



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DE LA DOSIFICACIÓN, EL PORCENTAJE
Y TIPO DE IMPERMEABILIZANTE SOBRE LA
ABSORCIÓN, PERMEABILIDAD Y COMPRESIÓN EN
MORTEROS DE ENLUCIDO, TRUJILLO 2018

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Nixon Brayan Peche Melo

Asesor:

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo – Perú
2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, APRUEBAN la tesis desarrollada por el Bachiller Nixon Brayan Peche Melo, denominada:

**INFLUENCIA DE LA DOSIFICACIÓN, EL PORCENTAJE Y TIPO DE
IMPERMEABILIZANTE SOBRE LA ABSORCIÓN, PERMEABILIDAD Y
COMPRESIÓN EN MORTEROS DE ENLUCIDO, TRUJILLO 2018**

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro
ASESOR

Mg. Ing. Wiston Azañedo Medina
JURADO

Mg. Ing. Germán Sagástegui
JURADO

Ing. Alberto Vásquez Díaz
JURADO

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, a las siguientes personas que son lo más importante para mí:

A **DIOS**, por enseñarme el valor del verdadero amor, por haber muerto por mí y darme la oportunidad de conocer una nueva vida.

A mi padre, **José Elisio Peche Arias** y a mi madre, **Isabel Melo Chilcho**; porque son lo mejor y lo más maravilloso que Dios me ha podido dar, les dedico este triunfo en gratitud a su amor por mí, por brindarme su ejemplo de vida y ser mis mayores modelos a seguir.

A mi esposa, hijo Mateo y al nuevo(a) bebe que viene en camino, por el amor que me dan día a día y por sin darse cuenta ser mi inspiración para llegar más lejos.

A mi hermano mayor que por de una u otra manera siempre marcarme el camino y enseñarme cómo afrontar la vida, y estar siempre ahí en cada etapa; y, a toda mi familia en general por su apoyo y amor constante.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a Dios por las innumerables bendiciones que me ha dado, por todo lo que ha hecho por mí y por todo lo que hará, porque todo lo que tengo y soy es gracias a él.

A mis padres, a quienes dedico este nuevo logro, en agradecimiento especial por todo su amor y apoyo incondicional, a lo largo de toda mi vida.

A mi esposa, hijo Mateo y al nuevo(a) integrante de la familia que pronto estará con nosotros, por su amor, por ser los pilares de mi familia y por ser los motores que me dan la fuerza día a día para cumplir mis metas.

A mi asesor, Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro por su amistad, disposición para la ejecución de la presente tesis y apoyo constante en la culminación de la misma.

En general a cada uno de mis familiares y amigos que con sus palabras y buenos deseos día a día me motivaron e impulsaron para alcanzar este logro.

Nixon Brayan Peche Melo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. <i>Realidad problemática.....</i>	12
1.2. <i>Formulación del problema.....</i>	14
1.3. <i>Justificación.....</i>	14
1.4. <i>Limitaciones.....</i>	15
1.5. <i>Objetivos.....</i>	15
1.5.1. <i>Objetivo general.....</i>	15
1.5.2. <i>Objetivos específicos.....</i>	15
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Antecedentes.....	16
2.2. Bases teóricas.....	17
2.2.1. <i>Mortero.....</i>	17
2.2.1.1. <i>Mortero de cemento:.....</i>	18
2.2.2. <i>Aditivos:.....</i>	25
2.3. Hipótesis:.....	28
CAPITULO 3. METODOLOGÍA.....	29
3.1. Operacionalización de Variables:.....	29
3.2. Tipo de diseño de investigación.....	30
3.3. Unidad de estudio.....	30
3.4. Población.....	30
3.5. Muestra.....	30
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	31
3.6.1. <i>Técnicas de recolección de datos y análisis de datos.....</i>	31
3.6.2. <i>Proceso Experimental:.....</i>	32
3.7. Caracterización de los agregados.....	33
3.7.1. <i>Ensayo granulométrico del agregado fino.....</i>	33
3.7.2. <i>Contenido de humedad del agregado fino.....</i>	33
3.7.3. <i>Peso específico y absorción del agregado fino.....</i>	34
3.8. Elaboración del diseño de mezcla:.....	35
3.9. <i>Mezcla, conformación y curado de probetas:.....</i>	39
3.9.1. <i>Codificación.....</i>	40
3.9.2. <i>Curado (ASTM C192).....</i>	40
3.10. <i>Ensayo de Absorción.....</i>	40

3.11.	<i>Ensayo de Permeabilidad: ASTM C 1701</i>	41
3.12.	<i>Ensayo de resistencia a la compresión:</i>	41
3.12.1.	<i>Capeo de probetas:</i>	41
3.12.2.	<i>Resistencia a compresión:</i>	42
3.13.	<i>Metodología del análisis de resultados:</i>	42
3.13.1.	<i>Media aritmética:</i>	42
3.13.2.	<i>Varianza</i>	43
3.13.3.	<i>Desviación estándar</i>	43
3.13.4.	<i>Coeficiente de variación</i>	43
CAPITULO 4. RESULTADOS		44
4.1.	Caracterización de los agregados	44
4.2.	Elaboración del diseño de mezcla:	45
4.3.	Ensayo de absorción:	46
4.4.	Ensayo de Permeabilidad:	47
4.5.	Resistencia a compresión:	48
4.6.	Evaluación económica:	49
CAPITULO 5. DISCUSIÓN		50
5.1.	Caracterización de agregados	50
5.2.	Cemento	51
5.3.	Aditivos Impermeabilizantes	52
5.4.	Diseño de Mezcla.....	54
5.5.	Propiedades en estado endurecido	54
5.5.1.	Resistencia a la compresión	54
5.5.2.	Absorción (ASTM C642).....	59
5.5.3.	Permeabilidad	63
5.5.4.	Evaluación Económica	68
CONCLUSIONES		70
RECOMENDACIONES		72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:		73
APÉNDICE		76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química del cemento.....	18
Tabla 2: Requerimientos granulométricos.....	19
Tabla 3: Clasificación del agregado de acuerdo al peso específico.....	20
Tabla 4: Clasificación del agregado fino de acuerdo al módulo de finura.....	xxi
Tabla 5: Dosificación del mortero.....	22
Tabla 6: Especificación de los morteros por propiedad.....	23
Tabla 7: Guía para seleccionar morteros de mampostería.....	24
Tabla 8: Operacionalización de variables.....	29
Tabla 9: Matriz de diseño.....	31
Tabla 10: Procedimiento experimental.....	32
Tabla 11: Granulometría del agregado fino.....	33
Tabla 12: Humedad del agregado fino.....	34
Tabla 13: Peso específico y absorción del agregado fino.....	35
Tabla 14: Cantidad de materiales para las dosificaciones c/a: 1/3 y 1/4.....	35
Tabla 15: Cantidad de materiales materiales para las dosificaciones a/c: 0.5 y 0.6.....	36
Tabla 16: Cantidad de aditivos.....	36
Tabla 17: Cantidad de aditivo impermeabilizante Sika 1 líquido por porcentaje.....	37
Tabla 18: Cantidad de aditivo impermeabilizante en polvo.....	37
Tabla 19: Cantidad de aditivo impermeabilizante Sika y Chema en polvo por porcentaje.....	38
Tabla 20: Cantidad de aditivo impermeabilizante Chema 1 líquido.....	38
Tabla 21: Cantidad de aditivo impermeabilizante Chema 1 líquido por porcentaje.....	39
Tabla 22: Tabla de ensayo de absorción.....	40
Tabla 23: Tabla de ensayo de Permeabilidad.....	41
Tabla 24: Tabla de resistencia a compresión.....	42
Tabla 25: Características físicas de la arena fina.....	44
Tabla 26: Diseño de mezcla de materiales para diferentes dosificaciones.....	45
Tabla 27: Resultados de ensayo de absorción para diferentes dosificaciones.....	46
Tabla 28: Resultados de ensayo de permeabilidad para diferentes dosificaciones.....	47
Tabla 29: Resultados de ensayo de resistencia a compresión para diferentes dosificaciones.....	48
Tabla 30: Costos por m ² de mortero con y sin aditivo impermeabilizante.....	49
Tabla 30: Propiedades físicas del cemento ICo.....	51
Tabla 31: Características del aditivo Sika - 1.....	52
Tabla 32: Características del aditivo Sika – 1 en Polvo.....	53
Tabla 33: Características del aditivo Chema 1 Líquido.....	53
Tabla 34: Características del aditivo Chema 1 Polvo.....	54
Tabla 36: Resistencias máximas y mínimas alcanzadas para cada dosificación.....	59
Tabla 37: Absorciones máximas y mínimas alcanzadas para cada dosificación.....	63
Tabla 38: Infiltraciones máximas y mínimas alcanzadas para cada dosificación.....	68
Tabla 39: Costos y porcentajes de ahorros de cada aditivo impermeabilizante.....	69
Tabla 40: Granulometría del agregado fino - Muestra 1.....	95
Tabla 41: Granulometría del agregado fino - Muestra 2.....	95
Tabla 42: Granulometría del agregado fino - Muestra 3.....	96
Tabla 43: Módulo de Finura del agregado fino.....	96
Tabla 44: Humedad del agregado fino.....	96
Tabla 45: Peso específico y absorción del agregado fino convencional.....	97
Tabla 46: Absorción con aditivo Chema líquido, r c/a: 1/3.....	98
Tabla 47: Absorción con aditivo Chema líquido, r c/a: 1/4.....	99
Tabla 48: Absorción con aditivo Sika líquido, r c/a: 1/3.....	100
Tabla 49: Absorción con aditivo Sika líquido, r c/a: 1/4.....	101
Tabla 50: Absorción con aditivo Sika polvo, r c/a: 1/3.....	102

Tabla 51: Absorción con aditivo Sika polvo, r c/a:1/4.....	103
Tabla 52: Absorción con aditivo Chema polvo, r c/a: 1/3.	104
Tabla 53: Absorción con aditivo Chema polvo, r c/a: 1/4.	105
Tabla 54: Permeabilidad con aditivo Chema, líquido, r c/a: 1/3.....	106
Tabla 55: Permeabilidad con aditivo Chema, líquido, r c/a: 1/4.....	107
Tabla 56: Permeabilidad con aditivo Chema, polvo, r c/a: 1/3.....	108
Tabla 57: Permeabilidad con aditivo Chema, polvo, r c/a: 1/4.....	109
Tabla 58: Permeabilidad con aditivo Sika, líquido, r c/a: 1/3.	110
Tabla 59: Permeabilidad con aditivo Sika, líquido, r c/a: 1/4.	111
Tabla 60: Permeabilidad con aditivo Sika, polvo, r c/a: 1/3.	112
Tabla 61: Permeabilidad con aditivo Sika, polvo, r c/a: 1/4.	113
Tabla 62: Resistencia a la compresión con aditivo Sika, polvo, r c/a:1/3.....	114
Tabla 63: Resistencia a la compresión con aditivo Sika, polvo, r c/a:1/4.....	115
Tabla 64: Resistencia a la compresión con aditivo Chema, liquido, r c/a: 1/3.....	116
Tabla 65: Resistencia a la compresión con aditivo Chema, liquido, r c/a: 1/4.....	117
Tabla 66: Resistencia a la compresión con aditivo Chema, polvo, r c/a: 1/3.	118
Tabla 67: Resistencia a la compresión con aditivo Chema, polvo, r c/a: 1/4.	119
Tabla 68: Resistencia a la compresión con aditivo Sika, liquido, r c/a: 1/3.	120
Tabla 69: Resistencia a la compresión con aditivo Sika, liquido, r c/a: 1/4.	121

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Enlucido en paredes.....	13
Figura 2: Schwörer Haus (1); Angostura (2); Movicenter (3); Aeropuerto de Pisco (4).....	14
Figura 3: Interacción mortero: (A) Sin aditivo, (B) Con aditivo impermeabilizante.....	27
Figura 4: Funcionamiento solidos finos.....	27
Figura 5: Aditivo Sika - 1 y Sika 1 en Polvo respectivamente.....	28
Figura 6: Aditivo Chema 1 Líquido y Chema 1 En Polvo respectivamente.....	28
Figura 7: Probeta cúbica de 5 cm de lado.....	30
Figura 8: Curvas granulométricas del agregado fino.....	44
Figura 9: Condición de humedad del agregado fino.....	50
Figura 10: Resistencia a la compresión, para dosificaciones, $c/a : 1/3$ y $1/4$ y $a/c : 0.5$ y 0.6	55
Figura 11: Resistencia a la compresión, con dosificación, $c/a : 1/3$ y $a/c : 0.5$	56
Figura 12: Resistencia a la compresión, con dosificación, $c/a : 1/3$ y $a/c : 0.6$	56
Figura 13: Resistencia a la compresión, con dosificación, $c/a : 1/4$ y $a/c : 0.5$	57
Figura 14: Resistencia a la compresión, con dosificación, $c/a : 1/4$ y $a/c : 0.6$	57
Figura 15: Absorción, para las dosificaciones, $c/a : 1/3$ y $1/4$ y $a/c : 0.5$ y 0.6	59
Figura 16: Estructura interna de la pasta de cemento.....	60
Figura 17: Absorción, con relación $c/a : 1/3$ y $a/c : 0.5$	61
Figura 18: Absorción, con relación $c/a : 1/3$ y $a/c : 0.6$	61
Figura 19: Absorción, con relación $c/a : 1/4$ y $a/c : 0.5$	61
Figura 20: Absorción, con relación $c/a : 1/4$ y $a/c : 0.6$	62
Figura 21: Infiltración, para las dosificaciones, $c/a : 1/3$ y $1/4$ y $a/c : 0.5$ y 0.6	64
Figura 22: Infiltración, con relación $c/a : 1/3$ y $a/c : 0.5$	65
Figura 23: Infiltración, con relación $c/a : 1/3$ y $a/c : 0.6$	65
Figura 24: Infiltración, con relación $c/a : 1/4$ y $a/c : 0.5$	66
Figura 25: Infiltración, con relación $c/a : 1/4$ y $a/c : 0.6$	66
Figura 26: Costos por m^2 para muros con aditivos impermeabilizantes.....	69
Figura 27: Análisis granulométrico del agregado fino, tamices en la mesa vibradora.....	76
Figura 28: Peso específico y absorción por método de la fiola.....	76
Figura 29: Conformación de probetas.....	77
Figura 30: Peso saturado y sumergido para ensayo de absorción.....	77
Figura 31: Peso seco para ensayo de absorción.....	78
Figura 32: Ensayo de permeabilidad.....	78
Figura 33: Ensayo de resistencia a la compresión.....	79
Figura 34: Muro de albañilería de sogá.....	122

RESUMEN

La tesis se realizó debido a la importancia de obtener edificaciones de buena calidad; en base a esto, se busca que a través de los enlucidos se logre impermeabilizar estas estructuras, buscando con ello reducir o en el mejor de los casos eliminar el paso del agua producto de la humedad proveniente del suelo, del medio ambiente o de las lluvias, deseándose para ello obtener morteros de durabilidad óptima; esto se debe a la problemática actual que existe con respecto a la calidad de las construcciones a nivel mundial, generando problemas en la integridad de las estructuras y en la salud de los que la habitan; por lo cual en la presente investigación se evaluó, la influencia de la dosificación, el porcentaje y tipo de impermeabilizante sobre la absorción, permeabilidad y compresión en morteros de enlucido. Las dosificaciones que se emplearon fueron de cemento:arena 1/3 y 1/4; agua:cemento 0.5 y 0.6 y aditivos impermeabilizantes de marca sika y chema en presentación líquida y polvo de acuerdo a las especificaciones técnicas de cada aditivo, adicionándose 0.3% menos, 0.3% más y 0.6% más de aditivo con respecto al porcentaje recomendado por cada fabricante; para la elaboración de las muestras de estudio se usó cemento portland tipo Ico, arena fina de las canteras de El Milagro, agua potable de Trujillo y aditivos impermeabilizantes de las tiendas Maestro y Arenera Jaén.

Se realizó la caracterización del agregado fino bajo las Normas Técnicas Peruanas (NTP) para el contenido de humedad (NTP 339.185), peso específico y absorción (NTP 400.022), módulo de finura y análisis granulométrico (NTP 400.012). Se elaboraron probetas cúbicas de mortero de 5 cm de lado, elaborándose 3 réplicas para cada dosificación, las cuales fueron elaboradas y ensayadas a compresión de acuerdo a la norma ASTM C109, además del ensayo de absorción bajo la norma ASTM C642 y del ensayo de permeabilidad o infiltración bajo la norma ASTM C1701, los cuales fueron ensayados a 28 días de curado.

El mortero patrón alcanzó 189 kg/cm^2 , 8.8% y 2.0 L/h/m^2 para la resistencia a la compresión, absorción y permeabilidad respectivamente, resultados que corresponden a los máximos obtenidos, los cuales se dieron con la dosificación cemento:arena 1/3 y agua:cemento 0.5; con la adición de aditivo impermeabilizante el diseño óptimo para los morteros fue con los aditivos de presentación en polvo, Chema 1 en polvo, de los cuales con el que se obtuvo los mejores resultados fue con el aditivo Chema 1 en Polvo, con 0.90 %, obteniéndose 211 kg/cm^2 , 5.6% y 0.8 L/h/m^2 , para la compresión, absorción y permeabilidad respectivamente, mostrando con esto un incremento del 12% y una disminución del 36% y 60% para cada ensayos respectivamente.

La adición de aditivo impermeabilizante en morteros de arena fina, disminuyó el porcentaje de absorción de agua y la permeabilidad o infiltración de estos y aumentó su resistencia a compresión, mejorando de esta manera la capacidad de los morteros para enfrentarse a la humedad e incrementado con ello su durabilidad en el tiempo.

ABSTRACT

The present thesis evaluated the influence of dosage, percentage and type of waterproofing on absorption, permeability and compression in plastering mortars. The dosages used were of cemento:arena 1/3 and 1/4; Agua:cemento 0.5 and 0.6 and brand waterproofing additives sika and chema in presentation liquid and powder according to the technical specifications of each additive, adding also 0.3%, 0.3% more and 0.6% more additive with respect to the preferred percentage by each manufacturer. the elaboration of study samples was used to cement portland type Ico, Sandy quarries in El Milagro, Trujillo and waterproofing additives for the teacher and blasting Jaén stores drinking water. Was the characterization of the fine aggregate under the Peruvian technical standards for content of humidity (NTP 339.185), specific gravity and absorption (NTP 400.022), module of fineness and particle size analysis (NTP 400.012).

Were developed cubic specimens of side 5 cm mortar, making 3 replicas for each dosage, which were drawn up and tested compression according to standard ASTM C109, in addition to test absorption ASTM C642 standard and the test of permeability or infiltration under 1701 C ASTM standard, which were tested at 28 days of curing. Through the addition of a waterproofing additive in fine sand mortars, sought to reduce the percentage of absorption of water permeability and infiltration of these and increase its resistance to compression, thus improving the ability of mortars for deal with moisture and thereby increased their durability in time.

