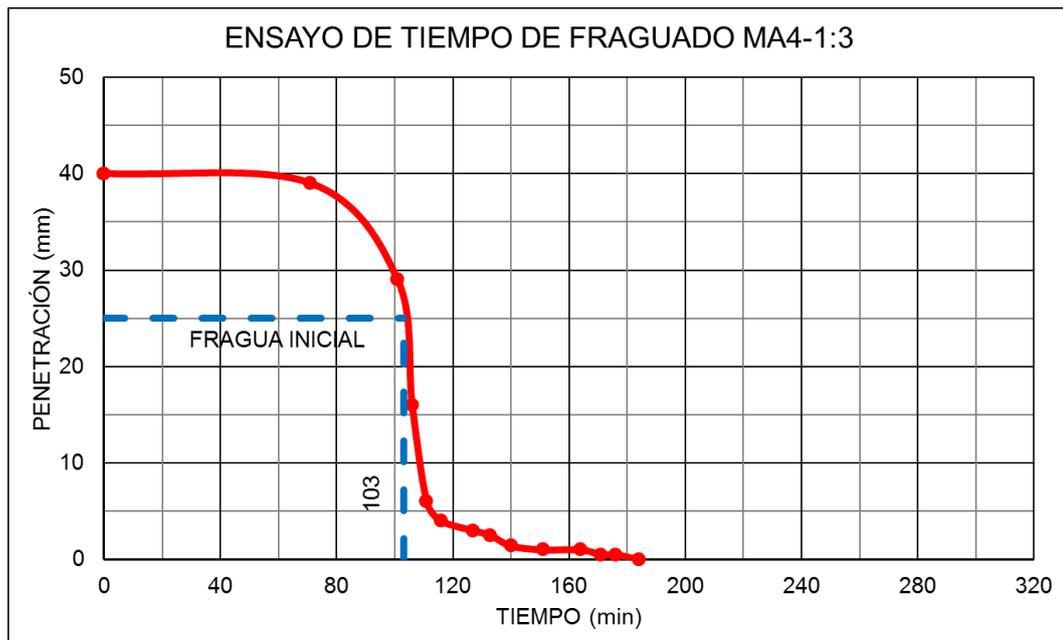


Gráfico N°24: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA4-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°67: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero patrón MP-5. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MP-5	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
93	40.0
120	40.0
180	37.0
223	31.0
253	16.0
258	10.0
260	5.0
267	4.0
272	2.0
277	1.5
288	0.5
308	0.1
312	0.0
Fraguado inicial = 235 min Fraguado Final = 315 min	

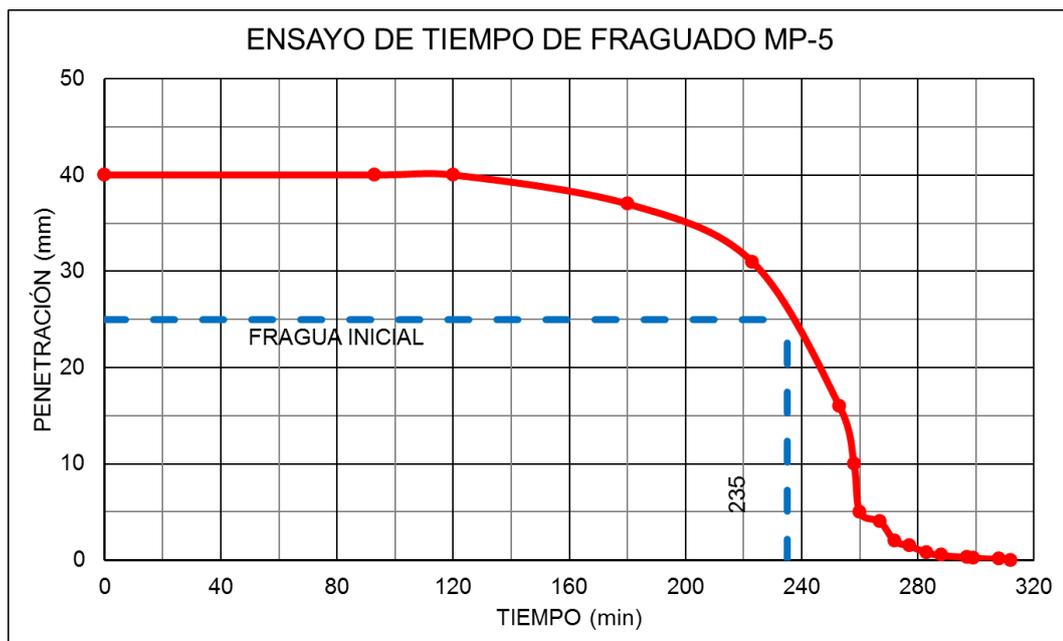


Gráfico N°25: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MP-5. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°68: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA5-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MA5-1:9	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
68	40.0
98	40.0
108	40.0
123	38.0
143	30.0
148	19.0
153	10.0
158	8.0
168	2.0
194	1.5
201	1.0
211	0.5
229	0.0
Fraguado inicial = 145 min Fraguado Final = 230 min	

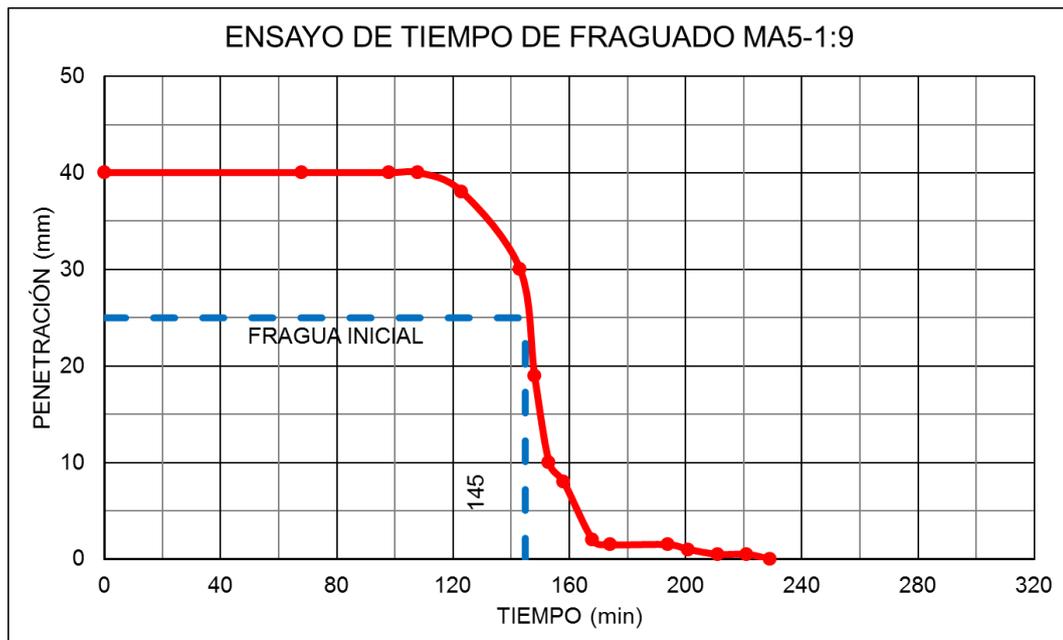


Gráfico N°26: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA5-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°69: Ensayo de Tiempo de Fraguado del mortero MA5-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO MA5-1:3	
Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
0	40.0
60	40.0
90	39.5
105	34.5
115	24.0
120	14.5
125	7.0
130	4.5
144	3.0
158	2.0
180	1.5
188	1.0
202	0.5
217	0.0
Fraguado inicial = 114 min Fraguado Final = 220 min	

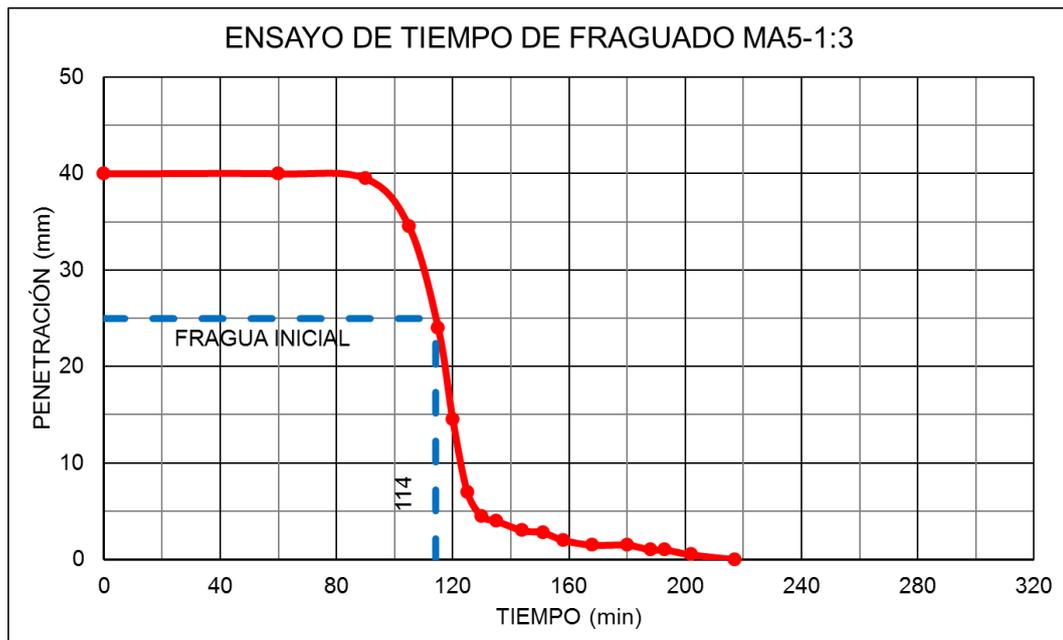


Gráfico N°27: Tiempo-Penetración de Ensayo Tiempo de fraguado MA5-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

7.3. PROPIEDADES DEL MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO

El estado endurecido es la segunda etapa del mortero que empieza cuando deja de ser deformable y se convierte en un bloque rígido. Las principales propiedades en el estado endurecido del mortero de revestimiento bajo condiciones de permeabilidad son la resistencia a la compresión, la capilaridad y la absorción.

7.3.1. Resistencia a la Compresión

Este ensayo fue elaborado según la NTP 334.051: *“Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50mm de lado”*, que establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión en morteros de cementos portland. Para cada muestra se elabora 9 especímenes, dejando curar un día en el molde, luego se desmoldan y se sumergen en agua con cal hasta su respectivo ensayo.

Los ensayos se realizan a los 3, 7 y 28 días después de la preparación del mortero, para cada periodo de tiempo se ensayarán 3 especímenes, obteniendo la resistencia a la compresión de la muestra en un determinado tiempo como el promedio de los resultados de los tres ensayos.

El procedimiento de ensayo descrito en la NTP 334.051 para el cálculo de resistencia a la compresión en el mortero es el siguiente:

- Después del preparado de la mezcla del mortero, se moldea llenando el molde metálico previamente habilitado engrasando la superficie que estará en contacto con la mezcla, compactando en dos capas cada una de ellas con 32 golpes en forma cuadrática.
- Ya vaciado el mortero, mantener la superficie expuesta del mortero húmeda por 24 horas, luego desmoldar e inmediatamente sumergir la muestra de mortero en agua con cal (3 g de cal por litro de agua).
- Retirar del recipiente de curado el espécimen 30 min antes del ensayo de compresión.
- Medir las dimensiones en cm con regla vernier de la cara del cubo donde se reposará la carga de ensayo con aproximación de dos decimales.
- Ensayar en la máquina Versa-Tester y anotar el resultado de la fuerza (P) aplicada que ocasiona la rotura de la muestra (Ver Gráfico 29), cabe resaltar

que los resultados están en KN, tendrán que ser multiplicadas por 101.9368 para obtener los resultados en Kg.

- Las herramientas y equipos que se necesitan son: calibrador vernier, máquina de compresión Versa – Tester marca Ele International con una capacidad máxima de 27 000 Kg (Ver Gráfico N°28).

Para el cálculo de la resistencia a la compresión (f_c) del espécimen se utiliza la siguiente fórmula:

$$f_c = \frac{P(Kg)}{A(cm^2)}$$

Donde:

f_c : Resistencia a la compresión (Kg/cm²), con aproximación a 1kg/cm².

P : Carga máxima que provoca la falla del espécimen.

A : Área de la cara del espécimen donde se aplica la carga.



Gráfico N°28: Máquina Versa-Tester de ensayo de compresión. Fuente: Elaboración Propia.



Gráfico N°29: Estado de falla del espécimen – Ensayo de compresión. Fuente: Elaboración Propia.

Se realiza el procedimiento y cálculo anteriormente mencionado de ensayo de compresión obteniendo la resistencia de compresión y el gráfico de edad vs compresión para el mortero de revestimiento con relación en peso 1:1 de cemento: arena (Ver Tabla N°70 a Tabla N°72 y Gráfico N°30 a Gráfico N°32), para el mortero de revestimiento con relación en peso de 1:2 de cemento: arena (Ver Tabla N°73 a Tabla N°75 y Gráfico N°33 a Gráfico N°35), para el mortero de revestimiento con relación en peso de 1:3 de cemento: arena (Ver Tabla N°76 a Tabla N°78 y Gráfico N°36 a Gráfico N°38), para el mortero de revestimiento con relación en peso de 1:4 de cemento: arena (Ver Tabla N°79 a Tabla N°81 y Gráfico N°39 a Gráfico N°41) y para el mortero de revestimiento con relación en peso de 1:5 de cemento: arena (Ver Tabla N°82 a Tabla N°84 y Gráfico N°42 a Gráfico N°44); variando en cada muestra la relación en volumen de aditivo: agua en 1:9 y 1:3. Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de una muestra con un mismo cemento, agregado, aditivo, proporciones de materiales y una misma edad, en un solo laboratorio, son aceptados si cuentan con un coeficiente de variación de 5.1% como máximo según la Norma ASTM C349-77.

Tabla N°70: Ensayo: Resistencia a la compresión de mortero patrón MP-1. Fuente: Elaboración Propia.

MP-1							
16.50 L de agua por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	Cv	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.07	5.11	5.07	8.19	2.54%	322
	L2 (cm)	5.09	5.09	5.09			
	Área (cm ²)	25.81	26.01	25.81			
	Fuerza (KN)	79.61	81.84	83.72			
	Fuerza (Kg)	8114.98	8342.51	8534.15			
	F' _c (Kg/cm ²)	314	321	331			
14	L1 (cm)	5.09	5.09	5.17	16.78	4.45%	377
	L2 (cm)	5.11	5.10	5.12			
	Área (cm ²)	26.01	25.96	26.47			
	Fuerza (KN)	93.30	100.93	95.88			
	Fuerza (Kg)	9510.70	10288.48	9773.70			
	F' _c (Kg/cm ²)	366	396	369			
28	L1 (cm)	5.11	5.11	5.17	18.61	4.47%	416
	L2 (cm)	5.11	5.09	5.11			
	Área (cm ²)	26.11	26.01	26.42			
	Fuerza (KN)	101.31	109.98	109.58			
	Fuerza (Kg)	10326.71	11211.01	11170.23			
	F' _c (Kg/cm ²)	395	431	423			

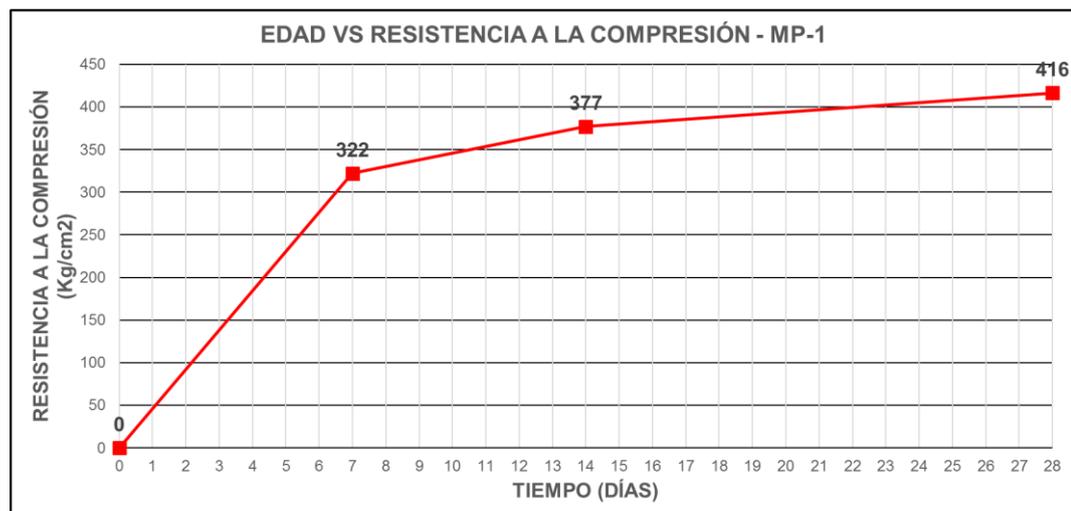


Gráfico N°30: Edad vs compresión del mortero patrón MP-1. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°71: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA1-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

MA1-1:9							
14.85 L de agua + 1.65 L de aditivo Sika - 3 por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	C _v	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.10	5.10	5.15	17.27	5.02%	344
	L2 (cm)	5.09	5.10	5.10			
	Área (cm ²)	25.96	26.01	26.27			
	Fuerza (KN)	89.50	82.82	91.94			
	Fuerza (Kg)	9123.34	8442.41	9372.07			
	F' _c (Kg/cm ²)	351	325	357			
14	L1 (cm)	5.11	5.12	5.11	16.87	4.85%	348
	L2 (cm)	5.10	5.10	5.10			
	Área (cm ²)	26.06	26.11	26.06			
	Fuerza (KN)	90.98	84.12	91.80			
	Fuerza (Kg)	9274.21	8574.92	9357.80			
	F' _c (Kg/cm ²)	356	328	359			
28	L1 (cm)	5.11	5.11	5.10	19.57	4.70%	416
	L2 (cm)	5.10	5.10	5.13			
	Área (cm ²)	26.06	26.06	26.16			
	Fuerza (KN)	112.13	103.62	103.72			
	Fuerza (Kg)	11430.17	10562.69	10572.88			
	F' _c (Kg/cm ²)	439	405	404			

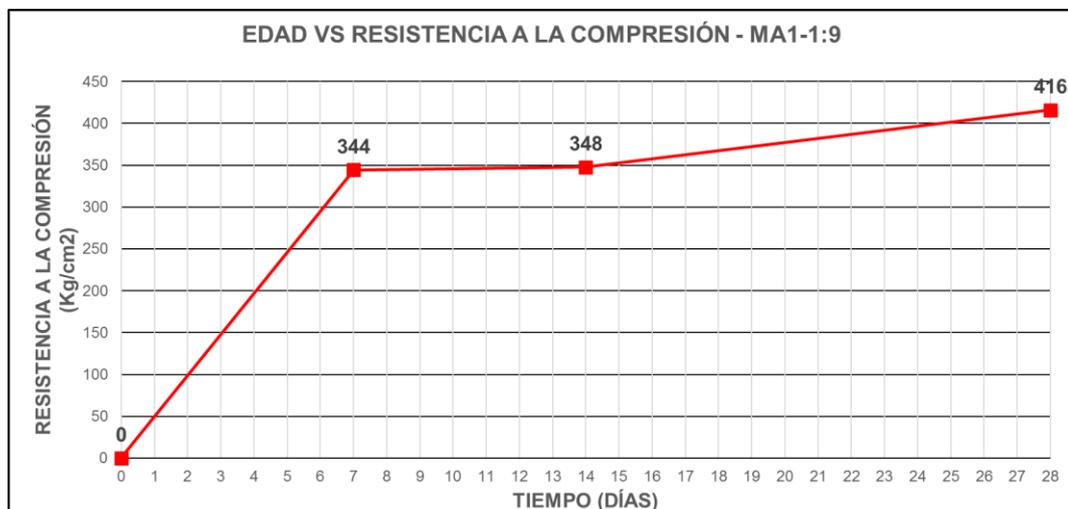


Gráfico N°31: Edad vs compresión de muestra MA1-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°72: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA1-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

MA1-1:3							
12.38 L de agua + 4.13 L de aditivo Sika - 3 por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	C _v	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.21	5.20	5.18	16.63	5.08%	327
	L2 (cm)	5.13	5.12	5.09			
	Área (cm ²)	26.73	26.62	26.37			
	Fuerza (KN)	84.33	81.99	89.44			
	Fuerza (Kg)	8596.33	8357.80	9117.23			
	F' _c (Kg/cm ²)	322	314	346			
14	L1 (cm)	5.09	5.09	5.09	17.81	4.65%	383
	L2 (cm)	5.11	5.13	5.11			
	Área (cm ²)	26.01	26.11	26.01			
	Fuerza (KN)	93.14	102.63	97.62			
	Fuerza (Kg)	9494.39	10461.77	9951.07			
	F' _c (Kg/cm ²)	365	401	383			
28	L1 (cm)	5.14	5.11	5.14	22.75	4.97%	458
	L2 (cm)	5.10	5.14	5.14			
	Área (cm ²)	26.21	26.27	26.42			
	Fuerza (KN)	111.00	122.16	121.04			
	Fuerza (Kg)	11314.98	12452.60	12338.43			
	F' _c (Kg/cm ²)	432	474	467			

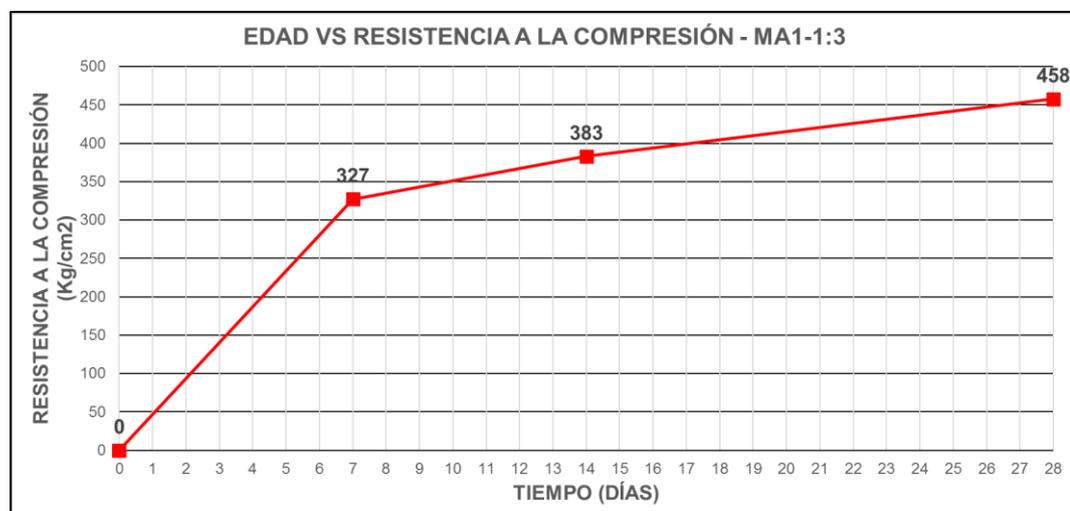


Gráfico N°32: Edad vs Compresión de muestra MA1-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°73: Ensayo: Resistencia a la compresión del mortero patrón MP-2. Fuente: Elaboración Propia

MP-2							
23.10 L de agua por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	Cv	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.13	5.07	4.98	10.54	4.04%	261
	L2 (cm)	5.13	5.10	5.13			
	Área (cm ²)	26.32	25.86	25.55			
	Fuerza (KN)	69.00	63.01	66.66			
	Fuerza (Kg)	7033.54	6423.04	6795.11			
	F' _c (Kg/cm ²)	267	248	266			
14	L1 (cm)	5.09	5.10	5.13	11.69	4.11%	284
	L2 (cm)	5.10	5.09	5.16			
	Área (cm ²)	25.96	25.96	26.47			
	Fuerza (KN)	75.52	69.58	73.62			
	Fuerza (Kg)	7698.27	7092.76	7504.59			
	F' _c (Kg/cm ²)	297	273	284			
28	L1 (cm)	5.10	5.11	5.11	15.09	4.79%	315
	L2 (cm)	5.10	5.11	5.10			
	Área (cm ²)	26.01	26.11	26.06			
	Fuerza (KN)	78.58	78.16	85.03			
	Fuerza (Kg)	8010.19	7967.38	8667.18			
	F' _c (Kg/cm ²)	308	305	333			

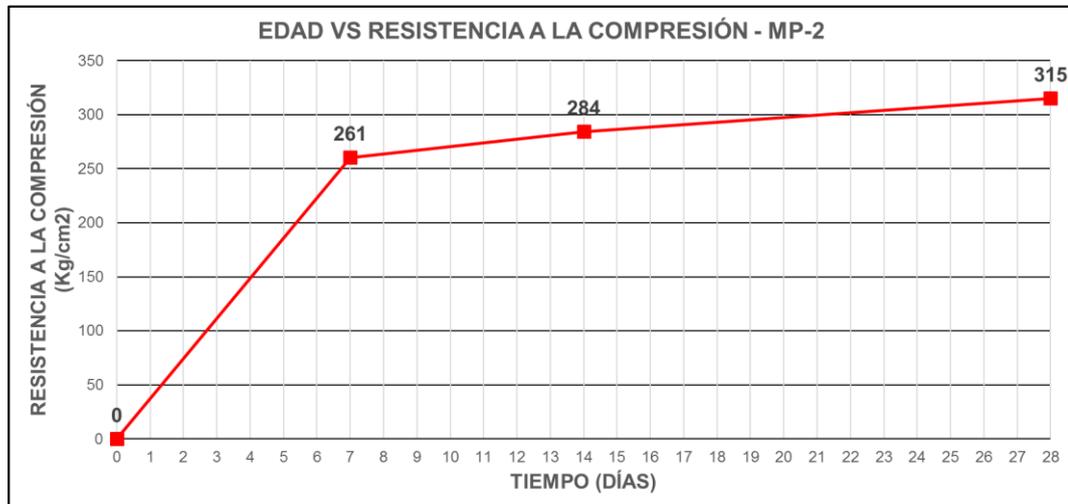


Gráfico N°33: Edad vs compresión del mortero patrón MP-2. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°74: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA2-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

MA2-1:9							
20.79 L de agua + 2.31 L de aditivo Sika - 3 por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	Cv	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.08	5.10	5.10	12.11	4.89%	247
	L2 (cm)	5.11	5.11	5.09			
	Área (cm ²)	25.96	26.06	25.96			
	Fuerza (KN)	59.70	63.80	65.80			
	Fuerza (Kg)	6085.63	6503.57	6707.44			
	F' _c (Kg/cm ²)	234	250	258			
14	L1 (cm)	5.10	5.12	5.14	9.89	3.59%	275
	L2 (cm)	5.10	5.09	5.10			
	Área (cm ²)	26.01	26.06	26.21			
	Fuerza (KN)	67.34	72.12	71.94			
	Fuerza (Kg)	6864.42	7351.68	7333.33			
	F' _c (Kg/cm ²)	264	282	280			
28	L1 (cm)	5.12	5.11	5.09	15.36	5.09%	302
	L2 (cm)	5.14	5.11	5.11			
	Área (cm ²)	26.32	26.11	26.01			
	Fuerza (KN)	80.08	72.76	79.38			
	Fuerza (Kg)	8162.59	7416.92	8091.74			
	F' _c (Kg/cm ²)	310	284	311			

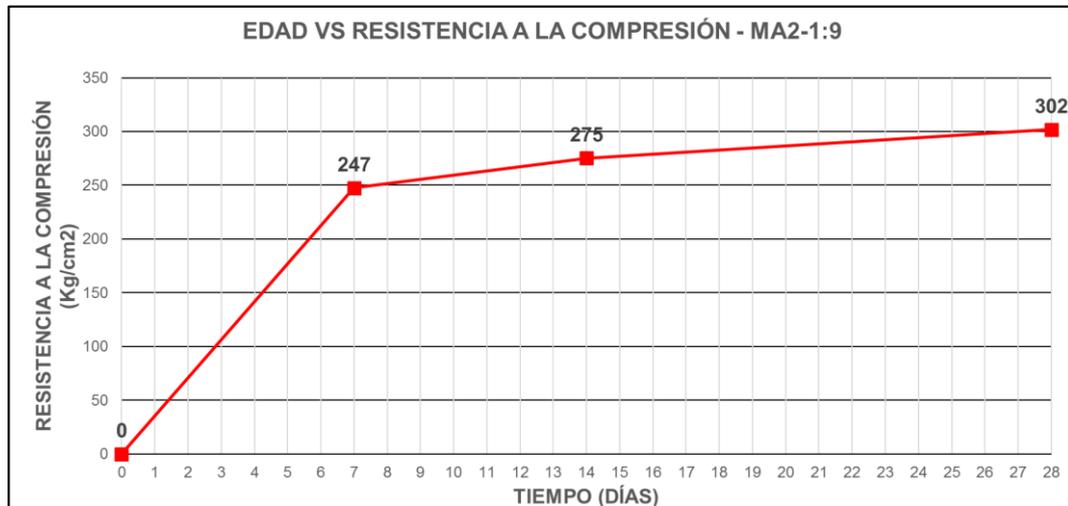


Gráfico N°34: Edad vs compresión de muestra MA2-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°75: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA2-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

MA2-1:3							
17.33 L de agua + 5.78 L de aditivo Sika - 3 por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	Cv	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.13	5.13	5.13	9.53	4.16%	229
	L2 (cm)	5.09	5.11	5.11			
	Área (cm ²)	26.11	26.21	26.21			
	Fuerza (KN)	60.38	56.18	60.21			
	Fuerza (Kg)	6154.94	5726.81	6137.11			
	F' _c (Kg/cm ²)	236	218	234			
14	L1 (cm)	5.13	5.10	5.09	13.41	4.99%	269
	L2 (cm)	5.11	5.10	5.10			
	Área (cm ²)	26.21	26.01	25.96			
	Fuerza (KN)	65.34	69.22	71.43			
	Fuerza (Kg)	6660.55	7056.07	7281.35			
	F' _c (Kg/cm ²)	254	271	280			
28	L1 (cm)	5.10	5.10	5.11	15.91	5.01%	318
	L2 (cm)	5.12	5.10	5.10			
	Área (cm ²)	26.11	26.01	26.06			
	Fuerza (KN)	80.08	85.61	77.96			
	Fuerza (Kg)	8163.10	8726.81	7946.99			
	F' _c (Kg/cm ²)	313	336	305			

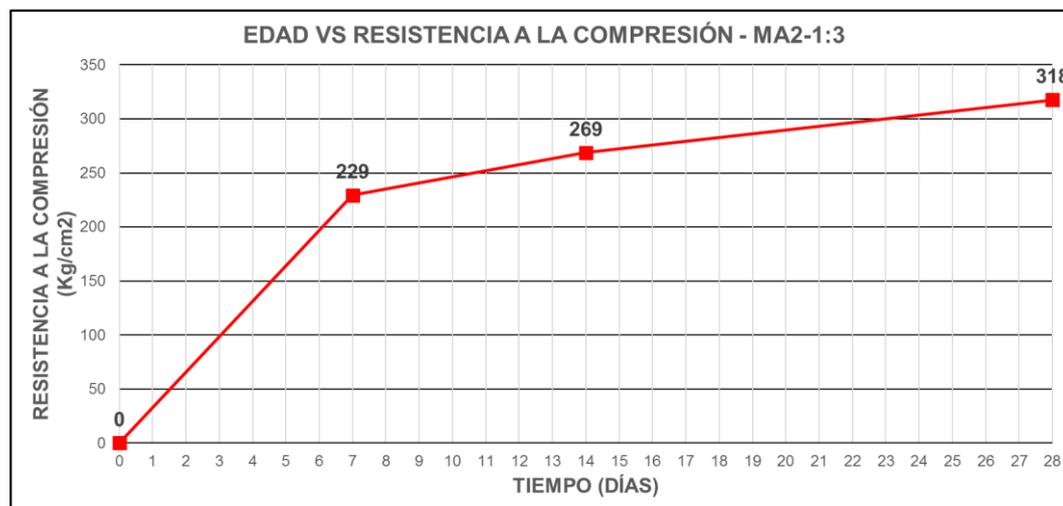


Gráfico N°35: Edad vs compresión de muestra MA2-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°76: Ensayo: Resistencia a la compresión del mortero patrón MP-3. Fuente: Elaboración Propia

MP-3							
31.20 L de agua por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	Cv	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.09	5.10	5.10	9.22	5.08%	181
	L2 (cm)	5.02	4.99	5.03			
	Área (cm ²)	25.55	25.45	25.65			
	Fuerza (KN)	45.33	43.00	47.98			
	Fuerza (Kg)	4620.80	4383.28	4890.93			
	F' _c (Kg/cm ²)	181	172	191			
14	L1 (cm)	5.10	5.10	5.10	9.69	4.28%	226
	L2 (cm)	5.11	5.11	5.11			
	Área (cm ²)	26.06	26.06	26.06			
	Fuerza (KN)	55.74	57.34	60.60			
	Fuerza (Kg)	5681.96	5845.06	6177.37			
	F' _c (Kg/cm ²)	218	224	237			
28	L1 (cm)	5.10	5.10	5.11	12.38	5.03%	246
	L2 (cm)	5.11	5.10	5.10			
	Área (cm ²)	26.06	26.01	26.06			
	Fuerza (KN)	59.98	62.30	66.26			
	Fuerza (Kg)	6114.17	6350.66	6754.33			
	F' _c (Kg/cm ²)	235	244	259			

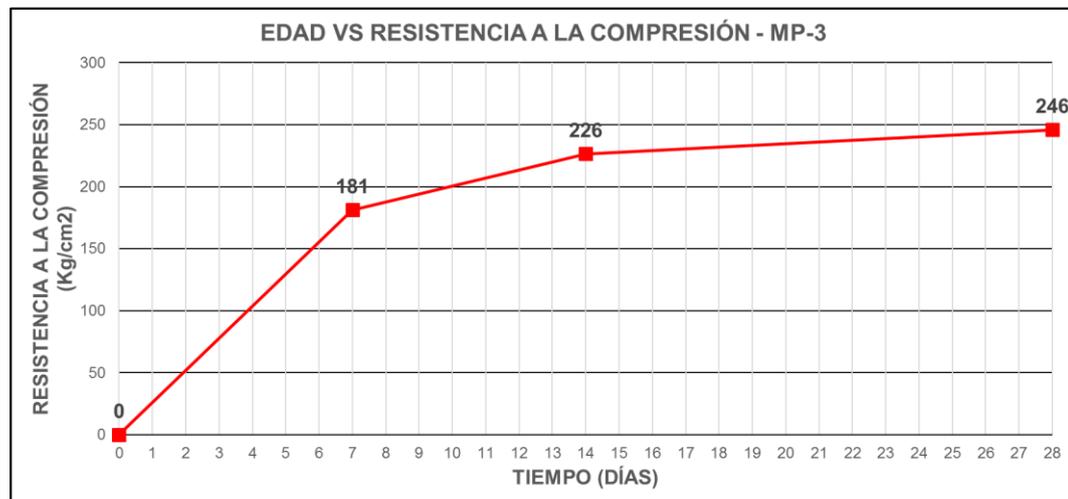


Gráfico N°36: Edad vs compresión del mortero patrón MP-3. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°77: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA3-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

MA3-1:9							
28.08 L de agua + 3.12 L de aditivo Sika - 3 por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	Cv	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.10	5.12	5.12	8.02	5.06%	158
	L2 (cm)	5.11	5.11	5.14			
	Área (cm ²)	26.06	26.16	26.32			
	Fuerza (KN)	41.68	41.84	38.50			
	Fuerza (Kg)	4248.73	4264.93	3924.57			
	F' _c (Kg/cm ²)	163	163	149			
14	L1 (cm)	5.10	5.11	5.11	8.69	4.80%	181
	L2 (cm)	5.10	5.12	5.11			
	Área (cm ²)	26.01	26.16	26.11			
	Fuerza (KN)	48.08	46.96	43.91			
	Fuerza (Kg)	4901.12	4786.95	4476.04			
	F' _c (Kg/cm ²)	188	183	171			
28	L1 (cm)	5.12	5.11	5.10	10.40	4.96%	210
	L2 (cm)	5.11	5.12	5.12			
	Área (cm ²)	26.16	26.16	26.11			
	Fuerza (KN)	56.00	50.84	54.50			
	Fuerza (Kg)	5708.46	5182.47	5555.56			
	F' _c (Kg/cm ²)	218	198	213			

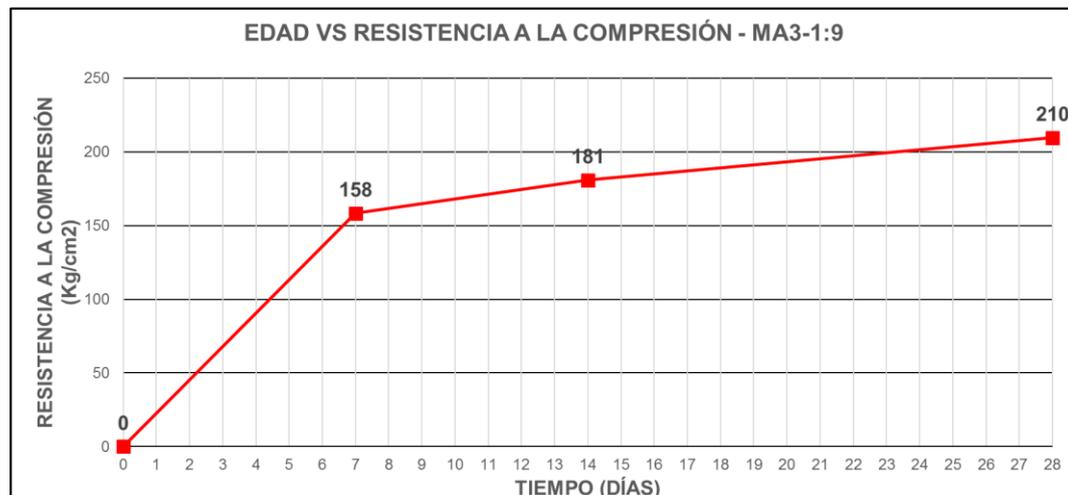


Gráfico N°37: Edad vs compresión de muestra MA3-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°78: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA3-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

MA3-1:3							
23.40 L de agua + 7.80 L de aditivo Sika - 3 por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	Cv	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.11	5.12	5.09	7.22	4.81%	150
	L2 (cm)	5.10	5.11	5.10			
	Área (cm ²)	26.06	26.16	25.96			
	Fuerza (KN)	39.78	36.45	38.98			
	Fuerza (Kg)	4055.05	3715.60	3973.50			
	F' _c (Kg/cm ²)	156	142	153			
14	L1 (cm)	5.10	5.11	5.12	9.16	4.36%	210
	L2 (cm)	5.11	5.10	5.09			
	Área (cm ²)	26.06	26.06	26.06			
	Fuerza (KN)	55.64	51.08	54.28			
	Fuerza (Kg)	5671.76	5206.93	5533.13			
	F' _c (Kg/cm ²)	218	200	212			
28	L1 (cm)	5.09	5.09	5.08	4.58	2.10%	218
	L2 (cm)	5.10	5.11	5.11			
	Área (cm ²)	25.96	26.01	25.96			
	Fuerza (KN)	55.46	54.54	56.76			
	Fuerza (Kg)	5653.41	5559.63	5785.93			
	F' _c (Kg/cm ²)	218	214	223			

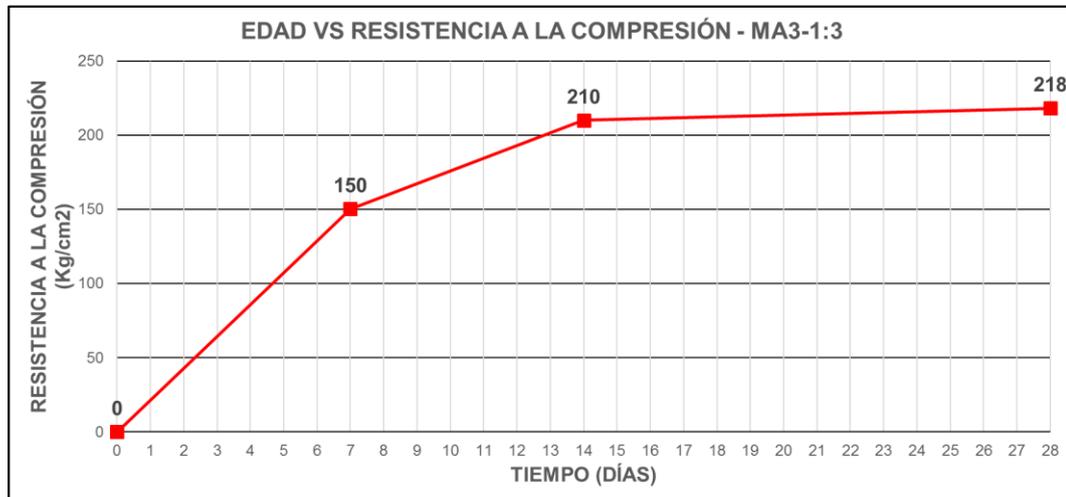


Gráfico N°38: Edad vs compresión de muestra MA3-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°79: Ensayo: Resistencia a la compresión del mortero patrón MP-4. Fuente: Elaboración Propia

MP-4							
40.20 L de agua por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	C _v	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.01	5.12	5.10	5.98	5.04%	119
	L2 (cm)	5.09	5.00	5.00			
	Área (cm ²)	25.50	25.60	25.50			
	Fuerza (KN)	28.98	28.78	31.40			
	Fuerza (Kg)	2954.13	2933.74	3200.82			
	F' _c (Kg/cm ²)	116	115	126			
14	L1 (cm)	5.10	5.10	5.09	5.52	4.06%	136
	L2 (cm)	5.12	5.09	5.09			
	Área (cm ²)	26.11	25.96	25.91			
	Fuerza (KN)	34.24	36.22	33.52			
	Fuerza (Kg)	3490.32	3691.64	3416.92			
	F' _c (Kg/cm ²)	134	142	132			
28	L1 (cm)	5.10	5.12	5.11	2.10	1.47%	143
	L2 (cm)	5.11	5.12	5.09			
	Área (cm ²)	26.06	26.21	26.01			
	Fuerza (KN)	37.28	36.54	36.30			
	Fuerza (Kg)	3800.20	3724.77	3700.31			
	F' _c (Kg/cm ²)	146	142	142			

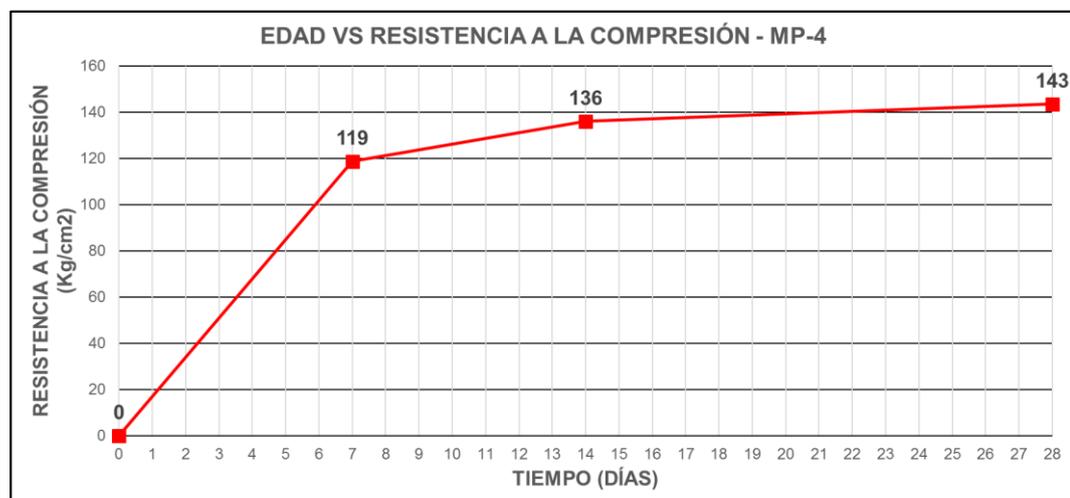


Gráfico N°39: Edad vs compresión del mortero patrón MP-4. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°80: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA4-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

MA4-1:9							
36.18 L de agua + 4.02 L de aditivo Sika - 3 por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	Cv	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.11	5.09	5.10	5.61	4.58%	122
	L2 (cm)	5.11	5.12	5.11			
	Área (cm ²)	26.11	26.06	26.06			
	Fuerza (KN)	32.08	29.62	32.18			
	Fuerza (Kg)	3270.13	3019.37	3280.33			
	F' _c (Kg/cm ²)	125	116	126			
14	L1 (cm)	5.12	5.10	5.11	4.49	3.54%	127
	L2 (cm)	5.10	5.11	5.10			
	Área (cm ²)	26.11	26.06	26.06			
	Fuerza (KN)	33.64	31.30	32.18			
	Fuerza (Kg)	3429.15	3190.62	3280.33			
	F' _c (Kg/cm ²)	131	122	126			
28	L1 (cm)	5.10	5.12	5.11	5.56	3.66%	152
	L2 (cm)	5.11	5.10	5.10			
	Área (cm ²)	26.06	26.11	26.06			
	Fuerza (KN)	39.60	39.80	37.20			
	Fuerza (Kg)	4036.70	4057.08	3792.05			
	F' _c (Kg/cm ²)	155	155	146			

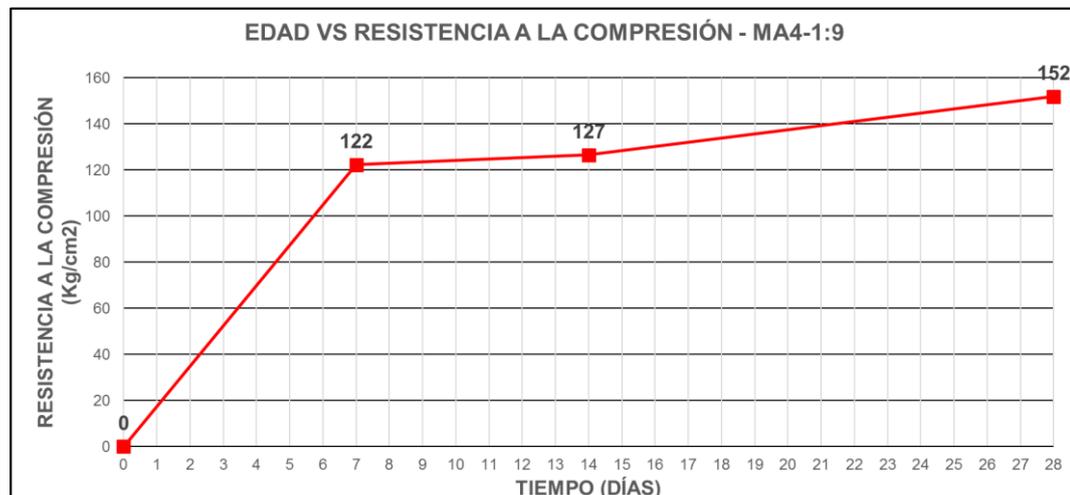


Gráfico N°40: Edad vs compresión de muestra MA4-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°81: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA4-1:3. Fuente: Elaboración Propia

MA4-1:3							
30.15 L de agua + 10.05 L de aditivo Sika - 3 por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	C _v	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.12	5.10	5.10	3.26	3.45%	94
	L2 (cm)	5.08	5.10	5.13			
	Área (cm ²)	26.01	26.01	26.16			
	Fuerza (KN)	23.14	24.52	24.78			
	Fuerza (Kg)	2358.82	2499.49	2525.99			
	F' _c (Kg/cm ²)	91	96	97			
14	L1 (cm)	5.10	5.10	5.09	5.60	3.88%	144
	L2 (cm)	5.15	5.11	5.10			
	Área (cm ²)	26.27	26.06	25.96			
	Fuerza (KN)	35.92	38.44	36.38			
	Fuerza (Kg)	3661.57	3918.45	3708.46			
	F' _c (Kg/cm ²)	139	150	143			
28	L1 (cm)	5.09	5.07	5.15	4.65	3.10%	150
	L2 (cm)	5.12	5.10	5.12			
	Área (cm ²)	26.06	25.86	26.37			
	Fuerza (KN)	39.42	36.78	39.00			
	Fuerza (Kg)	4018.35	3749.24	3975.54			
	F' _c (Kg/cm ²)	154	145	151			

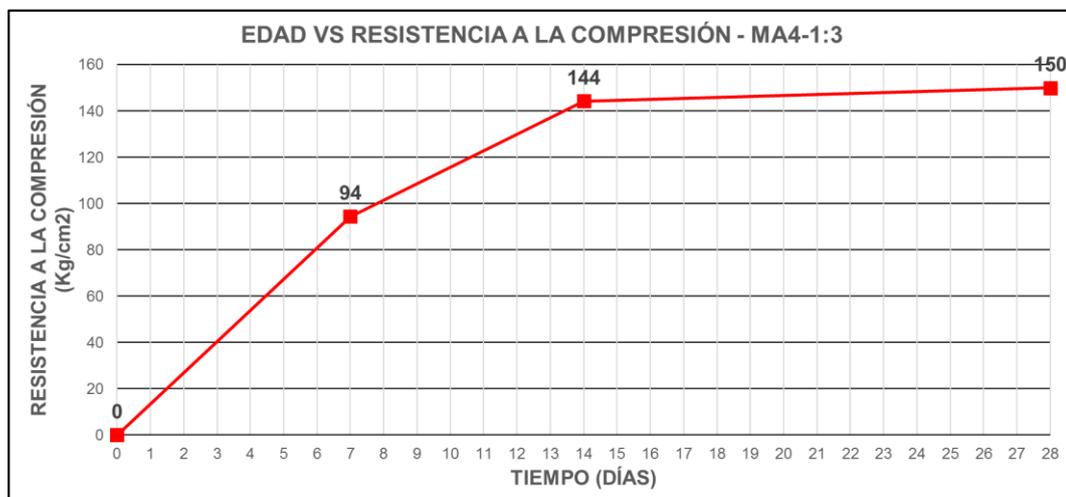


Gráfico N°41: Edad vs compresión de muestra MA4-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°82: Ensayo: Resistencia a la compresión del mortero patrón MP-5. Fuente: Elaboración Propia

MP-5							
50.8 L de agua por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	Cv	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.05	5.02	5.10	3.07	5.08%	61
	L2 (cm)	5.12	5.10	5.10			
	Área (cm ²)	25.86	25.60	26.01			
	Fuerza (KN)	16.10	14.40	15.49			
	Fuerza (Kg)	1641.18	1467.89	1579.00			
	F' _c (Kg/cm ²)	63	57	61			
14	L1 (cm)	5.10	5.12	5.10	3.88	5.04%	77
	L2 (cm)	5.08	5.11	5.10			
	Área (cm ²)	25.91	26.16	26.01			
	Fuerza (KN)	20.50	18.72	19.76			
	Fuerza (Kg)	2089.70	1908.26	2014.27			
	F' _c (Kg/cm ²)	81	73	77			
28	L1 (cm)	5.09	5.10	5.12	4.35	4.77%	91
	L2 (cm)	5.10	5.10	5.10			
	Área (cm ²)	25.96	26.01	26.11			
	Fuerza (KN)	22.70	22.48	24.62			
	Fuerza (Kg)	2313.97	2291.54	2509.17			
	F' _c (Kg/cm ²)	89	88	96			

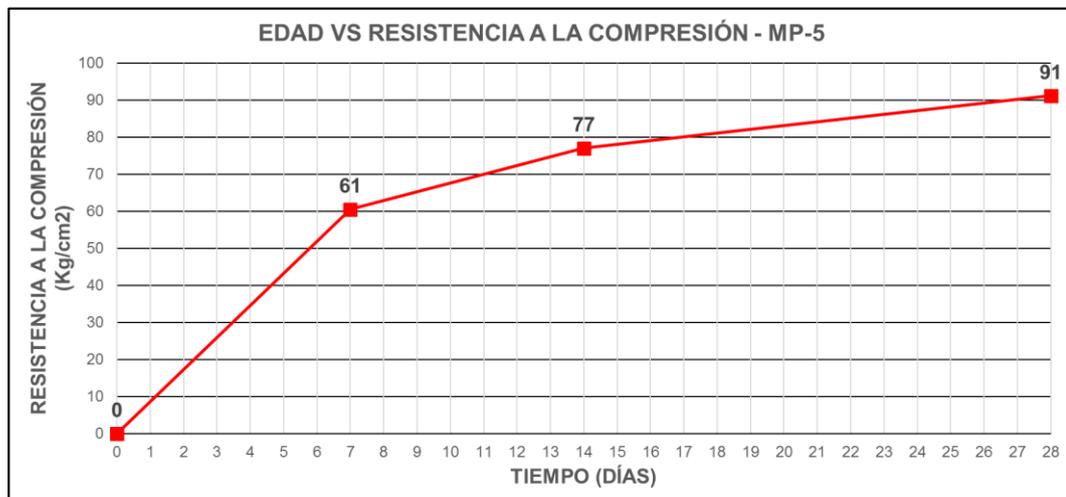


Gráfico N°42: Edad vs compresión del mortero patrón MP-5. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°83: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA5-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

MA5-1:9							
45.72 L de agua + 5.08 L de aditivo Sika - 3 por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	Cv	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.05	5.10	5.14	2.21	2.90%	76
	L2 (cm)	5.10	5.10	5.10			
	Área (cm ²)	25.76	26.01	26.21			
	Fuerza (KN)	19.01	19.10	20.28			
	Fuerza (Kg)	1937.82	1946.99	2067.28			
	F' _c (Kg/cm ²)	75	75	79			
14	L1 (cm)	5.11	5.11	5.13	4.53	4.53%	100
	L2 (cm)	5.13	5.11	5.10			
	Área (cm ²)	26.21	26.11	26.16			
	Fuerza (KN)	24.40	26.04	26.56			
	Fuerza (Kg)	2487.26	2653.92	2707.44			
	F' _c (Kg/cm ²)	95	102	103			
28	L1 (cm)	5.10	5.10	5.11	4.95	4.47%	111
	L2 (cm)	5.10	5.11	5.10			
	Área (cm ²)	26.01	26.06	26.06			
	Fuerza (KN)	26.86	29.30	28.84			
	Fuerza (Kg)	2738.02	2986.75	2939.86			
	F' _c (Kg/cm ²)	105	115	113			

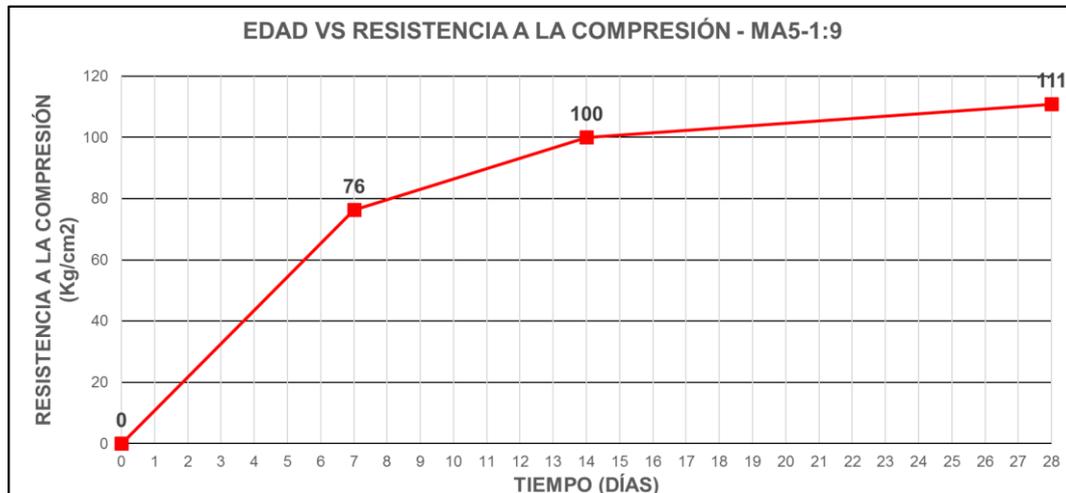


Gráfico N°43: Edad vs compresión de muestra MA5-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°84: Ensayo: Resistencia a la compresión de muestra MA5-1:3. Fuente: Elaboración Propia

MA5-1:3							
38.10 L de agua + 12.70 L de aditivo Sika - 3 por bolsa de cemento (42.5kg)							
día	DATOS	ENSAYO			σ	C _v	F' _c prom kg/cm ²
		P1	P2	P3			
7	L1 (cm)	5.14	5.17	5.13	3.27	4.95%	66
	L2 (cm)	5.15	5.11	5.13			
	Área (cm ²)	26.47	26.42	26.32			
	Fuerza (KN)	16.34	18.01	17.10			
	Fuerza (Kg)	1665.65	1835.37	1743.12			
	F' _c (Kg/cm ²)	63	69	66			
14	L1 (cm)	5.13	5.10	5.11	4.07	4.92%	83
	L2 (cm)	5.09	5.14	5.12			
	Área (cm ²)	26.11	26.21	26.16			
	Fuerza (KN)	20.00	22.00	21.72			
	Fuerza (Kg)	2038.74	2242.61	2214.07			
	F' _c (Kg/cm ²)	78	86	85			
28	L1 (cm)	5.10	5.15	5.11	3.48	4.13%	84
	L2 (cm)	5.11	5.11	5.10			
	Área (cm ²)	26.06	26.32	26.06			
	Fuerza (KN)	20.66	21.81	22.44			
	Fuerza (Kg)	2106.01	2223.24	2287.46			
	F' _c (Kg/cm ²)	81	84	88			

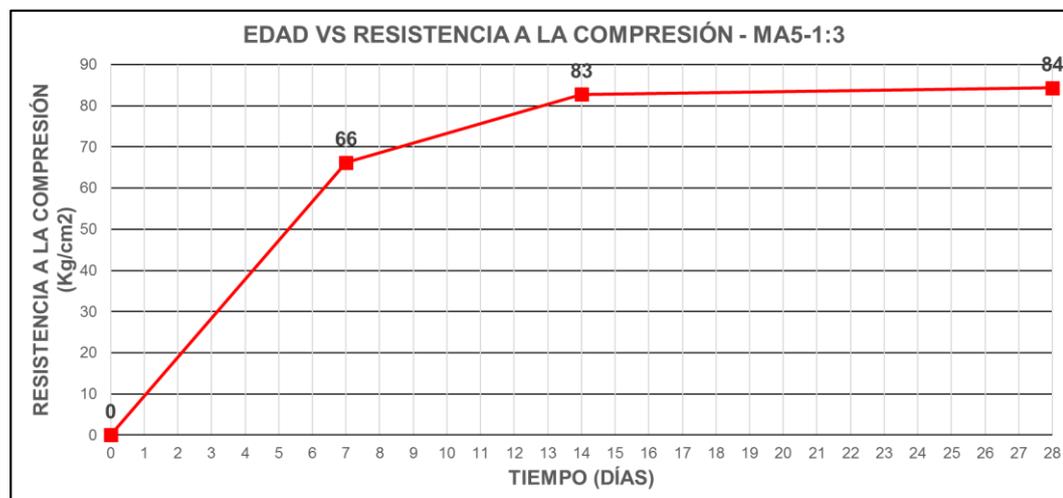


Gráfico N°44: Edad vs compresión de muestra MA5-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2. Ensayo de absorción

Este ensayo fue elaborado según la UNE-EN 13755 (Una Norma Española – European Norm), que establece el procedimiento para determinar la absorción de agua por presión atmosférica en piedra natural y bloques de mortero y/o concreto. Este ensayo se ha realizado para comprobar el efecto hidrofugante que provoca al añadir aditivo acelerador de fragua Sika – 3.

Para cada muestra se elabora 2 especímenes usando moldes cúbicos de 50mm de lado, empleando un total de 30 especímenes en el ensayo. Los especímenes se dejan curar un día en el molde, luego se desmoldan y secan a masa constante por un día. Cada espécimen se pesa y se sumergen en agua a presión atmosférica durante periodos de tiempo hasta obtener una masa constante.

El procedimiento de ensayo de absorción descrito en la UNE-EN 13755 es el siguiente:

- Después del preparado de la mezcla del mortero, se moldea según lo indica la NTP 334.051 llenando el molde metálico previamente habilitado, engrasando la superficie que estará en contacto con la mezcla, compactando en dos capas cada una de ellas con 32 golpes en forma cuadrática.
- Ya vaciado el mortero, mantener la superficie expuesta del mortero húmeda por 24 horas, luego desmoldar y dejar secar en horno a masa constante durante 1 día a una temperatura de 110°C +/- 5°C.
- Retirar del horno y colocar en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente para luego pesarlas.
- Colocar los cubos en un recipiente vacío y añadir agua hasta la mitad de la altura de los cubos. Transcurrido 60 minutos desde el inicio del ensayo, se añade agua hasta las $\frac{3}{4}$ partes de la altura del cubo. A los 120 minutos, se añade agua hasta cubrir totalmente las probetas (Ver Gráfico N°45).
- Sacar el cubo del agua después de 3 horas desde el inicio del ensayo, secar rápidamente su superficie con un trapo húmedo y pesar los cubos. Sumergir nuevamente el cubo continuando con el ensayo.
- Repetir el proceso de secado, pesada e inmersión del cubo cada 24 horas, hasta conseguir la masa constante, finalizando así el ensayo.
- Las herramientas y equipos que se necesitan son una balanza electrónica con precisión de 0.1g, horno de laboratorio con temperatura máxima de 200°C, paño húmedo y recipiente de almacenaje para muestras sumergidas.



Gráfico N°45: Ensayo de absorción de mortero en estado endurecido. Fuente: Elaboración Propia.

Para calcular la absorción del espécimen se usa la siguiente fórmula:

$$A_b = \frac{m_s(g) - m_d(g)}{m_d(g)} \times 100$$

Donde:

- A_b : Absorción de agua (%)
- m_s : masa húmeda constante (g)
- m_d : masa seca constante (g)

El resultado se obtiene promediando las absorciones de los 2 especímenes de una misma muestra que serán expresadas en porcentaje con aproximación de 2 decimales.

Se realiza el ensayo de absorción al mortero de revestimiento con relación en peso de cemento: arena de 1:1 y sin aditivo, luego se varía el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1.9 y 1:3 (Ver Tabla N°85 a Tabla N°87).

Tabla N°85: Valores de Ensayo de absorción del mortero patrón MP-1. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MP-1					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	260.8	260	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	289.7	289.3	11.08%	11.27%	11.18%
1	290.7	290.3	11.46%	11.65%	11.56%
2	291.3	290.9	11.69%	11.88%	11.79%
3	291.9	291.4	11.92%	12.08%	12.00%
4	292.1	291.5	12.00%	12.12%	12.06%
7	292.7	292.3	12.23%	12.42%	12.33%
9	292.9	292.3	12.31%	12.42%	12.37%
10	292.9	292.4	12.31%	12.46%	12.38%
11	292.9	292.4	12.31%	12.46%	12.38%
ABS promedio =					12.38%

Tabla N°86: Valores de Ensayo de absorción de muestra MA1-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MA1-1:9					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	272.1	272.7	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	297.2	297.1	9.22%	8.95%	9.09%
1	297.8	297.8	9.45%	9.20%	9.32%
2	298.1	297.9	9.56%	9.24%	9.40%
5	298.5	298.5	9.70%	9.46%	9.58%
8	298.8	299.0	9.81%	9.64%	9.73%
12	299.3	299.1	10.00%	9.68%	9.84%
13	299.4	299.3	10.03%	9.75%	9.89%
21	300.3	300.1	10.36%	10.05%	10.21%
22	300.3	300.1	10.36%	10.05%	10.21%
ABS promedio =					10.21%

Tabla N°87: Valores de Ensayo de absorción de muestra MA1-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MA1-1:3					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	280.0	282.1	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	300.0	302.9	7.14%	7.37%	7.26%
3	301.6	304.2	7.71%	7.83%	7.77%
4	301.7	304.5	7.75%	7.94%	7.85%
5	301.9	304.6	7.82%	7.98%	7.90%
6	302.2	305.1	7.93%	8.15%	8.04%
12	302.6	305.3	8.07%	8.22%	8.15%
26	303.1	305.9	8.25%	8.44%	8.34%
31	303.3	306.1	8.32%	8.51%	8.41%
32	303.3	306.1	8.32%	8.51%	8.41%
ABS promedio =					8.41%

Se realiza el ensayo de absorción al mortero de revestimiento con relación en peso de cemento: arena de 1:2 y sin aditivo, luego se varía el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1.9 y 1:3 (Ver Tabla N°88 a Tabla N°90).

Tabla N°88: Valores de Ensayo de absorción del mortero patrón MP-2. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MP-2					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	256.5	262.3	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	285.5	281.8	11.31%	7.43%	9.37%
1	286.5	289.2	11.70%	10.26%	10.98%
2	286.9	289.5	11.85%	10.37%	11.11%
3	287.3	289.8	12.01%	10.48%	11.25%
4	287.7	290.0	12.16%	10.56%	11.36%
5	287.9	290.2	12.24%	10.64%	11.44%
6	288.1	290.4	12.32%	10.71%	11.52%
7	288.1	290.5	12.32%	10.75%	11.54%
8	288.1	290.5	12.32%	10.75%	11.54%
ABS promedio =					11.54%

Tabla N°89: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA2-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MA2-1:9					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	264.2	265.6	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	290.1	292.7	9.80%	10.20%	10.00%
1	290.7	293.6	10.03%	10.54%	10.29%
5	291.1	293.9	10.18%	10.66%	10.42%
7	291.1	294.0	10.18%	10.69%	10.44%
8	291.2	294.0	10.22%	10.69%	10.46%
12	291.4	294.2	10.30%	10.77%	10.53%
13	291.4	294.3	10.30%	10.81%	10.55%
21	291.9	295.2	10.48%	11.14%	10.81%
22	291.9	295.2	10.48%	11.14%	10.81%
ABS promedio =					10.81%

Tabla N°90: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA2-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MA2-1:3					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	267	269.4	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	290.1	293.1	8.65%	8.80%	8.72%
3	291.3	294.3	9.10%	9.24%	9.17%
4	291.4	294.6	9.14%	9.35%	9.25%
5	292.0	295.3	9.36%	9.61%	9.49%
6	292.5	295.6	9.55%	9.73%	9.64%
12	292.5	295.7	9.55%	9.76%	9.66%
26	293.0	296.2	9.74%	9.95%	9.84%
31	293.1	296.3	9.78%	9.99%	9.88%
32	293.1	296.3	9.78%	9.99%	9.88%
ABS promedio =					9.88%

Se realiza el ensayo de absorción al mortero de revestimiento con relación en peso de cemento: arena de 1:3 y sin aditivo, luego se varía el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1.9 y 1:3 (Ver Tabla N°91 a Tabla N°93).

Tabla N°91: Valores de Ensayo de absorción del mortero patrón MP-3. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MP-3					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	254	250.8	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	285.5	283.3	12.40%	12.96%	12.68%
1	286.1	283.9	12.64%	13.20%	12.92%
2	286.6	284.4	12.83%	13.40%	13.12%
3	287.0	284.7	12.99%	13.52%	13.25%
4	287.1	285.0	13.03%	13.64%	13.33%
5	287.4	285.2	13.15%	13.72%	13.43%
6	287.6	285.4	13.23%	13.80%	13.51%
7	287.8	285.6	13.31%	13.88%	13.59%
8	287.8	285.6	13.31%	13.88%	13.59%
ABS promedio =					13.59%

Tabla N°92: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA3-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MA3-1:9					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	257.9	254.9	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	285.4	282.1	10.66%	10.67%	10.67%
3	286.3	283.0	11.01%	11.02%	11.02%
5	286.6	283.4	11.13%	11.18%	11.15%
6	286.8	283.6	11.21%	11.26%	11.23%
10	287.2	284.1	11.36%	11.46%	11.41%
12	287.6	284.1	11.52%	11.46%	11.49%
26	287.9	284.8	11.63%	11.73%	11.68%
27	288.0	284.8	11.67%	11.73%	11.70%
31	288.0	284.8	11.67%	11.73%	11.70%
ABS promedio =					11.70%

Tabla N°93: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA3-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MA3-1:3					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	255.6	257.3	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	284.0	285.9	11.11%	11.12%	11.11%
1	284.4	286.4	11.27%	11.31%	11.29%
2	284.5	286.6	11.31%	11.39%	11.35%
3	284.7	286.7	11.38%	11.43%	11.41%
4	284.9	286.8	11.46%	11.47%	11.46%
5	285.0	286.9	11.50%	11.50%	11.50%
6	285.0	287.0	11.50%	11.54%	11.52%
7	285.0	287.1	11.50%	11.58%	11.54%
8	285.0	287.1	11.50%	11.58%	11.54%
ABS promedio =					11.54%

Se realiza el ensayo de absorción al mortero de revestimiento con relación en peso de cemento: arena de 1:4 y sin aditivo, luego se varía el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1.9 y 1:3 (Ver Tabla N°94 a Tabla N°96).