The mortar pattern achieved results of 189 kg/cm^2 , 8.8% y 2.0 L/h/m^2 for compressive strength, absorption and permeability respectively, results corresponding to the obtained maximum, which occurred with the dosage cemento:arena 1/3 and agua:cemento 0.5; with the addition of a waterproofing additive the optimum design for the mortars was with additives of presentation in powder, of which which was obtained the best results was with the additive Chema 1 powder, being the optimal percentage of this to be added in the mixture of mortar of 0.90%, resulting in a score of 211 kg/cm^2 , 5.6% y 0.8 L/h/m^2 , for resistance to compression, absorption and permeability showing with this an increase of 12% and a decrease of 36% and 60% respectively, for each trials respectively.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Hablar de calidad en morteros de cemento en la actualidad, pese al tiempo de uso que se le da en la construcción y a la importancia que han adquirido en este rubro, implica hablar de una serie de problemas reales y latentes que se observan en diferentes construcciones y en diferentes partes del mundo; problemas que generan riesgos en la integridad de las estructuras y en la integridad de los que las habitan generando con ello problemas económicos significativos; Borges et al (2001) afirma que en Estados Unidos se gastaron durante seis años 20 millones de dólares, hasta 1997, en reparaciones de estructuras; estructuras las cuales fueron dañadas debido a la mala calidad de los morteros que se utilizan en tarrajeo para recubrir las edificaciones, los cuales permiten el paso de la humedad a través de estas, deteriorando así las estructuras y afectando con ello la durabilidad que deberían tener. El Reino Unido, destina el 40% de su inversión en construcción, a la reparación y al mantenimiento (Ramirez, et al, 2012). En Perú, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2008), informa que muchos de los siniestros debidos a patologías, que directa o indirectamente se deben a la calidad de los morteros y el paso de la humedad a través de ellos supone aproximadamente el 30% del total. En Trujillo, la problemática con respecto a este tema es latente, según el Instituto Nacional de Defensa Civil (2011) "...De un estudio realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el 61% de las viviendas en estudio, presentan problemas de humedad, los cuales están relacionados directamente a la calidad de los morteros quienes revisten las viviendas estudiadas; de ellas el 30.3% presentan niveles altos en paredes, 38.5% niveles medios y 28.9% niveles bajos. Es necesario recalcar que existen instituciones las cuales a través de normas y especificaciones determinan los procesos para elaborar morteros, controlando de esta manera la calidad que deberían de tener; a nivel internacional se tiene la Sociedad Americana de Pruebas de Materiales - ASTM C-109, y, en el Perú, la Norma Técnica Peruana - NTP 334.051.



Figura 1: Enlucido en paredes.

Históricamente, se ha diseñado estructuras con el criterio de resistencia mecánica; gracias a esto se han logrado tener estructuras que soportan adecuadamente las cargas de servicio; sin embargo, se han encontrado problemas en la calidad, reflejándose en su durabilidad (Skoczylas et al, 2006). Problemas muy vinculados a la humedad; Según Mehta, 2005, “para construir estructuras durables por un largo periodo de tiempo, el mortero debe mantener su resistencia a la penetración de agua y agentes externos del medio ambiente que lo rodea; resistencia que se pierde por la presencia de micro-grietas que se vuelven inestables bajo condiciones de carga mecánica y ambiental severas, generando problemas de humedad en las estructuras”. Es por ello que en diferentes países se realizan estudios y se utilizan aditivos que permitan obtener estructuras impermeables; encontrando nuevas tecnologías que poco a poco están siendo incorporadas en proyectos constructivos alrededor del mundo. En Alemania la contratista Schwörer Haus GmbH, es uno de los productores líderes de casas unifamiliares prefabricadas, las cuales frente al problema de humedad que afrontan debido a la filtración de agua, han iniciado la instrucción de nuevos sistemas impermeables en la protección de sus viviendas. En Sudamérica, Chile, fue el primer país en introducir nuevos sistemas de impermeabilización en sus proyectos, como, en la construcción de la central hidroeléctrica Angostura y la ampliación de Movicenter. En Perú se han implementado nuevas tecnologías para impermeabilizar estructuras en proyectos importantes como, en la vía parque Rímac se impermeabilizó toda la estructura del túnel que pasa por debajo del río; el aeropuerto de Pisco también se necesitó impermeabilizar su estructura por su cercanía a la costa (Revista sika, 2013).

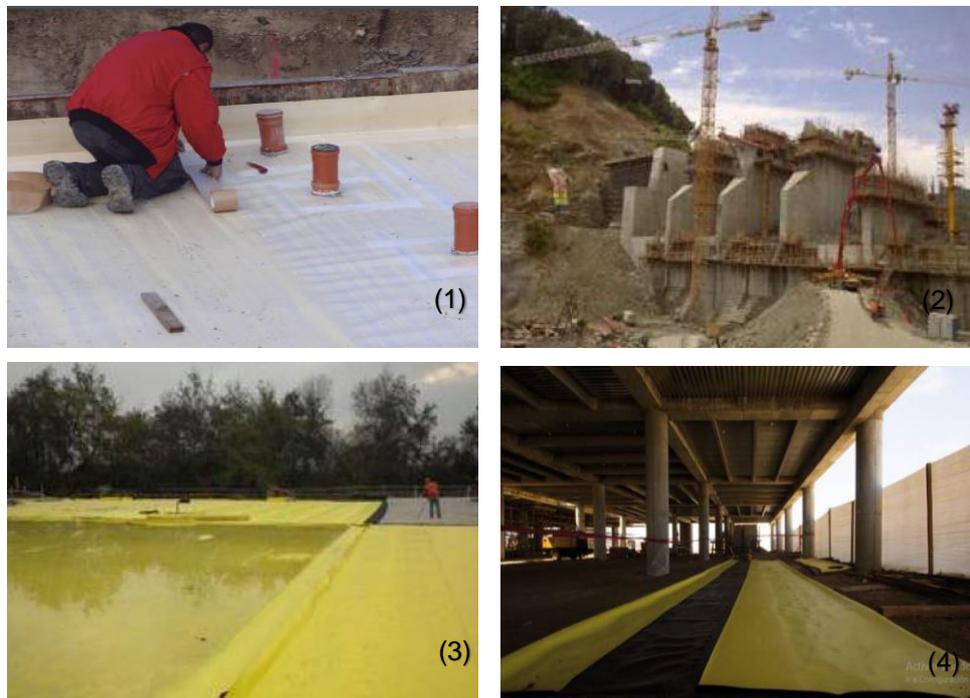


Figura 2: Schwörer Haus, Alemania (1); Hidroeléctrica Angostura (2); Movicenter (3); Aeropuerto de Pisco (4). (Revista sika, 2013).

“No contar con un mortero impermeable generaría una obra amenazada por la agresividad del suelo, agua y el daño producido por el cloruro que ataca directamente al acero del concreto; ocasionando que la durabilidad se reduzca hasta en un 50%. Incluso los costos de la reparación serían mucho más elevados” (Revista sika, 2013). En la presente investigación se realiza la conformación de morteros de cemento, con variaciones en los porcentajes de dos tipos de aditivos de marcas diferentes y presentaciones diferentes; además de variaciones en las dosificaciones de relaciones cemento arena y agua cemento, para la posterior evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mismas; buscándose con ello, dar soluciones innovadoras mediante la aplicación de aditivos, que brinden morteros con mejores resultados, que morteros tradicionales sin ningún tipo de aditivo.

Con el desarrollo de esta investigación, se mostrará las alternativas de diseño de dosificaciones óptimas y económicas, las cuales podrán ser empleados en obra y reforzar el conocimiento teórico sobre los morteros para enlucido.

1.2. Formulación del problema

¿En que medida influye la dosificación, el porcentaje y el tipo de aditivo impermeabilizante sobre la absorción, permeabilidad y compresión en morteros de enlucido, Trujillo 2018?

1.3. Justificación

La base de la presente investigación radica en la importancia de obtener estructuras de buena calidad; en base a esto, se busca que a través de los enlucidos se logre impermeabilizarlas, buscando con ello reducir o en el mejor de los casos eliminar el paso del agua producto de la humedad proveniente del medio ambiente o de las lluvias.

La razón principal del enfoque de este estudio, por lo ya antes mencionado es obtener morteros de durabilidad óptima, por lo que en la presente investigación se analizará el efecto que produce el agregar aditivos impermeabilizantes de marcas y presentaciones diferentes, la adición de estos en diferentes porcentajes y la variación de las dosificaciones cemento/arena y agua/cemento, sobre las propiedades físico-mecánicas de morteros de cemento, buscándose resultados que sirvan como guía o patrón para la comunidad científica y empresarial.

Se utilizará proporciones cemento/arena de 1/3 y 1/4, pese a que teóricamente para morteros impermeables se recomienda trabajar con proporciones cemento/arena de 1/1 y 1/2, así mismo, en la mayoría de las construcciones en Trujillo se trabaja con relaciones cemento:arena de 1/5 y 1/6, debido a que se trabaja en base al criterio económico por encima del criterio de durabilidad, por lo cual se ha escogido proporciones que representen un término medio.

Con respecto a las relaciones agua/cemento se ha escogido las proporciones 0.5 y 0.6 debido a que por pruebas preliminares realizadas en laboratorio, estas dosificaciones brindan las mejores características de trabajabilidad, tanto por la consistencia de la mezcla en estado fresco como las características del mortero que se obtiene para ser lanzado de acuerdo a las características del mortero de enlucido.

Se escogió el cemento Ico entre todos los tipos de cemento del mercado, por ser el cemento más comercial y de uso general en la mayoría de construcciones, al igual que los aditivos Sika y Chema, que son los más comunes en el mercado de aditivos impermeabilizantes.

1.4. Limitaciones

Las limitaciones en esta investigación están determinadas por la escasez de información, ya que hay pocos libros relacionados a la impermeabilización en el rubro de la construcción, más aun profundizando en el tema de la tesis, no hay bibliografía sobre impermeabilización de morteros, así mismo, las tesis no se encuentran disponibles para su lectura.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Evaluar la influencia de morteros con diferentes dosificaciones de relación agua: cemento y cemento: arena, agregando aditivos impermeabilizantes de diferentes marcas, diferentes presentaciones y diferentes dosificaciones.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar los ensayos de caracterización, como granulometría, contenido de humedad, módulo de finura, peso específico y absorción del agregado fino.
- Analizar la absorción en los morteros con aditivo y sin aditivo impermeabilizante bajo la norma ASTM C 642 y comparar los resultados entre ellos,
- Evaluar la permeabilidad en los morteros con aditivo y sin aditivo impermeabilizante bajo la norma ASTM C 1701y comparar los resultados entre ellos.
- Determinar la resistencia a la compresión de morteros con aditivo y sin aditivo impermeabilizante y comparar los resultados entre ellos., bajo la norma ASTM C 109.
- Analizar económicamente un mortero de enlucido con y sin adición de aditivo impermeabilizante.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

- 2.1.1.** El informe de pasantía de Ernesto Luis Oquendo Rodríguez, en el año 2013, denominado: “Evaluación y Selección de Aditivos Impermeabilizantes para concreto con resistencia de 450 kgf/cm^2 ”, presentado ante la Universidad Simón Bolívar como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero de Materiales, en el cual se evalúa 4 tipos de aditivos impermeabilizantes: S-1, X-130, PA y SL; en una primera fase del proyecto se evaluó la porosidad y resistencia mecánica en las cuales los aditivos S-1 y X-130 obtuvieron los mejores resultados. Adicionalmente, estos fueron evaluados en cuanto a las propiedades de absorción y de permeabilidad y los resultados obtenidos muestran que la incorporación de los aditivos impermeabilizantes disminuye la penetración del agua en el concreto, lo cual prolonga la integridad de la estructura. La resistencia mecánica promedio obtenido por el aditivo S-1 fue $491 \pm 38 \text{ kgf/cm}^2$, en comparación con el aditivo X-130 que tuvo una resistencia de $503 \pm 40 \text{ kgf/cm}^2$, lo que sugiere la necesidad de optimizar más las mezclas. La porosidad resulto menor en el aditivo SL con $7.63 \pm 0.32 \%$, sin embargo, en los 4 aditivos se mantuvo similar, sin embargo, con respecto a la permeabilidad utilizando el aditivo S-1 se evidenció un mejor resultados a todas las edades, el volumen de ingreso de agua fue el más bajo de las probetas estudiadas.
- 2.1.2.** La tesis de Huamán Urbina, Cinthia Pamela, en el año 2015, denominada: “Influencia del porcentaje de agregado fino y módulo de finura sobre la resistencia a la compresión y absorción en morteros para la construcción”, para obtener el título de ingeniero de materiales de la Universidad Nacional de Trujillo, en la cual para la elaboración de muestras de estudio se utilizó agregado fino en dosificación 1:1 (39%), 1:2 (56%), 1:3 (66%) y 1:4 (72%) en peso y una relación a/c: 0.55. Utilizándose la norma ASTM C-109 para el conformado de probetas y la ejecución del ensayo de compresión y la norma ASTM C-128 para el ensayo de absorción. En los resultados se obtuvo un mortero con resistencia a la compresión de 274 kg/cm^2 y 11% de absorción con 56 % de arena fina de mayor módulo de finura 2.8. Observándose que aumenta la resistencia a la compresión y disminuye el porcentaje de absorción conforme aumenta el módulo de finura y disminuye la arena gruesa.
- 2.1.3.** La tesis de Juan Antenor Villarroel Cieza, en el año 2017, denominada: “Evaluación del porcelanato reciclado y dosificación en mortero de asentado sobre la resistencia a compresión, absorción, densidad y flujo, Trujillo 2017”, para obtener el título de ingeniero civil de la Universidad Privada del Norte, en la cual se determinó la influencia del porcentaje de porcelanato molido en el mortero de asentado sobre la resistencia a compresión, absorción, densidad y flujo. Las dosificaciones que se emplearon fueron de cemento:arena 1:3 y 1:4, con porcentajes de porcelanato molido como sustituto de la arena de 0%, 15%, 30%, 45%, 60%, 75% y 90% para cada dosificación y se trabajó con una relación agua/cemento constante de

0.65. El diseño óptimo del mortero con porcelanato molido de la relación 1:3 cemento: arena en comparación a la mezcla de referencia, presentó una mejora en cuanto a la resistencia a compresión de 55.6% a 56.9% y una disminución de la absorción de 20.8% a 27.1%, densidad de 3.3% a 3.6 % y flujo de 31.8% a 35.4%. El diseño óptimo del mortero con porcelanato molido de la relación 1:4 cemento: arena en comparación a la mezcla de referencia, presentó una mejora en cuanto a la resistencia a compresión de 40.2% a 62.5% y una disminución de la absorción de 22.8% a 23.8%, densidad 3.4% a 5.0% y el flujo se mantiene con un 0%.

2.1.4. La tesis de Aliaga Angulo, Agustín Junior, en el año 2017, denominada: “Evaluación de ceniza de cascarilla de arroz y tipos de agregados finos sobre la compresión, sorptividad y densidad de morteros de cemento portland tipo I, Trujillo 2017”, para obtener el título de ingeniero civil de la Universidad Privada del Norte, en la cual se reemplazó la ceniza de cascarilla de arroz por la arena fina y arena gruesa en dosificaciones de 0%, 1%, 2%, 3% y 4% para ambos casos. El mortero patrón para la arena fina alcanzó 71.8 kg/cm^2 , $4.6 \text{ mm/s}^{1/2}$, $1.5 \text{ mm/s}^{1/2}$, y 1.73 gr/cm^3 para resistencia a compresión, absorción inicial, absorción secundaria y densidad respectivamente; mientras que para arena gruesa 211.3 kg/cm^2 , $4.4 \text{ mm/s}^{1/2}$, $6.5 \text{ mm/s}^{1/2}$ y 2.01 gr/cm^3 para resistencia a compresión, absorción inicial, absorción secundaria y densidad respectivamente. El diseño óptimo para los morteros de arena fina fue con ceniza al 2%, donde se obtuvieron resultados de 91.8 kg/cm^2 , $3.1 \text{ mm/s}^{1/2}$, $1.7 \text{ mm/s}^{1/2}$, y 1.63 gr/cm^3 para resistencia a compresión, absorción inicial, absorción secundaria y densidad respectivamente; mientras que para los morteros elaborados con arena gruesa su diseño óptimo fue con ceniza al 1%, donde se obtuvieron 226.8 kg/cm^2 , $2.6 \text{ mm/s}^{1/2}$, $2.5 \text{ mm/s}^{1/2}$ y 1.96 gr/cm^3 para resistencia a compresión, absorción inicial, absorción secundaria y densidad respectivamente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mortero

El mortero es un material de construcción constituido básicamente por una mezcla de cemento, agregado fino y eventualmente otro material aglomerante (cal, yeso, etc.), que al adicionarse agua, reacciona y adquiere resistencia, también puede estar compuesto por aditivos que mejoren sus propiedades tanto en estado fresco, como en endurecido.

Los morteros se denominan según sea el aglomerante; así se tienen morteros de yeso, de cal o de cemento; así los tipos de mortero son:

- Morteros de yeso.
- Morteros de cal (para unir piedras y ladrillos mejor que el cemento por sus propiedades).
- Morteros de cemento.
- Morteros de cemento-cola.
- Morteros mixtos o bastardo, en los que se mezclan dos aglomerantes: yeso - cal, cal - cemento.

2.2.1.1. Mortero de cemento:

El mortero de cemento es un material de construcción obtenido al mezclar arena y agua con cemento, que actúa como conglomerante; Los morteros pobres o ásperos son aquellos que tienen poca cantidad de cemento y, por consiguiente, poseen menos adherencia y resultan más difíciles de trabajar. Por otro lado, los morteros que tienen gran cantidad de cemento se retraen y muestran fisuras, además de tener mayor coste. Estos factores hacen necesario buscar una dosificación adecuada. En el mortero de cemento al igual que en el hormigón, las características de la arena, tales como la granulometría, módulo de finura, forma y textura de las partículas, así como el contenido de materia orgánica, juegan un papel decisivo en su calidad.

Si el mortero tiene muy poco cemento la mezcla se hace áspera y poco trabajable ya que las partículas de arena se rozan entre sí, pues no existe suficiente pasta de cemento que actúe como lubricante. Por otro lado si el mortero es muy rico, es decir, con alto contenido de cemento, es muy resistente pero con alta retracción en el secado, o sea muy susceptible de agrietarse; estos morteros muy ricos sólo se usan en obras de ingeniería que exijan altas resistencias, tales como muros de contención o cimientos.

2.2.1.2. Componentes del mortero

2.2.1.2.1. Cemento

2.2.1.2.1.1. Generalidades

El cemento es un aglomerante hidráulico que resulta de calcinar mezclas rigurosamente homogéneas de caliza y arcilla, obteniéndose un cuerpo llamado clínker que luego de ser enfriado se muele en conjunto con una adición de yeso natural. El cemento Portland es una mezcla de varios compuestos; cuatro de ellos conforman el 90 por ciento o más del peso del cemento Portland y son: el silicato tricálcico (C_3S), el silicato dicálcico (C_2S), el aluminato tricálcico (C_3A) y el ferro aluminato tetra cálcico (C_4AF). Además de estos componentes principales, algunos otros desempeñan papeles importantes en el proceso de hidratación (Castañeda, 2013).

Tabla 1: Composición química del cemento (Huamán,2015).

Compuesto	Fórmula	Notación	Porcentaje (%)
Silicato Tricálcico (Alita)	$3CaO.SiO_2$	C_3S	30-50
Silicato Dicálcico (Belita)	$2CaO.SiO_2$	C_2S	15-30
Aluminato Tricálcico (Celita)	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A	4-12
Ferro Aluminato Tetracálcico	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF	8-13
Cal libre	CaO		
Magnesia libre (Periclusa)	MgO		

2.2.1.2.1.2. Tipos de cemento:

Tipo I: Es el destinado a obras de ingeniería en general, donde no se requieren propiedades especiales, se produce por la adición de clinker más yeso. De 1 a 28 días realiza del 1 al 100% de su resistencia relativa.

Tipo ICo: Es un cemento compuesto obtenido por pulverización conjunta de Clinker, materias calizas y/o inertes hasta un máximo de 30%.

Tipo II: Destinado para obras expuestas a la acción moderada de los sulfatos y a obras donde se requiere moderado calor de hidratación, el cemento tipo II adquiere resistencia más lentamente que el Tipo I, pero al final alcanza la misma resistencia. (Huamán, 2015).