Tabla N°94: Valores de Ensayo de absorción del mortero patrón MP-4. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MP-4					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	243.0	247.6	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	277.3	278.1	14.12%	12.32%	13.22%
1	277.8	278.6	14.32%	12.52%	13.42%
2	278.3	279.1	14.53%	12.72%	13.62%
3	278.5	279.3	14.61%	12.80%	13.71%
4	278.6	279.6	14.65%	12.92%	13.79%
5	278.8	279.8	14.73%	13.00%	13.87%
7	279.2	280.0	14.90%	13.09%	13.99%
8	279.9	280.0	15.19%	13.09%	14.14%
9	279.9	280.0	15.19%	13.09%	14.14%
ABS promedio =					14.14%

Tabla N°95: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA4-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MA4-1:9					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	247.1	247.0	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	278.4	278.4	12.67%	12.71%	12.69%
1	278.9	278.6	12.87%	12.79%	12.83%
2	279.0	278.6	12.91%	12.79%	12.85%
3	279.2	278.8	12.99%	12.87%	12.93%
4	279.4	279.0	13.07%	12.96%	13.01%
5	279.6	279.1	13.15%	13.00%	13.07%
6	279.6	279.1	13.15%	13.00%	13.07%
7	279.6	279.1	13.15%	13.00%	13.07%
8	279.6	279.1	13.15%	13.00%	13.07%
ABS promedio =					13.07%

Tabla N°96: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA4-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MA4-1:3					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	248.9	245.4	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	278.8	275.3	12.01%	12.18%	12.10%
3	279.5	276.2	12.29%	12.55%	12.42%
4	279.8	276.2	12.41%	12.55%	12.48%
5	280.1	276.5	12.54%	12.67%	12.60%
6	280.3	276.8	12.62%	12.80%	12.71%
7	280.3	276.9	12.62%	12.84%	12.73%
10	280.6	277.1	12.74%	12.92%	12.83%
12	280.8	277.3	12.82%	13.00%	12.91%
13	280.8	277.3	12.82%	13.00%	12.91%
ABS promedio =					12.91%

Se realiza el ensayo de absorción al mortero de revestimiento con relación en peso de cemento: arena de 1:5 y sin aditivo, luego se varía el volumen del agua añadiendo aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1.9 y 1:3 (Ver Tabla N°97 a Tabla N°99).

Tabla N°97: Valores de Ensayo de absorción del mortero patrón MP-5. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MP-5					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	239.0	240.1	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	272.1	272.6	13.85%	13.54%	13.69%
2	273.0	273.4	14.23%	13.87%	14.05%
3	273.0	273.7	14.23%	13.99%	14.11%
4	273.3	273.8	14.35%	14.04%	14.19%
7	273.8	274.2	14.56%	14.20%	14.38%
8	273.8	274.3	14.56%	14.24%	14.40%
10	274.3	274.8	14.77%	14.45%	14.61%
14	274.3	275.0	14.77%	14.54%	14.65%
16	274.3	275.0	14.77%	14.54%	14.65%
ABS promedio =					14.65%

Tabla N°98: Valores de Ensayo de absorción del mortero MA5-1:9. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MA5-1:9					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	246.2	244.4	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	278.5	276.9	13.12%	13.30%	13.21%
3	279.4	278.0	13.48%	13.75%	13.62%
4	279.5	278.0	13.53%	13.75%	13.64%
5	279.7	278.2	13.61%	13.83%	13.72%
6	280.1	278.9	13.77%	14.12%	13.94%
7	280.3	278.9	13.85%	14.12%	13.98%
10	280.8	279.0	14.05%	14.16%	14.11%
12	280.9	279.3	14.09%	14.28%	14.19%
13	280.9	279.3	14.09%	14.28%	14.19%
ABS promedio =					14.19%

Tabla N°99: Valores de Ensayo de absorción de muestra MA5-1:3. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO DE ABSORCION MA5-1:3					
Tiempo (días)	PESO (g)		Abs parcial (%)		Abs parcial promedio (%)
	1	2	1	2	
0 (m _d)	240.6	242.2	0.00%	0.00%	0.00%
0.25	274.6	273.0	14.13%	12.72%	13.42%
1	274.8	274.2	14.21%	13.21%	13.71%
2	274.9	274.2	14.26%	13.21%	13.73%
3	275.1	274.5	14.34%	13.34%	13.84%
4	275.3	274.7	14.42%	13.42%	13.92%
5	275.4	274.9	14.46%	13.50%	13.98%
6	275.4	274.9	14.46%	13.50%	13.98%
7	275.4	274.9	14.46%	13.50%	13.98%
8	275.4	274.9	14.46%	13.50%	13.98%
ABS promedio =					13.98%

7.3.3. Ensayo de capilaridad

Este ensayo fue elaborado según la UNE-EN 15801 (Una Norma Española), que establece el procedimiento para determinar la capacidad y la velocidad de succión capilar de bloques de mortero y/o concreto, particularmente del mortero de revestimiento. El parámetro de la capacidad capilar está asociado con la durabilidad del mortero y se produce como consecuencia de la acción de fuerzas de adhesión de las moléculas de agua a las paredes de los poros en el bloque de mortero y otros materiales porosos. Este mecanismo de transporte puede favorecer el ingreso de agentes agresivos, disminuyendo la durabilidad del material.

Para cada muestra se elabora 4 especímenes usando moldes cúbicos de 50mm de lado, empleando un total de 60 especímenes en el ensayo. Los especímenes se dejan curar un día en el molde, luego se desmoldan y secan a masa constante por un día. Cada espécimen se pesa y se colocan sobre una lámina de agua de 3mm de altura durante periodos de tiempo hasta obtener una masa constante.

El procedimiento de ensayo de capilaridad descrito en la UNE-EN 15801 es el siguiente:

- Preparar la mezcla del mortero, luego moldear la muestra según la NPT 334.051.
- Mantener la superficie expuesta del mortero moldeado en cubo de 5cm de lado húmeda por 24 horas, luego desmoldar y dejar secar en horno durante 1 día a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ o hasta obtener una masa constante del espécimen.
- Retirar del horno y colocar en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente para luego pesarlás, obteniendo el peso seco (m_s).
- Proceder a impermeabilizar la superficie lateral y superior del espécimen para evitar la absorción en ese sector y garantizar la absorción capilar únicamente por la parte inferior.
- Colocar los cubos en un recipiente vacío y añadir agua hasta 3mm de altura. Contabilizar el tiempo a partir del contacto del espécimen con el agua (Ver Gráfico N°46).
- Sacar los cubos del recipiente cada cierto intervalo de tiempo y secar ligeramente con un trapo semi seco y pesar los cubos. Volver los cubos dentro del recipiente.
- Repetir el proceso de secado, pesada e inmersión del cubo cada 24 horas hasta que la diferencia de dos pesadas consecutivas no sea superior al 1% siendo esa última masa (m_d) con una absorción capilar constante, finalizando así el ensayo.



Gráfico N°46: Muestras sumergidas en 3mm de agua-Ensayo Capilaridad. Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo de la capacidad capilar (C_1) del espécimen se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_1 = \frac{m_d(g) - m_s(g)}{A(cm^2)} \times 10000$$

Donde:

C_1 : Capacidad Capilar (g/m^2)

m_d : masa con absorción capilar constante (g)

m_s : masa seca constante (g)

A : Área de espécimen no impermeabilizado en contacto con el agua (cm^2).

El gráfico se obtiene colocando en el eje de las abscisas la raíz cuadrada del tiempo transcurrido desde el inicio del ensayo ($s^{0.5}$) y en el eje de las ordenadas la capacidad capilar (g/m^2).

Se realiza el procedimiento y cálculo anteriormente mencionado al mortero de revestimiento en estado endurecido obteniendo la capacidad capilar y gráfico de tiempo ($s^{0.5}$) vs capacidad capilar para la muestra N°01 con una relación de peso de cemento: arena igual a 1:1 (Ver Tabla N°100 y Gráfico N°47), para la muestra N°02 con una relación de peso cemento: arena igual a 1:2 (Ver Tabla N°101 y Gráfico N°48), para la muestra N°03 con una relación de peso cemento: arena igual a 1:3 (Ver Tabla N°102 y Gráfico N°49), para muestra N°04 con una relación cemento: arena igual a 1:4 (Ver Tabla N°103 y Gráfico N°50) y para la muestra N°05 con una relación cemento: arena igual a 1:5 (Ver Tabla N°104 y Gráfico N°51); variando en cada muestra la relación en volumen de aditivo: agua en 1:9 y 1:3.

El ensayo de capilaridad se realiza en Laboratorio de ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, se realiza 4 especímenes para cada muestra con una misma cantidad de cemento, agregado, aditivo, agua; haciendo en total 60 especímenes ensayado.

En la impermeabilización de la muestra se utiliza parafina líquida, colocando en las caras laterales y cara superior del espécimen para evitar la absorción de humedad ambiental y así no alterar el ensayo de capilaridad.

Tabla N°100: Valores de Ensayo de Capilaridad de la Muestra N°1. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE CAPILARIDAD - MUESTRA N°1						
	DATOS	ENSAYO				C ₁ prom g/m ²
		P1	P2	P3	P4	
MP1	L1 (cm)	5.10	5.08	5.09	5.08	10272.46
	L2 (cm)	5.11	5.16	5.07	5.09	
	A (cm ²)	26.06	26.21	25.81	25.86	
	m _s (g)	270.10	274.70	260.60	267.30	
	m _d (g)	297.50	303.00	283.40	295.60	
	C ₁ (g/m ²)	10513.8	10796.3	8835.1	10944.7	
MA1-1:9	L1 (cm)	5.13	5.18	5.14	5.16	9109.48
	L2 (cm)	5.13	5.09	5.11	5.10	
	A (cm ²)	26.32	26.37	26.27	26.32	
	m _s (g)	274.30	278.00	276.70	276.10	
	m _d (g)	301.40	303.00	296.70	299.90	
	C ₁ (g/m ²)	10297.6	9481.8	7614.6	9043.9	
MA1-1:3	L1 (cm)	5.11	5.16	5.11	5.09	7752.91
	L2 (cm)	5.10	5.10	5.10	5.09	
	A (cm ²)	26.06	26.32	26.06	25.91	
	m _s (g)	278.90	281.40	279.80	280.60	
	m _d (g)	302.30	301.10	298.90	299.30	
	C ₁ (g/m ²)	8978.9	7485.9	7329.0	7217.8	

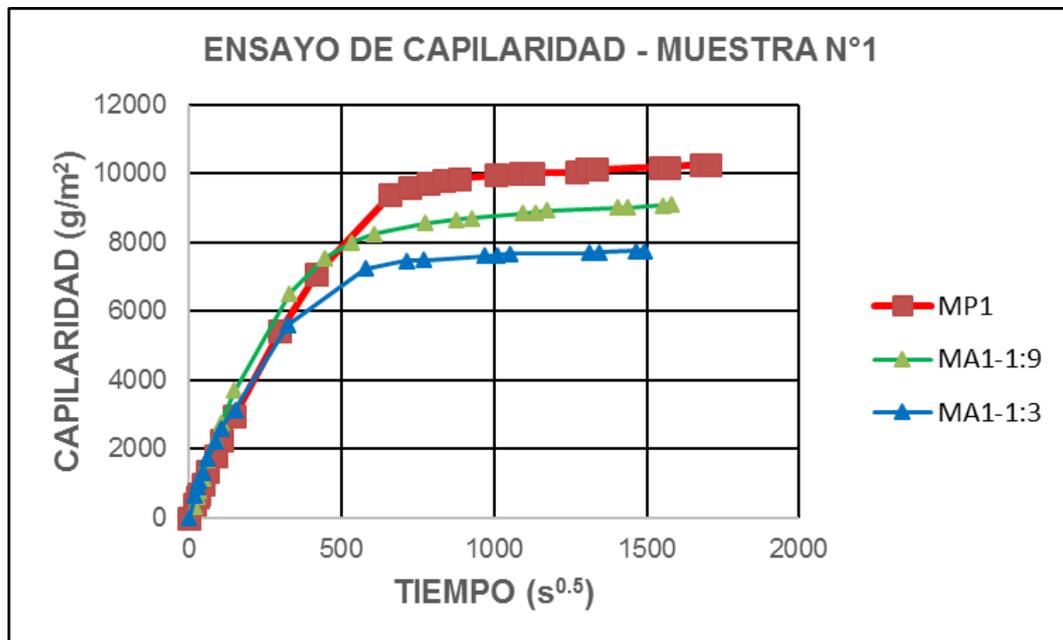


Gráfico N°47: Tiempo vs capilaridad de Muestra N°1. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°101: Valores de Ensayo de Capilaridad de la Muestra N°2. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE CAPILARIDAD - MUESTRA N°2						
	DATOS	ENSAYO				C ₁ prom (g/m ²)
		P1	P2	P3	P4	
MP2	L1 (cm)	5.10	5.12	5.07	5.08	12081.28
	L2 (cm)	5.09	5.08	5.09	5.09	
	A (cm ²)	25.96	26.01	25.81	25.86	
	m _s (g)	263.10	259.20	261.20	259.90	
	m _d (g)	294.60	290.50	292.70	290.80	
	C ₁ (g/m ²)	12134.5	12034.0	12206.3	11950.2	
MA2-1:9	L1 (cm)	5.13	5.07	5.06	5.05	10088.40
	L2 (cm)	5.14	5.11	5.12	5.12	
	A (cm ²)	26.37	25.91	25.91	25.86	
	m _s (g)	268.30	268.00	269.70	267.70	
	m _d (g)	297.20	294.80	293.40	293.30	
	C ₁ (g/m ²)	10960.2	10344.4	9148.0	9901.0	
MA2-1:3	L1 (cm)	5.11	5.15	5.09	5.15	7523.88
	L2 (cm)	5.10	5.10	5.14	5.13	
	A (cm ²)	26.06	26.27	26.16	26.42	
	m _s (g)	270.40	276.20	275.80	271.10	
	m _d (g)	294.10	294.90	293.60	289.80	
	C ₁ (g/m ²)	9094.0	7119.7	6803.6	7078.1	

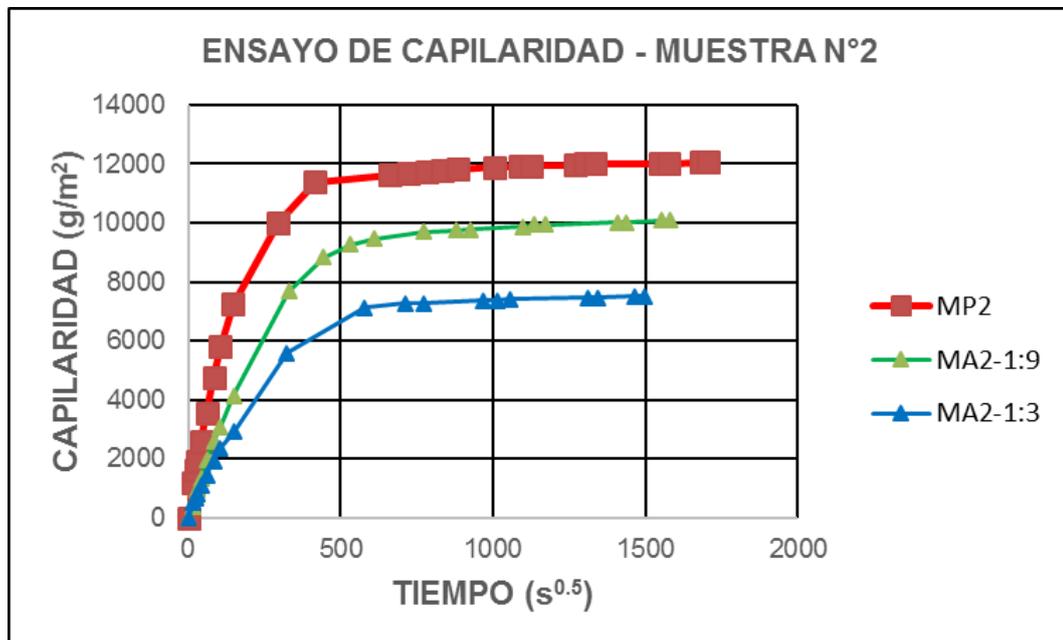


Gráfico N°48: Tiempo vs capilaridad de Muestra N°2. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°102: Valores de Ensayo de Capilaridad de la Muestra N°3. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE CAPILARIDAD - MUESTRA N°3						
	DATOS	ENSAYO				C ₁ prom (g/m ²)
		P1	P2	P3	P4	
MP3	L1 (cm)	5.12	5.10	5.12	5.11	13277.23
	L2 (cm)	5.00	5.00	5.02	5.03	
	A (cm ²)	25.60	25.50	25.70	25.70	
	m _s (g)	251.80	248.60	251.80	248.20	
	m _d (g)	285.70	282.40	285.00	283.40	
	C ₁ (g/m ²)	13242.2	13254.9	12917.1	13694.7	
MA3-1:9	L1 (cm)	5.07	5.10	5.09	5.11	11275.31
	L2 (cm)	5.09	5.04	5.07	5.09	
	A (cm ²)	25.81	25.70	25.81	26.01	
	m _s (g)	254.40	255.70	259.50	260.10	
	m _d (g)	286.30	285.00	285.80	289.10	
	C ₁ (g/m ²)	12361.3	11399.0	10191.3	11149.6	
MA3-1:3	L1 (cm)	5.10	5.11	5.11	5.09	8630.17
	L2 (cm)	5.10	5.12	5.14	5.13	
	A (cm ²)	26.01	26.16	26.27	26.11	
	m _s (g)	258.40	261.60	265.30	262.60	
	m _d (g)	284.40	283.70	285.60	284.40	
	C ₁ (g/m ²)	9996.2	8447.0	7728.8	8348.7	

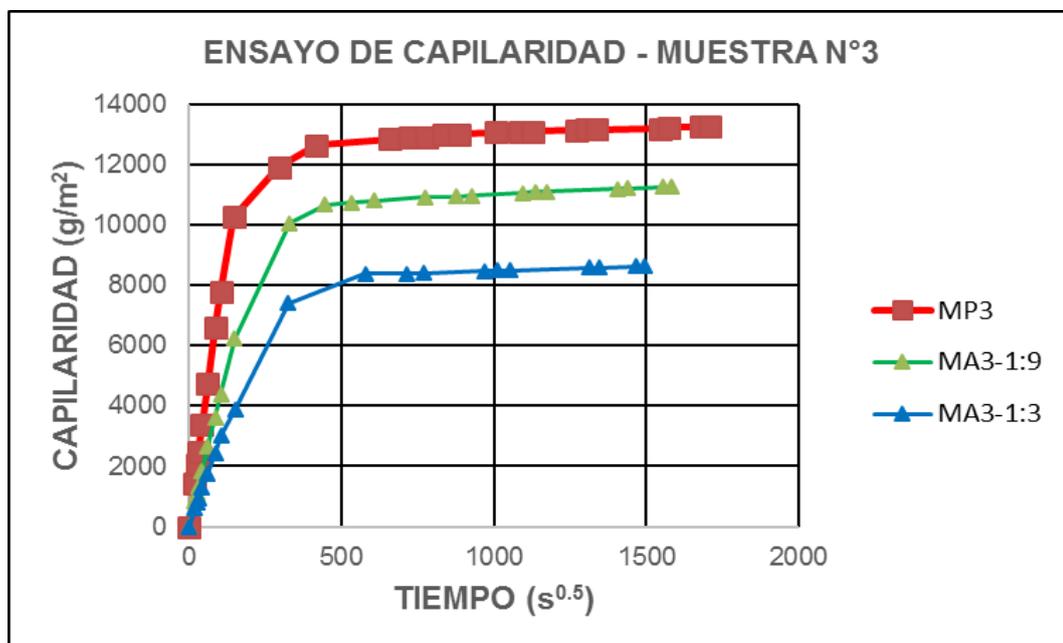


Gráfico N°49: Tiempo vs capilaridad de Muestra N°3. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°103: Valores de Ensayo de Capilaridad de la Muestra N°4. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE CAPILARIDAD - MUESTRA N°4						
	DATOS	ENSAYO				C ₁ prom (g/m ²)
		P1	P2	P3	P4	
MP4	L1 (cm)	5.09	5.11	5.12	5.10	13206.14
	L2 (cm)	5.08	5.13	5.13	5.09	
	A (cm ²)	25.86	26.21	26.27	25.96	
	m _s (g)	239.50	247.50	245.90	239.90	
	m _d (g)	274.70	280.50	279.30	276.00	
	C ₁ (g/m ²)	13613.2	12588.5	12716.3	13906.5	
MA4-1:9	L1 (cm)	5.10	5.01	5.09	5.10	12015.20
	L2 (cm)	5.14	5.10	5.10	5.01	
	A (cm ²)	26.21	25.55	25.96	25.55	
	m _s (g)	247.60	250.80	249.90	246.20	
	m _d (g)	280.60	280.10	279.50	278.40	
	C ₁ (g/m ²)	12588.7	11467.3	11402.6	12602.2	
MA4-1:3	L1 (cm)	5.06	5.12	5.12	5.14	10511.80
	L2 (cm)	5.11	5.08	5.11	5.11	
	A (cm ²)	25.86	26.01	26.16	26.27	
	m _s (g)	248.00	250.50	249.90	252.00	
	m _d (g)	278.10	277.10	275.80	279.00	
	C ₁ (g/m ²)	11641.1	10227.0	9899.4	10279.7	

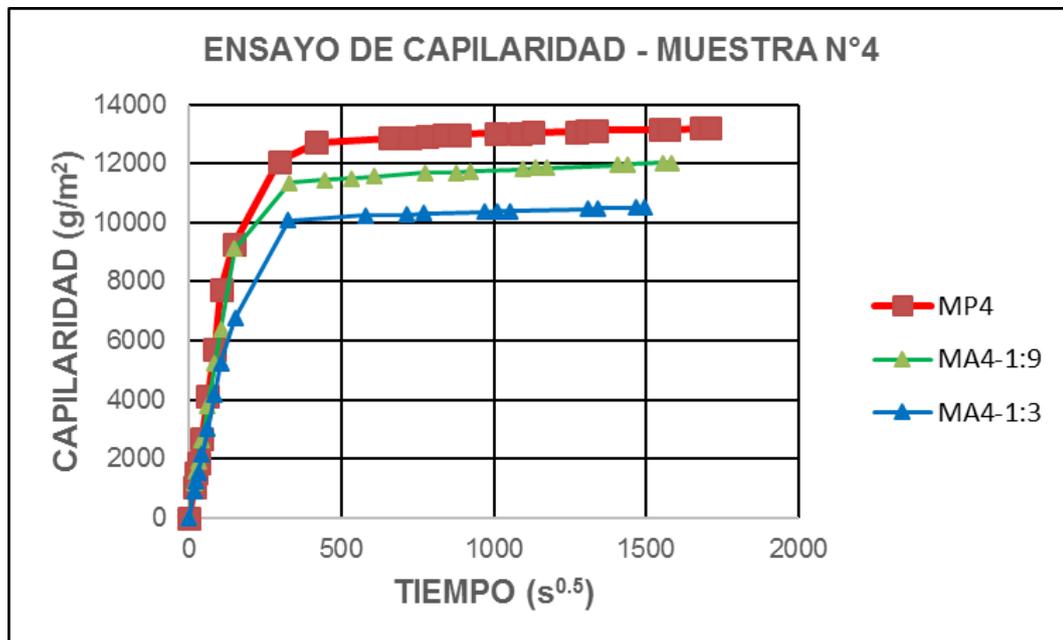


Gráfico N°50: Tiempo vs capilaridad de Muestra N°4. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°104: Valores de Ensayo de Capilaridad de la Muestra N°5. Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE CAPILARIDAD - MUESTRA N°5						
	DATOS	ENSAYO				C ₁ prom (g/m ²)
		P1	P2	P3	P4	
MP5	L1 (cm)	5.08	5.11	5.10	5.09	13920.83
	L2 (cm)	4.97	4.94	5.10	5.10	
	A (cm ²)	25.25	25.24	26.01	25.96	
	m _s (g)	234.20	233.70	240.30	234.60	
	m _d (g)	269.80	269.50	275.80	270.30	
	C ₁ (g/m ²)	14100.4	14181.9	13648.6	13752.5	
MA5-1:9	L1 (cm)	5.11	5.10	5.10	5.04	13139.33
	L2 (cm)	5.11	5.10	5.10	5.11	
	A (cm ²)	26.11	26.01	26.01	25.75	
	m _s (g)	243.60	245.00	241.60	244.20	
	m _d (g)	278.60	278.70	275.30	278.30	
	C ₁ (g/m ²)	13403.7	12956.6	12956.6	13240.5	
MA5-1:3	L1 (cm)	5.05	5.03	5.05	5.10	12143.10
	L2 (cm)	5.12	5.09	5.11	5.10	
	A (cm ²)	25.86	25.60	25.81	26.01	
	m _s (g)	236.60	237.30	239.70	243.60	
	m _d (g)	268.90	268.70	270.60	274.40	
	C ₁ (g/m ²)	12492.3	12264.3	11974.2	11841.6	

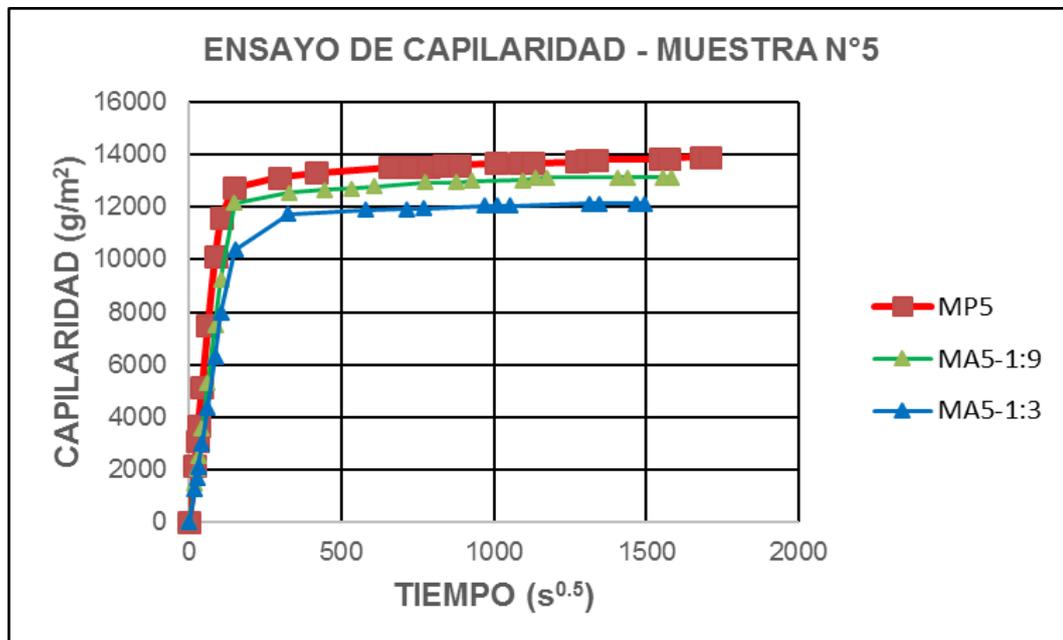


Gráfico N°51: Tiempo vs capilaridad de Muestra N°5. Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO VIII: ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1. COMPARACIÓN DEL MORTERO EN ESTADO FRESCO

8.1.1. Análisis comparativo de la Fluidiez

Se realiza un análisis comparativo de la fluidez al diseño 1 con relación aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 1 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°105) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°52)

Tabla N°105: Comparación de fluidez del diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP1	MA1-1:9	MA1-1:3
Fluidiez	108.29%	107.92%	112.52%
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN N° 1			
Fluidiez	100.00%	99.66%	103.91%

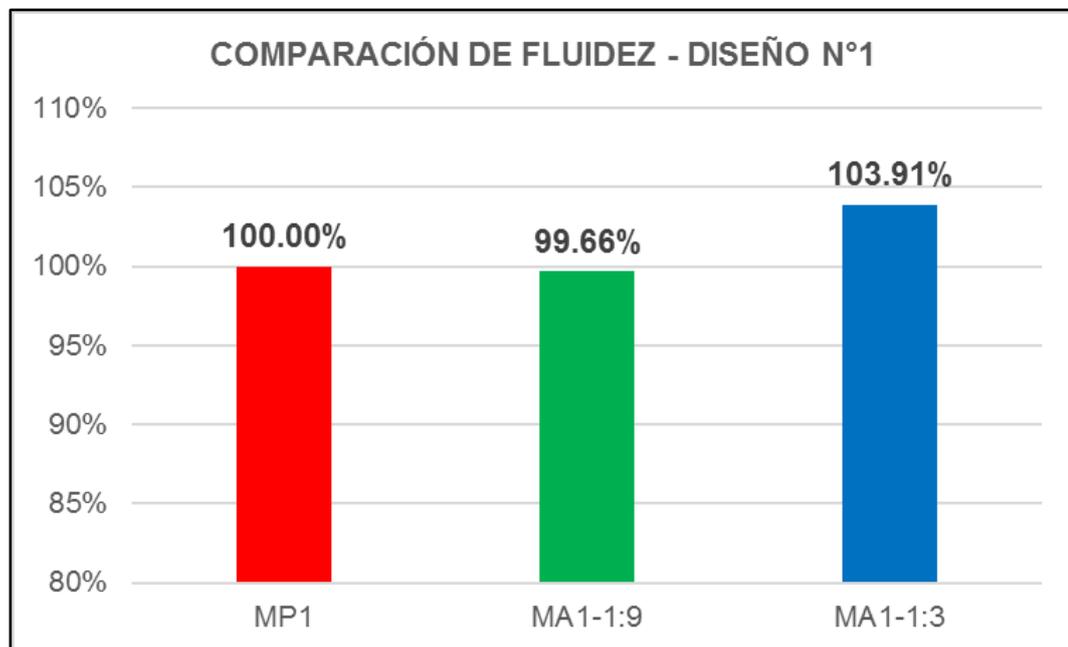


Gráfico N°52: Comparación de fluidez del diseño N°1 con respecto al MP1. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de la fluidez del diseño 1:

- La fluidez de los 3 morteros del diseño 1 se encuentra dentro del rango recomendado por la NTP 334.057, indicado en el capítulo 6.1 de la presente investigación.
- El MA1-1:3 posee el valor de fluidez máximo, mientras el MA1-1:9 posee el valor de fluidez mínimo.

Se realiza un análisis comparativo de la fluidez al diseño N°02 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°02 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°106) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°53).

Tabla N°106: Comparación de fluidez del diseño N°2. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP2	MA2-1:9	MA2-1:3
Fluidez	114.79%	121.46%	119.81%
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN N° 2			
Fluidez	100.00%	105.81%	104.37%

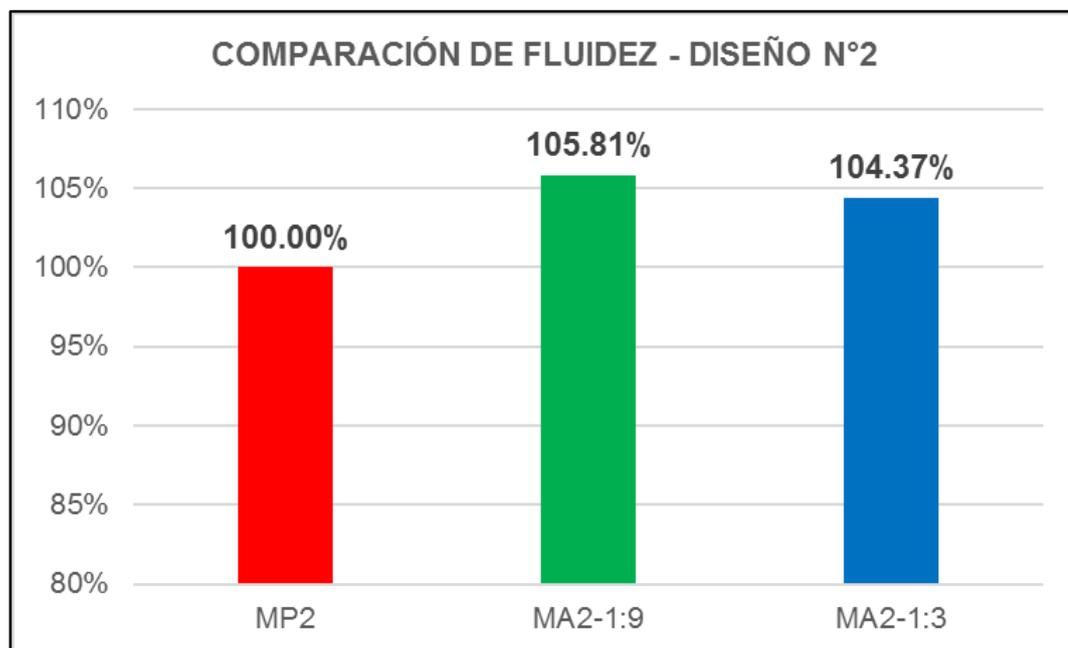


Gráfico N°53: Comparación de fluidez del diseño N°2 con respecto al MP2. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de la fluidez del diseño 2:

- La fluidez del mortero MA2-1:9 y MA2-1:3 exceden al valor máximo recomendado por la NTP 334.057, indicado en el capítulo 6.1 de la presente investigación.
- El MA2-1:9 posee el valor máximo de fluidez del diseño 2, mientras el MP2 posee el valor mínimo de fluidez.
- No existe alguna tendencia de aumento de fluidez en el diseño 2.

Se realiza un análisis comparativo de fluidez al diseño 3 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 3 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°107) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°54).

Tabla N°107: Comparación de fluidez del diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP3	MA3-1:9	MA3-1:3
Fluidez	108.29%	119.32%	110.19%
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN N° 3			
Fluidez	100.00%	110.18%	101.75%

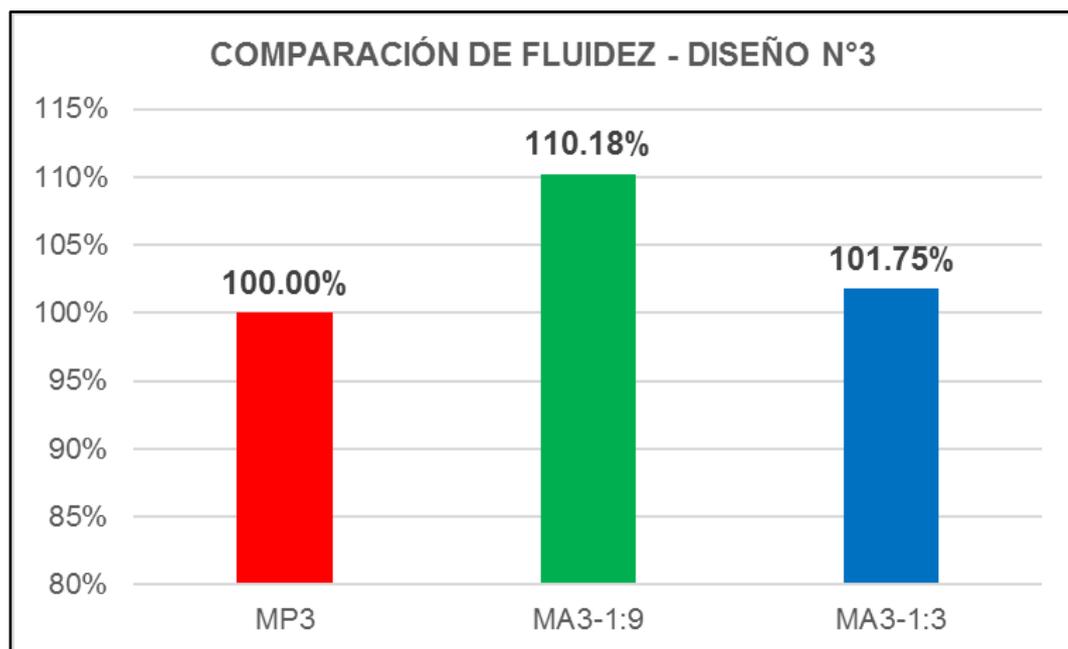


Gráfico N°54: Comparación de fluidez del diseño N°3 con respecto al MP3. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de la fluidez del diseño 3:

- La fluidez del mortero MA3-1:9 excede al valor máximo recomendado por la NTP 334.057, indicado en el capítulo 6.1 de la presente investigación.
- El MA3-1:9 posee el valor máximo de fluidez del diseño 3, mientras el MP3 posee el valor mínimo de fluidez.
- No existe alguna tendencia de aumento de fluidez en el diseño 3.

Se realiza un análisis comparativo de la fluidez al diseño 4 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 4 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°108) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°55).

Tabla N°108: Comparación de fluidez del diseño N°4. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP4	MA4-1:9	MA4-1:3
Fluidez	107.01%	112.38%	105.81%
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN N° 4			
Fluidez	100.00%	105.01%	98.87%

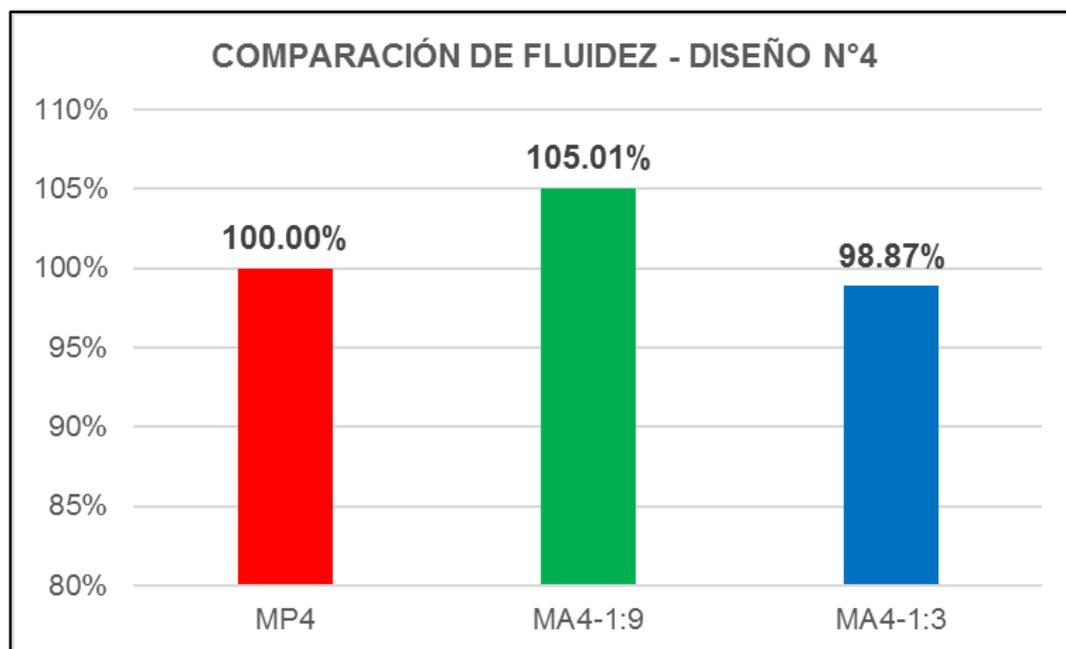


Gráfico N°55: Comparación de fluidez del diseño N°4 con respecto al MP4. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de la fluidez del diseño 4:

- La fluidez de los 3 morteros del diseño 4 se encuentra dentro del rango recomendado por la NTP 334.057, indicado en el capítulo 6.1 de la presente investigación.
- El MA4-1:9 posee el valor máximo de fluidez del diseño 4, mientras el MA4-1:3 posee el valor mínimo de fluidez.
- No existe alguna tendencia de aumento de fluidez en el diseño 4.

Se realiza un análisis comparativo de la fluidez al diseño 5 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 5 sin aditivo, de manera cuantitativa (Ver Tabla N°109) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°56).

Tabla N°109: Comparación de fluidez del diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP5	MA5-1:9	MA5-1:3
Fluidez	110.24%	111.52%	114.99%
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN N° 5			
Fluidez	100.00%	101.16%	104.31%

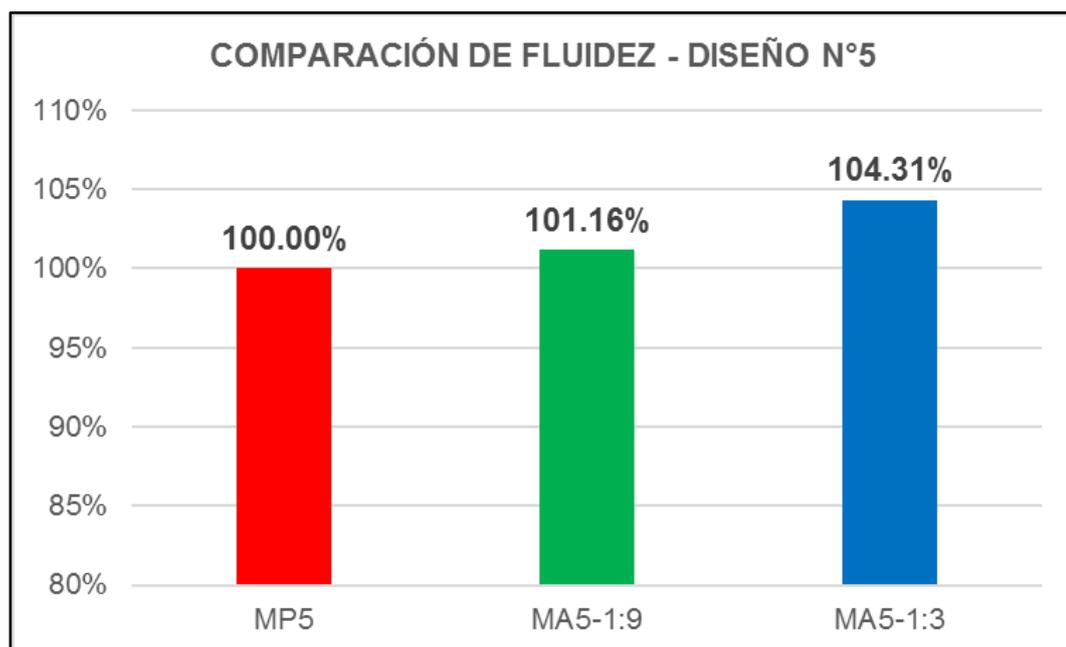


Gráfico N°56: Comparación de fluidez del diseño N°5 con respecto al MP5. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de la fluidez del diseño 5:

- La fluidez de los 3 morteros del diseño 5 se encuentra dentro del rango recomendado por la NTP 334.057, indicado en el capítulo 6.1 de la presente investigación.
- El MA5-1:3 posee el valor máximo de fluidez del diseño 5, y el MP5 posee el valor mínimo de fluidez.

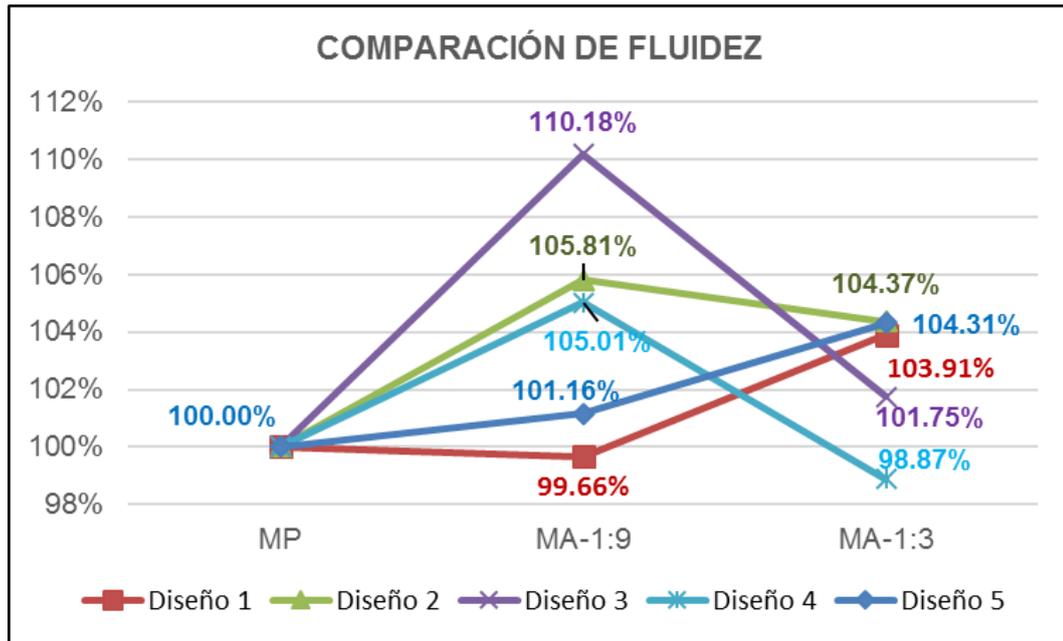


Gráfico N°57: Comparación de variación de fluidez. Fuente: Elaboración Propia.

Las observaciones generales del análisis comparativo de la propiedad de fluidez (Ver gráfico N°57) del mortero de revestimiento son los siguientes:

- La fluidez del mortero añadiendo aditivo Sika -3, a una relación aditivo: agua de 1:3 y 1:9, tiene una influencia a la propiedad de fluidez del mortero patrón de +/- 5% correspondiente a cada diseño, excepto la muestra MA3-1:9.
- El aumento del aditivo acelerador de fragua SIKA-3 en el mortero no genera una tendencia de crecimiento o disminución de la fluidez del mortero patrón.

8.1.2. Análisis comparativo del Peso Unitario

Se realiza un análisis comparativo al mortero de revestimiento con respecto a la variación de la propiedad de peso unitario en estado fresco al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 y 1:3, utilizando como base al mortero de revestimiento patrón de cada diseño.

El procedimiento de análisis que se realiza para cada diseño es hallar el peso unitario del mortero de revestimiento patrón que es el mortero de revestimiento sin aditivo, luego hallar el peso unitario del mortero de revestimiento utilizando aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 y por último hallar el peso unitario del mortero de revestimiento utilizando aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:3. Estos resultados se hallan en el Capítulo VII de la presente investigación.

El valor del peso unitario del mortero de revestimiento sin aditivo se considera el 100% en el análisis comparativo, con respecto a este valor se calcula el porcentaje del peso unitario del mortero de revestimiento con una relación en volumen de aditivo: agua de 1:9, y el porcentaje del peso unitario del mortero de revestimiento con una relación en volumen de aditivo: agua de 1:3.

Con los porcentajes obtenidos del peso unitario para el mortero de revestimiento sin aditivo, mortero de revestimiento con aditivo en relación de volumen de 1:9 y el mortero de revestimiento con aditivo en relación de volumen de 1:3; se realiza un diagrama de barras para visualizar la tendencia que tiene la propiedad al utilizar el aditivo acelerador de fragua Sika -3.

Se realiza un análisis comparativo del peso unitario al diseño 1 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 1 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°110) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°58).

Tabla N°110: Comparación del Peso Unitario del diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP1	MA1-1:9	MA1-1:3
P.U. (kg/m ³)	2211.58	2208.13	2209.75
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN MP1			
P.U.	100.00%	99.84%	99.92%

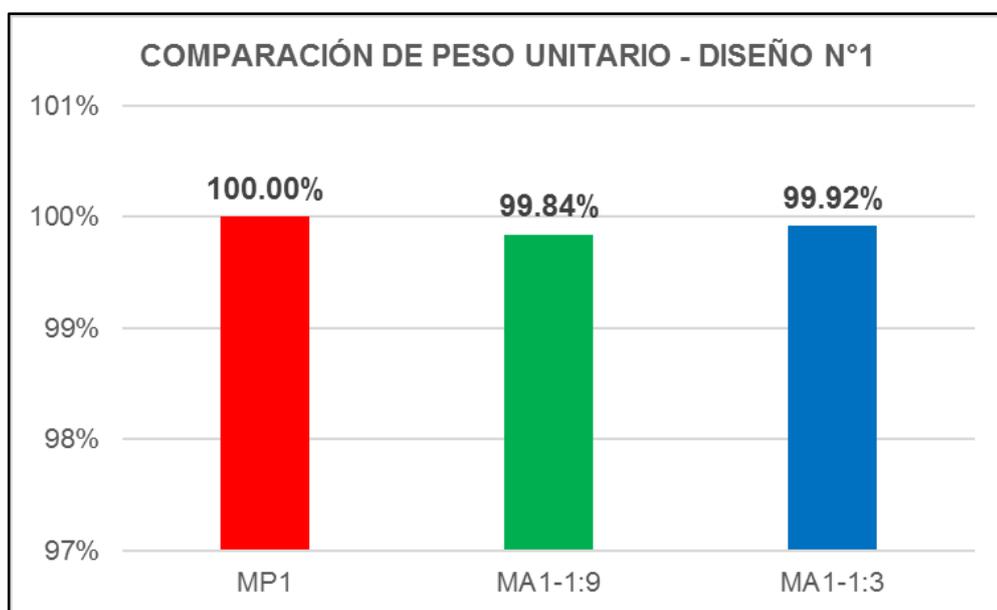


Gráfico N°58: Comparación de Peso Unitario de diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

Observación al análisis comparativo de peso unitario del diseño 1:

- La variación del Peso Unitario en el diseño N°1 con respecto al mortero patrón MP1, al usar aditivo acelerador de fragua Sika-3, es inferior al 0.2%.
- Existe una ligera disminución del Peso Unitario en 3.45 kg/m³ al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika-3.
- No existe una tendencia de comportamiento del Peso Unitario del mortero al utilizar aditivo acelerador de fragua.
- El mortero MA1-1:9 presenta el menor Peso Unitario igual a 2208.13kg/m³.

Se realiza un análisis comparativo del peso unitario al diseño N°02 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°02 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°111) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°59).

Tabla N°111: Comparación del Peso Unitario del diseño N°2. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP2	MA2-1:9	MA2-1:3
P.U. (kg/m ³)	2192.75	2171.50	2163.75
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN MP2			
P.U.	100.00%	99.03%	98.68%

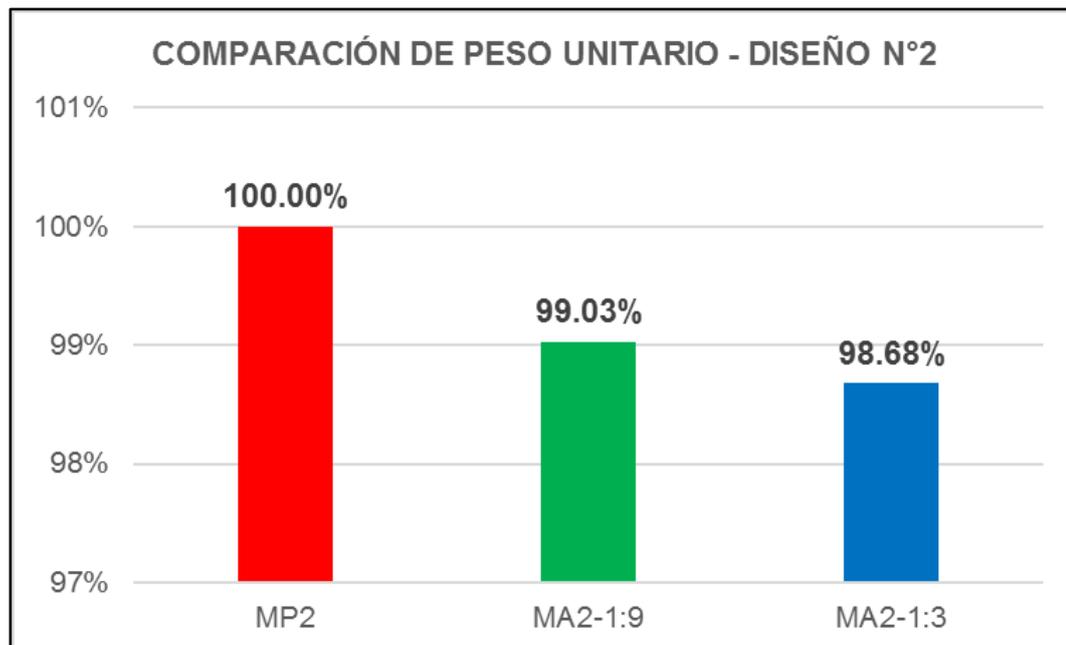


Gráfico N°59: Comparación de Peso Unitario del diseño N°2. Fuente: Elaboración Propia.

Observación de análisis comparativo de peso unitario del diseño 2:

- La variación del Peso Unitario en el diseño N°2 con respecto al MP2, al usar aditivo acelerador de fragua Sika-3, es inferior al 1.4%.
- Existe disminución del Peso Unitario al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika-3 en 29 kg/m³.
- Existe una tendencia de comportamiento del Peso Unitario del mortero al utilizar aditivo acelerador de fragua, mientras más cantidad de aditivo se utiliza el peso unitario disminuye.
- El mortero MA2-1:3 presenta el menor Peso Unitario del diseño N°2 igual a 2163.75 kg/m³.

Se realiza un análisis comparativo al diseño N°03 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°03 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°112) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°60).

Tabla N°112: Comparación del Peso Unitario del diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP3	MA3-1:9	MA3-1:3
P.U. (kg/m ³)	2123.75	2110.63	2104.13
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN MP3			
P.U.	100.00%	99.38%	99.08%

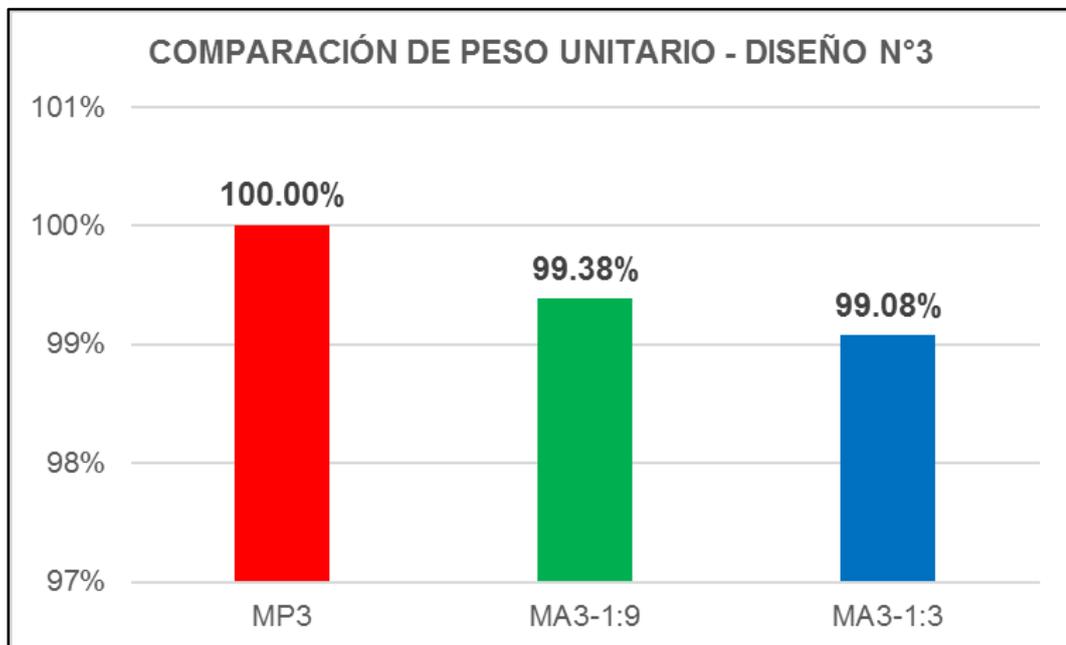


Gráfico N°60: Comparación de Peso Unitario del diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

Observación de análisis comparativo de peso unitario del diseño 3:

- La variación del Peso Unitario en el diseño N°3 con respecto al MP3, al usar aditivo acelerador de fragua Sika-3, es inferior al 1.5%.
- Existe disminución del Peso Unitario al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika-3 en 19.62 kg/m^3 .
- Existe una tendencia de comportamiento del Peso Unitario del mortero al utilizar aditivo acelerador de fragua, mientras más cantidad de aditivo se utiliza el peso unitario disminuye.
- El mortero MA3-1:3 presenta el menor Peso Unitario del diseño N°3 igual a 2104.13 kg/m^3 .

Se realiza un análisis comparativo de peso unitario al diseño N°04 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°04 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°113) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°61).

Tabla N°113: Comparación del Peso Unitario del diseño N°4. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP4	MA4-1:9	MA4-1:3
P.U. (kg/m ³)	2103.25	2083.25	2068.13
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN MP4			
P.U.	100.00%	99.05%	98.33%

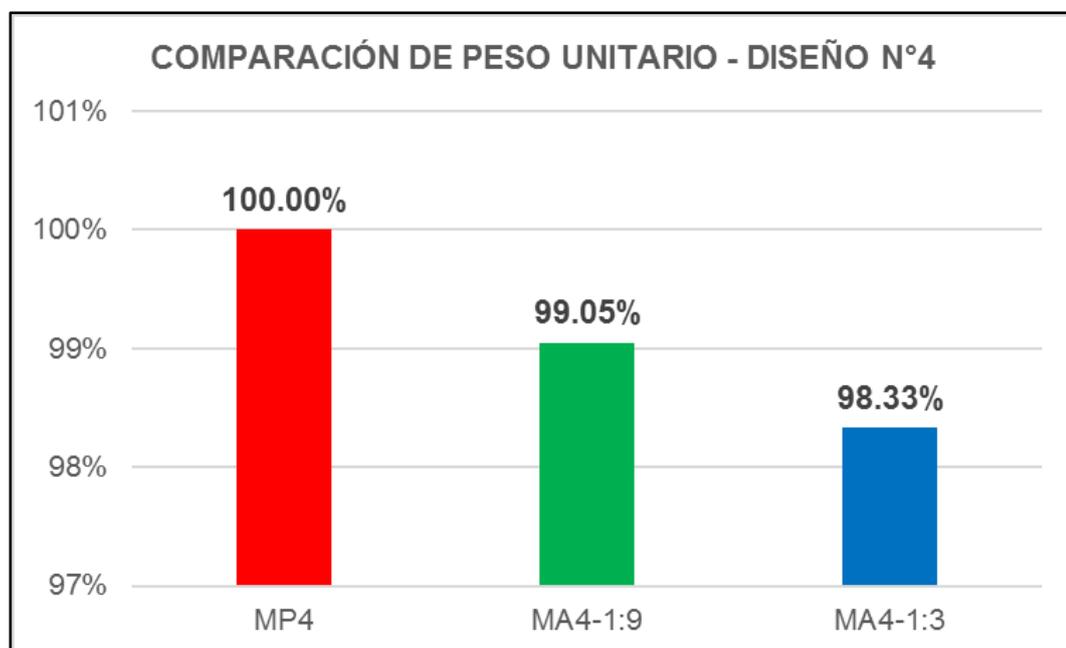


Gráfico N°61: Comparación de Peso Unitario del diseño N°4. Fuente: Elaboración Propia.

Observación de análisis comparativo de peso unitario del diseño 4:

- La variación del Peso Unitario en el diseño N°4 con respecto al MP4, al usar aditivo acelerador de fragua Sika-3, es inferior al 1.7%.
- Existe disminución del Peso Unitario al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika-3 en 35.12 kg/m³.
- Existe una tendencia de comportamiento del Peso Unitario del mortero al utilizar aditivo acelerador de fragua, mientras más cantidad de aditivo se utiliza el peso unitario disminuye.
- El mortero MA4-1:3 presenta el menor Peso Unitario del diseño N°4 igual a 2068.13 kg/m³.

Se realiza un análisis comparativo al diseño N°05 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°05 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°114) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°62).

Tabla N°114: Comparación del Peso Unitario del diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP5	MA5-1:9	MA5-1:3
P.U. (kg/m ³)	2087.25	2058.75	2031.25
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN MP5			
P.U.	100.00%	98.63%	97.32%

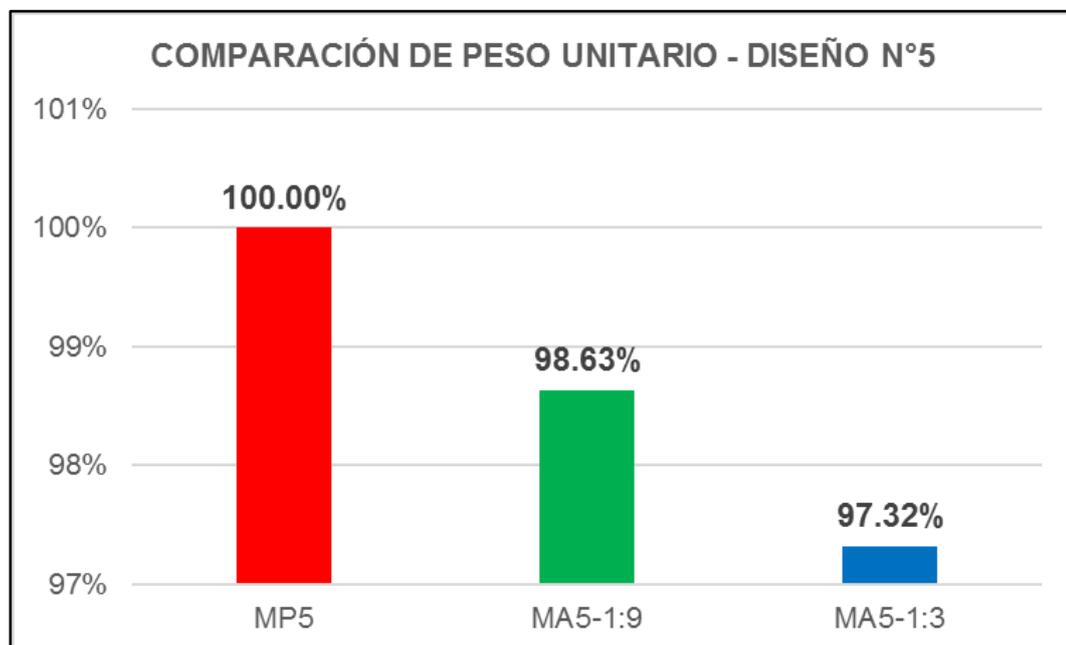


Gráfico N°62: Comparación de Peso Unitario del diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

Observación de análisis comparativo de peso unitario del diseño 5:

- La variación del Peso Unitario en el diseño N°5 con respecto al MP5, al usar aditivo acelerador de fragua Sika-3, es inferior al 2.7%.
- Existe disminución del Peso Unitario al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika-3 en 56 kg/m³.
- Existe una tendencia de comportamiento del Peso Unitario del mortero al utilizar aditivo acelerador de fragua, mientras más cantidad de aditivo se utiliza el peso unitario disminuye.
- El mortero MA5-1:3 presenta el menor Peso Unitario del diseño N°5 igual a 2031.25 kg/m³.

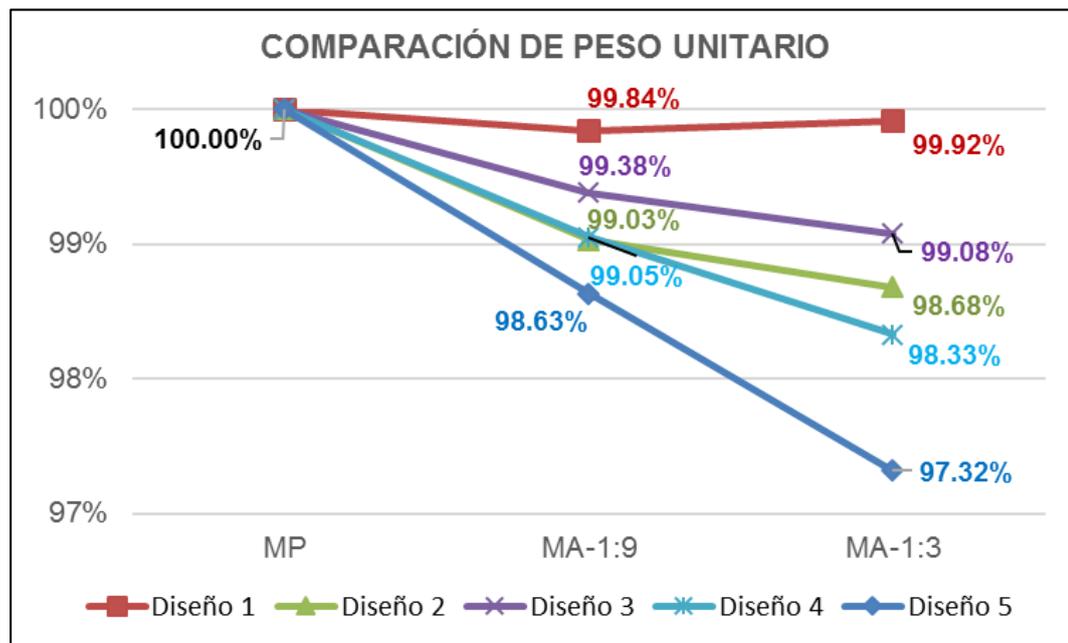


Gráfico N°63: Comparación de variación de Peso Unitario. Fuente: Elaboración Propia.

Las observaciones generales del análisis comparativo de la propiedad de peso unitario (Ver Gráfico N°63) del mortero de revestimiento en estado fresco son las siguientes:

- El peso unitario del mortero disminuye mientras más cantidad de aditivo acelerador de fragua Sika-3 se utiliza en su diseño.
- La mayor variación de peso unitario con respecto al diseño patrón se presenta en el diseño N°5 con una diferencia de 2.7% y la menor variación de peso unitario se presenta en el diseño N°1 con una diferencia de 0.2%.

- El aditivo acelerador de fragua presenta mayor influencia en el peso unitario cuando mayor es la relación cemento: arena en el mortero.
- El aumento del aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en el mortero genera una tendencia de disminución del peso unitario del mortero patrón.
- El peso unitario del mortero de revestimiento es mayor cuando la relación cemento: arena es de 1:1 y es menor cuando la relación cemento: arena es de 1:5, generando una tendencia de disminución de la propiedad de peso unitario en el mortero de revestimiento al disminuir la cantidad de cemento en la relación cemento: arena.

8.1.3. Análisis comparativo de exudación

Se realiza un análisis comparativo al mortero de revestimiento con respecto a la variación de la velocidad de exudación y la capacidad de exudación en el estado fresco, al utilizar aditivo acelerador fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 y 1:3, utilizando como base al mortero de revestimiento patrón de cada diseño.

El análisis comparativo se realiza a partir de los resultados obtenidos en el ensayo de exudación descrito en el Capítulo VII de la presente investigación, realizando un cuadro resumen indicando los resultados por diseño.

El valor de la capacidad de exudación y la velocidad de exudación del mortero de revestimiento sin aditivo se considera el 100% en el análisis comparativo, con respecto a este valor se calcula el porcentaje de la exudación del mortero de revestimiento con una relación en volumen de aditivo: agua de 1:9, y el porcentaje de la exudación del mortero de revestimiento con una relación del volumen de aditivo: agua de 1:3.

Se realiza el análisis comparativo al diseño N°01 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°01 sin aditivo de la velocidad de exudación (Ver Tabla N°115), y de la capacidad de exudación de manera cuantitativa (Ver Tabla N°116) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°64).