Tipo III: Es un cemento que desarrolla altas resistencias iniciales, recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días, igual a la desarrollada en 28 días para concretos hechos con cementos tipo I y tipo II ; se debe saber que el cemento tipo III aumenta la resistencia inicial por encima de lo normal, luego se normaliza hasta alcanzar la resistencia normal.

Tipo IV: Es el que desarrolla bajo calor de hidratación, se ha perfeccionado para usarse en concretos masivos.

Tipo V: Es un cemento que ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos, se especifica cuando hay exposición intensa a los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar. (Arriola, 2009).

2.2.1.2.2. Agregado Fino

Los agregados finos llamados arenas o áridos, son todos aquellos materiales que cuentan con una resistencia propia (resistencia de grano), y no perturban ni afectan las características y propiedades del mortero, a su vez adquieren una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento. (Huamán, 2015). Es aquel agregado que pasa íntegramente por el tamiz 3/8" y como mínimo en un 95% el tamiz N° 4, quedando retenido en el tamiz N° 200.

2.2.1.2.2.1. Tipos de agregado fino

a) Agregados naturales

Son todos aquellos que provienen de la explotación de fuentes naturales, tales como depósitos de arrastres fluviales (arenas de río) o de glaciares (canto rodado) y de canteras de diversas rocas y rocas naturales. Se pueden aprovechar en su granulación natural o triturándolos mecánicamente, según sea el caso, de acuerdo con las especificaciones requeridas.

b) Agregados artificiales:

Estos se obtienen a partir de productos y procesos industriales tales como: arcillas expandidas, escorias de alto horno, clinker, limaduras de hierro, residuos cerámicos y otros. Por lo general son más ligeros o pesados que los ordinarios. (Arriola, 2009).

2.2.1.2.2.2. Propiedades físicas del agregado fino

Conocer las propiedades físicas del agregado fino es muy importante porque nos permite conocer el comportamiento que presentará el mortero.

2.2.1.2.2.3. Granulometría:

Es la distribución de los tamaños del agregado, está directamente relacionada con las características de manejabilidad del concreto o mortero en estado fresco, la demanda de agua, la compactación y las resistencias mecánicas en estado endurecido. (Huincho, 2011).

El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales con las características indicadas en la Tabla 3.

Tabla 2: Requerimientos granulométricos. (Norma E-070)

Malla ASTM	% Que pasa
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (1,18 mm)	70 a 100
N° 30 (0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100 (0,15 mm)	2 a 15
N° 200 (0,075 mm)	Menos de 2

- El módulo de fineza estará comprendido entre 1.6 y 2.5.
- No deberá emplearse arena de mar. (Norma E-070, 2006).

2.2.1.2.2.4. Contenido de humedad:

Es la cantidad de agua retenida por las partículas del agregado, esta propiedad varía en función del tiempo y condiciones ambientales. (Huincho, 2011).

2.2.1.2.2.5. Peso específico

El peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles (Huincho, 2011). Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas (Pasquel, 1993). Se puede clasificar en tres grupos, como se muestra en la tabla 4 (Pasquel, 1993).

Tabla 3: Clasificación del agregado de acuerdo al peso específico. (Pasquel, 1993)

Peso Específico (gr/cm ³)	Descripción
Menor que 2.5	Agregado ligero
2.5 – 2.75	Agregado normal
Mayor que 2.5	Agregado pesado

2.2.1.2.2.6. Absorción

Es la capacidad que tiene el agregado de atrapar las moléculas de agua en sus poros, producido por la capilaridad; su influencia radica en el aporte de agua al mortero y concreto, variando propiedades importantes como la resistencia y la trabajabilidad. (Huincho, 2011). Según Kosmatka et al (2004), la absorción de los agregados grueso y fino generalmente tienen niveles de absorción que varían del 0.2% al 4% y del 0.2% al 2%, respectivamente. Sin embargo esto depende del agregado, en algunos casos puede superar estos valores.

2.2.1.2.2.7. Módulo de finura

Es un valor que permite determinar que tan fino o grueso es un material (Rivera, 2013); se define como la centésima parte del número obtenido al sumar los porcentajes retenidos acumulados en los siguientes tamices empleados al efectuar un análisis granulométrico: No. 100, 50, 30, 16, 8, 4 3/8", 3/4", 1 1/2" y los tamices siguientes cuya relación de abertura sea de 1 a 2 (Huamán 2015). El uso del módulo de finura se ha restringido al agregado fino y según este módulo las arenas se pueden clasificar de acuerdo a la tabla 5.

Tabla 4: Clasificación del agregado fino de acuerdo al módulo de finura (Huamán, 2015).

Módulo de Finura	Agregado Fino
0.5 – 1.5	Arena fina
1.5 – 2.5	Arena Media
2.5 – 3.5	Arena Gruesa

2.2.1.2.3. Agua

Se puede definir como aquel componente del mortero, en virtud del cual, el cemento experimenta reacciones químicas que le dan la propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados. El agua es el líquido que está presente de manera importante en la elaboración de concretos y/o morteros, mezclas, en el lavado de agregados, curado y riego de concreto; por consiguiente debe ser un insumo limpio, libre de aceite, ácidos, álcalis, sales y, en general de cualquier material que pueda ser perjudicial, según el caso para el que se utilice. El agua puede ser clasificada en agua de mezclado y agua de curado. (Huamán, 2015).

2.2.1.2.3.1. Agua de mezclado

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado se puede utilizar para producir mortero o concreto. Sin embargo algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para este uso, si se tienen dudas del agua a ser utilizada; se pueden fabricar cubos de mortero de acuerdo con la norma ASTM C-109.

2.2.1.2.3.2. Agua de curado

El curado es el conjunto de condiciones necesarias, para que la hidratación de la pasta evolucione sin interrupción hasta que todo el cemento se hidrate y el mortero alcance sus propiedades potenciales. Estas condiciones se refieren básicamente a la humedad y la temperatura. Por lo tanto, el agua de curado constituye el suministro para hidratar eficientemente el cemento. (Arriola, 2009).

2.2.1.2.4. Dosificación del mortero

Los morteros se clasifican en tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes y NP, utilizado en los muros no portantes. Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas en estado suelto (Tabla 5).

Tabla 5: Dosificación del mortero. (Norma E-070)

Tipos de mortero				
Componentes				Usos
Tipo	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a ¼	3 a 3½	Muros portantes
P2	1	0 a ½	4 a 5	Muros portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros no portantes

2.2.1.2.5. Propiedades del mortero

Las propiedades del mortero dependen en esencia de las propiedades del cemento con el que se fabrica, así como de la calidad de arena con la cual se va a realizar la mezcla. Una vez humedecido el cemento, se inicia el proceso de hidratación producto del cual, es posible considerar propiedades del mortero tanto en estado plástico como estado endurecido.

2.2.1.2.5.1. Resistencia a compresión

Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi). Esto implica que la resistencia a compresión puede ser definida como la capacidad de soportar una fuerza sobre una determinada área (Osorio, 2013).

2.2.1.2.5.2. Absorción

El Grado de absorción o coeficiente de absorción viene a ser la cantidad de agua que un material puede absorber en un tiempo determinado: es el aumento del peso de la mezcla en estado

endurecido debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje del peso seco. (Huamán, 2015).

2.2.1.2.5.3. Permeabilidad

Es la cantidad de migración de agua a través del concreto o mortero cuando el agua se encuentra a presión, también se la define como la capacidad del mortero de resistir la penetración de agua u (líquido, gas, iones, etc.).

2.2.1.2.5.4. Durabilidad

La durabilidad del mortero es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. En general, se cree que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad, sin embargo, el uso de agentes inclusores de aire es de particular importancia en ambientes húmedos, ambientes marinos y en general en condiciones de ambiente agresivo. (Arriola, 2009).

2.2.1.2.6. Clasificación del mortero

La norma ASTM C-270, clasifica a los morteros de acuerdo a cuatro tipos, designándolos como M, S, N, O. Estos pueden ser especificados por proporción o por propiedades, pero no por ambos casos. La especificación por proporción rige siempre que se hace referencia a la norma ASTM C-270 y no se menciona un método específico. La clasificación del tipo de mortero bajo la especificación de propiedades depende de la resistencia a la compresión, la retención de agua y el contenido de aire. (Arriola, 2009).

Tabla 6: Especificación de los morteros por propiedad. (ASTM C-270)

Mortero	Tipo	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días kg/cm ² , (Mpa)	Retención mínima de agua (%)	Contenido máximo de aire (%)	Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
Cemento - cal	M	176 (17.2)	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5.
	S	127 (12.4)	75	12	
	N	53 (5.2)	75	14	
	O	25 (2.4)	75	14	
Cemento de mampostería	M	176 (17.2)	75	18	
	S	127 (12.4)	75	18	
	N	53 (5.2)	75	18	
	O	25 (2.4)	75	18	

El tipo M es una mezcla de alta resistencia que ofrece más durabilidad que otros morteros, se utiliza en mampostería reforzada o sin refuerzo sujeta a grandes cargas de compresión, acción severa de congelación, altas cargas laterales de adobe, vientos fuertes o temblores. Debido a su durabilidad superior, el tipo M debe usarse en estructuras en contacto con el suelo tales como cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de agua servidas y pozos.

El tipo S alcanza alta resistencia de adherencia, la más alta que un mortero puede alcanzar, se utiliza para estructuras sujetas a cargas compresivas normales, que a la vez requieren alta resistencia de adherencia, también se utiliza donde el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como en el caso de revestimientos o para pegar baldosas de barro cocido.

El tipo N es un mortero de propósito general, utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo. Es bueno para paredes internas y divisiones.

El tipo O es un mortero de baja resistencia y mucha cal, se debe utilizar en paredes, divisiones sin carga, y para el revestimiento exterior que no se congela cuando está húmedo. El mortero tipo O se usa a menudo en residencias de uno y dos pisos.

Tabla 7: Guía para seleccionar morteros de mampostería. (ASTM C-270)

Localización	Segmento constructivo	Tipo de mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior sobre el terreno	Paredes de carga	N	S o M
	Paredes sin carga	O	N o S
Exterior bajo el terreno	Muros de cimentación	S	M o N
	Muros de contención		
	Pozos, descargas de aguas negras		
Interior	Paredes de carga	N	S o M
	Divisiones sin carga	O	N

2.2.2. Aditivos:

2.2.2.1. Definición:

Los aditivos son productos que se adicionan en pequeña proporción al concreto o al mortero durante el mezclado en porcentajes entre 0.1% y 5% (según el producto o el efecto deseado) de la masa o peso del cemento, con el propósito de producir una modificación en algunas de sus propiedades originales o en el comportamiento del concreto en su estado fresco y/o en condiciones de trabajo en una forma susceptible de ser prevista y controlada.

También los aditivos son “Un material distinto del agua, de los agregados y cemento hidráulico que se usa como componente del concreto o mortero. Las dosis en las que se utilizan los aditivos, están en relación a un pequeño porcentaje del peso de cemento, con las excepciones en las cuales se

prefiere dosificar el aditivo en una proporción respecto al agua de amasado” (Comité 116R del ACI; Norma ASTM C 125)

2.2.2.2. Clasificación:

Según Pasquel, 1993: Para el desarrollo de los diferentes tipos de aditivos, se los clasifica desde el punto de vista de las propiedades que van a modificar, ya que ese es el aspecto básico al cual se apunta en obra cuando se desea buscar una alternativa de solución que no puede lograrse a condiciones normales.

Según el ACI 212, los aditivos se clasifican en:

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

2.2.2.2.1. Aditivos Impermeabilizantes:

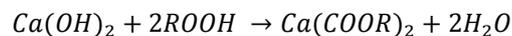
Los aditivos impermeabilizantes actúan frente a la penetración de agua bajo presión o impidiendo el transporte de líquidos al interior del material por capilaridad o difusión. Según PORRERO, J., 2009. “El agua migra a través del mortero debido a presencia de grietas en la superficie o en las áreas donde el consolidado de las piezas no fue el adecuado”, también ocurre el transporte de agua a través de los poros capilares y los poros de gel presentes en los morteros. Los aditivos impermeabilizantes tienen también como función adicional ayudar al concreto armado en el control de la corrosión, al minimizar el contacto del agua ajena al proceso de hidratación del cemento, con el refuerzo metálico, protegiendo de esta manera la integridad mecánica del conjunto.

Según, RAMACHANDRAN V.; 1995, Los materiales impermeabilizantes pueden presentarse en distintos estados de agregación, algunos de ellos en polvo y otros en aditivos líquidos. Los aditivos impermeabilizantes pueden dividirse por sus propiedades físicas y químicas como:

- Repelentes de agua.
- Sólidos finos inertes
- Sólidos finos reactivos

2.2.2.2.1.1. Repelentes de agua:

Estos tipos de aditivos impermeabilizantes, funcionan a través de estereatos (un ácido fático saturado), estos actúan creando una superficie hidrofóbica en la superficie del mortero, modificando el ángulo de mojado formada por el fluido y la superficie en contacto; la reacción química que caracteriza a este tipo de aditivos viene dada como:



El hidróxido de calcio proveniente de la reacción de hidratación del cemento Portland reacciona con los estereatos proveniente del aditivo “repelente” de agua formando un estereato insoluble de calcio que produce la barrera hidrofóbica. En la figura 3, se observa el comportamiento del aditivo.

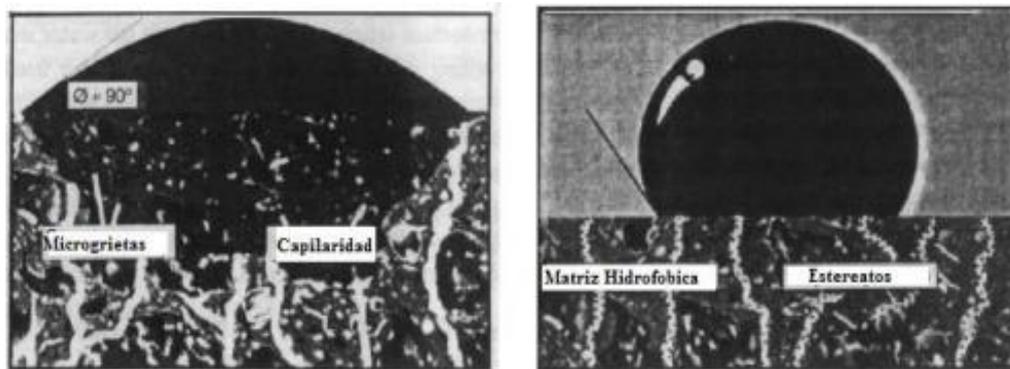


Figura 3: Interacción mortero: (A) Sin aditivo, (B) Con aditivo impermeabilizante. (Ramachandran V.; 1995)

2.2.2.2.1.2. Sólidos finos inertes y sólidos finos reactivos:

En estos tipos de aditivos impermeabilizantes, el mecanismo para la impermeabilización consiste en crear una barrera en los poros capilares disminuyendo la tasa de ingreso de fluidos en la matriz del mortero. Los sólidos finos pueden dividirse en inertes como la bentonita, cuya dosificación no modifique en gran medida el consumo de agua por su adición en mortero. Los sólidos finos reactivos están compuesto por silicatos, cenizas volantes y puzolanas que reaccionan con los productos de hidratación del cemento de Portland bloqueando los capilares del mortero.

En la figura 4, se presenta el funcionamiento de la incorporación de los sólidos finos como impermeabilizantes para los morteros.

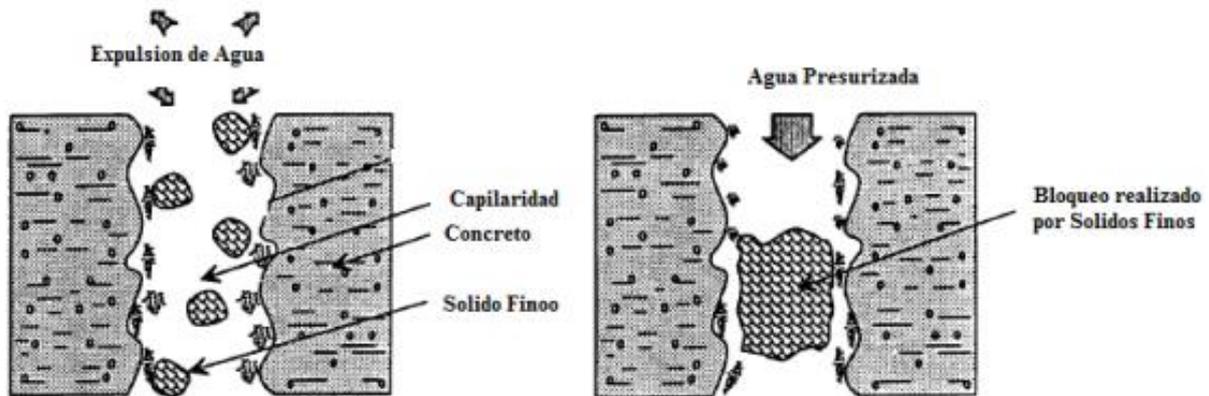


Figura 4: Funcionamiento sólidos finos (Ramachandran V.; 1995)

2.2.2.2.1.3. Aditivos impermeabilizantes usados:

Las principales marcas de aditivo en el mercado peruano para la fabricación de aditivos son: Sika, Chema, Basf, Euco y Z Aditivos; así mismo, los aditivos impermeabilizantes que tienen más presencia en el mercado de Trujillo son Sika y Chema en presentación líquida y en polvo.

Sika es una empresa internacional con sede en Baar, Suiza, de productos químicos para la construcción e industria manufacturera; de la cual, se utilizaron los aditivos impermeabilizantes, **sika - 1**, el cual es en presentación Líquida y **Sika 1 en Polvo**, el cual como su mismo nombre lo menciona es en presentación en polvo como se muestran en la figura 5.



Figura 5: Aditivo Sika - 1 y Sika 1 en Polvo respectivamente (Sika).

A diferencia de Sika, Chema es una empresa peruana que se dedica a la fabricación de productos y aditivos para la construcción, industria y minería; de la cual, se utilizaron los aditivos, **Chema 1 Líquido** y **Chema 1 En Polvo**, los cuales como su mismo nombre lo mencionan vienen en presentación líquida y polvo respectivamente, como se muestran en la figura 6.



Figura 6: Aditivo Chema 1 Líquido y Chema 1 En Polvo respectivamente (Chema).

2.3. Hipótesis:

El incremento del porcentaje de aditivo impermeabilizante disminuye la absorción y la permeabilidad e inversamente aumenta la resistencia a la compresión en morteros de enlucido.

CAPITULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de Variables:

Tabla 8: Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES / ITEMS
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	Sustancias que tienen la propiedad de detener el paso del agua; eliminando o reduciendo la porosidad del concreto o mortero.	- Peso	- Porcentaje de adición - Estado: sólido - líquido
DOSIFICACIÓN AGUA:CEMENTO	Proporción en peso de los distintos elementos integrantes de una mezcla para la elaboración de morteros, en este caso de agua y cemento.	- Proporción en peso	- Densidad (kg/m ³) - Consistencia
DOSIFICACIÓN CEMENTO:ARENA	Proporción en peso de los distintos elementos integrantes de una mezcla para la elaboración de morteros, en este caso de cemento y arena.	- Proporción en peso	- Adherencia - Absorción (%)
PERMEABILIDAD	Cantidad de migración de agua a través del concreto o mortero cuando el agua se encuentra a presión, o a la capacidad del mismo de resistir la penetración de agua u otras sustancias.	- cL/min/m ²	- Tiempo (s) - Dosificación - Área de contacto (cm ²) - Porosidad
ABSORCIÓN	Relación que existe entre la masa de agua que penetra los poros saturables y el peso seco de la muestra penetrada por el agua.	- %	- Peso (kg) - Volumen (m ³) - Densidad (kg/m ³)
COMPRESIÓN	Capacidad para soportar una carga por unidad de área, se expresa en términos de esfuerzo.	- Kg/cm ²	- Carga de rotura (kg) - Área bruta (cm ²) - Dosificación

3.2. Tipo de diseño de investigación

Es un diseño cuasi-experimental por lo que se manipula la variable independiente para ver su efecto en las variables que dependen de esta, trabajándose con una observación después de la aplicación del estímulo o variable independiente.

3.3. Unidad de estudio

Para la evaluación de los resultados del proyecto se tomará como unidad de estudio una probeta de mortero cúbico de 5 cm de lado, tal como se muestra en la figura 5; cada probeta será ensayada bajo normas vigentes y los resultados en su conjunto serán sometidos a un procedimiento estadístico que nos proporcione una respuesta más confiable.

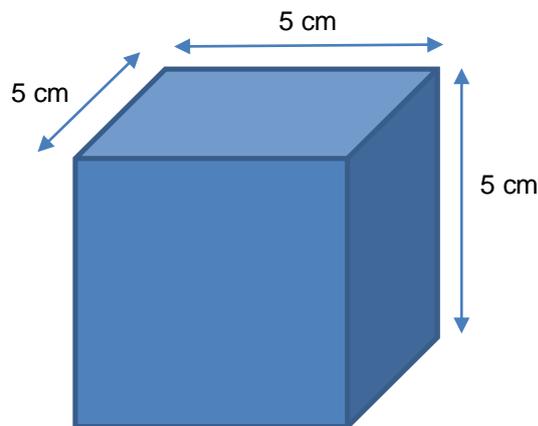


Figura 7: Probeta cúbica de 5 cm de lado.

3.4. Población

Se estudió a los aditivos impermeabilizantes como elemento de un mortero de enlucido evaluando principalmente la permeabilidad, por lo cual la población es el mortero con aditivo impermeabilizante.

3.5. Muestra

Para el cálculo de la muestra se aplicó un muestreo no probabilístico, debido a que los elementos con los cuales se van a trabajar dependen del conocimiento y criterio del investigador sobre el tema; además, se optó por este tipo de muestreo debido a que para ensayar materiales de construcción con resultados verídicos se deben conocer las circunstancias locales desde un punto de vista técnico (Aliaga, 2017), a la vez porque no se cuenta con estudios previos donde se realice la adición de aditivos impermeabilizantes de diferentes características con morteros elaborados con diferentes dosificaciones de cemento/arena y agua/cemento; así mismo, con la finalidad de obtener promedios y resultados más cercanos a la realidad, se desarrollarán 03 probetas por ensayo y tipo.

Cada probeta de mortero de cemento estará conformada por los siguientes materiales:

- Cemento Portland Tipo Ico de la empresa Pacasmayo.
- Agregado fino, arena fina, procedente de la cantera El Milagro.
- Aditivo Impermeabilizante Sika y Chema procedente de Maestro y Arenera Jaén.
- El agua empleada fue agua potable de Trujillo, tanto para la mezcla como para el curado.

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

Para esta investigación se realizó un diseño experimental, donde se varía la relación cemento: arena en el diseño de la siguiente manera (1:3 y 1:4), la relación agua: cemento de la siguiente manera (0.5 y 0.6) y se varía la cantidad de porcentaje de aditivo impermeabilizante, en forma de polvo y líquido, a diferentes porcentajes representados por los niveles: a11, a12, a13, a14, b11, b12, b13, b14, c11, c12, c13, a14, d11, d12, d13 y d14; para posteriormente evaluar la absorción, permeabilidad y resistencia a la compresión de las mismas; en la tabla N° 9, se presenta la matriz de diseño.

Tabla 9: Matriz de diseño.

			N:		M:		
			n1:	n2:	m1:	m2:	
Aditivo Impermeabilizante	A:	A1:	a11	a11n1	a11n2	a11m1	a11m2
			a12	a12n1	a12n2	a12m1	a12m2
			a13	a13n1	a13n2	a13m1	a13m2
			a14	a14n1	a14n2	a14m1	a14m2
		A2:	a21	a21n1	a21n2	a21m1	a21m2
			a22	a22n1	a22n2	a22m1	a22m2
			a23	a23n1	a23n2	a23m1	a23m2
			a24	a24n1	a24n2	a24m1	a24m2
	B:	B1:	b11	b11n1	b11n2	b11m1	b11m2
			b12	b12n1	b12n2	b12m1	b12m2
			b13	b13n1	b13n2	b13m1	b13m2
			b14	b14n1	b14n2	b14m1	b14m2
		B2:	b21	b21n1	b21n2	b21m1	b21m2
			b22	b22n1	b22n2	b22m1	b22m2
			b23	b23n1	b23n2	b23m1	b23m2
			b24	b24n1	b24n2	b24m1	b24m2

Después de establecer la matriz, nos resulta un total de 64 muestras, la cual la multiplicaremos por el número de ensayos a realizar: absorción, permeabilidad y resistencia a la compresión (3 ensayos) y por el número de probetas por cada ensayo (3 probetas); Por ende, el tamaño total de la muestra será de 576 cubos de mortero.

Donde:

Factor A: Marca de Aditivo impermeabilizante

a1: Sika; a2: Chema

Factor N: Dosificación cemento: arena

n1: 1:3; n2: 1:4

Factor B: Presentación de Aditivo

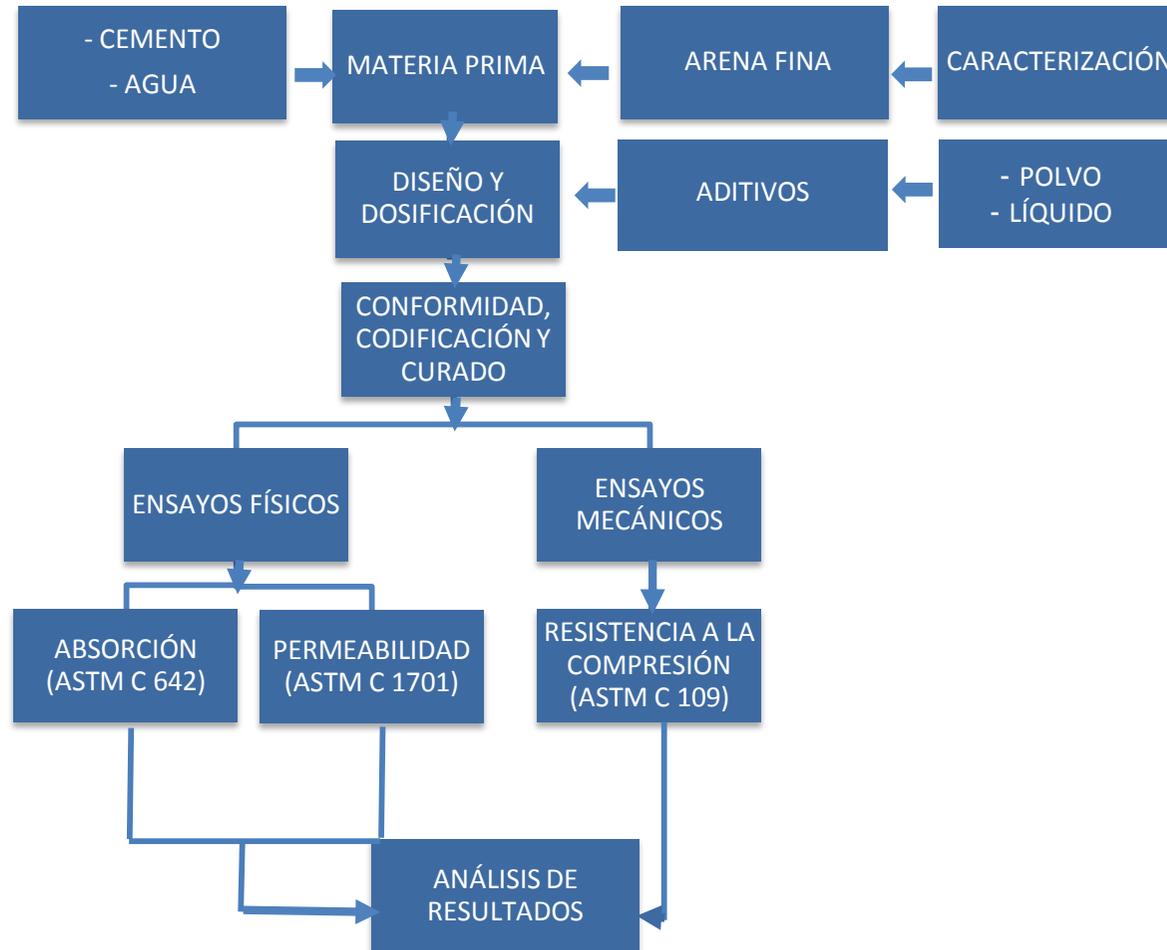
b1: Polvo; b2: Líquido

Factor M: Dosificación agua: cemento

m1: 0.5; m2: 0.6

3.6.2. Proceso Experimental:

Tabla 10: Procedimiento experimental.



3.7. Caracterización de los agregados

3.7.1. Ensayo granulométrico del agregado fino

- Se pesó tres muestras de agregado fino de 500 gr cada una; luego se pesó cada tamiz para obtener el peso de cada uno. (N°3/4, N°1/2, N°3/8, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y malla ciega), posteriormente se procedió a colocar los tamices de diámetro mayor a menor (desde la N°4 hasta la N°200), en la mesa vibratoria.
- Seguido se colocó la muestra en los tamices y luego se prendió la mesa vibratoria por cinco minutos para finalmente pesar cada tamiz con la muestra retenida, para obtener el peso retenido en cada tamiz.
- El módulo de finura se calculó con las siguiente formula:

$$MF = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulados en las mallas } N^{\circ} 3/4, N^{\circ} 1/2, N^{\circ} 3/8, N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

Tabla 11: Granulometría del agregado fino.

Tamiz	Abertura (mm)	A: Peso de tamiz, (g)	B: Peso de tamiz + peso retenido, (g)	C: Peso retenido, (g) (A-B)	% Peso retenido ((C/G)*100)	% Peso retenido acumulado	% Que pasa
N°3/4"	19.00						
N°1/2"	12.50						
N°3/8"	9.50						
N°4	4.75						
N°8	2.36						
N°16	1.18						
N°30	0.60						
N°50	0.30						
N°100	0.15						
N°200	0.08						
Fondo	0.00						
		G: Peso tamizado (g) =					

3.7.2. Contenido de humedad del agregado fino

- Se pesó tres muestras de agregado fino en estado natural (Ph); luego se colocaron las muestras en el horno a una temperatura de 100°C ± 5°C por 24 horas, y luego se pesaron las muestras secas (Ps).
- El contenido de humedad se calculó con la siguiente formula:

$$W\% = \left[\frac{Ph - Ps}{Ps} \right] \times 100$$

Ph: Peso Natural del material

Ps: Peso Seco del material

Tabla 12: Humedad del agregado fino.

Muestra	Código	Tara (g)	Tara + muestra natural (g)	Tara + muestra seca (g)	Peso de la muestra natural (g)	Peso de la muestra seca (g)	Humedad (%)
					(Ph)	(Ps)	
Agregado Fino	Muestra 1						
	Muestra 2						
	Muestra 3						
Promedio							

3.7.3. Peso específico y absorción del agregado fino

- Se realiza la preparación de la muestra de ensayo, por cuarteo, aproximadamente 1000 gr del material seleccionado, para ser sumergida en agua por 24 horas. Se toma la muestra y se coloca en una bandeja de metal la cual se debe poner sobre una cocina pequeña para secarla uniformemente.
- Se toma el cono con diámetro inferior de 90 mm y diámetro superior de 40 mm y se rellena con tres capas iguales compactando 25 veces cada capa con el pisón de un peso de 340 gramos y con un diámetro de 25 mm. Si al sacar el cono, la muestra se derrumba 1/3 del todo de arriba hacia abajo, esto demuestra que el agregado ha alcanzado su condición saturada superficialmente seca. Si no es así se vuelve a hacer el mismo procedimiento.
- Se toma el peso de la fiola con agua hasta 500 ml (B), luego se bota el agua, se coloca la muestra en la fiola, llena con agua hasta 500 ml y eliminar todas las burbujas de aire, haciendo rodar la fiola durante un minuto, sobre una superficie plana. Luego se pesa la fiola con el agua y la muestra (C), se deja reposar la muestra dentro de la fiola para que esta se asentara; se bota el agua, la muestra se pone en una tara (S) y se coloca en el estufa a 100°C aproximadamente 24 horas.
- Por último se toma el peso de la muestra (A). Y con las siguientes formulas se determina el peso específico y absorción.

$$Densidad\ Seca = \frac{A}{B + S - C}$$

$$Densidd\ Saturada\ Superficialmente\ Seca\ (S.S.S) = \frac{S}{B + S - C}$$

$$Densidad\ Aparente = \frac{A}{B + A - C}$$

$$Absorción\ (\%) = \left(\frac{S - A}{A}\right) \times 100\ (\%)$$

Donde:

A=Peso al aire de la muestra seca (g)

B=Peso de la fiola aforado lleno de agua (g)

C=Peso total de la fiola aforado con muestra y llena de agua (g)

S=Peso de la muestra saturada (g)

Tabla 13: Peso específico y absorción del agregado fino.

Muestra	Código	Peso seco (g)	Peso de fiola lleno de agua (g)	Peso de fiola + agua + muestra (g)	Peso de la muestra saturada (g)	Densidad seca (kg/m ³)	Densidad saturada superficialmente Seca (kg/m ³)	Densidad aparente (kg/m ³)	Absorción (%)
		A	B	C	S				
Arena	Muestra 1								
	Muestra 2								
	Muestra 3								
Promedio									

3.8. Elaboración del diseño de mezcla:

PASO 1: Parámetros Generales

- Para el diseño de mezcla del mortero primero se procedió a escoger las dosificaciones correspondientes a la relación agua – cemento (a/c) de 0.5 y 0.6 y cemento – arena (c/a) de 1/3 y 1/4, las cuales fueron escogidas por brindarle mejor trabajabilidad al mortero de acuerdo a ensayos preliminares realizados en laboratorio.
- Posteriormente se calculó primero las cantidades exactas de cemento y arena de acuerdo a las proporciones establecidas, calculándolas en base al total de material requerido para cada cubo de 5 cm x 5 cm x 5 cm, para el cual de acuerdo a ensayos preliminares se estableció la cantidad de 300 g totales por cada cubo.

PASO 2: Cálculo de cemento y arena

- Se inicia con la dosificación: $c/a = 1/3$, por lo cual la cantidad de material para cada cubo se verá repartida en 4 partes; es decir se procede a dividir esta cantidad entre 4.

$$300 = 4k$$

$$75 = k$$

- Obteniéndose con ello la proporción requerida para cada material.

$$\text{Cemento} = 1k = (1)(75) = 75 \text{ gr.}$$

$$\text{Arena} = 3k = (3)(75) = 225 \text{ gr.}$$

- El mismo procedimiento se repite para la proporción: $c/a = 1/4$.

Tabla 14: Cantidad de materiales para las dosificaciones c/a: 1/3 y 1/4.

Material	Cantidades (gr)	
	r c/a : 1:3	r c/a : 1:4
Cemento	75	60
Arena	225	240
Total	300	300

PASO 3: Cálculo de agua

- Conociendo las cantidades de arena y cemento requeridas, se procedió a calcular la cantidad de agua para las proporciones: $a/c = 0.5$ y 0.6 .

$$\frac{Agua}{Cemento} = 0.5 \rightarrow Agua = (0.5)(Cemento)$$

$$\therefore Agua = (0.5)(75) = 37.5 \text{ gr.}$$

Tabla 15: Cantidad de materiales para las proporciones a/c: 0.5 y 0.6.

Material	Cantidades (gr)			
	r c/a : 1:3		r c/a : 1:4	
	r a/c : 0.5	r a/c : 0.6	r a/c : 0.5	r a/c : 0.6
Cemento	75	75	60	60
Agua	37.5	45	30	36

PASO 4: Cálculo de aditivo impermeabilizante

➤ Sika 1 Líquido:

- De acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante el cálculo de la cantidad de aditivo se obtendrá con la siguiente fórmula.

$$\text{Factor de relación} : \frac{\text{Aditivo}}{\text{Agua}} = \frac{1}{10}$$

$$\text{Aditivo} = \frac{1}{10} \times \text{Agua}$$

- Conocida entonces la cantidad de agua, se procede a aplicar la relación, para obtener la cantidad de aditivo impermeabilizante.

Tabla 16: Cantidad de aditivos.

Material	Cantidades (gr)			
	r c/a : 1:3		r c/a : 1:4	
	r a/c : 0.5	r a/c : 0.6	r a/c : 0.5	r a/c : 0.6
Cemento	75	75	60	60
Agua	37.5	45	30	36
Aditivo	3.75	4.50	3.00	3.60

PASO 5: Variación de porcentaje de aditivo en mezcla.

- Se calcula el porcentaje de aditivo impermeabilizante en la mezcla, con relación al peso total del cemento y arena.
- Para la r c/a 1/3 y r a/c 0.5:

$$(x\%)(300) = 3.75 \text{ gr}$$

$$x = 1.3\%$$

- Para la r c/a 1/3 y r a/c 0.6:

$$(x\%)(300) = 4.50 \text{ gr}$$

$$x = 1.5\%$$

- Se realizan variaciones en los porcentajes de aditivo cada 0.3% y se realiza el mismo procedimiento para la r c/a 1/4:

Tabla 17: Cantidad de aditivo impermeabilizante Sika 1 líquido por porcentaje.

Características		Aditivo	
		Porcentaje (%)	Peso (gr)
1/3	0.5	1.0	3.00
		1.3	3.75
		1.6	4.80
		1.9	5.70
	0.6	1.2	3.60
		1.5	4.50
		1.8	5.40
1/4	0.5	2.1	6.30
		0.7	2.10
		1.0	3.00
		1.3	3.90
	0.6	1.6	4.80
		0.9	2.70
		1.2	3.60
		1.5	4.50
		1.8	5.40

➤ **Cálculo de aditivos impermeabilizantes en polvo:**

- Según el fabricante la proporción a usar es 1 bolsa de aditivo por 1 bolsa de cemento.
- La cantidad de aditivo a usar dependerá de la cantidad de cemento necesario para cada dosificación.

$$\text{Aditivo} = \text{Cemento} \times \frac{1 \text{ kg Aditivo}}{42.5 \text{ kg Cemento}}$$

- Para la dosificación c/a : 1/3:

$$\text{Aditivo} = 75 \text{ gr cemento} \times \frac{1 \text{ kg aditivo}}{42.5 \text{ kg cemento}} = 1.8 \text{ gr}$$

- Para la dosificación c/a : 1/4:

$$\text{Aditivo} = 60 \text{ gr cemento} \times \frac{1 \text{ kg aditivo}}{42.5 \text{ kg cemento}} = 1.4 \text{ gr}$$

Tabla 18: Cantidad de aditivo impermeabilizante en polvo.

r c/a	r a/c	Material (gr)		
		cemento	Aditivo	
			Sika	Chema
1/3	0.5	75	1.80	1.80
	0.6	75	1.80	1.80
1/4	0.5	60	1.40	1.40
	0.6	60	1.40	1.40

- Porcentaje de aditivo en mezcla para la r c/a: 1/3 y r a/c: 0.5 y 0.6.

$$(x\%)(300) = 1.80 \text{ gr}$$

$$x = 0.6\%$$

- Porcentaje de aditivo en mezcla para la r c/a: 1/4 y r a/c: 0.5 y 0.6.

$$(x\%)(300) = 1.40 \text{ gr}$$

$$x = 0.5\%$$

- Se realizan variaciones en los porcentajes de aditivo cada 0.3%.

Tabla 19: Cantidad de aditivo impermeabilizante Sika y Chema en polvo por porcentaje.