Tabla N°115: Comparación de la velocidad de exudación del diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP1	MA1-1:9	MA1-1:3
R_B (ml/dm²/min)	0.06	0.03	0.02
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN MP1			
R_B (%)	100.00%	40.00%	26.67%

Tabla N°116: Comparación de la capacidad de exudación del diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP1	MA1-1:9	MA1-1:3
C_B (%)	1.15%	0.41%	0.10%
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN MP1			
C_B (%)	100.00%	35.56%	8.89%

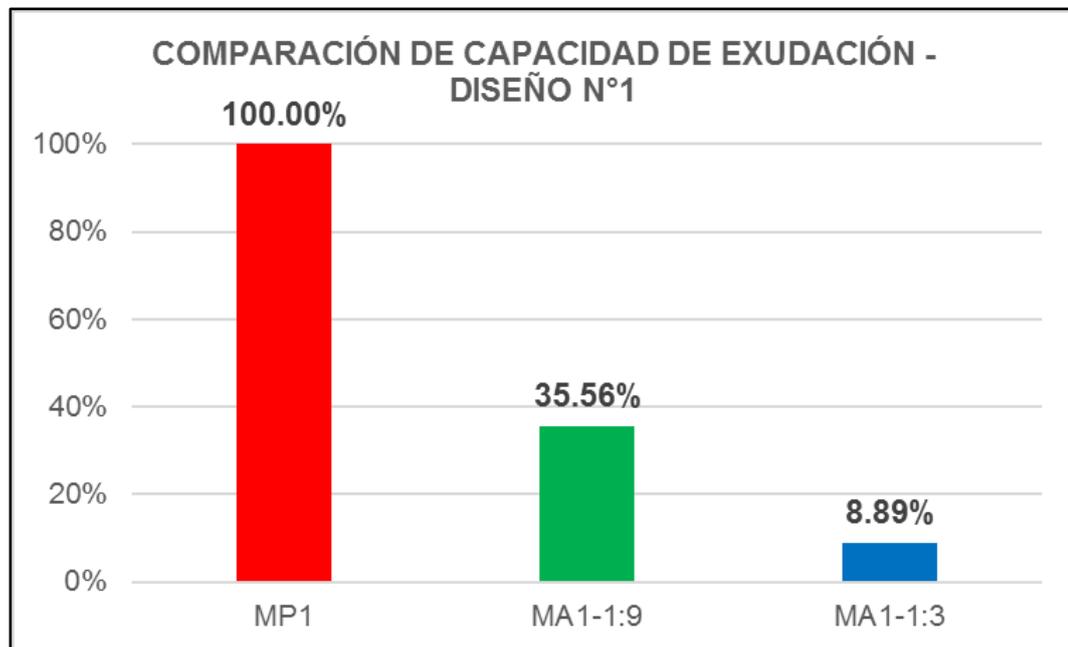


Grafico N°64: Comparación de la capacidad de Exudación del diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

Observación de análisis comparativo de exudación del diseño 1:

- La variación de velocidad de exudación en el diseño N°1 con respecto al MP1 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 es inferior a 60.0%.
- La variación de velocidad de exudación en el diseño N°1 con respecto al MP1 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:3 es inferior a 73.5%.
- Existe una disminución de la velocidad de exudación al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en 0.04 ml/dm²/min.

- El mortero MA1-1:3 presenta la menor velocidad de exudación del diseño N°01 con un valor de 0.02 ml/dm²/min.
- La variación de capacidad de exudación en el diseño N°01 con respecto al MP1 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 es inferior a 64.5%.
- La variación de capacidad de exudación en el diseño N°01 con respecto al MP1 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:3 es inferior a 91.5%.
- Existe una disminución considerable de la capacidad de exudación al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en el diseño N°01.

Se realiza el análisis comparativo al diseño N°03 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°03 sin aditivo de la velocidad de exudación (Ver Tabla N°117), y de la capacidad de exudación de manera cuantitativa (Ver Tabla N°118) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°65).

Tabla N°117: Comparación de la velocidad de exudación del diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP3	MA3-1:9	MA3-1:3
R_B (ml/dm²/min)	0.32	0.24	0.02
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN MP3			
R_B (%)	100.00%	76.00%	5.33%

Tabla N°118: Comparación de la capacidad de exudación del diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP3	MA3-1:9	MA3-1:3
C_B (%)	5.04%	2.29%	0.15%
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN MP3			
C_B (%)	100.00%	45.45%	3.03%

Observación del análisis comparativo de exudación del diseño 3:

- La variación de velocidad de exudación en el diseño N°3 con respecto al MP3 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 es inferior a 24.0%.
- La variación de velocidad de exudación en el diseño N°3 con respecto al MP3 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:3 es inferior a 94.5%.
- Existe una disminución de la velocidad de exudación al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3.

- El mortero MA3-1:3 presenta la menor velocidad de exudación del diseño N°03 con un valor de 0.02 ml/dm²/min.
- La variación de capacidad de exudación en el diseño N°03 con respecto al MP3 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 es inferior a 54.5%.
- La variación de capacidad de exudación en el diseño N°03 con respecto al MP3 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:3 es inferior a 97.0%.
- Existe una disminución considerable de la capacidad de exudación al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en el diseño N°03.
- El mortero MA3-1:3 presenta la menor capacidad de exudación del diseño N°03 con un valor de 0.15%.

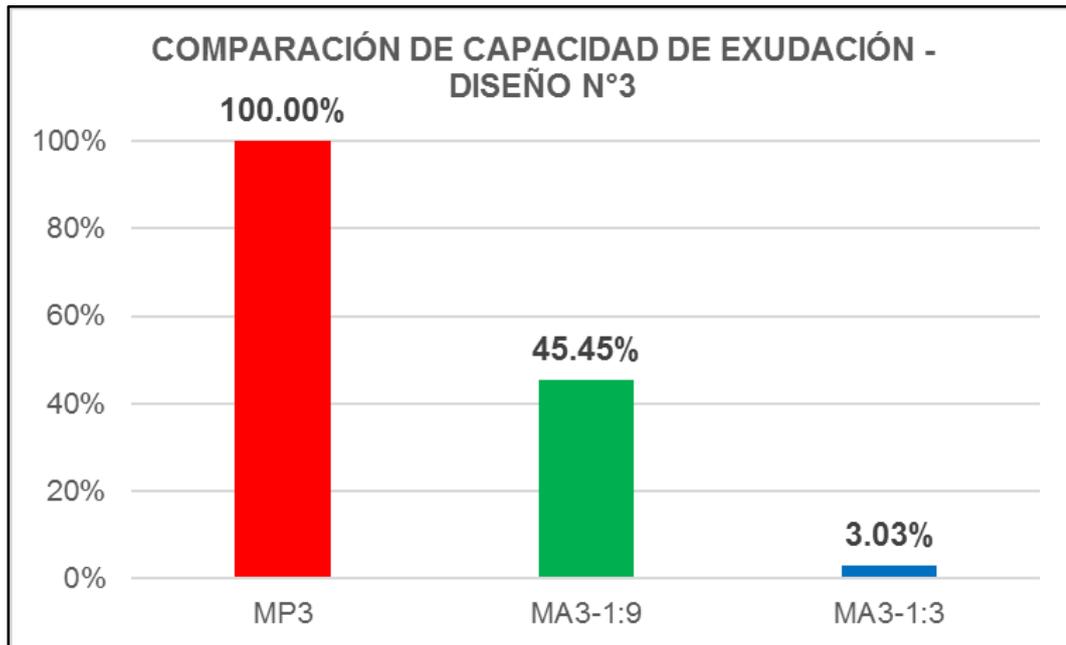


Gráfico N°65: Comparación capacidad de Exudación del diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

Se realiza el análisis comparativo, al diseño N°05 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°05 sin aditivo, a la velocidad de exudación (Ver Tabla N°119), y de la capacidad de exudación de manera cuantitativa (Ver Tabla N°120) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°66).

Tabla N°119: Comparación velocidad de exudación del diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP5	MA5-1:9	MA5-1:3
R_B (ml/dm²/min)	0.79	0.38	0.06
R_B (%)	100.00%	47.85%	8.06%

Tabla N°120: Comparación capacidad de exudación del diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo	MP5	MA5-1:9	MA5-1:3
C_B (%)	8.73%	3.26%	0.74%
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRÓN MP5			
C_B (%)	100.00%	37.32%	8.45%

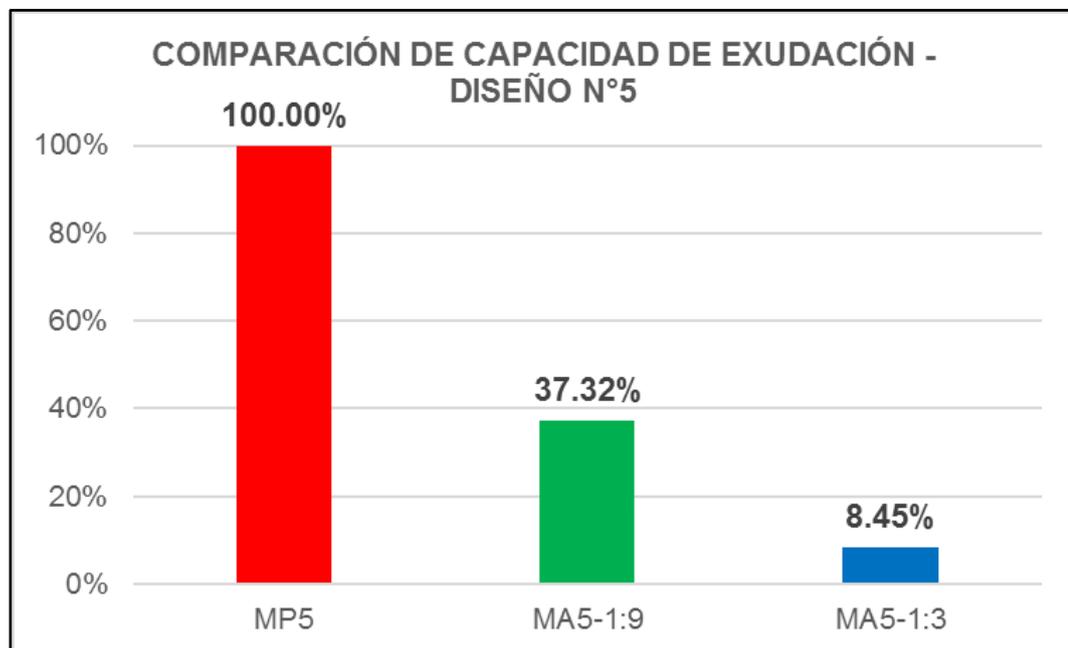


Gráfico N°66: Comparación capacidad de Exudación del diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de la exudación del diseño 5:

- La variación de velocidad de exudación en el diseño N°5 con respecto al MP5 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 es inferior a 52.5%.
- La variación de velocidad de exudación en el diseño N°5 con respecto al MP5 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:3 es inferior a 92.0%.
- Existe una disminución de la velocidad de exudación al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3.
- El mortero MA5-1:3 presenta la menor velocidad de exudación del diseño N°05 con un valor de 0.06 ml/dm²/min.
- La variación de capacidad de exudación en el diseño N°05 con respecto al MP5 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 es inferior a 62.5%.
- La variación de capacidad de exudación en el diseño N°05 con respecto al MP5 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:3 es inferior a 91.5%.
- Existe una disminución considerable de la capacidad de exudación al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en el diseño N°05.

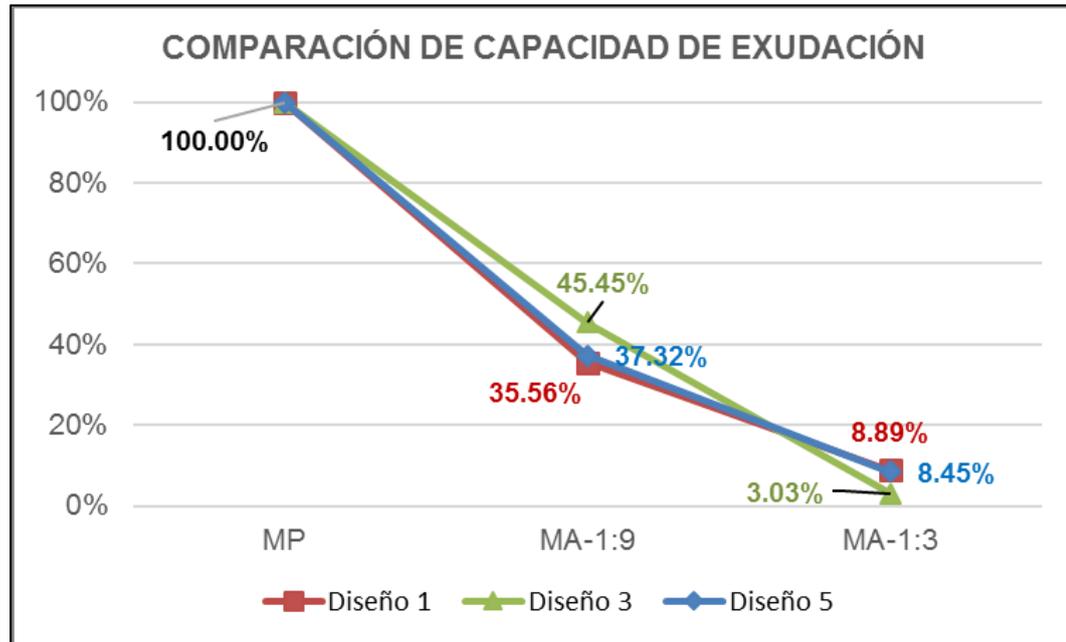


Gráfico N°67: Comparación de variación de capacidad de Exudación. Fuente: Elaboración Propia.

Las observaciones generales del análisis comparativo de la propiedad de exudación (Ver gráfico N° 67) del mortero de revestimiento en estado fresco son las siguientes:

- La velocidad de exudación inicial disminuye en el mortero cuanto mayor cantidad de aditivo acelerador de fragua Sika-3 se utiliza en su diseño.
- La velocidad de exudación aumenta cuanto menor relación cemento: arena se utiliza en su diseño.
- La capacidad de exudación del mortero de revestimiento disminuye cuanto mayor cantidad de aditivo acelerador de fragua Sika-3 se utiliza en su diseño.
- La capacidad de exudación aumenta cuanto menor relación cemento: arena se utiliza en su diseño.
- Al usar una relación de aditivo: agua igual a 1:9, la variación de exudación para todos los diseños se encuentra en el rango de 35% al 45%.
- Al usar una relación de aditivo: agua igual a 1:3, la variación de exudación para todos los diseños se encuentra en el rango de 3% al 8%
- La influencia del aditivo acelerador de fragua Sika-3 en la capacidad de exudación del mortero de revestimiento es indiferente con respecto a la variación de relación cemento: arena utilizada en el diseño.

8.1.4. Análisis comparativo del tiempo de fraguado

Se realiza el análisis comparativo al diseño N°01 del tiempo de fraguado inicial y tiempo de fraguado final de manera cuantitativa (Ver Tabla N°121) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°68).

Tabla N°121: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO	MP1	MA1-1:9	MA1-1:3
Fraguado Inicial (min)	163	94	68
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRON			
Fraguado inicial (%)	100.00%	57.67%	41.72%
Fraguado final (min)	225	140	105
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRON			
Fraguado Final (%)	100.00%	62.22%	46.67%

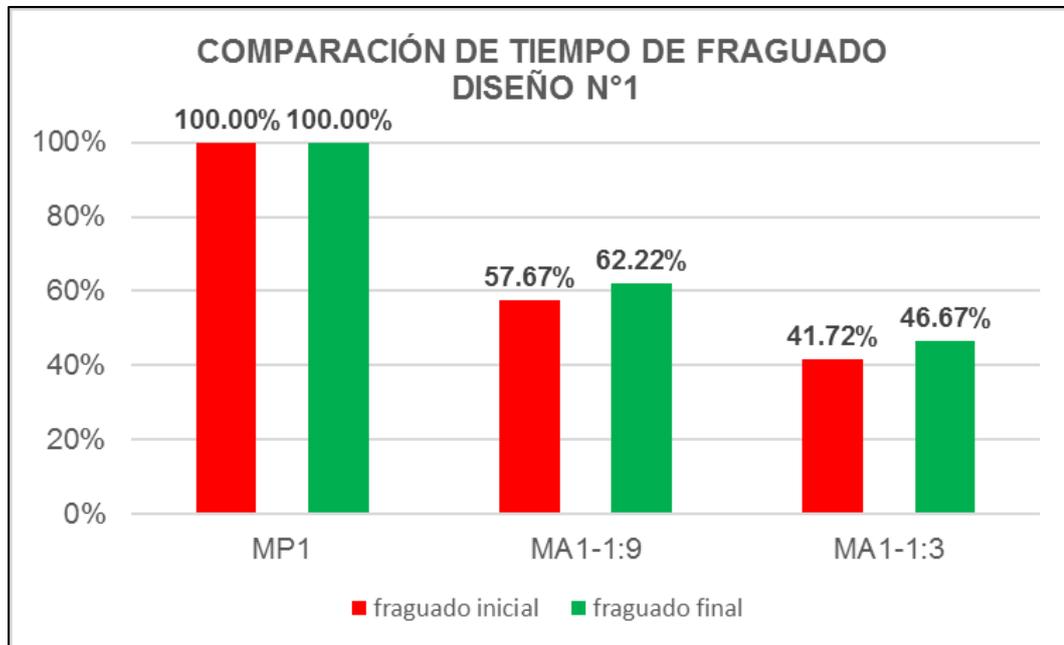


Gráfico N°68: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

Observaciones del análisis comparativo del tiempo de fraguado del diseño 1:

- La variación del tiempo de fraguado inicial en el diseño N°01 con respecto al MP1 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 y 1:3 es inferior a 42.33% y 58.28% respectivamente.
- Existe una disminución del tiempo de fraguado inicial al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en 69 minutos y 95 minutos al usar una relación de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 respectivamente.

- La variación del tiempo de fraguado final en el diseño N°01 con respecto al MP1 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 y 1:3 es inferior a 37.78% y 53.33% respectivamente.
- Existe una disminución del tiempo de fraguado final al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en 85 minutos y 120 minutos al usar una relación de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 respectivamente.

Se realiza el análisis comparativo al diseño N°02 del tiempo de fraguado inicial y tiempo de fraguado final de manera cuantitativa (Ver Tabla N°122) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°69).

Tabla N°122: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°2. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO	MP2	MA2-1:9	MA2-1:3
Fraguado Inicial (min)	182	101	87
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRON			
Fraguado inicial (%)	100.00%	55.49%	47.80%
Fraguado final (min)	250	150	120.0
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRON			
Fraguado Final (%)	100.00%	60.00%	48.00%

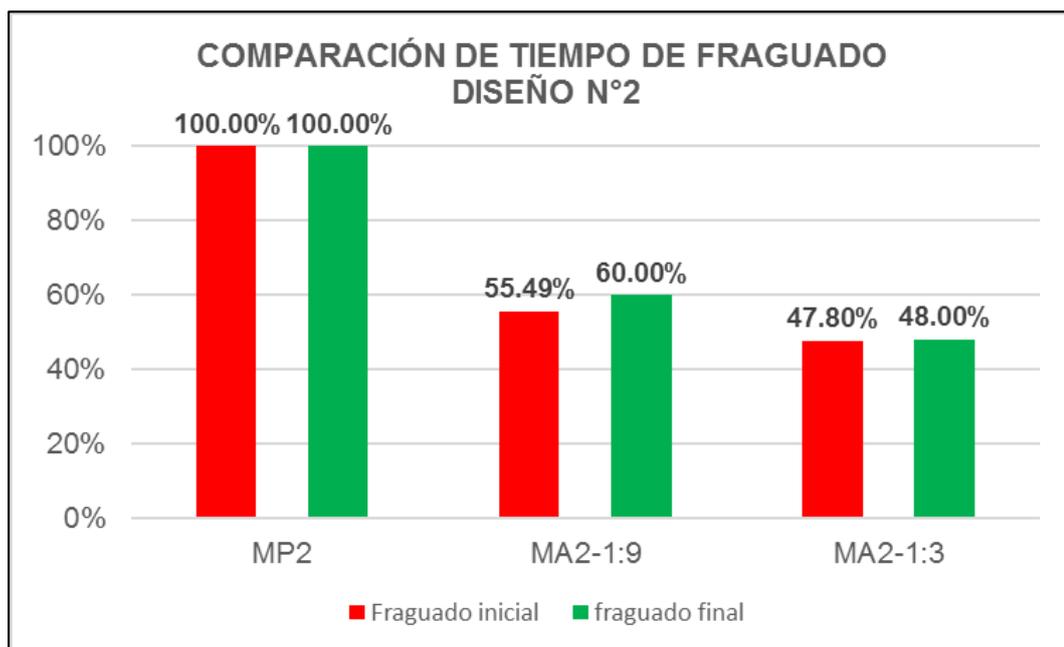


Gráfico N°69: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°2. Fuente: Elaboración Propia

Observaciones del análisis comparativo del tiempo de fraguado del diseño 2:

- La variación del tiempo de fraguado inicial en el diseño N°02 con respecto al MP2 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 y 1:3 es inferior a 44.51% y 52.20% respectivamente.
- Existe una disminución del tiempo de fraguado inicial al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en 81 minutos y 95 minutos al usar una relación de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 respectivamente.
- La variación del tiempo de fraguado final en el diseño N°02 con respecto al MP2 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 y 1:3 es inferior a 40.00% y 52.00% respectivamente.
- Existe una disminución del tiempo de fraguado final al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en 100 minutos y 130 minutos al usar una relación de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 respectivamente.

Se realiza el análisis comparativo al diseño N°03 del tiempo de fraguado inicial y tiempo de fraguado final de manera cuantitativa (Ver Tabla N°123) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°70).

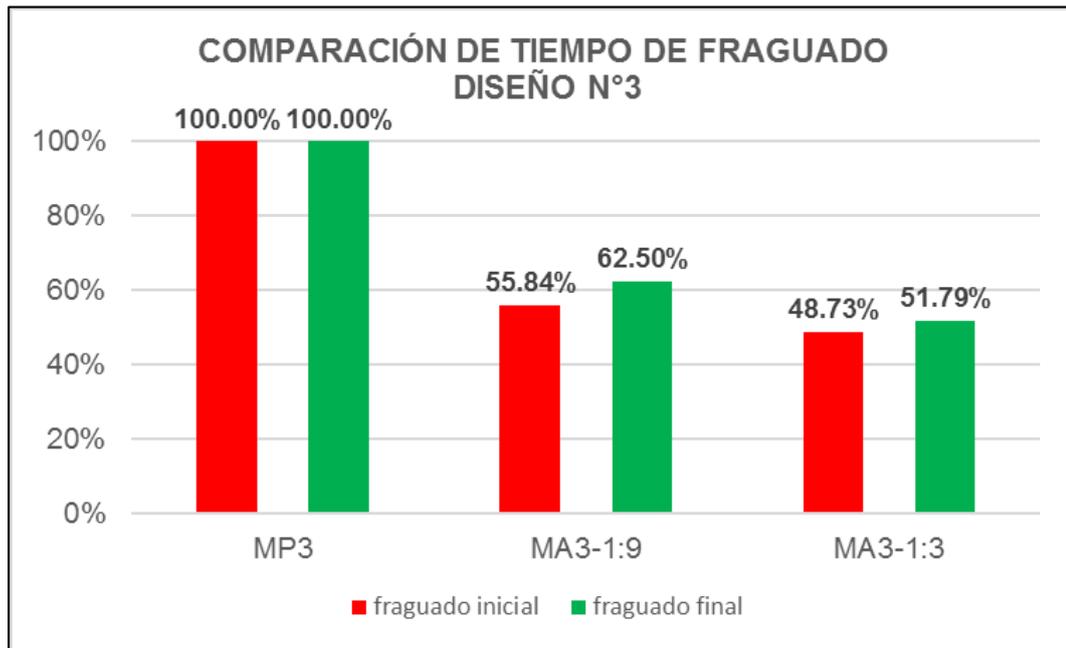


Grafico N°70: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°123: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO	MP3	MA3-1:9	MA3-1:3
Fraguado Inicial (min)	197	110	96
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRON			
Fraguado inicial (%)	100.00%	55.84%	48.73%
Fraguado final (min)	280	175	145
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRON			
Fraguado Final (%)	100.00%	62.50%	51.79%

Observaciones del análisis comparativo del tiempo de fraguado del diseño 3:

- La variación del tiempo de fraguado inicial en el diseño N°03 con respecto al MP3 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 y 1:3 es inferior a 44.16% y 51.27% respectivamente.
- Existe una disminución del tiempo de fraguado inicial al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en 87 minutos y 101 minutos al usar una relación de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 respectivamente.
- La variación del tiempo de fraguado final en el diseño N°03 con respecto al MP3 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 y 1:3 es inferior a 37.50% y 48.21% respectivamente.
- Existe una disminución del tiempo de fraguado final al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en 105 minutos y 135 minutos al usar una relación de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 respectivamente.

Se realiza el análisis comparativo al diseño N°04 del tiempo de fraguado inicial y tiempo de fraguado final de manera cuantitativa (Ver Tabla N°124) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°71).

Tabla N°124: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°4. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO	MP4	MA4-1:9	MA4-1:3
Fraguado Inicial (min)	216	132	103
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRON			
Fraguado inicial (%)	100.00%	61.11%	47.69%
Fraguado final (min)	295	190	185
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRON			
Fraguado Final (%)	100.00%	64.41%	62.71%

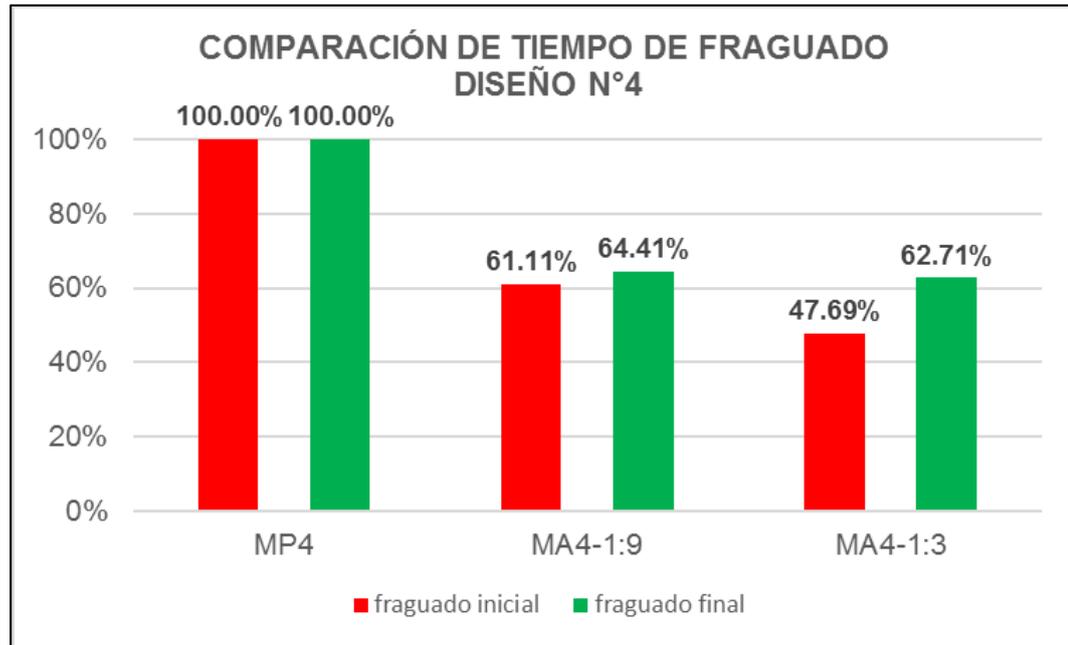


Grafico N°71: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°4. Fuente: Elaboración Propia

Observaciones del análisis comparativo del tiempo de fraguado del diseño 4:

- La variación del tiempo de fraguado inicial en el diseño N°04 con respecto al MP4 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 y 1:3 es inferior a 38.89% y 52.31% respectivamente.
- Existe una disminución del tiempo de fraguado inicial al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en 84 minutos y 113 minutos al usar una relación de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 respectivamente.
- La variación del tiempo de fraguado final en el diseño N°04 con respecto al MP4 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 y 1:3 es inferior a 35.59% y 37.29% respectivamente.
- Existe una disminución del tiempo de fraguado final al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en 105 minutos y 110 minutos al usar una relación de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 respectivamente.

Se realiza el análisis comparativo al diseño N°05 del tiempo de fraguado inicial y tiempo de fraguado final de manera cuantitativa (Ver Tabla N°125) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°72).

Tabla N°125: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO	MP5	MA5-1:9	MA5-1:3
Fraguado Inicial (min)	235	145	114
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRON			
Fraguado inicial (%)	100.00%	61.70%	48.51%
Fraguado final (min)	315	230	220
COMPARACIÓN CON MORTERO PATRON			
Fraguado Final (%)	100.00%	73.02%	69.84%

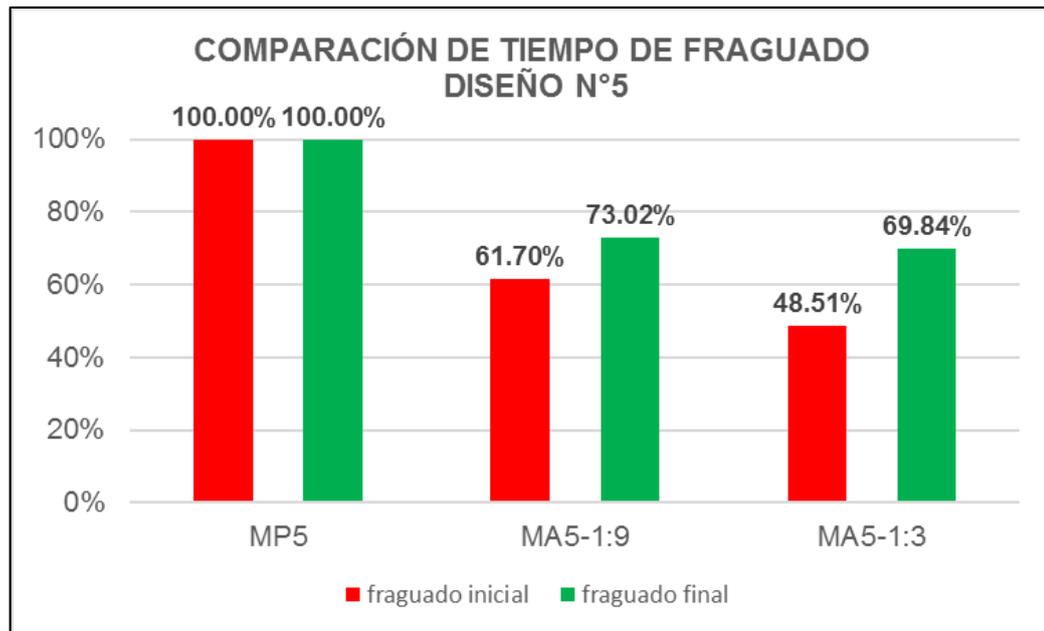


Grafico N°72: Comparación de tiempo de fraguado del diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia

Observaciones del análisis comparativo del tiempo de fraguado del diseño 5:

- La variación del tiempo de fraguado inicial en el diseño N°05 con respecto al MP5 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 y 1:3 es inferior a 38.30% y 51.49% respectivamente.
- Existe una disminución del tiempo de fraguado inicial al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en 90 minutos y 121 minutos al usar una relación de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 respectivamente.
- La variación del tiempo de fraguado final en el diseño N°05 con respecto al MP5 al usar aditivo acelerador de fragua con relación 1:9 y 1:3 es inferior a 26.98% y 30.16% respectivamente.
- Existe una disminución del tiempo de fraguado final al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika 3 en 85 minutos y 95 minutos a una relación de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 respectivamente.

Las observaciones generales del análisis comparativo de la propiedad de tiempo de fraguado inicial que se muestra de manera gráfica (Ver Gráfico N°73) y tiempo de fraguado final (Ver Gráfico N°74) en el estado fresco del mortero de revestimiento son las siguientes:

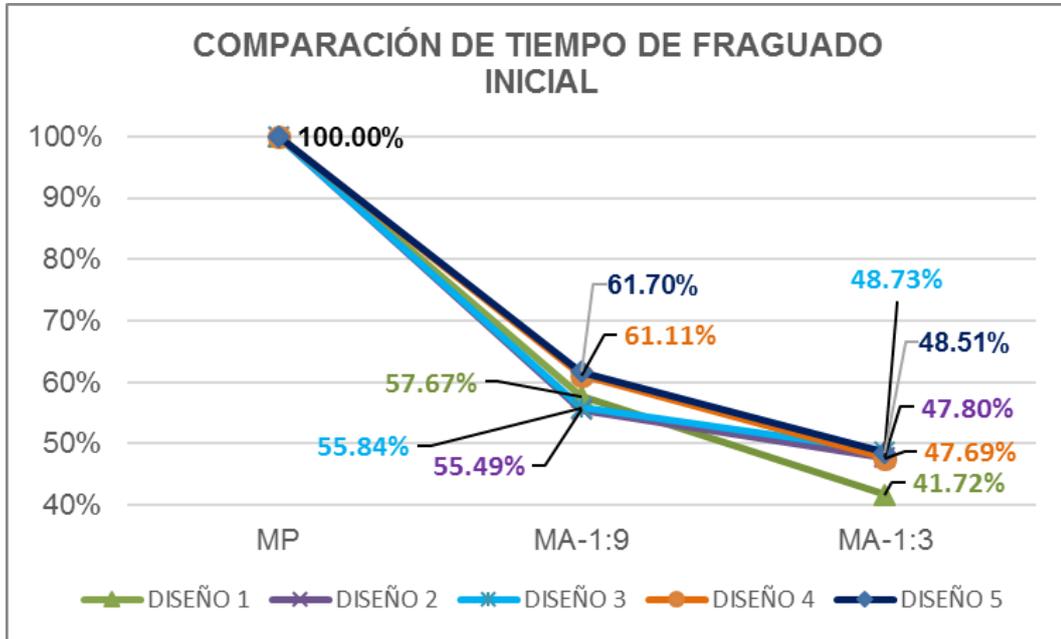


Gráfico N°73: Comparación de tiempo de fraguado inicial de diseños. Fuente: Elaboración Propia

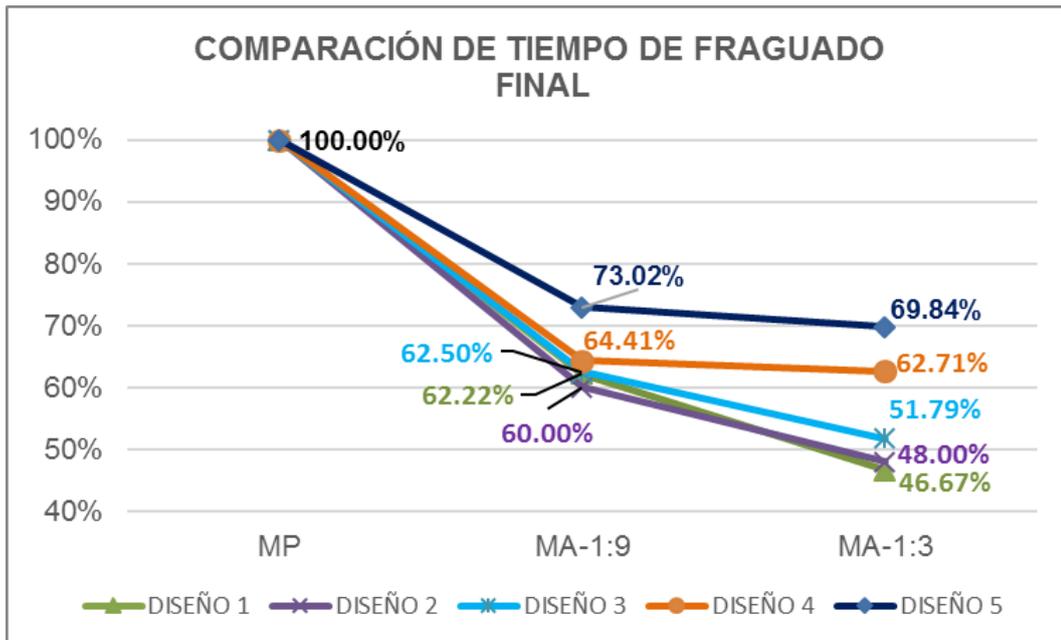


Gráfico N°74: Comparación de tiempo de fraguado final de diseños. Fuente: Elaboración Propia

- El tiempo de fraguado inicial disminuye en el mortero cuanto mayor cantidad de aditivo acelerador de fragua Sika-3 se utiliza en su diseño, comprobando así la función del aditivo acelerador de fragua.
- El tiempo de fraguado inicial aumenta cuanto menor relación cemento: arena se utiliza en su diseño.
- El tiempo de fraguado final disminuye en el mortero cuanto mayor cantidad de aditivo acelerador de fragua Sika-3 se utiliza en su diseño cumpliendo su función.
- El tiempo de fraguado final aumenta cuanto menor relación cemento: arena se utiliza en su diseño.
- Al usar una relación de aditivo: agua igual a 1:9, la variación de tiempo de fraguado inicial para todos los diseños se encuentra en el rango de 38% al 45%.
- Al usar una relación de aditivo: agua igual a 1:3, la variación de tiempo de fraguado inicial para todos los diseños se encuentra en el rango de 51% al 59%.
- Al usar una relación de aditivo: agua igual a 1:9, la variación de tiempo de fraguado final para todos los diseños se encuentra en el rango de 26% al 40%.
- Al usar una relación de aditivo: agua igual a 1:3, la variación de tiempo de fraguado inicial para todos los diseños se encuentra en el rango de 30% al 54%.
- El uso del aditivo acelerador de fragua Sika – 3 tiene una mayor influencia en el tiempo de fraguado inicial.
- El aditivo acelerador de fragua, tiene una mayor influencia a la propiedad de tiempo de fraguado final cuanto mayor cantidad de cemento en la relación cemento: arena se utilice en el diseño.
- El aditivo acelerador de fragua Sika – 3, obtiene mejores resultados de disminución de tiempo de fraguado inicial en el mortero con una relación cemento: arena de 1:3.

8.2. COMPARACIÓN DEL MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO

8.2.1. Análisis comparativo de la resistencia a la compresión

Se realiza un análisis comparativo de la resistencia a la compresión al diseño N°01 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°01 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°126) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°75).

Tabla N°126: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

DISEÑO N°01 - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Tiempo (días)	MP1	MA1-1:9	MA1-1:3
7 días	313	344	327
14 días	377	348	382
28 días	416	416	458
COMPARACIÓN CON PATRON			
7 días	100.00%	110.01%	104.52%
14 días	100.00%	92.23%	101.51%
28 días	100.00%	99.90%	109.88%

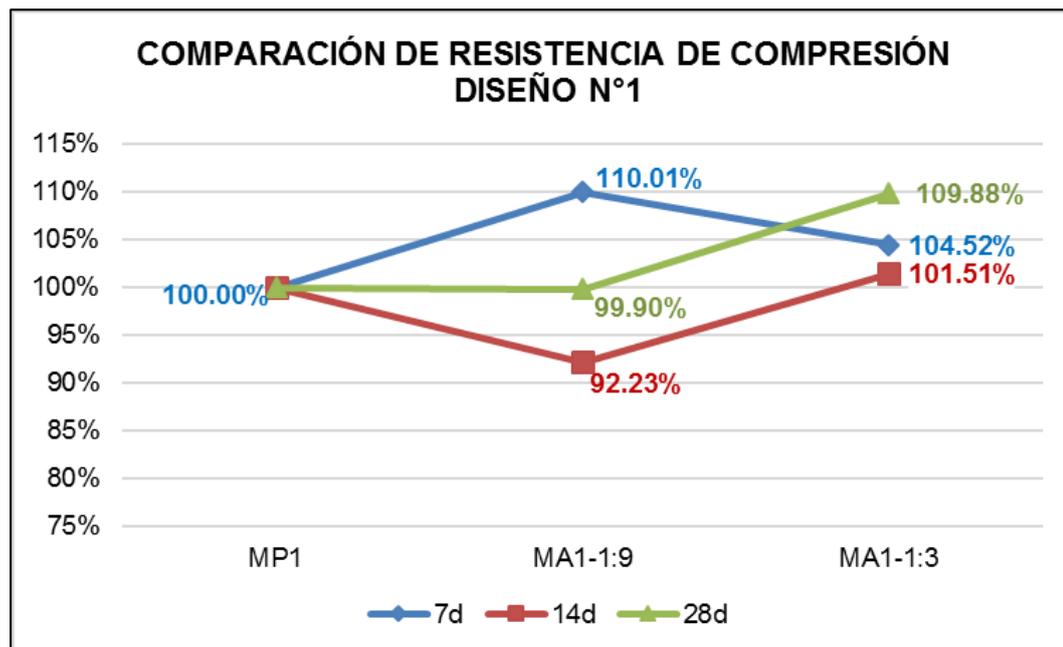


Gráfico N°75: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

Observación de análisis comparativo de resistencia a la compresión del diseño 1:

- El diseño MA1-1:9 tiene valores más óptimos que el mortero patrón en los primeros 7 días y presenta un valor similar a los 28 días.
- El diseño MA1-1:3 presenta valores mayores que el mortero patrón en todas sus edades.
- En el diseño N°01, el mortero MA1-1:3 presente el resultado más óptimo con un resultado de 457.6 kg/cm² y el mortero MA1-1:9 presenta el más deficiente con un valor de 416.0 kg/cm² en su edad de los 28 días.
- La variación de la resistencia a la compresión a los 28 días en el diseño N°01 con respecto al mortero patrón MP1, al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación 1:9 es de -0.1%.
- La variación de la resistencia a la compresión a los 28 días en el diseño N°01 con respecto al mortero patrón MP1, al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación 1:3 es de 9.8%.
- No existe una variación significativa en la resistencia a la compresión al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en el diseño N°01, tiene una variación dentro del rango de +/-10%.

Se realiza un análisis comparativo de la resistencia a la compresión al diseño N°02 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°02 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°127) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°76).

Tabla N°127: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°2. Fuente: Elaboración Propia.

DISEÑO N°02 - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Tiempo (días)	MP2	MA2-1:9	MA2-1:3
7 días	261	257	229
14 días	284	275	269
28 días	315	302	318
COMPARACIÓN CON PATRON			
7 días	100.00%	98.81%	88.06%
14 días	100.00%	96.77%	94.44%
28 días	100.00%	95.73%	100.78%

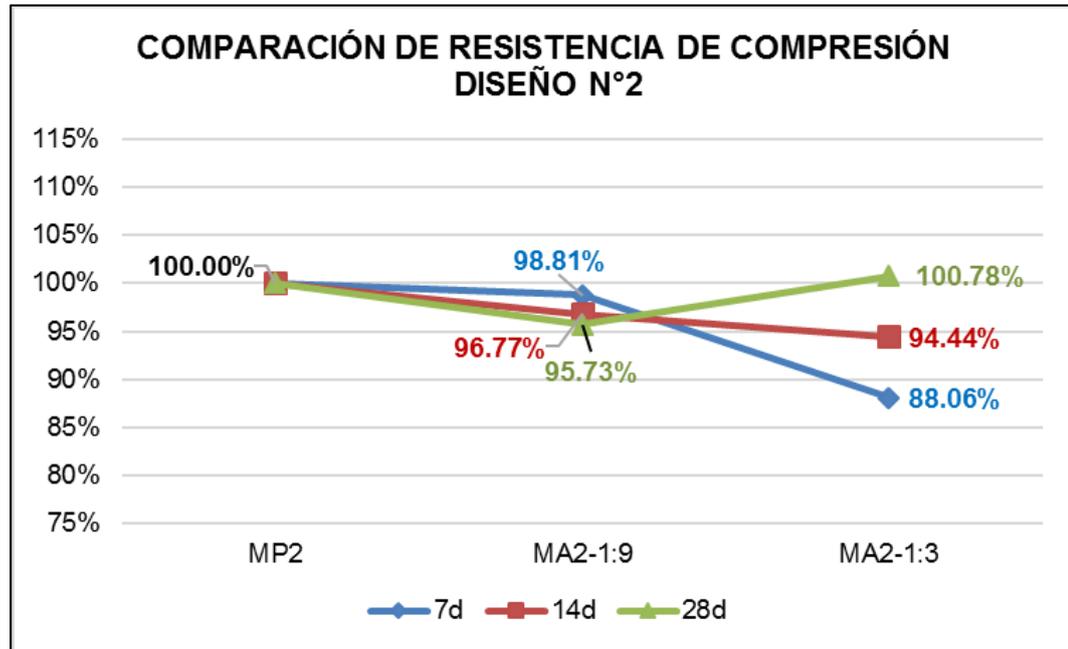


Grafico N°76: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°2. Fuente: Elaboración Propia.

Observación de análisis comparativo de resistencia a la compresión del diseño 2:

- El diseño MA2-1:9 tiene valores menores que el mortero patrón en todas sus edades.
- El diseño MA2-1:3 presenta un valor menor que el mortero patrón en los primeros 7 días y un valor similar a los 28 días.
- En el diseño N°02, el mortero MA2-1:3 presenta el resultado más óptimo con un resultado de 317.7 kg/cm^2 y el mortero MA2-1:9 presenta el más deficiente con un valor de 301.8 kg/cm^2 en su edad de los 28 días.
- La variación de la resistencia a la compresión a los 28 días en el diseño N°01 con respecto al mortero patrón MP1, al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación 1:9 es de -4.27%.
- La variación de la resistencia a la compresión a los 28 días en el diseño N°01 con respecto al mortero patrón MP1, al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación 1:3 es de 0.78%.
- No existe una variación significativa en la resistencia a la compresión al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en el diseño N°02, tiene una variación dentro del rango +/- 5%.

Se realiza un análisis comparativo de la resistencia a la compresión al diseño N°02 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°01 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°128) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°77).

Tabla N°128: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

DISEÑO N°03 - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Tiempo (días)	MP3	MA3-1:9	MA3-1:3
7 días	181	158	150
14 días	226	181	210
28 días	246	210	218
COMPARACIÓN CON PATRON			
7 días	100.00%	87.39%	82.89%
14 días	100.00%	79.90%	92.70%
28 días	100.00%	85.24%	88.68%

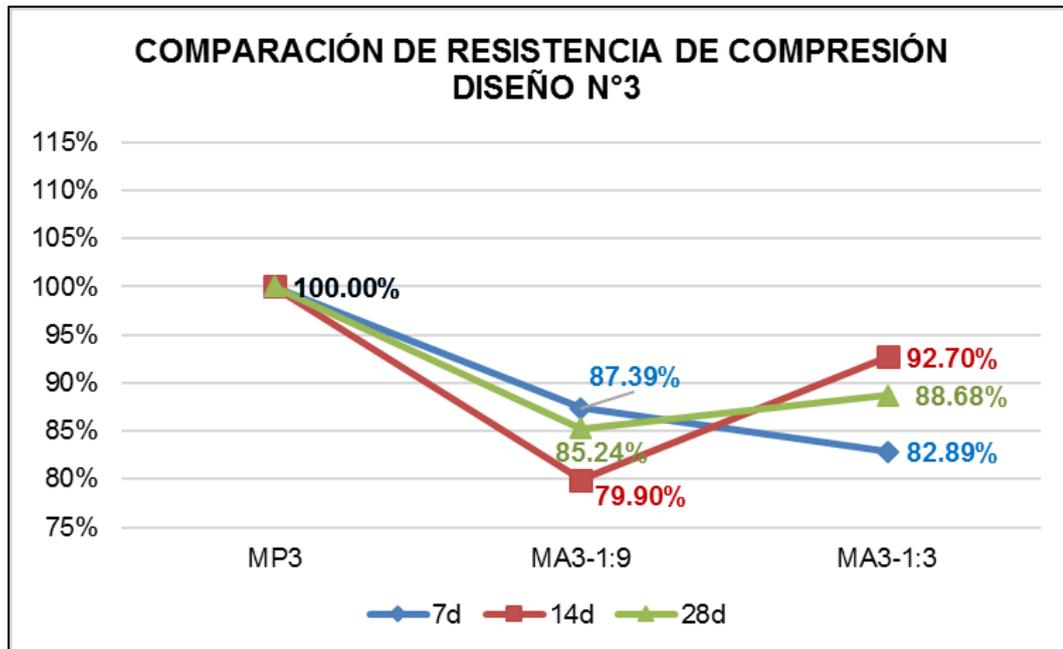


Gráfico N°77: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

Observación de análisis comparativo de resistencia a la compresión del diseño 3:

- El diseño MA3-1:9 presenta valores menores que el mortero patrón en todas sus edades.
- El diseño MA3-1:3 presenta valores menores que el mortero patrón en todas sus edades.
- En el diseño N°03, el mortero MP3 presenta el resultado más óptimo con un resultado de 246.0 kg/cm² y el mortero MA3-1:9 presenta el más deficiente con un valor de 209.7 kg/cm² en su edad de los 28 días.
- La variación de la resistencia a la compresión a los 28 días en el diseño N°03 con respecto al mortero patrón MP3, al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación 1:9 es de -14.76%.
- La variación de la resistencia a la compresión a los 28 días en el diseño N°03 con respecto al mortero patrón MP1, al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación 1:3 es de -11.32%.
- Existe una variación desfavorable en la resistencia a la compresión de 37 kg/cm² al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en el diseño N°03, presenta una variación dentro del rango de -15%.

Se realiza un análisis comparativo de la resistencia a la compresión al diseño N°04 con aditivo en relación de volumen de aditivo de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°04 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°129) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°78).

Tabla N°129: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°4. Fuente: Elaboración Propia.

DISEÑO N°04 - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Tiempo (días)	MP4	MA4-1:9	MA4-1:3
7 días	119	122	94
14 días	136	127	144
28 días	143	152	150
COMPARACIÓN CON PATRON			
7 días	100.00%	103.08%	79.60%
14 días	100.00%	93.10%	106.10%
28 días	100.00%	105.95%	104.60%

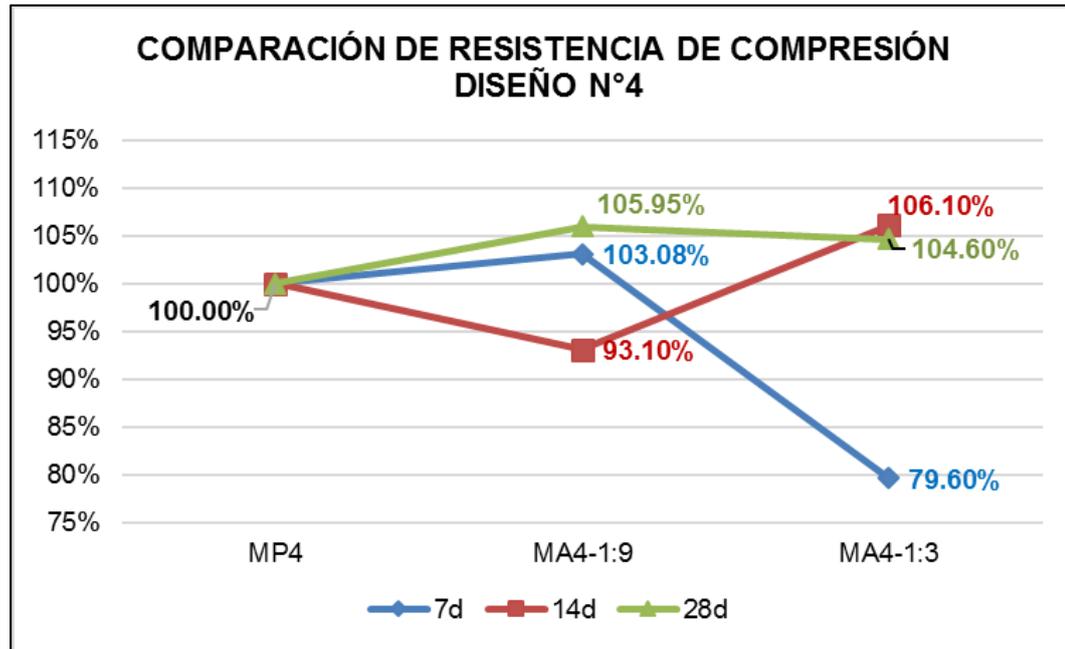


Grafico N°78: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°4. Fuente: Elaboración Propia.

Observación de análisis comparativo de resistencia a la compresión del diseño 4:

- El diseño MA4-1:9 tiene valores más óptimos que el mortero patrón a los 7 días y 28 días.
- El diseño MA4-1:3 presenta un valor menor a los 7 días y valores más óptimos a los 14 días y 28 días.
- En el diseño N°04, el mortero MA4-1:9 presente el resultado más óptimo con un resultado de 151.9 kg/cm^2 y el mortero MP4 presenta el más deficiente con un valor de 143.4 kg/cm^2 a la edad de los 28 días.
- La variación de la resistencia a la compresión a los 28 días en el diseño N°04 con respecto al mortero patrón MP4, al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación 1:9 es de 5.95%.
- La variación de la resistencia a la compresión a los 28 días en el diseño N°01 con respecto al mortero patrón MP4, al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación 1:3 es de 4.6%.
- No existe una variación significativa en la resistencia a la compresión al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en el diseño N°04, tiene una variación dentro del rango de +6%.

Se realiza un análisis comparativo de la resistencia a la compresión al diseño N°05 con aditivo en relación de volumen de aditivo de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°05 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°130) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°79).

Tabla N°130: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

DISEÑO N°05 - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Tiempo (días)	MP5	MA5-1:9	MA5-1:3
7 días	61	76	66
14 días	77	100	83
28 días	91	111	84
COMPARACIÓN CON PATRON			
7 días	100.00%	126.13%	109.42%
14 días	100.00%	129.85%	107.45%
28 días	100.00%	121.71%	92.59%

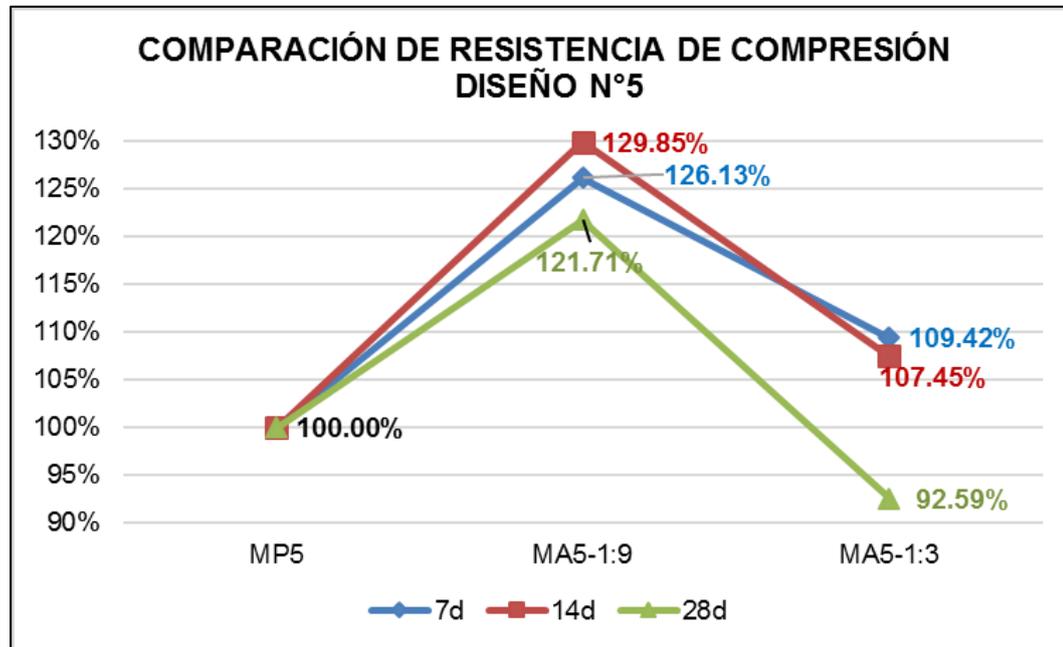


Gráfico N°79: Comparación de resistencia a la compresión del diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

Observación de análisis comparativo de resistencia a la compresión del diseño 5:

- El diseño MA5-1:9 tiene valores más óptimos que el mortero patrón en todas sus edades.

- El diseño MA5-1:3 presenta valores mayores que el mortero patrón en sus edades tempranas, y presenta un valor menor a los 28 días.
- En el diseño N°05, el mortero MA5-1:9 presenta el resultado más óptimo con un resultado de 110.9 kg/cm² y el mortero MA5-1:3 presenta el más deficiente con un valor de 84.4 kg/cm² en su edad de los 28 días.
- La variación de la resistencia a la compresión a los 28 días en el diseño N°05 con respecto al mortero patrón MP5, al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación 1:9 es de 21.71%.
- La variación de la resistencia a la compresión a los 28 días en el diseño N°05 con respecto al mortero patrón MP1, al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación 1:3 es de -7.41%.
- Existe una variación significativa en la resistencia a la compresión al utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en el diseño N°05, tiene una variación dentro del rango de +25% y -10%.

Se realiza un análisis comparativo de la resistencia a la compresión a una edad de 7 días, comparando a los diseños N°01, diseño N°02, diseño N°03, diseño N°04 y diseño N°05 con aditivo en relación de volumen de aditivo de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°01, diseño N°02, diseño N°03, diseño N°04 y diseño N°05 sin aditivo de manera gráfica (Ver Gráfico N°80).

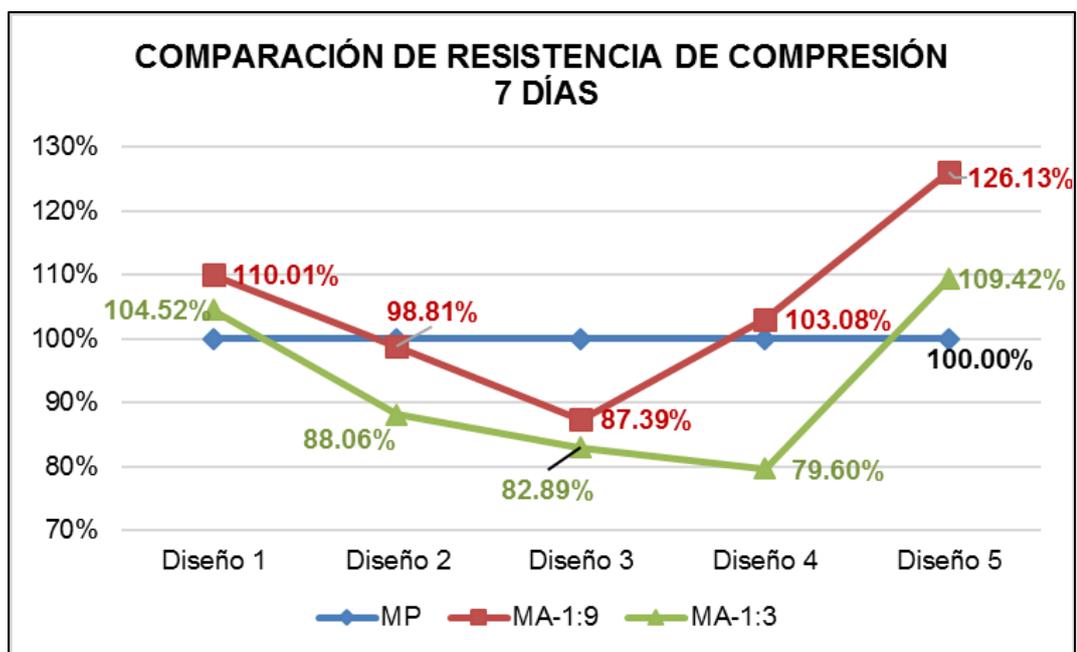


Gráfico N°80: Comparación de resistencia a la compresión a los 7 días. Fuente: Elaboración Propia.

Observación de análisis comparativo de resistencia a la compresión a los 7 días:

- Los diseños con aditivo acelerador de fragua Sika – 3 muestran una tendencia inicial de decrecimiento de la resistencia de compresión con respecto al diseño patrón desde el diseño N°01 con una relación cemento: arena de 1:1 hasta el diseño N°03 con una relación cemento: arena de 1:3.
- Los diseños con aditivo acelerador de fragua Sika – 3 muestran una tendencia al final de crecimiento de la resistencia de compresión con respecto al diseño patrón desde el diseño N°03 con una relación cemento: arena de 1:3 hasta el diseño N°05 con una relación cemento: arena de 1:5.
- El uso de aditivo acelerador de fragua en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 obtiene mejores resultados al usar aditivo acelerador de fragua en relación de volumen aditivo: agua de 1:3 a los 7 días.

Se realiza un análisis comparativo de la resistencia a la compresión a una edad de 14 días, comparando a los diseños N°01, diseño N°02, diseño N°03, diseño N°04 y diseño N°05 con aditivo en relación de volumen de aditivo de 1:9 y 1:3 respecto al diseño N°01, diseño N°02, diseño N°03, diseño N°04 y diseño N°05 sin aditivo de manera gráfica (Ver Gráfico N°81).

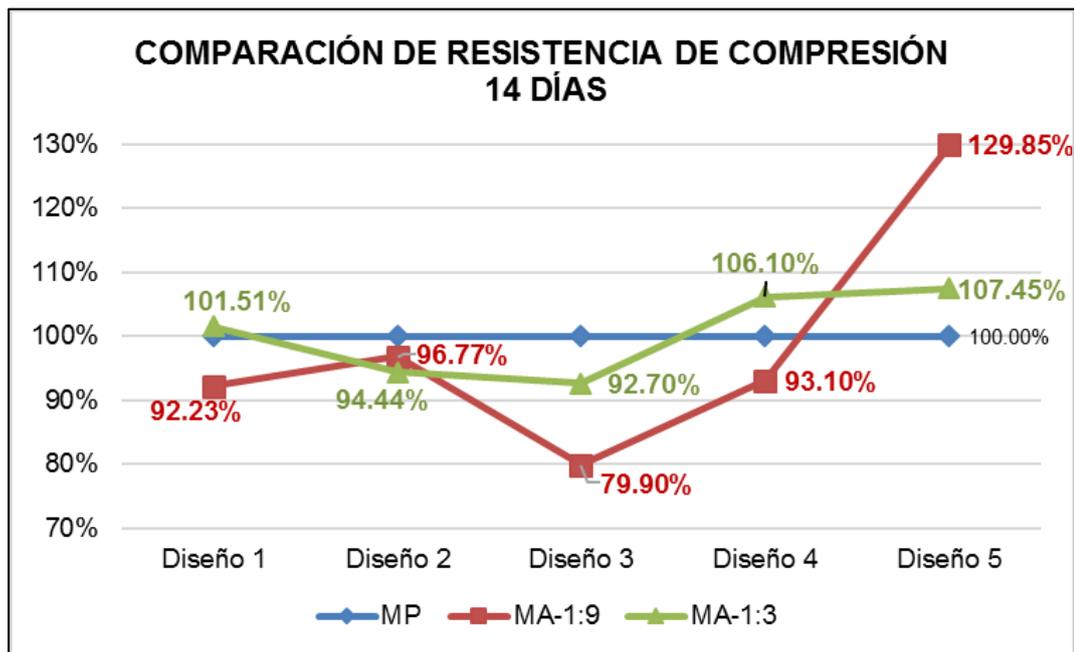


Grafico N°81: Comparación de resistencia a la compresión a los 14 días. Fuente: Elaboración Propia.

Observación de análisis comparativo de resistencia a la compresión a los 14 días:

- Los diseños con aditivo acelerador de fragua Sika – 3 muestran una tendencia inicial de decrecimiento de la resistencia de compresión con respecto al diseño patrón desde el diseño N°01 con una relación cemento: arena de 1:1 hasta el diseño N°03 con una relación cemento: arena de 1:3.
- Los diseños con aditivo acelerador de fragua Sika – 3 muestran una tendencia al final de crecimiento de la resistencia de compresión con respecto al diseño patrón desde el diseño N°03 con una relación cemento: arena de 1:3 hasta el diseño N°05 con una relación cemento: arena de 1:5.
- El uso de aditivo acelerador de fragua en relación de volumen aditivo: agua de 1:3 obtiene mejores resultados al usar aditivo acelerador de fragua en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 a los 14 días en los diseños N°01, N°03 y N°04.

Se realiza un análisis comparativo de la resistencia a la compresión a una edad de 28 días, comparando a los diseños N°01, diseño N°02, diseño N°03, diseño N°04 y diseño N°05 con aditivo en relación de volumen de aditivo de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño N°01, diseño N°02, diseño N°03, diseño N°04 y diseño N°05 sin aditivo de manera gráfica (Ver Gráfico N°82).

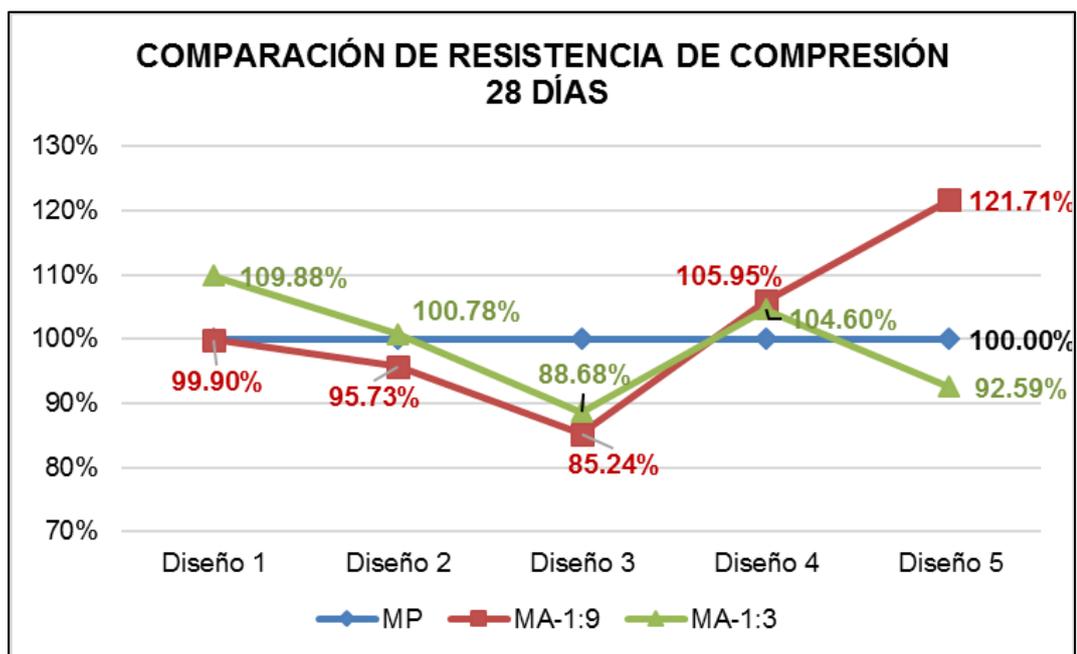


Grafico N°82: Comparación de resistencia a la compresión a los 14 días. Fuente: Elaboración Propia.

Observación de análisis comparativo de resistencia a la compresión a los 28 días:

- Los diseños con aditivo acelerador de fragua Sika – 3 muestran una tendencia inicial de decrecimiento de la resistencia de compresión con respecto al diseño patrón desde el diseño N°01 con una relación cemento: arena de 1:1 hasta el diseño N°03 con una relación cemento: arena de 1:3.
- Los diseños con aditivo acelerador de fragua Sika – 3 muestran una tendencia al final de crecimiento de la resistencia de compresión con respecto al diseño patrón desde el diseño N°03 con una relación cemento: arena de 1:3 hasta el diseño N°05 con una relación cemento: arena de 1:5.
- El uso de aditivo acelerador de fragua en relación de volumen aditivo: agua de 1:3 obtiene mejores resultados al usar aditivo acelerador de fragua en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 a los 14 días en los diseños N°01, N°02 y N°03.

Las observaciones generales del análisis comparativo de la propiedad de resistencia a la compresión del mortero de revestimiento en estado endurecido son las siguientes:

- El diseño MA1-1:3 es el diseño más óptimo con una resistencia a la compresión de 457.6 kg/cm² y el diseño MA5-1:3 es el más deficiente con una resistencia a la compresión de 84.4 kg/cm² en sus edades de los 28 días.
- El uso de aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 muestra una variación con respecto al mortero de revestimiento patrón en el rango de -15% a + 20%.
- El uso de aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:3 muestra una variación con respecto al mortero de revestimiento patrón en el rango de -12% a +10%.
- El uso de aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:9 obtiene mejores resultados de resistencia a la compresión que el uso de aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación de volumen aditivo: agua de 1:3 a edades tempranas.
- Los diseños con aditivo acelerador de fragua Sika – 3 muestran una tendencia inicial de decrecimiento de la resistencia de compresión con respecto al diseño patrón desde el diseño N°01 con una relación cemento: arena de 1:1 hasta el diseño N°03 con una relación cemento: arena de 1:3 en todas las edades.