Características		Aditivo			
		Sika 1 en polvo		Chema 1 en polvo	
		Porcentaje (%)	Peso (gr)	Porcentaje (%)	Peso (gr)
1/3	0.5	0.3	0.90	0.3	0.90
		0.6	1.80	0.6	1.80
		0.9	2.70	0.9	2.70
		1.2	3.60	1.2	3.60
	0.6	0.3	0.90	0.3	0.90
		0.6	1.80	0.6	1.80
		0.9	2.70	0.9	2.70
		1.2	3.60	1.2	3.60
1/4	0.5	0.2	0.60	0.2	0.60
		0.5	1.40	0.5	1.40
		0.8	2.40	0.8	2.40
		1.1	3.30	1.1	3.30
	0.6	0.2	0.60	0.2	0.60
		0.5	1.40	0.5	1.40
		0.8	2.40	0.8	2.40
		1.1	3.30	1.1	3.30

3.8.1.1.1. Chema – Líquido

- Según el fabricante la proporción a usar es 1/2 galón (1900 ml) de aditivo por 1 bolsa de cemento.
- La cantidad de aditivo a usar dependerá de la cantidad de cemento necesario para cada dosificación.

$$\text{Aditivo} = \text{Cemento} \times \frac{1900 \text{ ml Aditivo}}{42500 \text{ gr Cemento}}$$

- Para la dosificación c/a : 1/3:

$$\text{Aditivo} = 75 \text{ gr cemento} \times \frac{1900 \text{ ml Aditivo}}{42500 \text{ gr Cemento}} = 3.35 \text{ ml}$$

- Para la dosificación c/a : 1/4:

$$\text{Aditivo} = 60 \text{ gr cemento} \times \frac{1900 \text{ ml Aditivo}}{42500 \text{ gr Cemento}} = 2.68 \text{ ml}$$

Tabla 20: Cantidad de aditivo impermeabilizante Chema 1 líquido.

r c/a	r a/c	Material	
		Cemento (gr)	Aditivo (ml)
1/3	0.5	75	3.35
	0.6	75	3.35
1/4	0.5	60	2.68
	0.6	60	2.68

- Porcentaje de aditivo en mezcla para la r c/a: 1/3 y r a/c: 0.5 y 0.6.

$$(x\%)(300) = 3.35 \text{ ml}$$

$$x = 1.1\%$$

- Porcentaje de aditivo en mezcla para la r c/a: 1/4 y r a/c: 0.5 y 0.6.

$$(x\%)(300) = 2.68 \text{ ml}$$

$$x = 0.9\%$$

- Se realizan variaciones en los porcentajes de aditivo cada 0.3%.

Tabla 21: Cantidad de aditivo impermeabilizante Chema 1 líquido por porcentaje.

Características		Aditivo	
		Porcentaje (%)	Peso (ml)
1/3	0.5	0.8	2.40
		1.1	3.35
		1.4	4.20
		1.7	5.10
	0.6	0.8	2.40
		1.1	3.35
		1.4	4.20
		1.7	5.10
1/4	0.5	0.6	1.80
		0.9	2.68
		1.2	3.60
		1.5	4.50
	0.6	0.6	1.80
		0.9	2.68
		1.2	3.60
		1.5	4.50

3.9. Mezcla, conformación y curado de probetas:

- Se realizó la elaboración de las probetas de mortero de 5 cm x 5 cm x 5 cm de lado, para cada dosificación, según la ASTM C109.
- Para realizar la elaboración de las probetas de mortero se emplean los siguientes materiales: arena fina, cemento, agua, aditivo impermeabilizante, aceite, papel toalla y bolsas plásticas; con respecto a las herramientas a utilizar, se requiere un molde de madera de 5 compartimientos de 5 cm x 5 cm x 5 cm barnizado, un apisonador de madera barnizado de 10 cm de largo, y una base cúbica de 2.5 cm x 2.5 cm x 2.5 cm, y una espátula de hoja de acero y mango de madera.
- Para iniciar se pesa cada uno de los materiales a utilizar en bolsas plásticas de acuerdo al peso calculado; para luego ser mezclados en forma manual.
- El mezclado se realizó de la siguiente manera: El cemento se combinó con el agregado fino, después de que los materiales antes descritos estén completamente mezclados se agregó agua con aditivo de acuerdo a las diferentes dosificaciones.
- Previamente a la conformación de las probetas se realizó el engrasado del molde de madera con aceite, después se colocó la mezcla de mortero en dos capas de 2.5 cm y se prosiguió a realizar el apisonamiento, cada capa fue compactada 25 veces y finalmente se enrasó con la espátula los moldes de madera, para obtener una superficie uniforme y se encapsuló el molde con una bolsa plástica para impedir la pérdida de humedad en un ambiente bajo techo.

3.9.1. Codificación

- Después de desmoldar y ser retirados los especímenes de mortero se prosiguió a codificar cada uno de ellos de acuerdo a cada diseño de mezcla utilizando para ello un lápiz corrector.

3.9.2. Curado

- Los especímenes de mortero una vez codificados se colocaron en una poza de curado de agua potable con hidróxido de calcio a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$. durante 28 días.

3.10. Ensayo de Absorción

- Para este ensayo, se usó una balanza con capacidad de 2 kg de 0.1 g de sensibilidad, se empleó el uso de una estufa de tamaño suficiente que pueda alojar todas las probetas, a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- El procedimiento consistió en retirar los especímenes de mortero de 5 cm x 5cm x 5 cm de la poza de curado, para luego dejarlos drenar por 1 minuto y posteriormente secarlos superficialmente, para luego determinar su masa, esto es, el estado saturado superficialmente seco (M). Después se tomó el peso sumergido bajo el procedimiento de Arquímedes (S); y finalmente se colocó la muestra en la estufa a una temperatura de $100 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 horas, luego se retiró el espécimen de la estufa y se dejó enfriar hasta una temperatura ambiente adecuada para su manipulación y poder tomar el peso en estado seco (D).
- La absorción se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Absorción} = \frac{M - D}{D} \times 100$$

$$\text{Porosidad} = \frac{M - D}{(M - S) / \gamma_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Donde:

M: Masa de la muestra saturada de agua (gr)

D: Masa de la muestra seca al horno (gr)

S: Masa de la muestra sumergida en agua (gr)

$\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = \text{Peso específico del agua} = 1 \text{ gr/cm}^3$

Tabla 22: Tabla de ensayo de absorción.

Dosificación			Peso sumergido (g)	Peso sumergido promedio (g)	Peso saturado (g)	Peso saturado promedio (g)	Peso seco (g)	Peso seco promedio (g)	Absorción (%)	Absorción promedio (%)
c/a	a/c	% Aditivo								

3.11. Ensayo de Permeabilidad: ASTM C 1701

Se procede a realizar el ensayo de la permeabilidad a las probetas cúbicas de 5 cm de lado.

- Se coloca un tubo pvc de agua de 1" de 10 cm de altura sobre cada una de las probetas; para mantener fijos los tubos a las probetas y evitar que el agua salga por la parte inferior del tubo, se reviste con un sellador (silicona), la zona donde se produce la unión de la probeta con el tubo.
- Se procede a vaciar 75 ml de agua sobre los tubos y posteriormente, después de 24 horas se procede a medir la cantidad de agua restante en cada uno de los tubos, para que por diferencia se calcule la cantidad de agua que ha atravesado la probeta. En todo el procedimiento se verifica que el agua no salpique fuera de la probeta y esto haga perder un buen control de la permeabilidad.
- La tasa de infiltración, se calculó de la siguiente manera:

$$i = \frac{KM}{D^2t}$$

Donde:

i = tasa de infiltración en pulgadas/hora.

K = constante de permeabilidad, que según la Norma ASTM C 1701, es de 126870 (pulg³xsegundo)/(libra x hora).

M = masa del agua utilizada en libras.

D = diámetro del anillo en pulgadas.

t = tiempo que tarda el agua en filtrarse en segundos.

Tabla 23: Tabla de ensayo de Permeabilidad.

Dosificación			Masa de agua Inicial (gr)	Masa de agua final (gr)	Masa de agua absorbida (gr)	Masa de agua absorbida (lb)	Tiempo (s)	Tasa de infiltración (pulgada/hora)	Tasa de infiltración (cL/min/m ²)	Tasa de infiltración promedio (cL/min/m ²)
c/a	a/c	% Aditivo								

3.12. Ensayo de resistencia a la compresión:

3.12.1. Capeo de probetas:

- El azufre se calentó a una temperatura de 140 C°, luego se aceitó ligeramente el plato para capear, con la finalidad de poder retirar la probeta del plato fácilmente; se verificó que las probetas estén niveladas y de no estarlo se volvieron a capear.
- Se dejó endurecer de un día a otro como se describe en la ASTM C617 para que enseguida se realice el ensayo de resistencia a compresión, el cual se explica en el siguiente ítem.

3.12.2. Resistencia a compresión:

- En este ensayo se usó la máquina de ensayo a compresión de la marca ELE International, modelo 2000 con una capacidad de 2000 KN (kilonewton); para iniciar el ensayo se limpió las superficies planas superior e inferior de la máquina y también ambas bases de cada probeta; para luego colocar las mismas una a una en la máquina, verificando que quede centrada.
- Se aplicó la carga en forma continua a una velocidad de 0.9 kn/s; la carga fue aplicada de inicio a fin, hasta que se produjo la rotura de la probeta. Cuando se presentó la falla, se tomó lectura de la máxima carga que se ejerció en la muestra de mortero.
- La resistencia a compresión se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{F}{A}$$

Donde:

Rc: Resistencia de rotura a la compresión, (kg/cm^2)

F: Carga máxima de rotura. (KN)

A: Área de la base de la probeta. (cm^2) ; A = Largo x Ancho

Tabla 24: Tabla de resistencia a compresión.

.Dosificación			Fuerza (N)	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Fuerza promedio (N)	Resistencia a compresión promedio (N/mm ²)	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)
c/a	a/c	% Aditivo					

3.13. Metodología del análisis de resultados:

3.13.1. Media aritmética:

Se suma todos los datos de cada ensayo por dosificación y tipo de fibra así como lo indica la formula siguiente:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

\bar{x} = Media Aritmética.

Σ = Sumatoria.

x_i = Observación de la muestra. Representa cada dato en el conjunto.

n = Tamaño de la muestra. Es el número de términos en el conjunto.

3.13.2. Varianza

Para determinar la varianza de nuestros ensayos, se reemplaza los datos hallados de cada dosificación y tipo de fibra en la siguiente fórmula:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i^n (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Donde:

σ^2 = Varianza

Σ = Sumatoria.

x_i = Observación de la muestra. Representa cada dato en el conjunto.

\bar{x} = Media Aritmética.

n = Tamaño de la muestra. Es el número de términos en el conjunto.

3.13.3. Desviación estándar

Los datos de la varianza de cada ensayo se reemplaza en la formula siguiente para determinar la desviación estándar:

$$DS = \sqrt{\sigma^2}$$

Donde:

σ^2 = Varianza

3.13.4. Coeficiente de variación

El dato de la desviación estándar hallado anteriormente es dividido por la media aritmética y multiplicado por 100 como lo indica la formula siguiente:

$$CV = \frac{DS}{\bar{x}} \times 100$$

Donde:

DS = Desviación estándar

\bar{x} = Media Aritmética

CAPITULO 4. RESULTADOS

4.1. Caracterización de los agregados

Se determinaron las características de la arena fina, las cuales se expresan en la siguiente tabla.

Tabla 25: Características físicas de la arena fina.

Ensayo	Resultado	Norma
Módulo de finura	0.9	NTP 400.012 ASTM C136
Contenido de humedad (%)	0.8	NTP 339.185 ASTM C566
Peso específico (g/cm ³)	2.57	NTP 400.022 ASTM C128
Absorción (%)	2.3	NTP 400.022 ASTM C128

En la figura 8 se observa la curva granulométrica de la arena fina y los límites mínimos y máximos para cada tamiz según la ASTM C-33.

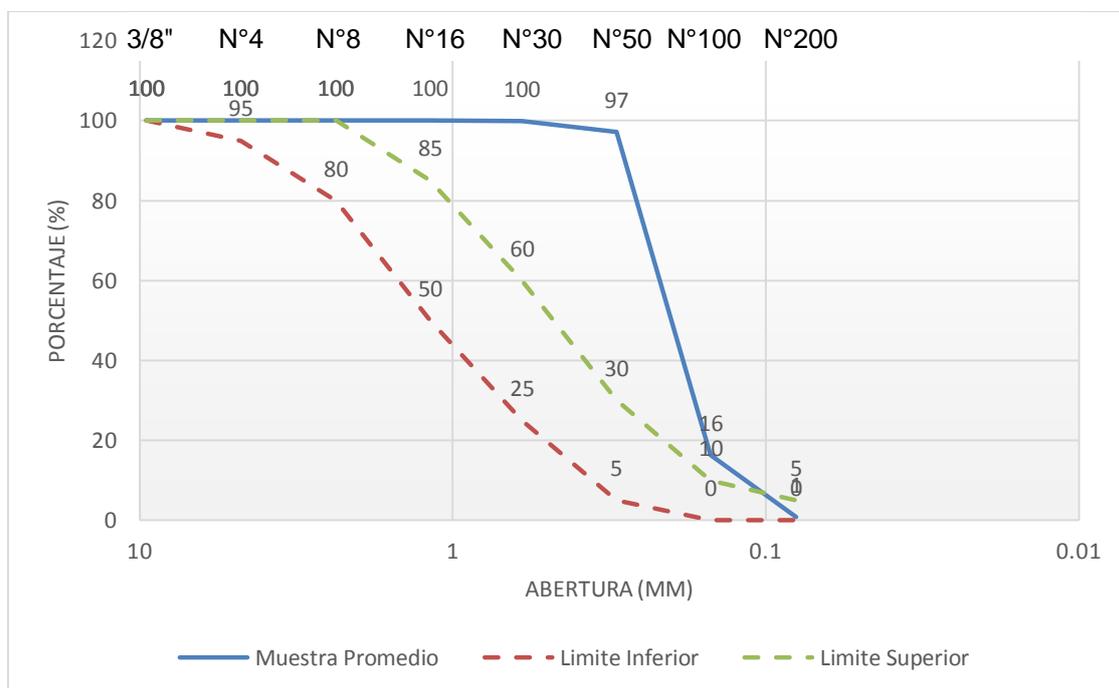


Figura 8: Curvas granulométricas del agregado fino.

4.2. Elaboración del diseño de mezcla:

Tabla 26: Diseño de mezcla de materiales para diferentes dosificaciones.

Dosificación		Sika				Chema			
		Líquido		Polvo		Líquido		Polvo	
c/a	a/c	Porcentaje %	Peso (gr)	Porcentaje %	Peso (gr)	Porcentaje %	Peso (ml)	Porcentaje %	Peso (gr)
1/3	0.5	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
		1.0	3.00	0.3	0.90	0.8	2.40	0.3	0.90
		1.3	3.75	0.6	1.80	1.1	3.35	0.6	1.80
		1.6	4.80	0.9	2.70	1.4	4.20	0.9	2.70
		1.9	5.70	1.2	3.60	1.7	5.10	1.2	3.60
	0.6	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
		1.2	3.60	0.3	0.90	0.8	2.40	0.3	0.90
		1.5	4.50	0.6	1.80	1.1	3.35	0.6	1.80
		1.8	5.40	0.9	2.70	1.4	4.20	0.9	2.70
		2.1	6.30	1.2	3.60	1.7	5.10	1.2	3.60
1/4	0.5	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
		0.7	2.10	0.2	0.60	0.6	1.80	0.2	0.60
		1.0	3.00	0.5	1.40	0.9	2.68	0.5	1.40
		1.3	3.90	0.8	2.40	1.2	3.60	0.8	2.40
		1.6	4.80	1.1	3.30	1.5	4.50	1.1	3.30
	0.6	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
		0.9	2.70	0.2	0.60	0.6	1.80	0.2	0.60
		1.2	3.60	0.5	1.40	0.9	2.68	0.5	1.40
		1.5	4.50	0.8	2.40	1.2	3.60	0.8	2.40
		1.8	5.40	1.1	3.30	1.5	4.50	1.1	3.30

4.3. Ensayo de absorción:

Tabla 27: Resultados de ensayo de absorción para diferentes dosificaciones.

		1/3				1/4			
		0.5		0.6		0.5		0.6	
Sika	Líquido	% Aditivo	Absorción (%)						
				0.00	8.8	0.00	9.1	0.00	9.0
		0.80	7.0	0.80	7.4	0.80	7.2	0.80	7.6
		1.10	6.1	1.10	6.4	1.10	6.4	1.10	6.8
		1.40	5.8	1.40	6.2	1.40	6.2	1.40	6.3
		1.60	6.7	1.70	8.6	1.50	8.2	1.50	8.7
Sika	Polvo	0.00	8.8	0.00	9.1	0.00	9.0	0.00	9.6
		0.30	6.7	0.30	7.1	0.20	6.8	0.20	7.3
		0.60	5.9	0.60	6.1	0.50	6.1	0.50	6.5
		0.90	5.6	0.90	5.9	0.80	5.7	0.80	6.2
		1.20	7.5	1.20	8.2	1.10	7.9	1.10	8.4
Chema	Líquido	0.00	8.8	0.00	9.1	0.00	9.0	0.00	9.6
		1.00	7.2	1.20	7.5	0.70	7.4	0.90	7.8
		1.30	6.1	1.50	6.5	1.00	6.5	1.20	6.9
		1.60	5.8	1.80	6.3	1.30	6.2	1.50	6.6
		1.90	7.9	2.10	8.7	1.60	8.4	1.80	8.9
	Polvo	0.00	8.8	0.00	9.1	0.00	9.0	0.00	9.6
		0.30	6.8	0.30	7.2	0.20	7.0	0.20	7.5
		0.60	6.0	0.60	6.3	0.50	6.2	0.50	6.6
		0.90	5.8	0.90	6.1	0.80	5.9	0.80	6.4
		1.20	7.7	1.20	8.4	1.10	8.0	1.10	8.6

4.4. Ensayo de Permeabilidad:

Tabla 28: Resultados de ensayo de permeabilidad para diferentes dosificaciones.

Dosificación			SIKA		CHEMA		
Presentación	c/a	a/c	% Aditivo	Tasa de Infiltración promedio (L/h/m ²)	% Aditivo	Tasa de Infiltración promedio (L/h/m ²)	
Líquido	1/3	0.5	0	2.0	0	2.0	
			0.8	1.5	1.0	1.6	
			1.1	1.1	1.3	1.2	
			1.4	0.9	1.6	0.9	
			1.7	1.7	1.9	1.8	
		0.6	0	2.3	0	2.3	
			0.8	1.9	1.2	2.0	
			1.1	1.4	1.5	1.5	
			1.4	1.1	1.8	1.2	
			1.7	1.7	2.1	1.8	
		1/4	0.5	0	2.1	0	2.1
				0.6	1.7	0.7	1.8
	0.9			1.3	1.0	1.4	
	1.2			1.0	1.3	1.1	
	1.5			1.6	1.6	1.6	
	0.6		0	2.6	0	2.6	
			0.6	1.6	0.9	1.7	
			0.9	1.3	1.2	1.3	
			1.2	1.2	1.5	1.2	
			1.5	1.5	1.8	1.6	
	Polvo	1/3	0.5	0	2.0	0	2.0
				0.3	1.5	0.3	1.4
				0.6	1.1	0.6	1.0
				0.9	0.8	0.9	0.8
1.2				1.7	1.2	1.6	
0.6			0	2.3	0	2.3	
			0.3	1.9	0.3	1.8	
			0.6	1.4	0.6	1.3	
			0.9	1.0	0.9	1.0	
			1.2	1.7	1.2	1.6	
1/4		0.5	0	2.1	0	2.1	
			0.2	1.7	0.2	1.6	
			0.5	1.2	0.5	1.2	
			0.8	0.9	0.8	0.9	
			1.1	1.5	1.1	1.5	
		0.6	0	2.6	0	2.6	
			0.2	1.6	0.2	1.5	
			0.5	1.2	0.5	1.2	
			0.8	0.8	1.1		
			1.1	1.1	1.4		

4.5. Resistencia a compresión:

Tabla 29: Resultados de ensayo de resistencia a compresión para diferentes dosificaciones.

Dosificación			SIKA		CHEMA		
Presentación	c/a	a/c	% Aditivo	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)	% Aditivo	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)	
Líquido	1/3	0.5	0.00	189	0.00	189	
			1.00	195	0.80	193	
			1.30	203	1.10	201	
			1.60	207	1.40	205	
			1.90	201	1.70	199	
		0.6	0.00	169	0.00	169	
			1.20	175	0.80	173	
			1.50	182	1.10	180	
			1.80	187	1.40	185	
			2.10	180	1.70	178	
	1/4	0.5	0.00	148	0.00	148	
			0.70	154	0.80	152	
			1.00	162	1.10	160	
			1.30	166	1.40	164	
			1.60	160	1.70	158	
		0.6	0.00	128	0.00	128	
			0.90	134	0.80	132	
			1.20	141	1.10	139	
			1.50	146	1.40	144	
			1.80	139	1.70	137	
	Polvo	1/3	0.5	0.00	189	0.00	189
				0.30	197	0.30	199
				0.60	205	0.60	207
				0.90	209	0.90	211
1.20				203	1.20	205	
0.6			0.00	169	0.00	169	
			0.30	177	0.30	179	
			0.60	184	0.60	186	
			0.90	189	0.90	191	
			1.20	182	1.20	184	
1/4		0.5	0.00	148	0.00	148	
			0.20	156	0.20	158	
			0.50	164	0.50	166	
			0.80	169	0.80	171	
			1.10	162	1.10	164	
		0.6	0.00	128	0.00	128	
			0.20	136	0.20	138	
			0.50	144	0.50	146	
			0.80	148	0.80	150	
			1.1	2.40	1.10	143	

4.6. Evaluación económica:

Tabla 30: Costos por m² de mortero con y sin aditivo impermeabilizante.

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Sin impermeabilizante		Chema 1 Polvo		Chema 1 líquido		Sika 1 Líquido		Sika 1 Polvo	
				Precio (S/.)	Parcial (S/.)	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01	Albañilería												
01.01	Muro de ladrillo king kong 18 huecos de sogá, junta 1.5 cm mezcla c:a 1:4	m ²	1.00	60.74	60.74	60.74	60.74	60.74	60.74	60.74	60.74	60.74	60.74
02	Enlucido												
02.01	Tarrajeo de muro sin aditivo impermeabilizante	m ²	2.00	57.62	115.24	63.02	126.04	78.62	157.24	83.42	166.84	62.92	125.84
03	Demolición												
03.01	Picado y Demolición de muro de albañilería	m ²	1.00	30.80	30.80								
04	Rehabilitación												
04.01	Muro de ladrillo king kong 18 huecos de sogá, junta 1.5 cm mezcla c:a 1:4	m ²	1.00	60.74	60.74								
04.02	Tarrajeo de muro sin aditivo impermeabilizante	m ²	2.00	57.62	115.24								
Total:					382.76		186.78		217.98		227.58		186.58

CAPITULO 5. DISCUSIÓN

5.1. Caracterización de agregados

En la tabla 25, se pueden apreciar los resultados correspondientes a la caracterización de la arena fina, de las cuales se procederá a discutirlos a continuación:

- El módulo de finura es un valor que permite estimar el grosor o finura de un material, valor que representa la graduación de un material, mientras más fino es el agregado menor módulo de finura presentará. El módulo de finura influye en la trabajabilidad de un mortero, mientras más bajo sea el valor del módulo de finura más cantidad de agua se necesitará en la mezcla; es decir los módulos de finura más bajos que otros requieren más agua para una misma consistencia. El módulo de finura obtenido para el agregado es de 0.9, el cual de acuerdo a la clasificación de la tabla 5 se trata de arena fina; lo cual es un resultado adecuado, por ser óptimo para un mortero de enlucido, tanto para la elaboración del mismo como para el cumplimiento de su función como mortero de revestimiento, esto es, por lo que no se requiere que sea un agregado con mayor módulo de finura por lo que el mortero no estará sometido a cargas mecánicas.
- La humedad de la arena fina es de 0.8%, lo cual significa que contiene agua en su interior, esto se debe a las condiciones climatológicas del lugar de donde fueron extraídos y de donde se encontraban almacenados, de lo cual, por estar al aire libre, retuvo agua en sus poros; esta condición de humedad se denomina, secado al aire (ver figura 9) y la experimentan los materiales expuestos al medioambiente (Pasquel, 1993).



Figura 9: Condición de humedad del agregado fino. (Villarroel, 2017)

- El peso específico para la arena fina es de 2.6 gr/cm^3 ; el cual, de acuerdo a la clasificación de la tabla 4, es un agregado normal. Por teoría a mayor valor del peso específico de un material, mayores propiedades mecánicas aportará al mortero; de lo cual, el valor del peso específico del agregado es adecuado por lo que se desea obtener es un mortero de enlucido, el cual no soportará cargas mecánicas.
- Los valores de absorción para los agregados finos fluctúan entre 0.2% y el 4%, según Kosmatka et al, 2004; lo cual cumple con la absorción de la arena fina obtenida en la presente investigación, de 2.3%; este valor de absorción del agregado se debe al tamaño de las

partículas del mismo (Módulo de finura), las cuales por ser más finas absorben más agua a diferencia de otros agregado que posean partículas sólidas de mayor tamaño, con lo cual este tipo de mortero de enlucido, presentará una consistencia más seca a la de los morteros elaborados con arena gruesa (Aliaga, 2017).

- El tipo de agregado fino utilizado para la presente investigación es arena fina, la granulometría del material no tiene límites granulométricos que establece la norma ASTM C 144, porque es un material homogéneo de tamaño uniforme en el rango N° 100 – N° 200.

5.2. Cemento

El cemento escogido para la presente investigación fue el cemento tipo ICo de la empresa Cementos Pacasmayo; este cemento es de uso general y muy común en las construcciones de la ciudad de Trujillo para ser usado en elementos de muros de mampostería, tarrajeos y elementos estructurales que no se encuentren en contacto con zonas salitrosas. El cemento ICo contiene adiciones para mejorar sus propiedades, que se muestran en la Tabla N°30.

Tabla 31: Propiedades físicas del cemento ICo (Cementos Pacasmayo, 2017)

Propiedades Físicas	Und.	CPSSA	Requisitos NTP 334.090
Contenido de Aire	%	6	Máximo 12
Superficie Específica	cm ² /g.	5020	No Especifica
Retenido en Malla 325	&	3.2	No Especifica
Densidad	gr/cm ³	3.00	No Especifica
Resistencia a Compresión	Kg/cm ²		
3 días		245	Mínimo 133
7 días		288	Mínimo 204
28 días		330	Mínimo 255
Tiempo de Fraguado Vicat	min		
Fraguado Inicial		111	Mínimo 45
Fraguado Final		260	Máximo 420

El cemento Ico contiene hasta un 30% de adiciones entre materiales calizos o inertes a diferencia del cemento tipo I, aportando con ello una mayor durabilidad, mejor manejabilidad y un moderado calor de hidratación. Como se observa en la tabla N°30 tiene una superficie específica elevada comparada con el cemento Tipo I, lo cual genera que tenga una mayor área superficial, produciéndose una rápida hidratación, por tanto se tendrá una mayor resistencia a temprana edad.

Conforme a la resistencia es mayor a lo establecido por la NTP 339.090, presentando mayores resistencias iniciales y moderadas resistencias finales, por la adición de materiales calizos; este

cemento fue escogido por el uso común y general que tiene en la ciudad de Trujillo a nivel de construcciones, buscando con ello obtener datos que sean lo más cercanos a la realidad sobre lo que sucede en las construcciones de Trujillo.

5.3. Aditivos Impermeabilizantes

Un problema real y existente en las construcciones actuales es la presencia de humedad en las estructuras, que genera problemas tanto físicos en las estructuras y de salud en los ocupantes; es importante el uso de aditivos que disminuyan o en el mejor de los casos eliminen la humedad en las estructuras; es por ello que para la presente investigación se analiza la influencia de aditivos impermeabilizantes de las empresas Sika Perú SAC y Chema en estado líquido y polvo sobre morteros de enlucido, se utilizó los aditivos de estas empresas por ser las más comerciales, conocidas y utilizadas en el mercado Trujillano, buscando con ello trabajar con insumos que sean los más cercanos a la realidad.

Los aditivos impermeabilizantes son elaborados con base en sílice coloidal que reacciona con la cal libre del cemento en hidratación, formando compuestos insolubles que obturan los poros y capilares del mortero, mejorando las propiedades en estado endurecido del mortero.

El aditivo Sika -1 es un aditivo impermeabilizante distribuido por la empresa Sika Perú Sac; a base acuosa de materiales inorgánicos de forma coloidal, que obstruye los poros y capilares del concreto o mortero mediante el gel incorporado; en la tabla 31 se presenta algunas características del aditivo.

Tabla 32: Características del aditivo Sika - 1 (Sika)

Características	Descripción
Aspecto	Suspensión líquida ligeramente cremosa
Color	Amarillo tenue
Presentación	Galón x 4 L.
Densidad	0.95 ± 0.03 Kg/L
Dosis: Morteros	Proporción de 1:10 (Sika – 1:Agua)
Norma	IRAM 1572
Almacenamiento	2 años en lugar fresco y bajo techo en su envase original bien cerrado.

Aditivo de uso para elementos estructurales como cimientos, sobre cimientos, subterráneos y bases en contacto con el terreno, en morteros puede ser usado en las primeras hiladas de ladrillo evitando la ascensión de la humedad por los poros capilares, mediante la obstrucción de poros que produce el aditivo y en tarrajeos interiores expuestos al contacto con agua como en baños y cocinas y tarrajeos exteriores, especialmente en fachadas expuestas a lluvia y riego; además de obras hidráulicas en general (Hoja técnica Sika -1).

El aditivo Sika -1 en Polvo es un aditivo impermeabilizante distribuido por la empresa Sika Perú Sac; para concretos y morteros de cemento usado en todo tipo de impermeabilizaciones: tarrajeos en paredes interiores y exteriores, pisos, sótanos, piscinas, canales, estanques de agua, túneles, tanques, premoldeados, bloques de cemento, entre otros; impidiendo las eflorescencias salitrosas y evitando las formaciones musgosas y fungosas. En la tabla 32 se presenta algunas características del aditivo (Hoja técnica Sika -1 en Polvo).

Tabla 33: Características del aditivo Sika – 1 en Polvo (Sika)

Características	Descripción
Aspecto	Polvo
Color	Crema
Presentación	Bolsa x 1 Kg.
Densidad	1.10 ± 0.1 Kg/L
Dosis:	1 Kg por bolsa de cemento
Almacenamiento	2 años en lugar fresco en envases bien cerrados.

El aditivo Chema 1 Líquido es un aditivo integral distribuido por la empresa Chema que disminuye la permeabilidad y evita la humedad por capilaridad, tanto en morteros como en concretos, evita la aparición del salitre, mejora la plasticidad y trabajabilidad de la mezcla y disminuye la exudación. En la tabla 33 se presenta algunas características del aditivo.

Tabla 34: Características del aditivo Chema 1 Líquido (Chema)

Características	Descripción
Aspecto	Líquido
Color	Amarillo
Presentación	Galón x 3.8 L.
Peso específico	3.7 – 3.8 Kg/gal
pH	8.0 – 13.0
Viscosidad	44.0 – 55.0 KU
Dosis: Morteros	1/2 gal por bolsa de cemento
Norma	IRAM 1572
Almacenamiento	1 año en un lugar fresco, ventilado y sellado bajo techo.

Apropiado para reservorios y tanques de agua potable y en general para estructuras que se encuentren sometidas a grandes presiones de agua; recomendándose usar la dosificación c/a 1:3 para morteros impermeabilizantes (Hoja técnica Chema 1 líquido).

El aditivo Chema 1 Polvo es un aditivo impermeabilizante e hidrófugo para concretos y morteros; actúa obstruyendo la porosidad dentro de los morteros o concretos y evita la succión capilar interna; En la tabla 34 se presenta algunas características del aditivo.

Tabla 35: Características del aditivo Chema 1 Polvo (Chema)

Características	Descripción
Aspecto	Polvo
Color	Gris
Presentación	Bolsa x 1 Kg.
Densidad	500 – 700 gr/L
Dosis:	1 Kg por bolsa de cemento
Almacenamiento	3 años en un lugar fresco, ventilado y sellado bajo techo.

Asegura mayor estanquidad de líquidos en morteros y concretos, no altera la resistencia mecánica, brinda mayor plasticidad a la mezcla, disminuye la exudación y mejora la trabajabilidad (Hoja técnica Chema 1 líquido).

5.4. Diseño de Mezcla

La dosificación de las probetas de mortero se hizo teniendo en cuenta el contenido volumétrico de la mezcla, para lo cual se realizaron pruebas de laboratorio para determinar el contenido óptimo de agua, de acuerdo a las características y uso que se requiere dar al mortero, en este caso para enlucido; por lo cual, se requiere una consistencia para el mortero que al ser lanzado, este se adhiera sin ningún problema a los muros para su adecuado revestimiento; de lo anterior se decidió trabajar con relaciones agua cemento de 0.5 y 0.6 y con relaciones cemento arena de 1/3 y 1/4, siguiendo el procedimiento de la norma ASTM C 109 para la conformación de las probetas, las cuales fueron curadas 28 días en una solución de cal para evitar que se generen agrietamientos.

La adición de aditivos impermeabilizantes se realizó de acuerdo a las especificaciones técnicas de cada aditivo, adicionándose además 0.3% menos, 0.3% más y 0.6% más de aditivo con respecto al porcentaje recomendado por cada fabricante.

5.5. Propiedades en estado endurecido

5.5.1. Resistencia a la compresión

- La resistencia a compresión es una propiedad que está influenciada por muchos factores como la relación agua-cemento, el tamaño de los agregados, el tipo de cemento y otros factores relacionados a las adiciones, amasado y tiempo de curado. El cemento es el principal componente, dependiendo de su cantidad en la mezcla se puede obtener elevadas o bajas

resistencias; las probetas elaboradas con la relación cemento arena 1/3 tendrán mejores resultados de resistencia a compresión que las elaboradas con la relación 1/4.

La resistencia a la compresión dependerá mucho de la relación agua-cemento, ya que a menores relaciones se alcanzará una mayor resistencia; por lo contrario, a mayor cantidad de agua adicionada a la mezcla, se generarán vacíos en la estructura obteniéndose morteros porosos, los cuales presentarán disminución en su resistencia a la compresión.

- En la figura 10, se observa los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión a 28 días de curado para las dosificaciones cemento/arena: 1/3 y 1/4 y agua/cemento: 0.5 y 0.6, de las muestras patrones (no contienen aditivo impermeabilizante).

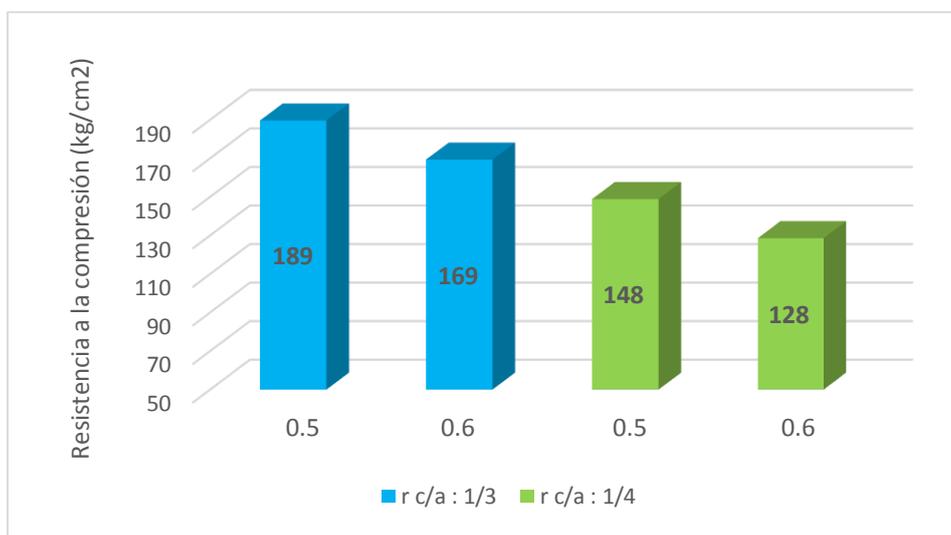


Figura 10: Resistencia a la compresión, para dosificaciones, $c/a : 1/3$ y $1/4$ y $a/c : 0.5$ y 0.6 .

- La resistencia a la compresión máxima alcanzada fue de 189 kg/cm^2 , con relación cemento/arena : 1/3 y agua/cemento: 0.5, esto se debe a la mayor cantidad de cemento en su mezcla con respecto a la dosificación 1/4; estas probetas alcanzaron mayor resistencia, debido a que a mayor cantidad de cemento mayor cantidad de silicatos de calcio en la mezcla, obteniendo mayor dureza y resistencia mecánica.
- La relación agua cemento también fue importante para la obtención de los resultados de la resistencia a la compresión; Según Enrique Pasquel (1993), para que el cemento realice un adecuado proceso de hidratación, debe tener un valor de relación agua/cemento de 0.44, sin embargo en la presente tesis se trabajó con relaciones agua/cemento de 0.5 y 0.6, debido al agregado fino, que tiende a absorber cierta cantidad del agua de la mezcla, por lo cual se buscó obtener una mayor trabajabilidad y una consistencia adecuada para el mortero para que este cumpla con su función de ser un mortero lanzado para enlucido. La resistencia a la compresión fue máxima por la relación agua-cemento de 0.5, obteniéndose con ello menor cantidad de vacíos, que fueron ocupados originalmente por agua en el estado fresco; agua que fue

consumida en el proceso de hidratación del cemento; esto es, a mayor relación agua-cemento mayor número de poros y menor resistencia mecánica.

- En las figuras 11, 12, 13 y 14 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión en función de las relaciones cemento/arena y agua/cemento con la adición de los aditivos impermeabilizantes chema y sika en presentaciones líquida y en polvo.

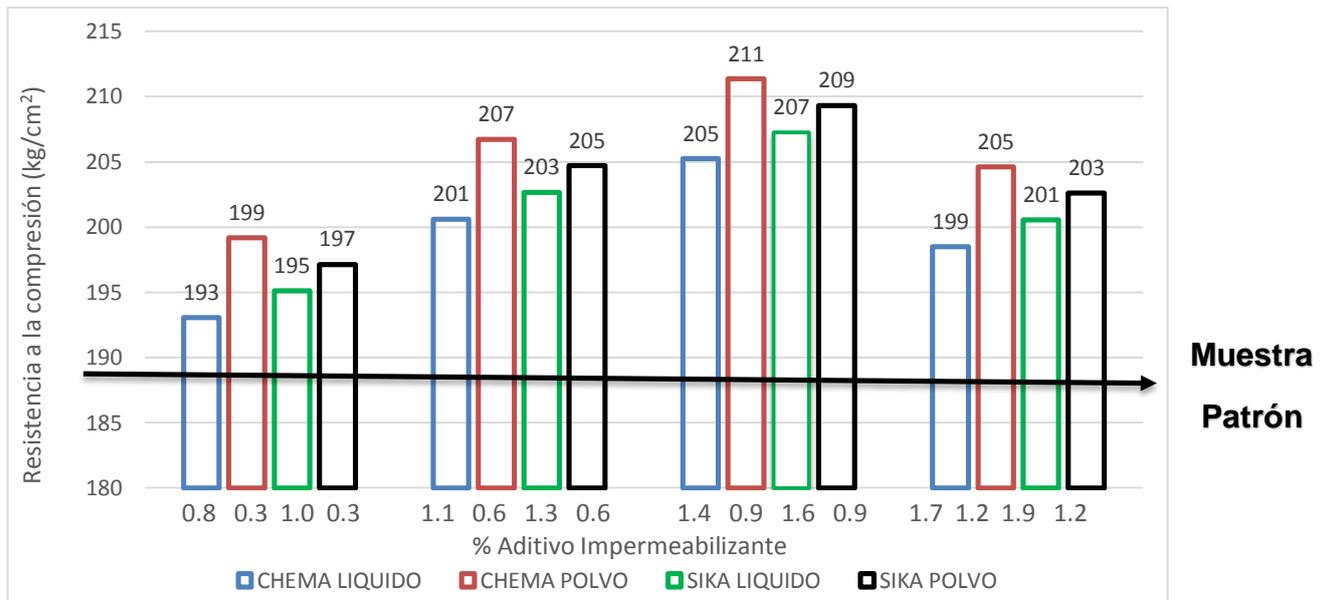


Figura 11: Resistencia a la compresión, con dosificación, c/a : 1/3 y a/c : 0.5.