- Los diseños con aditivo acelerador de fragua Sika – 3 muestran una tendencia al final de crecimiento de la resistencia de compresión con respecto al diseño patrón desde el diseño N°03 con una relación cemento: arena de 1:3 hasta el diseño N°05 con una relación cemento: arena de 1:5 en todas las edades.

8.2.2. Análisis comparativo de Absorción

Se realiza un análisis comparativo de la absorción al diseño 1 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 1 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°131) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°83).

Tabla N°131: Comparación de Absorción del diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

COMPARATIVO ENSAYO ABSORCIÓN - DISEÑO N°01			
ENSAYO	MP1	MA1-1:9	MA1-1:3
Absorción (%)	12.38%	10.21%	8.41%
COMPARACIÓN CON PATRON			
Comparativo Abs (%)	100.00%	82.47%	67.93%

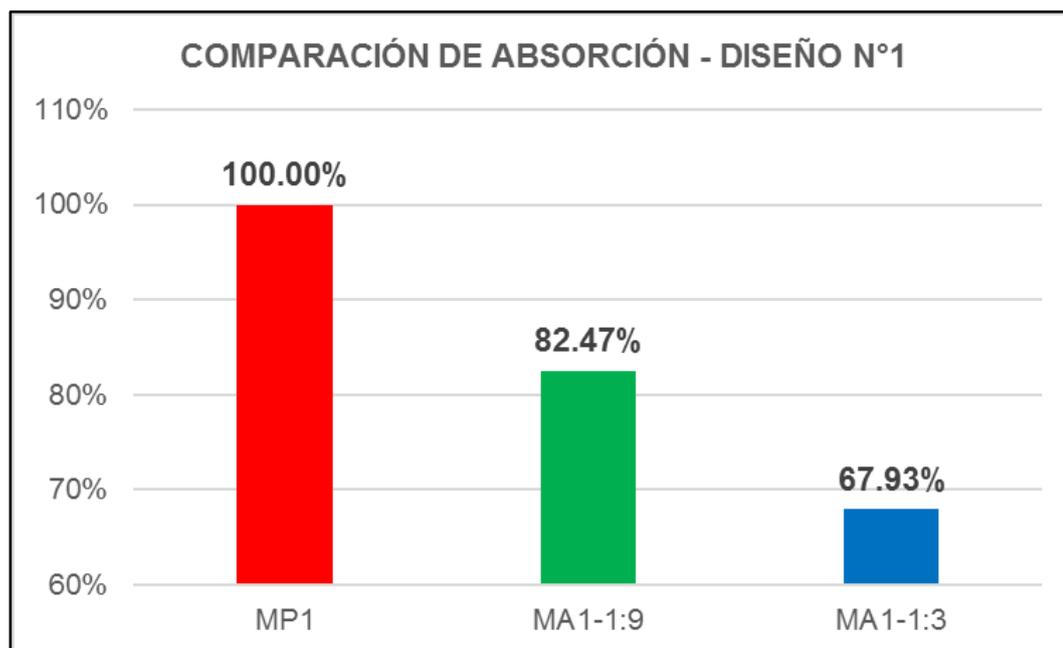


Gráfico N°83: Comparación de Absorción de diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de absorción del diseño 1:

- Existe una variación de absorción al usar Sika – 3 con relación aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al mortero patrón MP1 en 17.53% y 32.07% respectivamente.
- El uso de aditivo Sika – 3 en el diseño 1, genera una disminución de la absorción.
- Existe una tendencia al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3, mientras mayor cantidad de aditivo con respecto al agua, mayor disminución de la absorción.

Se realiza un análisis comparativo de la absorción al diseño 2 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 2 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°132) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°84).

Tabla N°132: Comparación de Absorción del diseño N°2. Fuente: Elaboración Propia.

COMPARATIVO ENSAYO ABSORCIÓN - DISEÑO N°02			
ENSAYO	MP2	MA2-1:9	MA2-1:3
Absorción (%)	11.54%	10.81%	9.88%
COMPARACIÓN CON PATRON			
Comparativo Abs (%)	100.00%	93.67%	85.62%

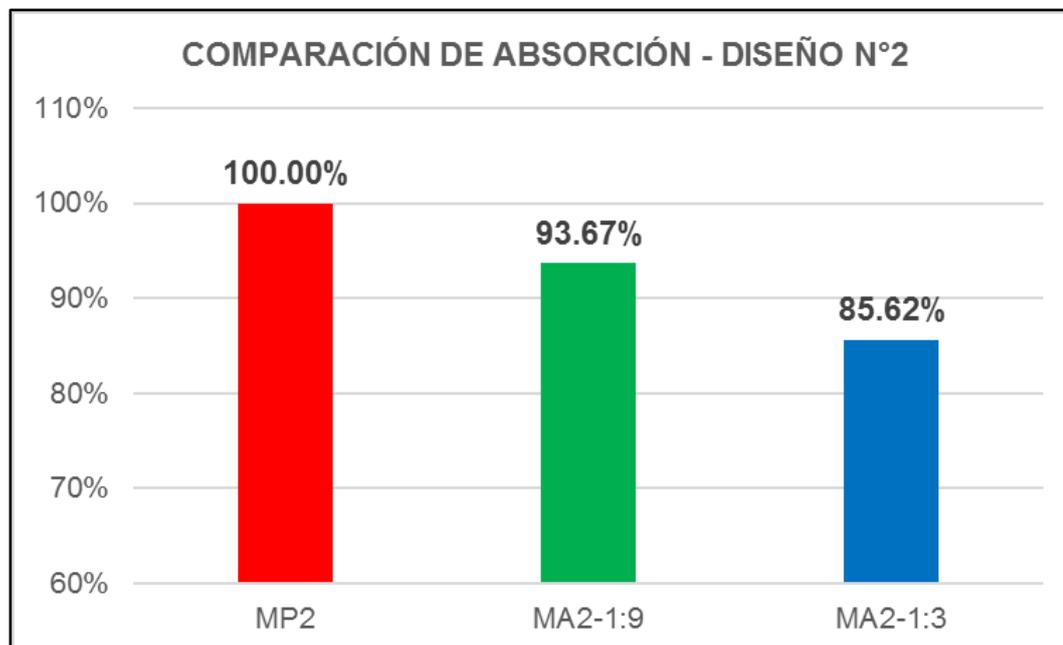


Gráfico N°84: Comparación de Absorción de diseño N°2. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de absorción del diseño 2:

- Existe una variación de absorción al usar Sika – 3 con relación aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al mortero patrón MP2 en 6.33% y 14.38% respectivamente.
- El uso de aditivo Sika – 3 en el diseño 2, genera una disminución de la absorción.
- Existe una tendencia al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en el diseño 2, mientras mayor cantidad de aditivo con respecto al agua, mayor disminución de la absorción. Resultando la menor absorción de MA2-1:3 con un valor de 9.88%.

Se realiza un análisis comparativo de la absorción al diseño 3 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 3 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°133) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°85).

Tabla N°133: Comparación de Absorción del diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

COMPARATIVO ENSAYO ABSORCIÓN - DISEÑO N°03			
ENSAYO	MP3	MA3-1:9	MA3-1:3
Absorción (%)	13.59%	11.70%	11.54%
COMPARACIÓN CON PATRON			
Comparativo Abs (%)	100.00%	86.09%	84.92%

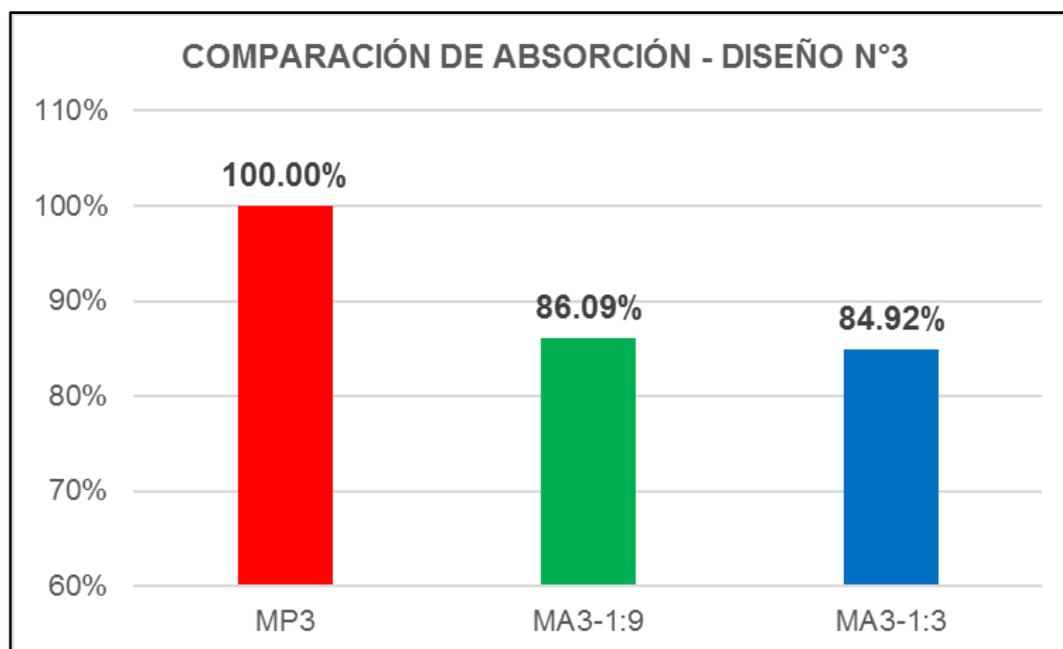


Gráfico N°85: Comparación de Absorción de diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de absorción del diseño 3:

- Existe una variación de absorción al usar Sika – 3 con relación aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al mortero patrón MP3 en 13.91% y 15.08% respectivamente.
- El uso de aditivo Sika – 3 en el diseño 3, genera una disminución de la absorción.
- Existe una tendencia al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en el diseño 3, mientras mayor cantidad de aditivo con respecto al agua, mayor disminución de la absorción. Resultando la menor absorción de MA3-1:3 con un valor de 11.54%.

Se realiza un análisis comparativo de la absorción al diseño 4 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 4 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°134) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°86).

Tabla N°134: Comparación de Absorción del diseño N°4. Fuente: Elaboración Propia.

COMPARATIVO ENSAYO ABSORCIÓN - DISEÑO N°04			
ENSAYO	MP4	MA4-1:9	MA4-1:3
Absorción (%)	14.14%	13.07%	12.91%
COMPARACIÓN CON PATRON			
Comparativo Abs (%)	100.00%	92.43%	91.30%

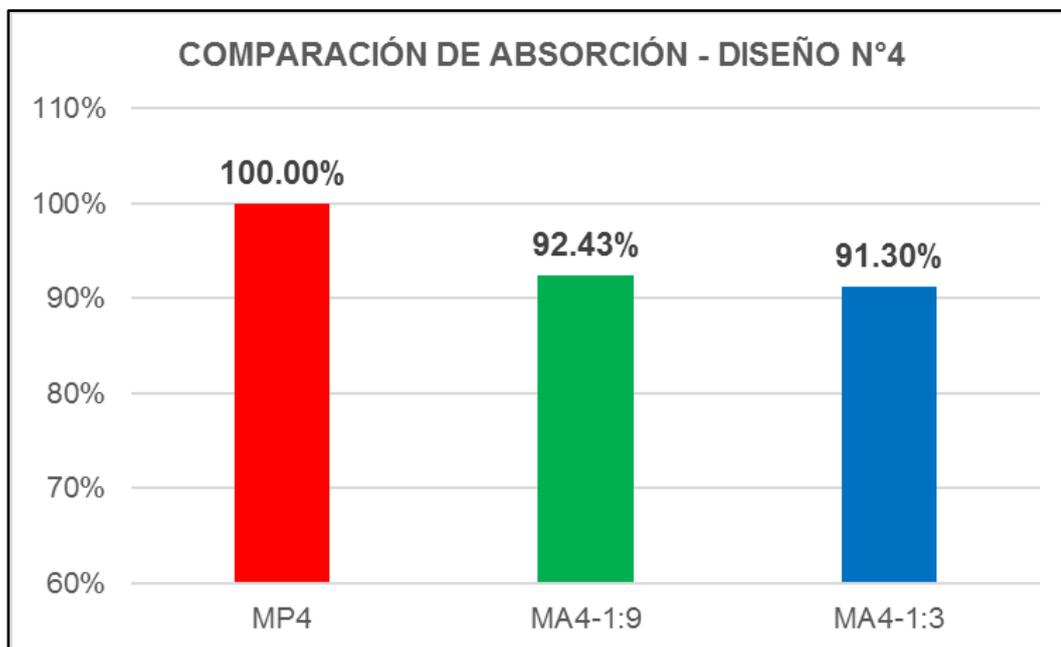


Gráfico N°86: Comparación de Absorción de diseño N°4. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de absorción del diseño 4:

- Existe una variación de absorción al usar Sika – 3 con relación aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al mortero patrón MP4 en 7.57% y 8.70% respectivamente.
- El uso de aditivo Sika – 3 en el diseño 4, genera una disminución de la absorción.
- Existe una tendencia al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en el diseño 4, mientras mayor cantidad de aditivo con respecto al agua, mayor disminución de la absorción. Resultando la menor absorción de MA4-1:3 con un valor de 12.91%.

Se realiza un análisis comparativo de la absorción al diseño 5 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 5 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°135) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°87).

Tabla N°135: Comparación de Absorción del diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

COMPARATIVO ENSAYO ABSORCIÓN - DISEÑO N°05			
ENSAYO	MP5	MA5-1:9	MA5-1:3
Absorción (%)	14.65%	14.19%	13.98%
COMPARACIÓN CON PATRON			
Comparativo Abs (%)	100.00%	96.86%	95.43%

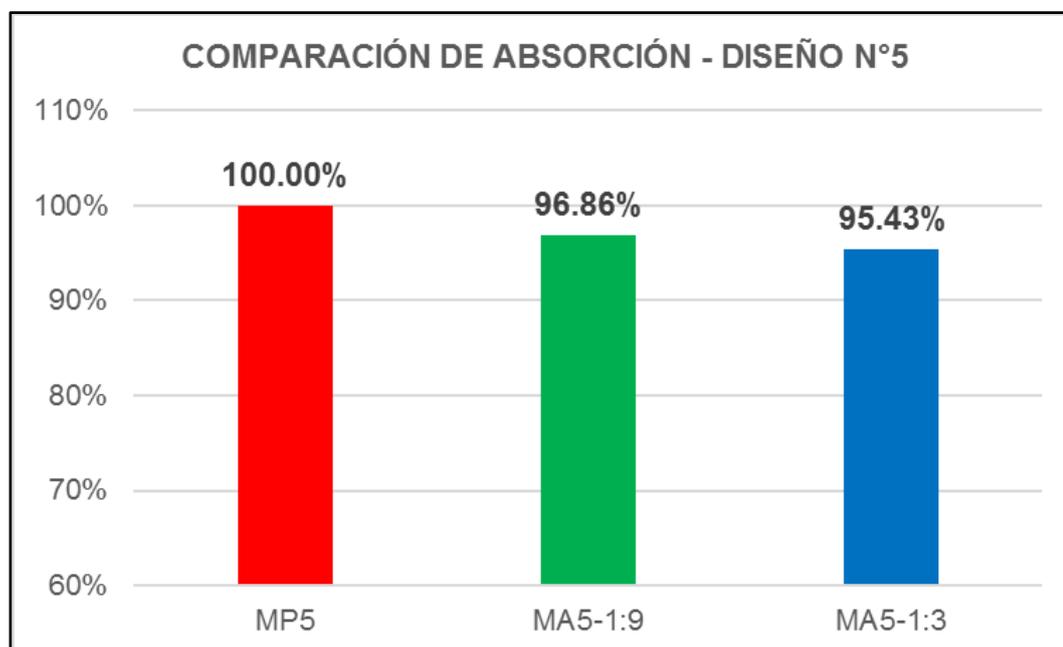


Gráfico N°87: Comparación de Absorción de diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de absorción del diseño 5:

- Existe una variación de absorción al usar Sika – 3 con relación aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al mortero patrón MP5 en 3.14% y 4.57% respectivamente.
- El uso de aditivo Sika – 3 en el diseño 5, genera una disminución de la absorción.
- Existe una tendencia al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en el diseño 5, mientras mayor cantidad de aditivo con respecto al agua, mayor disminución de la absorción. Resultando la menor absorción de MA5-1:3 con un valor de 13.96%.

Las observaciones generales del análisis comparativo de la propiedad de absorción (Ver Gráfico N°88) del mortero de revestimiento en estado endurecido son las siguientes:

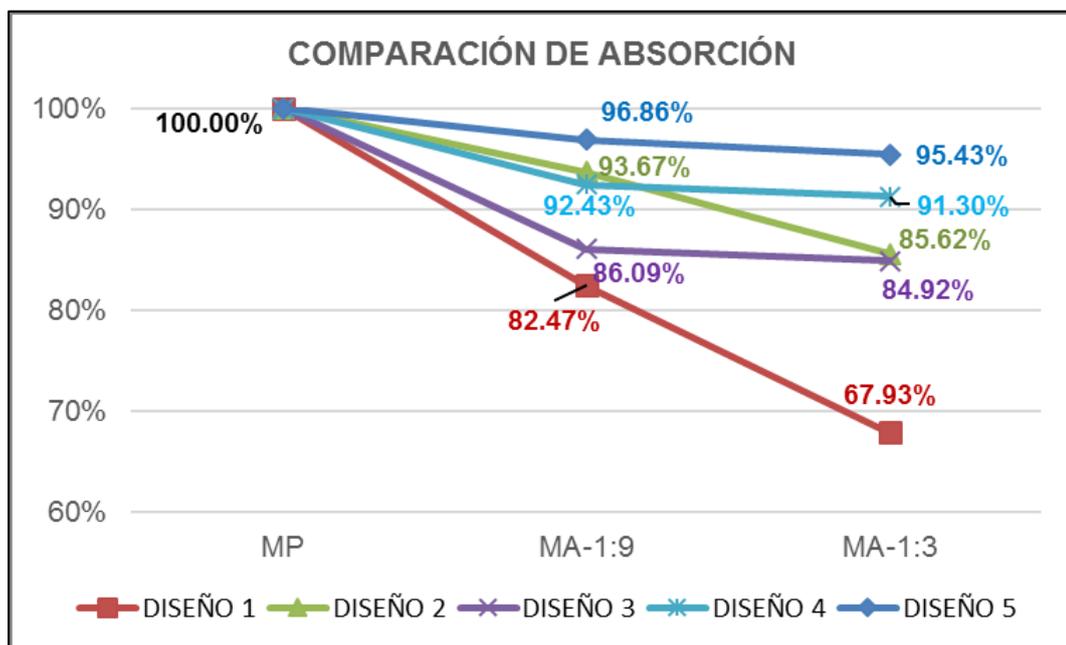


Gráfico N°88: Comparación de Absorción de todos los diseños. Fuente: Elaboración Propia.

- La absorción del mortero de revestimiento en su estado endurecido disminuye mientras mayor cantidad de aditivo en la relación aditivo: agua se utilice en el diseño.
- La absorción del mortero de revestimiento en su estado endurecido disminuye mientras mayor cantidad de cemento en la relación cemento: arena se utilice en el diseño, presentando el mayor valor de la absorción entre los “mortero

patrón” el diseño 5 con un valor de 14.65% y el menor valor el diseño 2 con un valor de 11.54%.

- La mayor variación de la absorción con respecto al diseño patrón se presenta en el diseño 1 con una diferencia de 32.07% al usar aditivo acelerador de fragua Sika - 3 en relación aditivo: agua de 1:3.
- La menor variación de la absorción con respecto al diseño patrón se presenta en el diseño 5 con una diferencia de 3.14% al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación aditivo: agua de 1:9.
- El aditivo acelerador de fragua presenta una mayor influencia en la absorción cuando mayor es la cantidad de cemento en la relación cemento: arena en el mortero de revestimiento.
- Considerando los 15 diseños, el que presenta el valor más bajo de absorción es el mortero MA1-1:3 con un valor de 8.41% y el valor más alto de absorción lo presenta el mortero MP5 con un valor de 14.65%.

8.2.3. Análisis comparativo de Capilaridad

Se realiza un análisis comparativo de la capilaridad al diseño 1 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 1 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°136) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°89).

Tabla N°136: Comparación de Capilaridad del diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

COMPARATIVO ENSAYO CAPILARIDAD - DISEÑO N°01			
ENSAYO	MP1	MA1-1:9	MA1-1:3
Capilaridad (g/m²)	10272.46	9109.48	7752.91
COMPARACIÓN CON PATRON			
Capilaridad (%)	100.00%	88.68%	75.47%

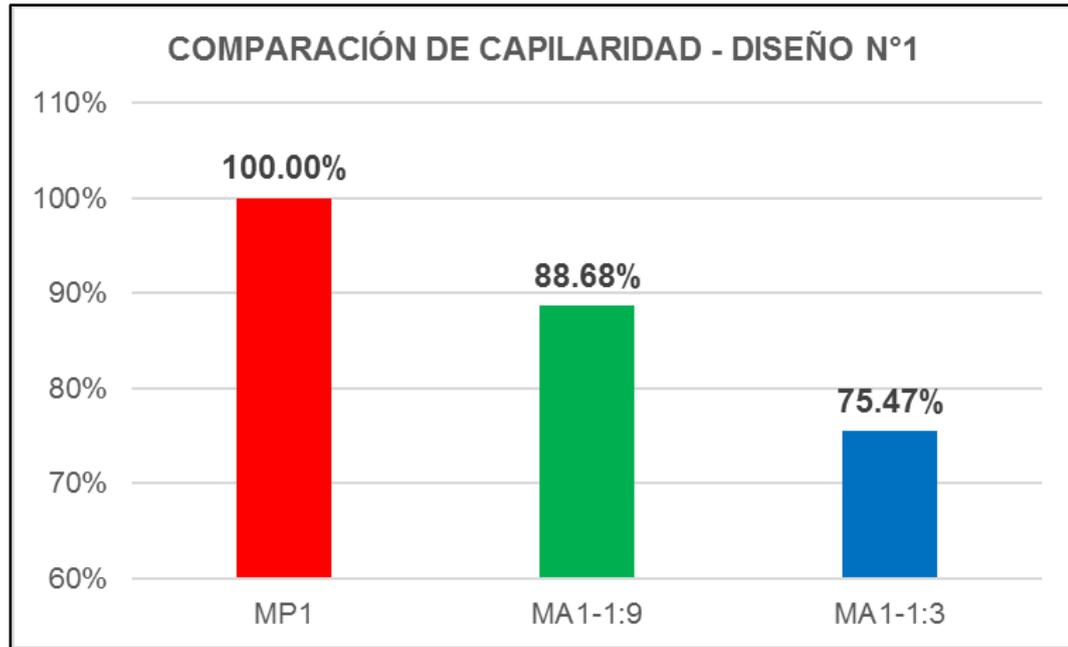


Gráfico N°89: Comparación de Capilaridad de diseño N°1. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de capilaridad del diseño 1:

- Existe una variación de capilaridad al usar Sika-3 con relación aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al mortero patrón MP1 en 11.32% y 24.53% respectivamente.
- El uso de aditivo Sika - 3 en el diseño 1, genera una disminución de la capilaridad.
- Existe una tendencia al usar aditivo acelerador de fragua Sika - 3, mientras mayor cantidad de aditivo con respecto al agua, mayor disminución de la capilaridad.

Se realiza un análisis comparativo de la capilaridad al diseño 2 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 2 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°137) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°90).

Tabla N°137: Comparación de Capilaridad del diseño N°2. Fuente: Elaboración Propia.

COMPARATIVO ENSAYO CAPILARIDAD - DISEÑO N°02			
ENSAYO	MP2	MA2-1:9	MA2-1:3
Capilaridad (g/m2)	12081.28	10088.40	7523.88
COMPARACIÓN CON PATRON			
Capilaridad (%)	100.00%	83.50%	62.28%

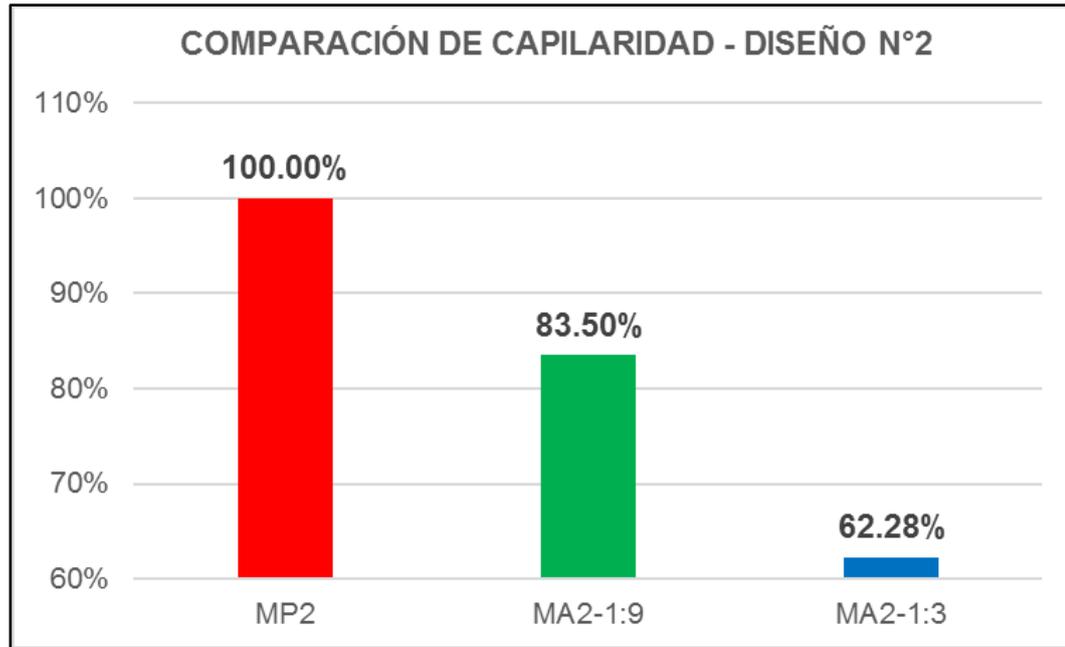


Gráfico N°90: Comparación de Capilaridad de diseño N°2. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de capilaridad del diseño 2:

- Existe una variación de capilaridad al usar Sika-3 con relación aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al mortero patrón MP2 en 16.50% y 37.72% respectivamente.
- El uso de aditivo Sika - 3 en el diseño 2, genera una disminución de la capilaridad.
- Existe una tendencia al usar aditivo acelerador de fragua Sika - 3 en el diseño 2, mientras mayor cantidad de aditivo con respecto al agua, mayor disminución de la capilaridad. Resultando el menor valor de capilaridad de MA2-1:3 con 7523.9 g/m².

Se realiza un análisis comparativo de la capilaridad al diseño 3 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 3 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°138) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°91).

Tabla N°138: Comparación de Capilaridad del diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

COMPARATIVO ENSAYO CAPILARIDAD - DISEÑO N°03			
ENSAYO	MP3	MA3-1:9	MA3-1:3
Capilaridad (g/m ²)	13277.23	11275.31	8630.17
COMPARACIÓN CON PATRON			
Capilaridad (%)	100.00%	84.92%	65.00%

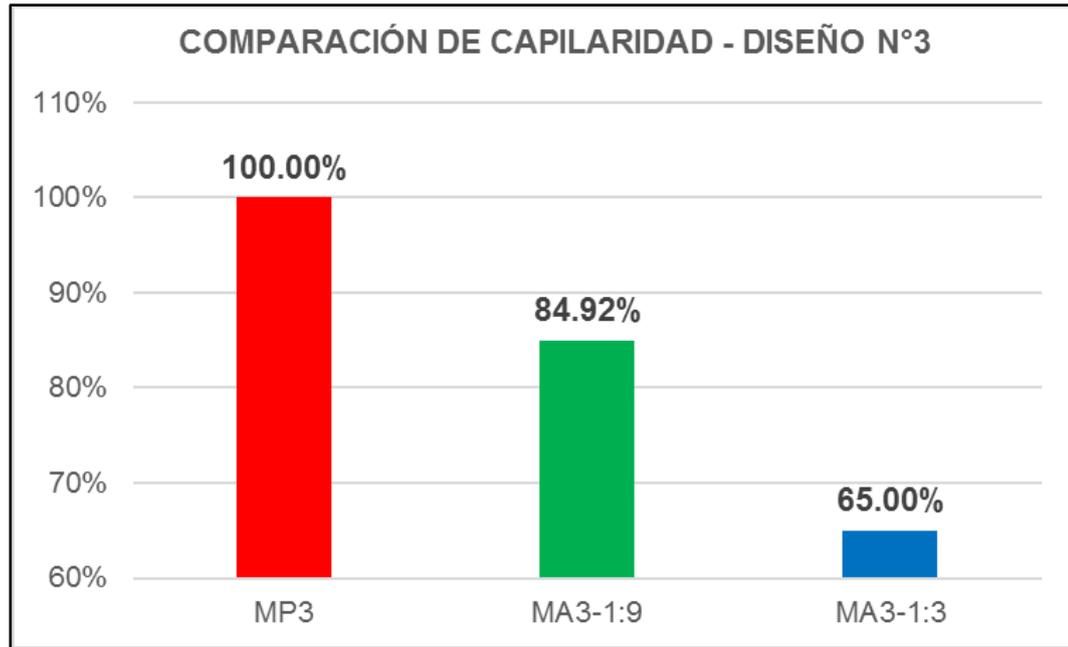


Gráfico N°91: Comparación de Capilaridad de diseño N°3. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de capilaridad del diseño 3:

- Existe una variación de capilaridad al usar Sika-3 con relación aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al mortero patrón MP3 en 15.08% y 35.0% respectivamente.
- El uso de aditivo Sika - 3 en el diseño 3, genera una disminución de la capilaridad.
- Existe una tendencia al usar aditivo acelerador de fragua Sika - 3 en el diseño 3, mientras mayor cantidad de aditivo con respecto al agua, mayor disminución de la capilaridad. Resultando el menor valor de capilaridad de MA3-1:3 con 8630.2g/m².

Se realiza un análisis comparativo de la capilaridad al diseño 4 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 4 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°139) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°92).

Tabla N°139: Comparación de Capilaridad del diseño N°4. Fuente: Elaboración Propia.

COMPARATIVO ENSAYO CAPILARIDAD - DISEÑO N°04			
ENSAYO	MP4	MA4-1:9	MA4-1:3
Capilaridad (g/m²)	13206.14	12015.20	10511.80
COMPARACIÓN CON PATRON			
Capilaridad (%)	100.00%	90.98%	79.60%

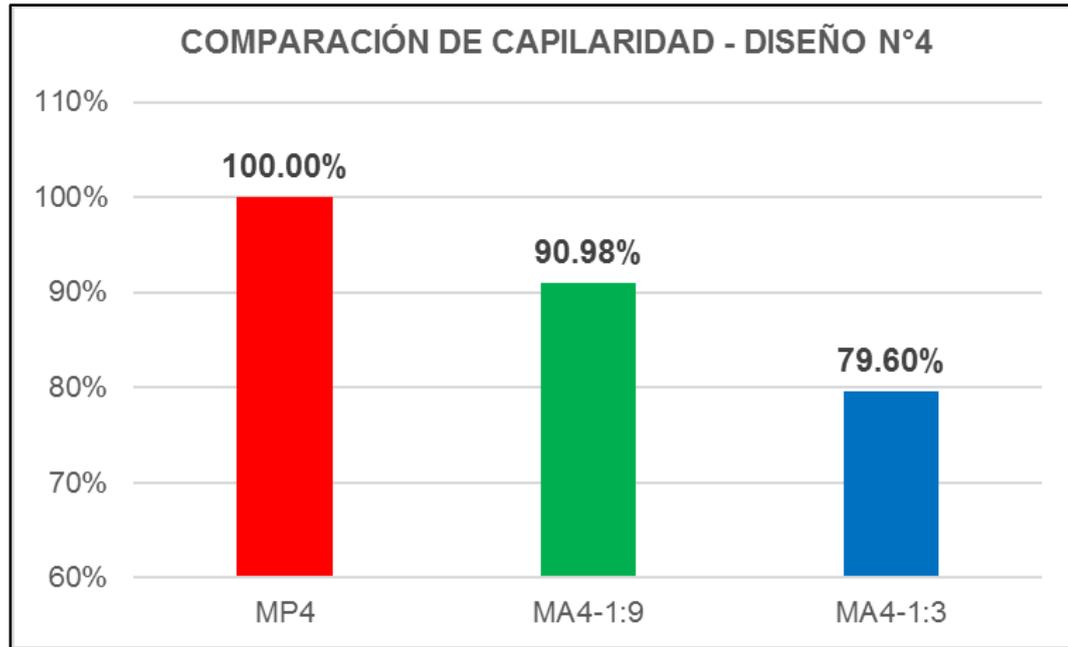


Gráfico N°92: Comparación de Capilaridad de diseño N°4. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de capilaridad del diseño 4:

- Existe una variación de capilaridad al usar Sika-3 con relación aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al mortero patrón MP4 en 9.02% y 20.4% respectivamente.
- El uso de aditivo Sika - 3 en el diseño 4, genera una disminución de la capilaridad.
- Existe una tendencia al usar aditivo acelerador de fragua Sika - 3 en el diseño 4, mientras mayor cantidad de aditivo con respecto al agua, mayor disminución de la capilaridad. Resultando el menor valor de capilaridad de MA4-1:3 con 10 511 g/m².

Se realiza un análisis comparativo de la capilaridad al diseño 5 con aditivo en relación de volumen de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al diseño 5 sin aditivo de manera cuantitativa (Ver Tabla N°140) y de manera gráfica (Ver Gráfico N°93).