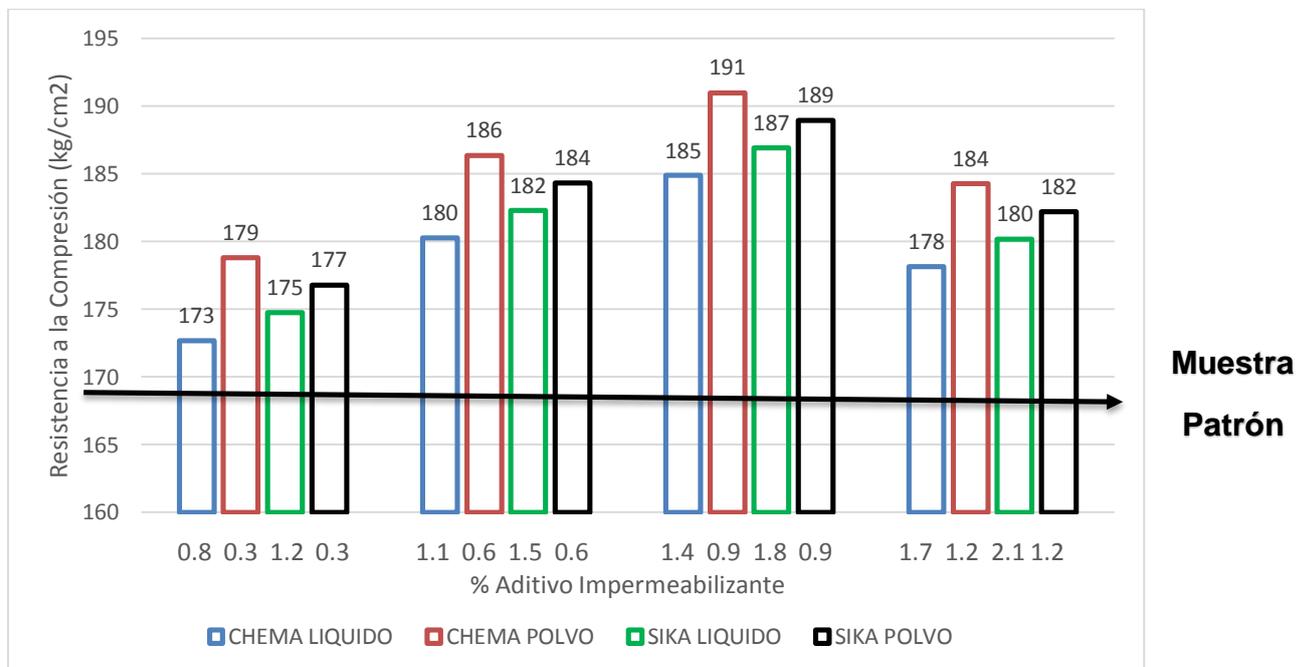


Figura 12: Resistencia a la compresión, con dosificación, c/a : 1/3 y a/c : 0.6.

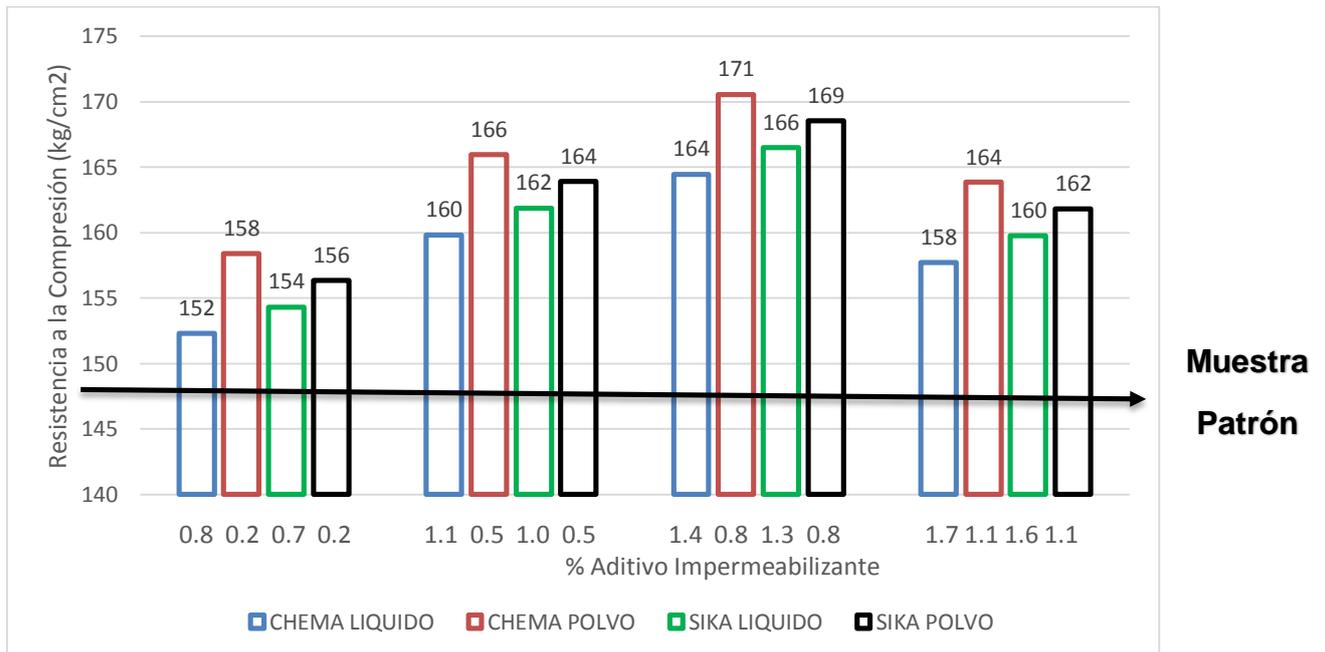


Figura 13: Resistencia a la compresión, con dosificación, $c/a : 1/4$ y $a/c : 0.5$.

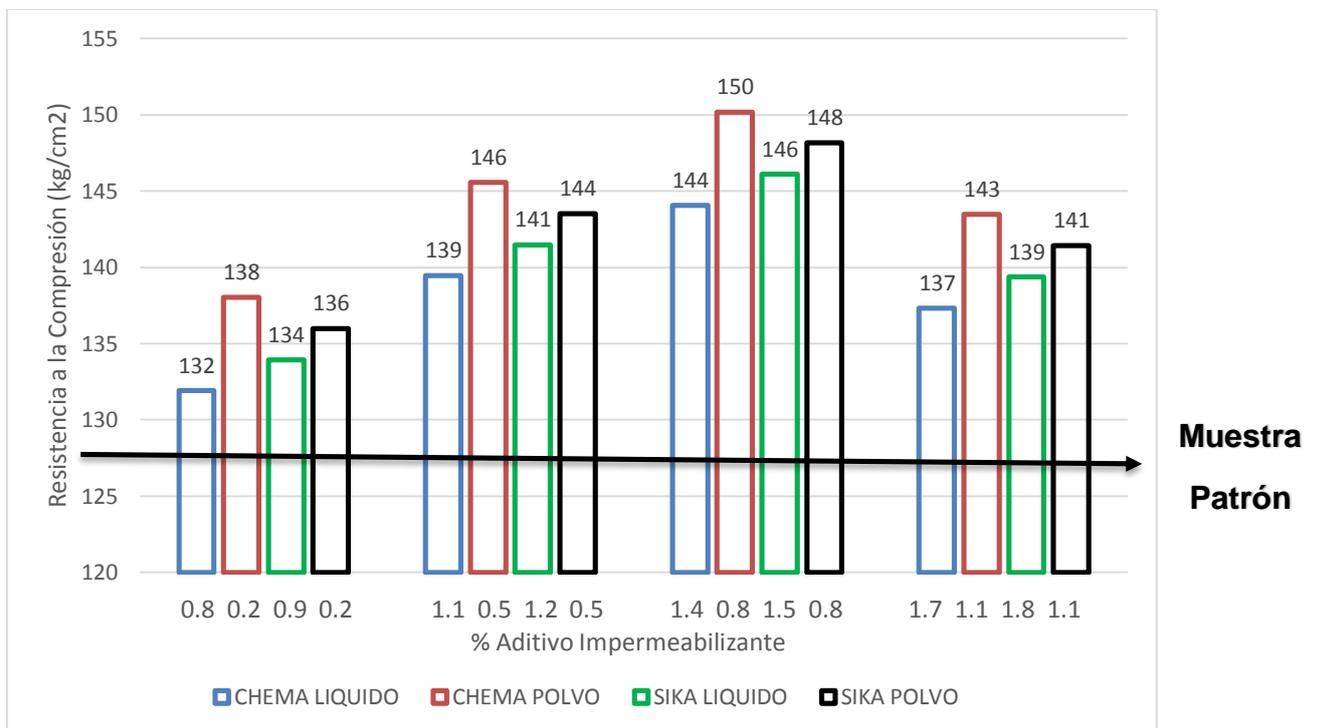


Figura 14: Resistencia a la compresión, con dosificación, $c/a : 1/4$ y $a/c : 0.6$.

- En las figuras, se muestran los resultados de la resistencia a la compresión en función del porcentaje de aditivo impermeabilizante para las marcas chema y sika en presentaciones

liquida y en polvo; de las cuales el segundo grupo de columnas pertenecen a las dosificaciones establecidas por el fabricante de los aditivos, de todos los resultados se observa una tendencia inicial a crecer de la resistencia a la compresión a partir de la muestra patrón; tendencia que continua hasta las muestras con el porcentaje de aditivo impermeabilizante establecidas por el fabricante aumentado en 0.30%, siendo estas las máximas resistencias alcanzadas; por lo contrario, al aumentar en 0.60% el porcentaje que recomienda cada aditivo, disminuyen los resultados de la resistencia a la compresión, esto es debido a que los vacíos en las probetas fueron saturados por los aditivos, al aumentar la proporción de este ya no genera reacción química en la mezcla, causando efectos perjudiciales para las resistencias; cabe mencionar que esta tendencia coincide para todos los resultados con cada una de las diferentes dosificaciones involucradas en la presente investigación.

- Se observa, una tendencia a decrecer para los resultados conforme disminuye la cantidad de cemento y aumenta la cantidad de agua en la mezcla; notándose también una mejora en la resistencia al adicionar los aditivos en polvo por encima de los aditivos líquidos; esto es, por el estado del aditivo, el cual adiciona cierta cantidad de agua a la mezcla por medio de su adición, generando vacíos en la muestra en estado endurecido, generando así menores resultados en su resistencia. Los mejores resultados fueron obtenidos por las probetas con la relación c/a 1/3 y a/c 0.5 y con la adición del aditivo Chema 1 en polvo (color rojo, en las figuras 11, 12, 13 y 14); alcanzando para la relación c/a 1/3 y a/c 0.5 un valor máximo de 211 kg/cm^2 , superando en 9% al mayor valor alcanzado por la relación c/a 1/3 y a/c 0.6, la cual alcanzó 191 kg/cm^2 ; en 19% al máximo valor alcanzado por la relación c/a 1/4 y a/c 0.5, el cual fue de 171 kg/cm^2 y finalmente incrementando en 61 kg/cm^2 a 150 kg/cm^2 , máximo valor alcanzado por la relación c/a 1/4 y a/c 0.6, superándolo de esta manera en 29%.
- Como se observa en la figura 10, que muestra el grupo de probetas con la dosificación que alcanzó los resultados más óptimos, el aditivo Chema 1 en polvo (color rojo), obtuvo una resistencia de 211 kg/cm^2 , con una adición de 0.90%, fue la máxima resistencia alcanzada, superando en 12% a la de la muestra patrón, esto se debe a que este aditivo reacciona mejor con la cal libre del cemento en hidratación, obturando los poros del mortero, incrementando con ello la resistencia a la compresión. El aditivo Sika 1 en Polvo obtuvo una resistencia de 209 kg/cm^2 , con una adición de 0.90%, superando en 11% a la resistencia alcanzada por la muestra patrón, esto es un dato positivo dado que aumentó la resistencia. El aditivo Sika – 1, obtuvo una resistencia de 207 kg/cm^2 , con una adición de 1.60% y el aditivo Chema 1 líquido obtuvo una resistencia de 205 kg/cm^2 , con una adición de 1.40% superando en 10% y 8% respectivamente a la resistencia alcanzada por la muestra patrón, pese a que son datos positivo dado que aumentaron la resistencia, es menor a los aditivos Chema 1 en polvo y Sika 1 en polvo, porque son aditivos líquidos, y por más mínimo que sea, aportan agua a la mezcla, generando poros en la estructura del mortero en estado endurecido, generando así menores

resistencias; con todo ello en ninguno de los casos se obtuvo resistencias por debajo de la muestra patrón. De manera similar en la tabla 36 se muestra a manera de resumen los resultados máximos y mínimos alcanzados en el presente ensayo para cada dosificación trabajada, acompañado con el porcentaje que logró aumentar al valor de la muestra patrón.

Tabla 36: Resistencias máximas y mínimas alcanzadas para cada dosificación.

Ensayo	Aditivo		Dosificación							
			1/3				1/4			
			0.5		0.6		0.5		0.6	
			R.Compresión (kg/cm ²)	%						
Valor Máximo	Sika	Líquido	207	10	187	11	166	12	146	14
		Polvo	209	11	189	12	169	14	148	16
	Chema	Líquido	205	8	185	9	164	11	144	13
		Polvo	211	12	191	13	171	16	150	17
Valor Mínimo	Sika	Líquido	195	3	175	4	154	4	134	5
		Polvo	197	4	177	5	156	5	136	6
	Chema	Líquido	193	2	173	2	152	3	132	3
		Polvo	199	5	179	6	158	7	138	8

5.5.2. Absorción (ASTM C642)

- En la figura 15, se observa los resultados obtenidos del ensayo de absorción a 28 días de curado para las dosificaciones cemento/arena: 1/3 y 1/4 y agua/cemento: 0.5 y 0.6, de las muestras patrones, es decir, las que no contienen aditivo impermeabilizante.

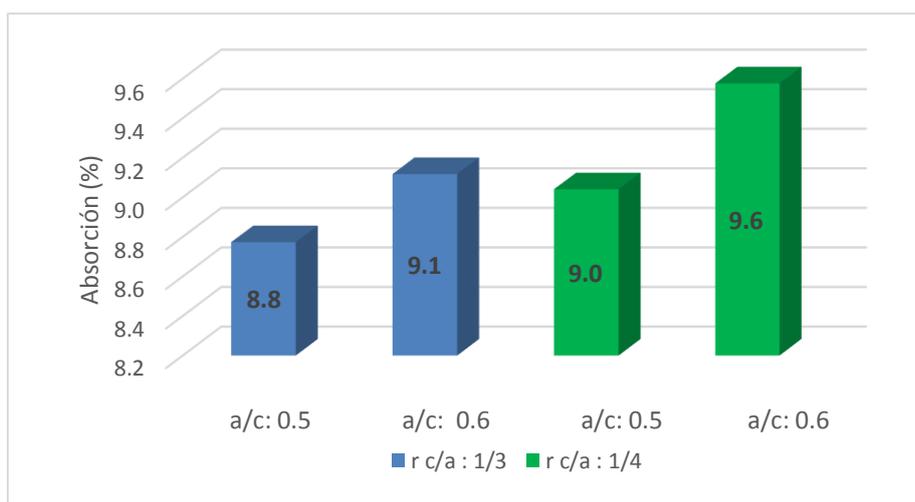


Figura 15: Absorción, para las dosificaciones, c/a : 1/3 y 1/4 y a/c : 0.5 y 0.6.

- La absorción máxima alcanzada fue de 9.6%, correspondiente a la relación cemento/arena : 1/4 y agua/cemento: 0.6, esto se debe a factores como la relación cemento/arena, la cual, con respecto a la relación 1/3, es una mezcla menos trabajable, debido a la elevada capacidad de

absorción que posee la arena fina; al agregar más arena fina, la mezcla se convierte en una mezcla más seca, generándose más poros en las probetas en estado endurecido, incrementando con ello la capacidad de absorción de las mismas. Otro factor es la relación agua/cemento; al aumentar la relación, se incrementa la porosidad, con ello su capacidad de absorción. Esto es debido a que, en el proceso de hidratación del cemento se produce el gel y los poros, como se muestra en la figura 16; un tipo de poros son los capilares, relacionados directamente a la cantidad de agua presente en la mezcla; estos poros, son los espacios originalmente ocupados por el agua en el mortero fresco, los cuales en el proceso de hidratación del cemento no han sido ocupados por el gel. El número de poros aumenta, cuando la relación agua/cemento se incrementa.

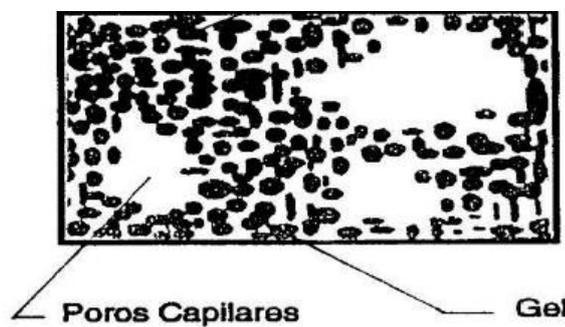


Figura 16: Estructura interna de la pasta de cemento.

- En las figuras 17, 18, 19 y 20, se muestran los resultados de absorción en función de las relaciones cemento/arena y agua/cemento con la adición de los aditivos impermeabilizantes chema y sika en presentaciones líquida y en polvo.