Tabla N°140: Comparación de Capilaridad del diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

COMPARATIVO ENSAYO CAPILARIDAD - DISEÑO N°05			
ENSAYO	MP5	MA5-1:9	MA5-1:3
Capilaridad (g/m²)	13920.83	13139.33	12143.10
COMPARACIÓN CON PATRON			
Capilaridad (%)	100.00%	94.39%	87.23%

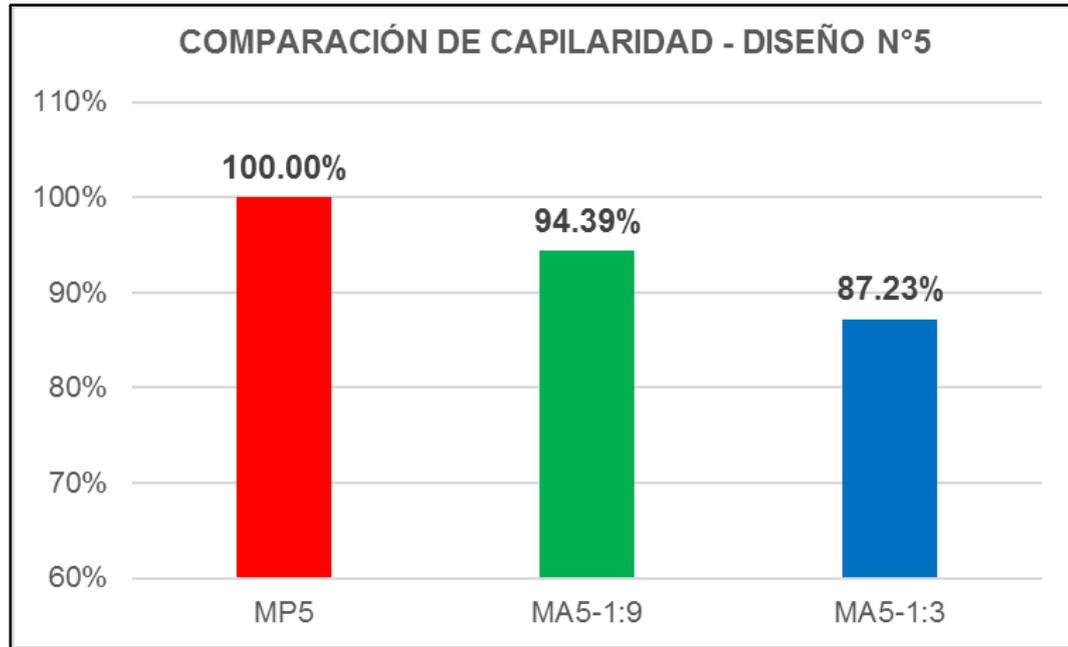


Gráfico N°93: Comparación de Capilaridad de diseño N°5. Fuente: Elaboración Propia.

Observación del análisis comparativo de capilaridad del diseño 5:

- Existe una variación de capilaridad al usar Sika-3 con relación aditivo: agua de 1:9 y 1:3 con respecto al mortero patrón MP5 en 5.61% y 12.77% respectivamente.
- El uso de aditivo Sika - 3 en el diseño 5, genera una disminución de la capilaridad.
- Existe una tendencia al usar aditivo acelerador de fragua Sika - 3 en el diseño 5, mientras mayor cantidad de aditivo con respecto al agua, mayor disminución de la capilaridad. Resultando el menor valor de capilaridad de MA5-1:3 con 12 143 g/m².

Las observaciones generales del análisis comparativo de la propiedad de capilaridad del mortero de revestimiento en estado endurecido, que se muestra de manera gráfica (Ver Gráfico N°94) son las siguientes:

- La capilaridad del mortero de revestimiento en su estado endurecido disminuye mientras mayor cantidad de aditivo en la relación aditivo: agua se utilice en el diseño.
- La capilaridad del mortero de revestimiento en su estado endurecido disminuye mientras mayor cantidad de cemento en la relación cemento: arena se utilice en el diseño, presentando el mayor valor de la capilaridad entre los "mortero

patrón” el diseño 5 con un valor de 13 206.14 g/cm² y el menor valor el diseño 1 con un valor de 10 272.46 g/cm².

- La mayor variación de la capilaridad con respecto al diseño patrón se presenta en el diseño 2 con una diferencia de 37.02% al usar aditivo acelerador de fragua Sika - 3 en relación aditivo: agua de 1:3.
- La menor variación de la capilaridad con respecto al diseño patrón se presenta en el diseño 5 con una diferencia de 5.61% al usar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación aditivo: agua de 1:9.
- El aditivo acelerador de fragua presenta una mayor influencia en la capilaridad cuando mayor es la cantidad de cemento en la relación cemento: arena en el mortero de revestimiento.
- Considerando los 15 diseños, el que presenta el valor más bajo de capilaridad es el mortero MA2-1:3 con un valor 7 523.88 g/cm² y el valor más alto de capilaridad lo presenta el mortero MP5 con un valor de 13 920.83 g/cm².

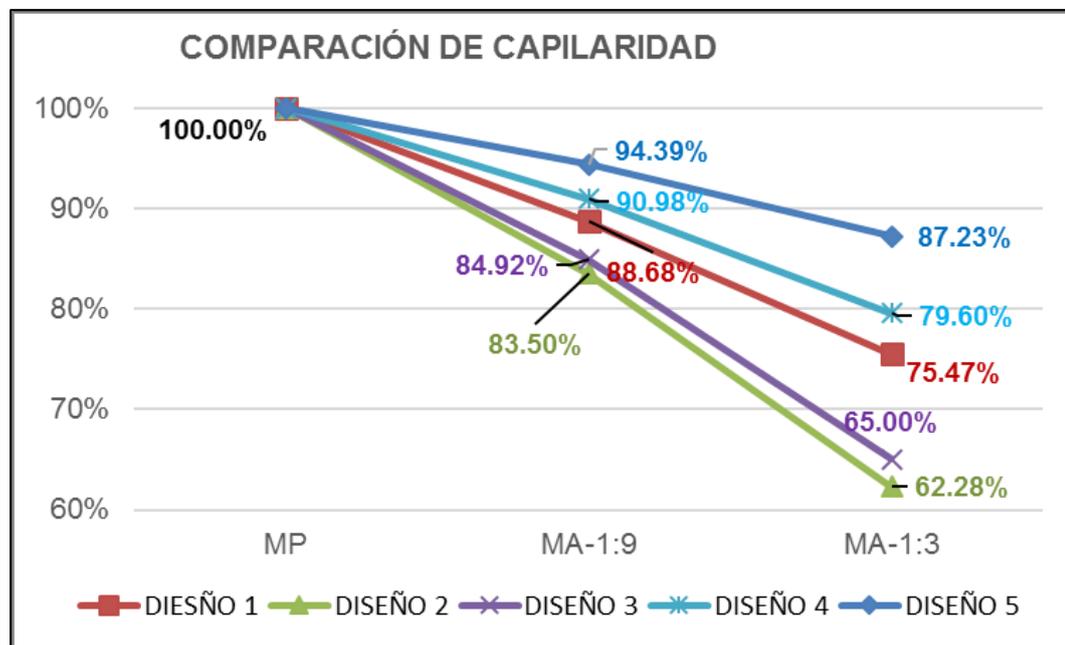


Gráfico N°94: Comparación de Capilaridad de todos los diseños. Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES

- Se determina que el uso de aditivo Sika – 3 utilizado en la investigación se obtiene resultados favorables con respecto a la aceleración del tiempo de fraguado y no influye de manera drástica a las demás propiedades.
- El uso de aditivo acelerador de fragua Sika – 3 no influye de una manera significativa al mortero de revestimiento y tampoco genera una tendencia a la fluidez; estando la variación de la fluidez, al usar aditivo Sika – 3, en un rango de +/-5% respecto al mortero patrón.
- El peso unitario del mortero de revestimiento disminuye cuanto mayor cantidad de arena en la relación cemento: arena se utilice; además el uso de aditivo Sika – 3 genera una disminución del peso unitario, cuanto mayor cantidad de aditivo Sika – 3 en la relación aditivo: agua se utilice se obtiene un menor peso unitario con respecto al mortero patrón; teniendo una mayor influencia en los morteros de revestimiento con mayor cantidad de arena en la relación cemento: arena.
- El uso de aditivo acelerador de fragua Sika – 3 genera una tendencia de disminución de la capacidad de exudación, habiendo una mayor influencia en los morteros con una mayor cantidad de arena en la relación cemento: arena.
- El uso de aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación aditivo: agua de 1:9 y 1:3 genera una disminución al tiempo de fraguado, obteniendo una variación dentro del rango de 26% al 40% y 30% al 54% respectivamente con respecto al mortero patrón. Además, mientras mayor cantidad de arena en la relación cemento: arena se tiene un mayor tiempo de fraguado y una menor influencia del aditivo acelerador de fragua Sika – 3.
- El uso de aditivo acelerador de fragua Sika – 3, no genera una tendencia en la variación de la resistencia de compresión. La variación que se genera al usar Sika – 3, con respecto al mortero patrón, en relación de aditivo: agua de 1:9 y 1:3 se encuentra en el rango de -15% a +20% y -12% a +10% respectivamente.
- La absorción del mortero de revestimiento con aditivo Sika – 3 es menor en todos los casos estudiados con respecto al mortero patrón; generando una tendencia en su variación, quiere decir mientras mayor cantidad de aditivo en la relación aditivo: agua menor es la absorción del mortero. Además, el uso de

aditivo Sika – 3 tiene una mayor influencia de disminución de absorción a los morteros con mayor cantidad de cemento en la relación cemento: arena.

- La capilaridad en el mortero de revestimiento en estado endurecido es mayor cuanto mayor arena en la relación cemento: arena se utilice en el diseño. Además, el uso de aditivo acelerador de fragua Sika – 3 genera una tendencia de disminución de la capilaridad, obteniendo una mayor influencia en los morteros que contienen mayor cemento en la relación cemento: arena.
- El uso de aditivo acelerador de fragua genera una tendencia de disminución del peso unitario, capacidad de exudación, tiempo de fraguado, absorción y capilaridad en el mortero de revestimiento.
- El uso de aditivo acelerador de fragua no genera una variación en la propiedad de la fluidez, y con respecto a la propiedad de resistencia a la compresión no genera una tendencia de crecimiento y disminución.

RECOMENDACIONES

- Utilizar aditivo acelerador de fragua Sika – 3 en relación aditivo: agua de 1:9, ya que se obtiene resultados similares al utilizarlo con una relación aditivo: agua de 1:3; optimizando el recurso económico.
- Realizar ensayos previos de otros aditivos acelerador de fragua, para visualizar las influencias que se obtiene al utilizarlos en morteros de revestimiento.
- Continuar con la investigación acerca de los aditivos que aceleren el tiempo de fraguado en el mortero de revestimiento, la cual ayudara a dar una mejor perspectiva al uso de estos aditivos en las obras de construcción.
- Se recomienda que, al realizar el ensayo de consistencia en morteros con distintas dosificaciones de aditivo, plantear una función matemática inicial con los dos primeros resultados favorables que se obtienen, para ahorrar tiempo en conseguir la penetración de 10mm recomendado.

BIBLIOGRAFÍA

- Niño Hernández Jairo René, “Tecnología del Concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas”, Editorial Asociación Colombiana de Productores ASOCRETO, Bogotá, 2014.
- ASOCEM, “Catálogo de Normas Técnicas Peruanas de Cementos, Cales y Yeso” Centro de documentación, Lima, 2013.
- Carrascosa Moliner Begoña, “Estudios previos en morteros tradicionales de cal para la evaluación de su comportamiento hídrico y la idoneidad de ser empleados en clima tropical”, Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2012.
- Crespo Escobar, Santiago, “Materiales de construcción para edificaciones y obra civil”, Editorial Club Universitario. Madrid, 2010.
- Askárate Igone, “Mortero de revestimiento”, Editorial Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero AFAM, Madrid, 2006.
- Instituto Nacional de Investigación y Normalización de SENCICO, “Albañilería N.T.P. E-070”, Lima, 2006.
- Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento, “Albañilería N.T.P. E-070”, Edición del instituto Nacional de Investigación y Normalización de SENCICO, Lima, 2006.
- SAN BARTOLOMÉ, ÁNGEL, “Comentarios a la norma técnica de edificación E.070 albañilería informe final”, Pontificia Universidad Católica del Perú – Fondo Editorial, Lima, 2005.
- Página web: www.inacal.gob.pe.
- Página web: www.aenor.es.

ANEXOS

Se anexan los resultados de ensayos previos a la dosificación de aditivo, que se usará para la elección de la relación en volumen aditivo: agua. Siendo esto los siguientes:

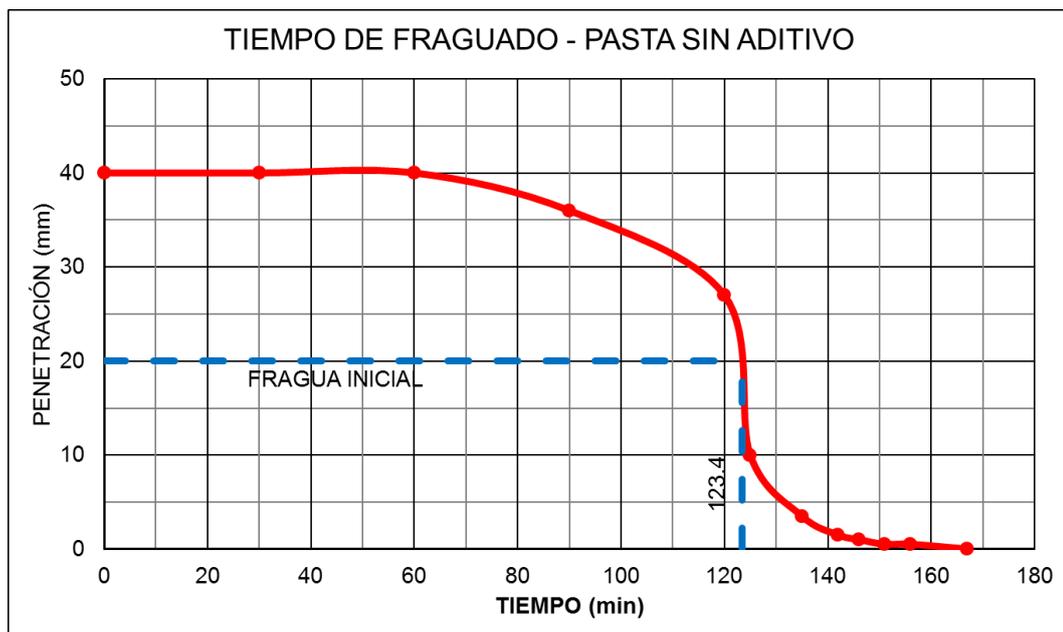
- Anexo N° 1: Resultados de la consistencia en pasta según la NTP 334.006 con relación en volumen aditivo: agua de 1:13, 1:9, 1:8, 1:7, 1:5, 1:3, 1:1 y sin aditivo..... **Pág. 175**
- Anexo N° 2: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado en pasta según la NTP 334.006 con relación en volumen aditivo: agua de 1:13, 1:9, 1:7, 1:5, 1:3 y sin aditivo..... **Pág. 176**
- Anexo N° 3: Función matemática para conseguir la cantidad de aditivo acelerador de fragua Sika – 3 y agua en la pasta para obtener una penetración de 10mm+/-1mm en el ensayo de consistencia Ntp 334.006..... **Pág. 182**
- Anexo N° 3: Panel Fotográfico de ensayos realizados..... **Pág. 184**

Anexo N°1: Resultados de la consistencia en pasta según la NTP 334.006 con relación en volumen aditivo: agua de 1:13, 1:9, 1:8, 1:7, 1:5, 1:3, 1:1 y sin aditivo

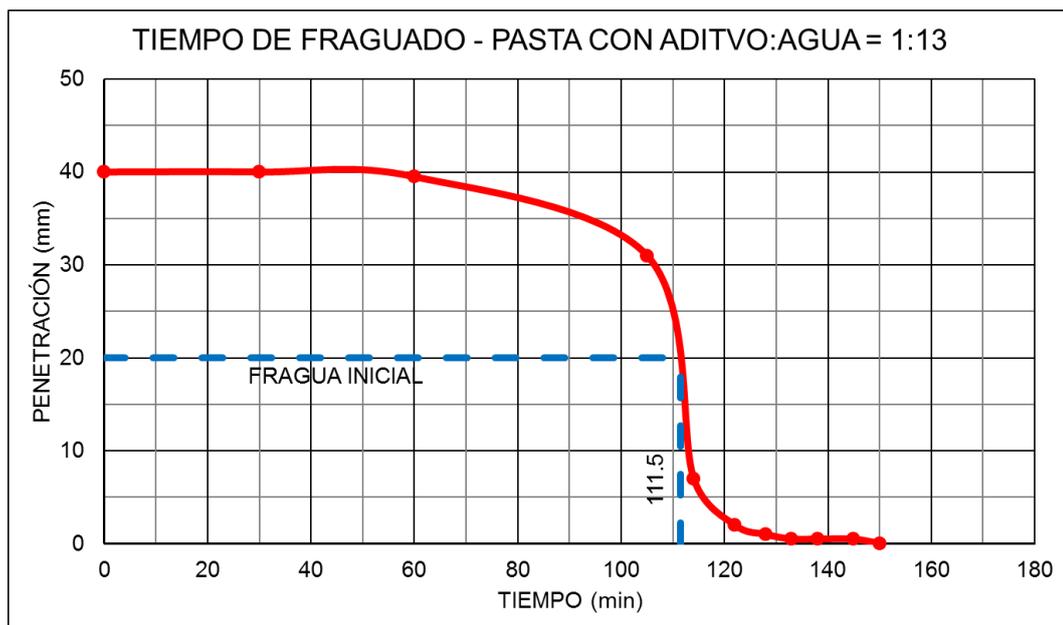
CONSISTENCIA EN PASTA			
Muestra	Composición		Penetración
Pasta sin aditivo	Cemento (g)	650	10mm
	Agua (ml)	172.2	
	aditivo (ml)	0	
Pasta con aditivo: agua = 1:13	Cemento (g)	650.0	9.5mm
	Agua (ml)	162.2	
	aditivo (ml)	12.5	
Pasta con aditivo: agua = 1:9	Cemento (g)	650.0	9.5mm
	Agua (ml)	158.1	
	aditivo (ml)	17.6	
Pasta con aditivo: agua = 1:8	Cemento (g)	650.0	9mm
	Agua (ml)	156.4	
	aditivo (ml)	19.6	
Pasta con aditivo: agua = 1:7	Cemento (g)	650.0	11mm
	Agua (ml)	154.4	
	aditivo (ml)	22.1	
Pasta con aditivo: agua = 1:5	Cemento (g)	650.0	10.5mm
	Agua (ml)	148.3	
	aditivo (ml)	29.7	
Pasta con aditivo: agua = 1:3	Cemento (g)	650.0	9.5mm
	Agua (ml)	135.7	
	aditivo (ml)	45.2	
Pasta con aditivo: agua = 1:1	Cemento (g)	650.0	9.5mm
	Agua (ml)	95.4	
	aditivo (ml)	95.4	

Anexo N°2: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado en pasta según la NTP 334.006 con relación en volumen aditivo: agua de 1:13, 1:9, 1:7, 1:5, 1:3 y sin aditivo

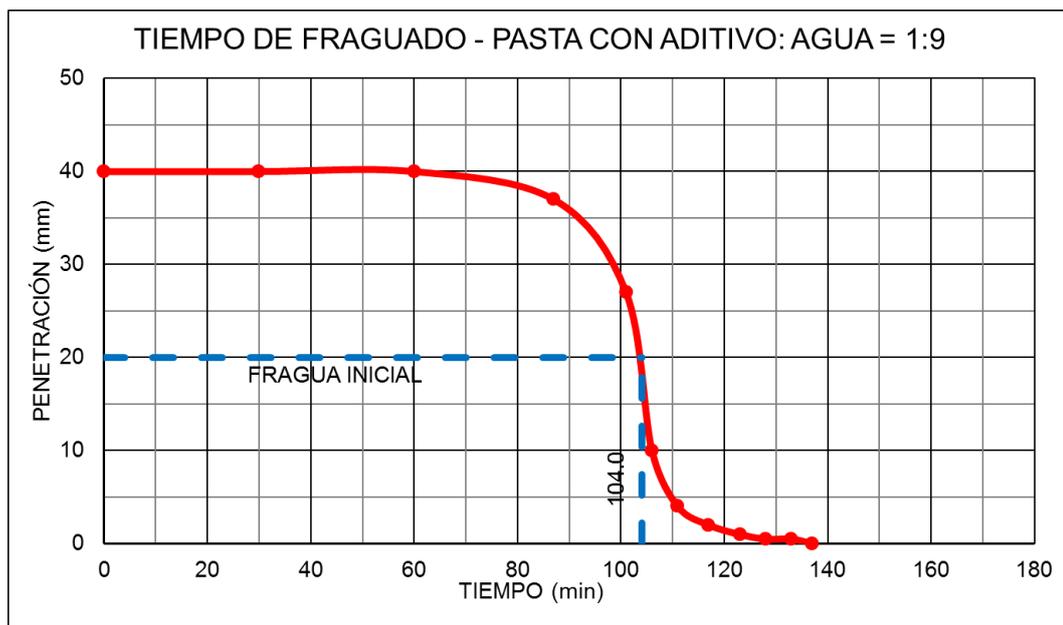
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO – PASTA SIN ADITIVO		
Hora de ensayo	Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
12:31	0	40
01:01	30	40
01:31	60	40
02:01	90	36
02:31	120	27
02:36	125	10
02:46	135	3.5
02:53	142	1.5
02:57	146	1
03:02	151	0.5
03:07	156	0.5
03:18	167	0
Fraguado inicial = 123.4 min		
Fraguado Final = 167 min		



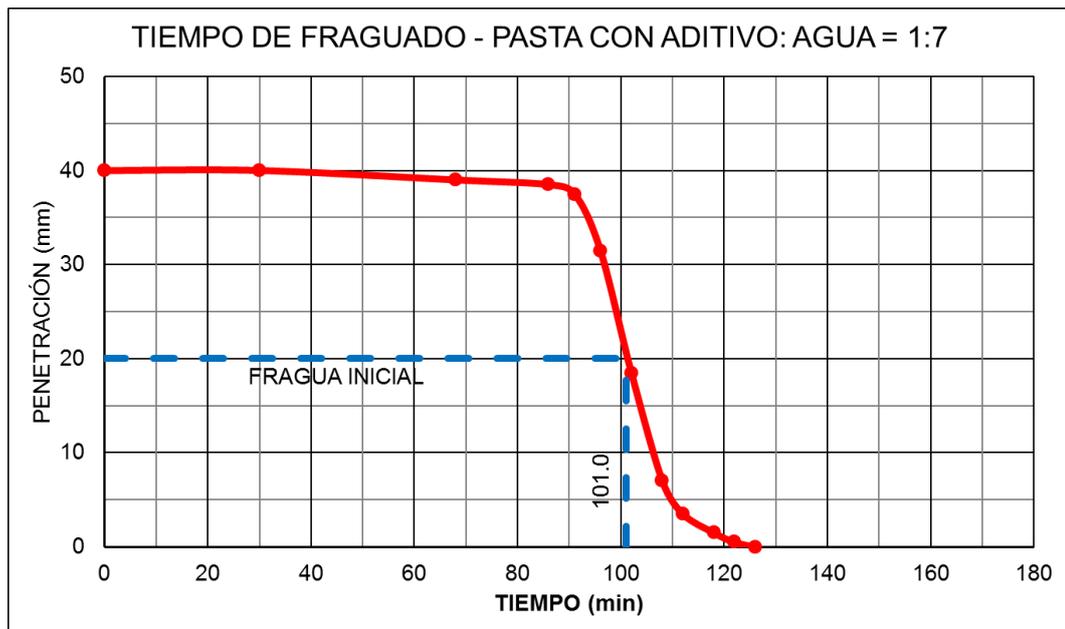
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO PASTA CON ADITIVO:AGUA = 1:13		
Hora de ensayo	Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
01:20	0	40
01:50	30	40
02:35	60	39.5
02:44	105	31
02:52	114	7
02:58	122	2
03:03	128	1
03:08	133	0.5
03:15	138	0.5
03:20	145	0.5
03:25	150	0
Fraguado inicial = 111.5 min		
Fraguado Final = 150 min		



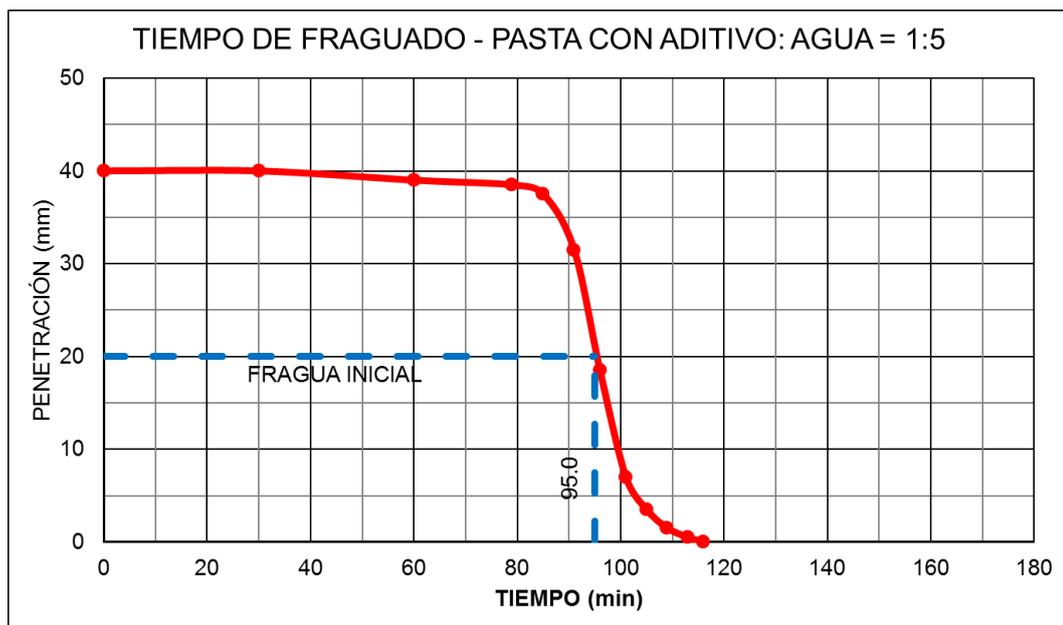
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO PASTA CON ADITIVO:AGUA = 1:9		
Hora de ensayo	Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
01:13	0	40
01:43	30	40
02:13	60	40
02:40	87	37
02:54	101	27
02:59	106	10
03:04	111	4
03:10	117	2
03:16	123	1
03:21	128	0.5
03:26	133	0.5
03:30	137	0
Fraguado inicial = 104.0 min		
Fraguado Final = 137 min		



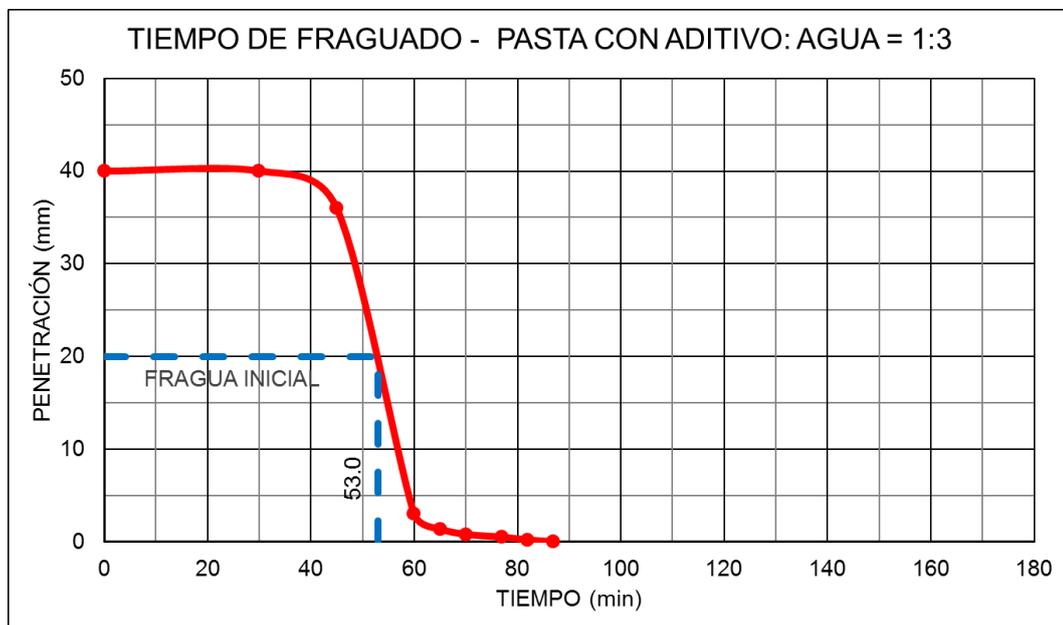
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO PASTA CON ADITIVO:AGUA = 1:7		
Hora de ensayo	Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
01:29	0	40
01:59	30	40
02:37	68	39
02:55	86	38.5
03:00	91	37.5
03:05	96	31.5
03:11	102	18.5
03:17	108	7
03:21	112	3.5
03:27	118	1.5
03:31	122	0.5
03:35	126	0
Fraguado inicial = 101.0 min		
Fraguado Final = 126 min		



ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO PASTA CON ADITIVO:AGUA = 1:5		
Hora de ensayo	Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
01:47	0	40
02:17	30	40
02:47	60	39
03:06	79	38.5
03:12	85	37.5
03:18	91	31.5
03:23	96	18.5
03:28	101	7
03:32	105	3.5
03:36	109	1.5
03:40	113	0.5
03:43	116	0
Fraguado inicial = 95.0 min		
Fraguado Final = 116 min		



ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO PASTA ADITIVO:AGUA = 1:3		
Hora de ensayo	Tiempo acumulado (min)	Penetración (mm)
03:06	0	40
03:36	30	40
03:51	45	36
04:06	60	3
04:11	65	1.4
04:16	70	0.8
04:23	77	0.5
04:28	82	0.2
04:33	87	0
Fraguado inicial = 53 min		
Fraguado Final = 87 min		



Anexo N°3: Función matemática para conseguir la cantidad de aditivo acelerado de fragua Sika - 3 y agua en la pasta obteniendo una penetración de 10mm en el ensayo de consistencia NTP 334.006.

Se realiza el ensayo a las siguientes muestras:

Muestra	Cantidad de material			Penetración
	cemento (g)	agua (ml)	aditivo (ml)	
Pasta sin aditivo	650.00	176.00	0.00	10mm
Pasta con aditivo: agua = 1:8 (n=1+8=9)	650.00	156.40	19.60	9.5mm

Igualar masa de líquido en la muestra con aditivo y a la muestra sin aditivo:

$$\text{masa agua (muestra c/aditivo)} + \text{masa aditivo (muestra c/aditivo)} = \text{masa de agua (muestra s/aditivo)}$$

$$\frac{V_t * (n - 1)}{n} + \frac{V_t}{n} * k = V_{agua_o}$$

Donde:

V_t = Volumen de aditivo + Volumen de agua

n = división del volumen total de acuerdo a la relación aditivo: agua

k = 1/(densidad del aditivo)

V_{agua_o} = Volumen de agua en muestra sin aditivo

Luego se procede a calcular "k" a partir de los dos primeros ensayos realizado:

$$\begin{aligned} \text{masa agua (muestra c/aditivo)} + \text{masa aditivo (muestra c/aditivo)} &= \text{masa de agua (muestra s/aditivo)} \\ 156.40 \text{ (g)} + 19.60 * k \text{ (g)} &= 176.00 \text{ (g)} \\ k &= 0.8057 \end{aligned}$$

Se procede a remplazar "k" en la ecuación inicial:

$$\frac{V_t * (n - 1)}{n} + \frac{V_t}{n} * 0.8057 = V_{agua_o}$$

$$\frac{V_t * (n - 1 + 0.8057)}{n} = V_{agua_o}$$

$$V_t = \frac{V_{agua_o} * n}{n - 0.2076}$$

$$\text{Luego: } V_{aditivo} = \frac{V_t}{n} \text{ y } V_{agua} = \frac{V_t}{n} * (n - 1)$$

A partir de la ecuación:

$$V_t = \frac{V_{agua_o} * n}{n - 0.2076}$$

donde:

$$V_{agua_o} = 176.00 \text{ ml}$$

$$V_{aditivo} = \frac{V_t}{n}$$

$$V_{agua} = \frac{V_t}{n} * (n - 1)$$

Se obtiene los siguientes resultados:

Muestra	Cantidad de material			Penetración
	Vt	agua (ml)	aditivo (ml)	
Pasta con aditivo: agua = 1:1 (n=2)	190.80	95.40	95.40	9.5mm
Pasta con aditivo: agua = 1:3 (n=4)	178.20	135.70	42.50	9.5mm
Pasta con aditivo: agua = 1:5 (n=6)	178.00	148.30	29.70	10.5mm
Pasta con aditivo: agua = 1:7 (n=8)	176.50	154.40	22.10	11.0mm
Pasta con aditivo: agua = 1:9 (n=10)	175.70	158.10	17.60	9.5mm
Pasta con aditivo: agua = 1:13 (n=14)	174.70	162.20	12.50	9.5mm

Todos los ensayos se realizan con una cantidad de cemento igual a 650.00 g de acuerdo a la NTP 334.006 "Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico con aguja de Vicat",

Anexo N°4: Panel fotográfico



Grafico N°A.01: Ensayo de consistencia y ensayo de fluidez. Fuente: Elaboración Propia.



Grafico N°A.02: Preparación de mortero de revestimiento, medición de cantidad de material para cada diseño y aditivo acelerador de fragua SIKA-3 y cal para el curado de muestras. Fuente: Elaboración Propia.



Grafico N°A.03: Máquina para el ensayo de resistencia de compresión Versa Tester, muestra de mortero de revestimiento antes y después del ensayo de resistencia a la compresión. Fuente: Elaboración Propia.



Grafico N°A.04: Muestras preparadas para ensayo de tiempo de fraguado: Elaboración Propia.



Grafico N°A.05: Moldeado de muestras de mortero de revestimiento para ensayos en su estado endurecido. Elaboración Propia.



Grafico N°A.06 Espécimen de mortero de revestimiento sobre recipiente con 3mm de altura de agua.
Fuente: Elaboración Propia.



Grafico N°A.07: Preparación de impermeabilizante a base de parafina líquida. Fuente: Elaboración Propia.



Grafico N°A.08: Muestras después de 1 día del ensayo de capilaridad. Fuente: Elaboración Propia.



Grafico N°A.09: Muestras después de 15 día del ensayo de capilaridad observándose presencia de salitre en su superficie. Fuente: Elaboración Propia.