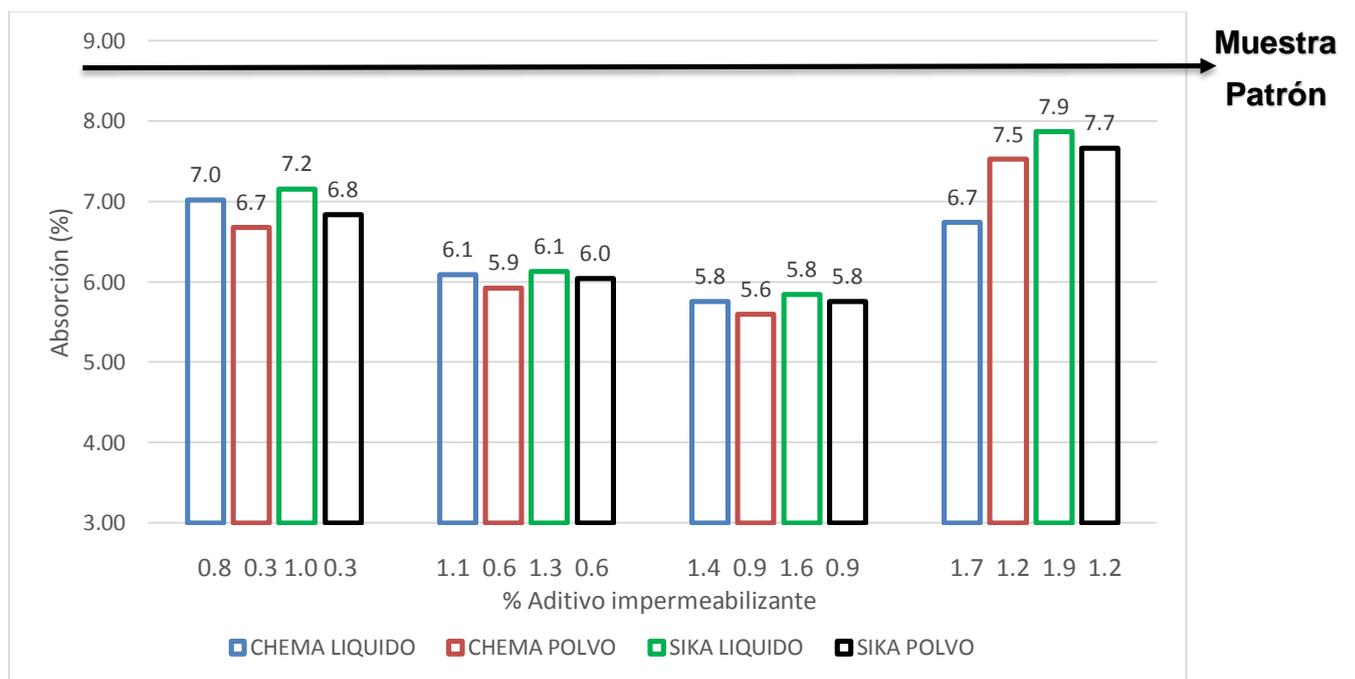


Figura 17: Absorción, con relación c/a : 1/3 y a/c : 0.5.

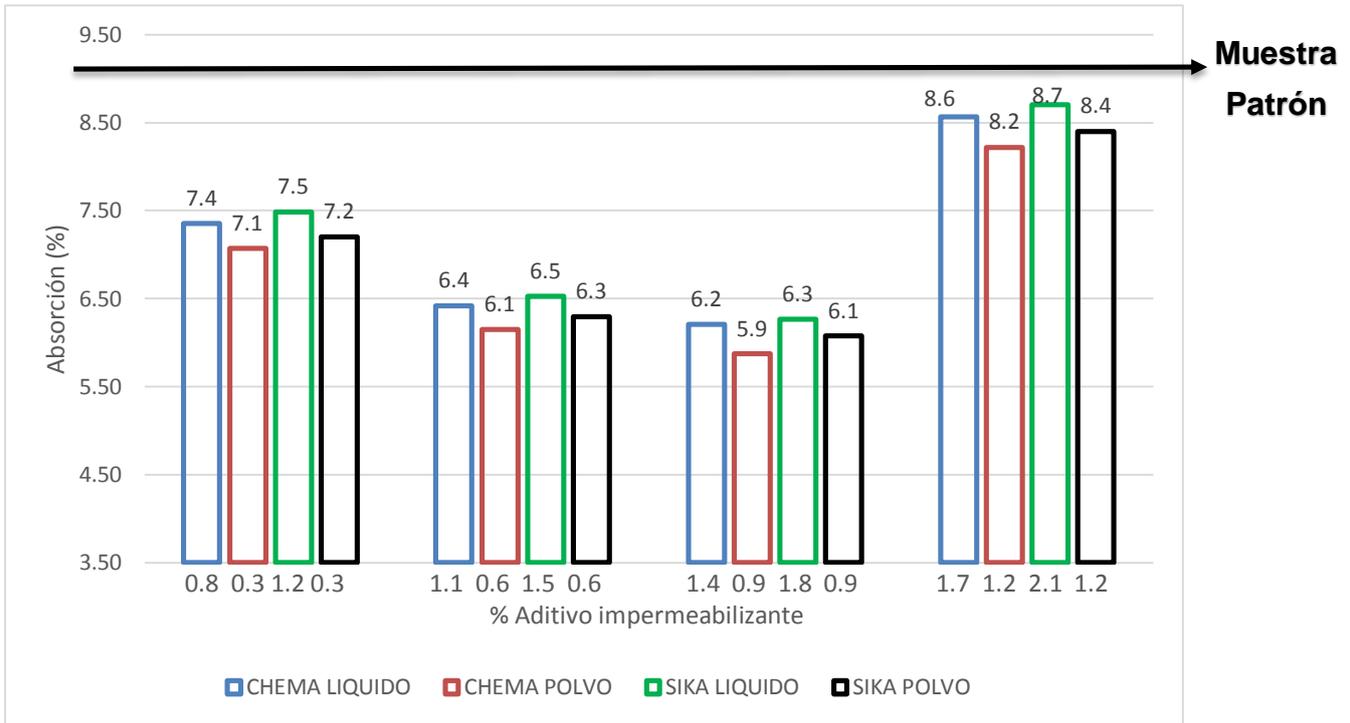


Figura 18: Absorción, con relación c/a : 1/3 y a/c : 0.6.

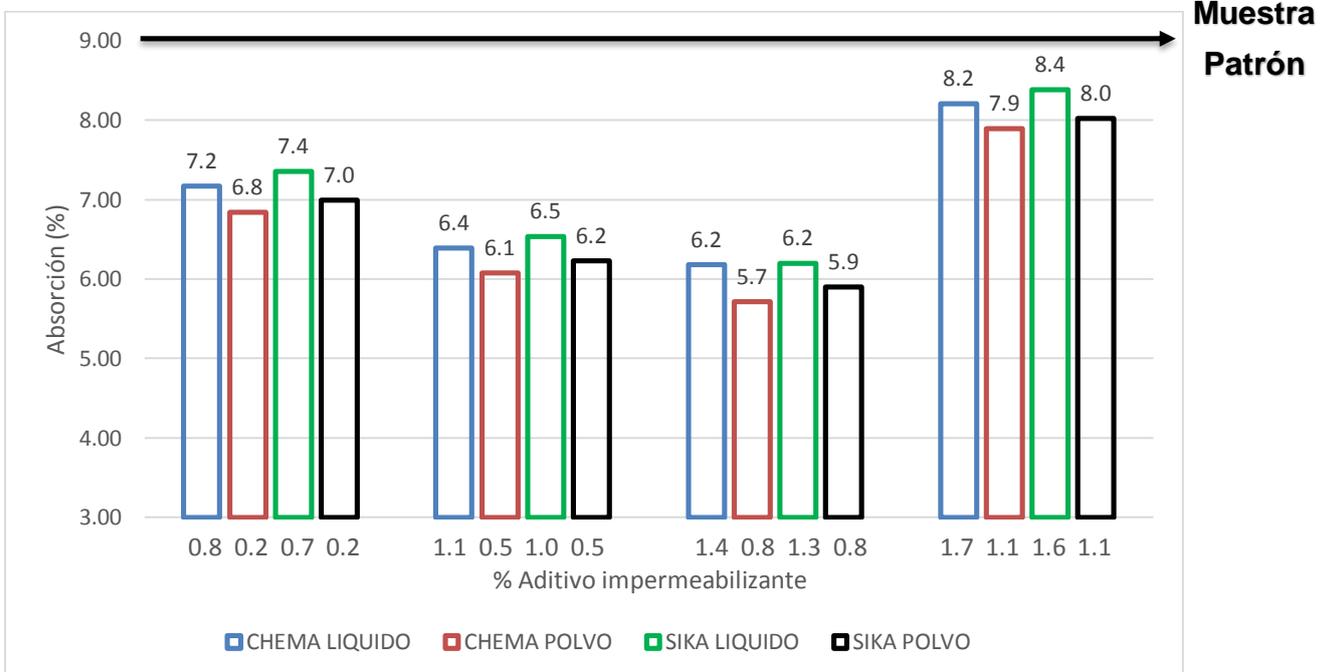


Figura 19: Absorción, con relación c/a : 1/4 y a/c : 0.5.

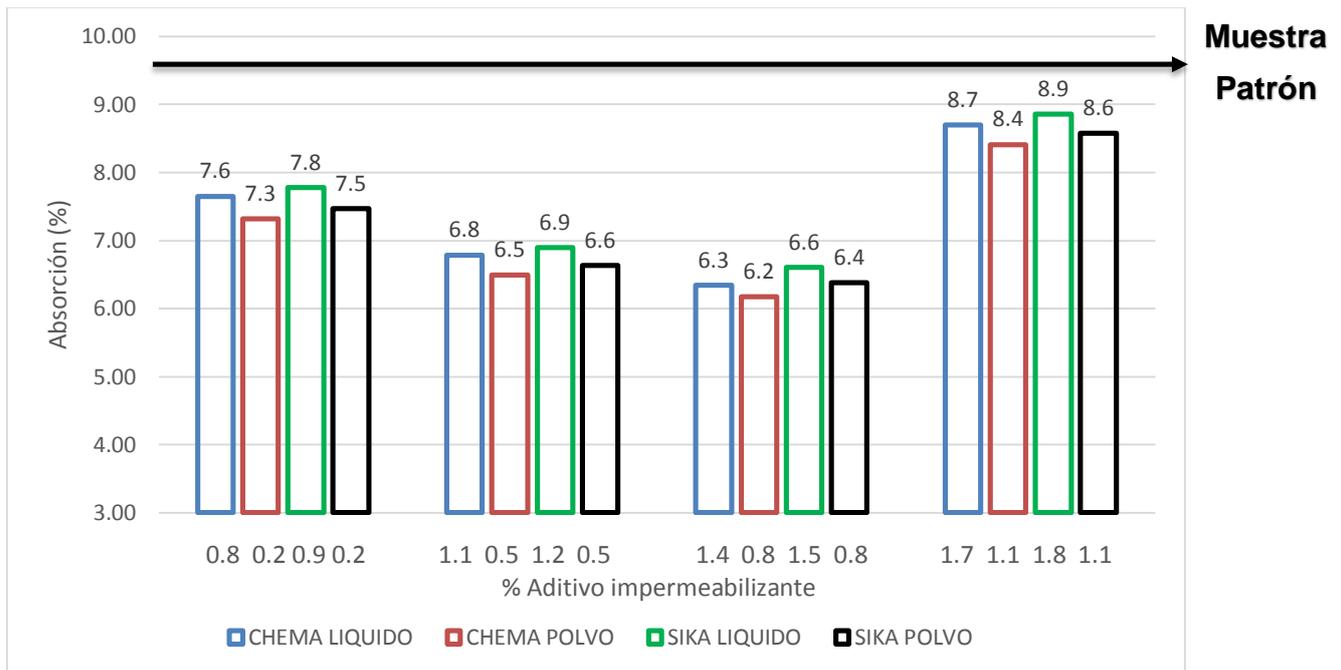


Figura 20: Absorción, con relación c/a : 1/4 y a/c : 0.6.

- En las figuras, se muestran los resultados de la resistencia a la compresión en función del porcentaje de aditivo impermeabilizante para las marcas Chema y Sika en presentaciones líquida y en polvo; de los cuales el segundo grupo de columnas pertenecen a las dosificaciones establecidas por el fabricante de los aditivos; realizando un análisis de cada uno de los grupos de probetas, se observa una tendencia inicial a decrecer o a disminuir de la absorción, tendencia que ocurre para las dosificaciones cemento: arena 1/3 y 1/4 y agua:cemento 0.5 y 0.6, manteniéndose hasta las dosificaciones elaboradas con la dosis recomendada por el fabricante aumentada en 0.30%; esto se debe a la acción de los aditivos impermeabilizantes, que conllevan a la disminución de los poros presentes en las probetas en estado endurecido, debido a que estos son elaborados con base en sílice coloidal que reaccionan con la cal libre del cemento en hidratación, formando compuestos insolubles que obturan los poros del mortero (Hoja Técnica Sika, 2012), reduciendo con ello los espacios donde puede almacenarse el agua, mejorando de esta manera las características del mortero y con ello su durabilidad. Las probetas con la adición de aditivo Chema 1 en polvo (color rojo en las figuras 17, 18, 19 y 20) obtuvo los menores resultados de absorción, siendo los mejores resultados alcanzados en este ensayo, por lo que se logró disminuir los poros en las probetas de mortero; se absorbió menos cantidad de agua con respecto a las demás; Es importante mencionar que el menor porcentaje de absorción se alcanzó al agregar 0.90% de aditivo (0.30% más de aditivo que el recomendado en las especificaciones técnicas del fabricante del aditivo mismo), concluyendo con esto que la dosificación establecida por el fabricante de los aditivos es apropiada y arroja buenos resultados, pero no es la más óptima, por lo que se recomienda usar 0.30% más de la cantidad recomendada por el aditivo mismo.

- Como se observa, hay una tendencia a aumentar para los resultados conforme disminuye la cantidad de cemento y aumenta la cantidad de agua en la mezcla; en los aditivos en polvo se obtienen los mejores resultados como se esperaba; debido al agua que ingresa a la mezcla al añadir aditivos líquidos, generando aumentos en la absorción, por los espacios que se generan dentro del mortero en estado endurecido. Los mejores resultados fueron obtenidos con la adición del aditivo Chema 1 en polvo (color rojo, en la figura 17); alcanzando para la relación c/a 1/3 y a/c 0.5 un absorción de 5.6% disminuyendo en 5% al menor valor alcanzado por la relación c/a 1/3 y a/c 0.6, el cual fue de 5.9%. La relación c/a 1/4 y a/c 0.5, con 5.7% de absorción, alcanzó mejor resultado que la relación c/a 1/3 y a/c 0.6 con 5.9%, pero mayor absorción con respecto a la relación óptima, siendo reducida en 2%; finalmente el resultado más desfavorable se obtuvo con la relación c/a 1/4 y a/c 0.6, de 6.2%, el cual fue mayor en 11% al valor óptimo de absorción obtenido por la relación c/a 1/3 y a/c 0.5 (5.6%). De manera similar en la tabla 37 se muestra a manera de resumen los resultados máximos y mínimos alcanzados en el presente ensayo para cada dosificación trabajada, acompañado con el porcentaje que logró disminuir, al valor de la muestra patrón.

Tabla 37: Absorciones máximas y mínimas alcanzadas para cada dosificación.

Ensayo	Aditivo		Dosificación							
			1/3				1/4			
			0.5		0.6		0.5		0.6	
			Absorción (%)	%						
Valor Máximo	Sika	Líquido	5.8	34	6.3	31	6.2	31	6.6	31
		Polvo	5.8	34	6.1	33	5.9	34	6.4	33
	Chema	Líquido	5.8	34	6.2	32	6.2	31	6.3	34
		Polvo	5.6	36	5.9	35	5.7	37	6.2	35
Valor Mínimo	Sika	Líquido	7.9	10	8.7	4	8.4	7	8.9	7
		Polvo	7.7	13	8.4	8	8.0	11	8.6	10
	Chema	Líquido	7.0	20	8.6	5	8.2	9	8.7	9
		Polvo	7.5	15	8.2	10	7.9	12	8.4	13

5.5.3. Permeabilidad

- La capacidad que presenta un material para que un fluido lo atraviese, se conoce como permeabilidad o capacidad de filtración; el cual se realizó en base a la norma ASTM C 1701, el cual se aplica para probetas rectangulares de concreto: sin embargo, se la ha adoptado para las probetas cúbicas de mortero, debido a que el ensayo está influenciada por el tiempo que demora una cantidad de líquido determinada en atravesar un mortero.

- En la figura 21, se observa los resultados obtenidos del ensayo de Permeabilidad a 28 días de curado para las dosificaciones cemento/arena: 1/3 y 1/4 y agua/cemento: 0.5 y 0.6, de las muestras patrones, es decir las que no contienen aditivo impermeabilizante.

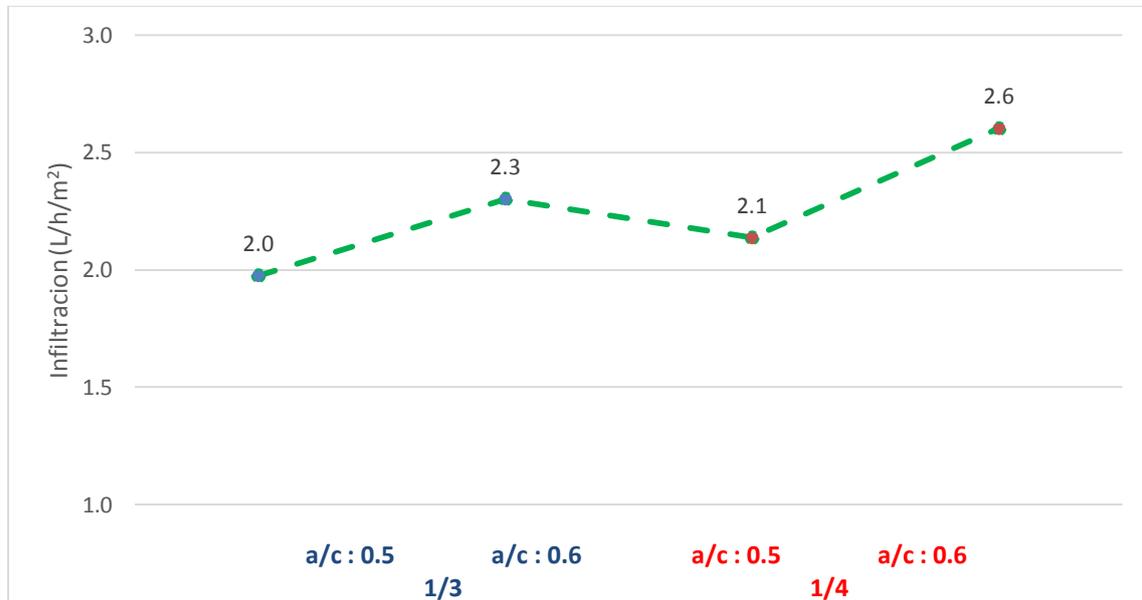


Figura 21: Infiltración, para las dosificaciones, c/a : 1/3 y 1/4 y a/c : 0.5 y 0.6.

- Tal y como se observa en la figura 21, a medida que se aumenta la cantidad arena fina y agua la infiltración aumenta, dicho aumento de la infiltración es debido en el primer caso por el aumento de la porosidad, conforme se aumenta la cantidad de arena en los morteros, aumentan los huecos o espacios, por la pobreza de cemento en la mezcla y por la capacidad de absorción de agua de la arena, a mayor cantidad de arena mayor cantidad de agua absorbida, generándose así porosidad capilar en el mortero en estado endurecido; para el segundo caso con respecto a la cantidad de agua se conoce que a mayor relación agua:cemento mayor porosidad se genera en las muestras, debido a los espacios que deja el agua al reaccionar con el cemento, como los poros gel. A mayor cantidad de agua en la mezcla mayor cantidad de espacios se generaran cuando se produzca el proceso de hidratación.
- La mayor infiltración alcanzada fue de 2.6 L/h/m², la cual corresponde a la relación cemento/arena: 1/4 y agua/cemento: 0.6; siendo mayor en 23% a la mínima infiltración que es de 2.0 L/h/m², concluyendo con ello, que a nivel de morteros sin aditivos se puede lograr permeabilidades bajas, controlando y trabajando con cantidades adecuadas de arena y agua, siendo las mejores para la presente investigación las relaciones cemento:arena 1/3 y agua:cemento 0.5.

- En la figura 22, 23, 24 y 25, se muestran los resultados de permeabilidad en función de las relaciones cemento/arena y agua/cemento con la adición de los aditivos impermeabilizantes Chema y Sika en presentaciones líquida y en polvo.

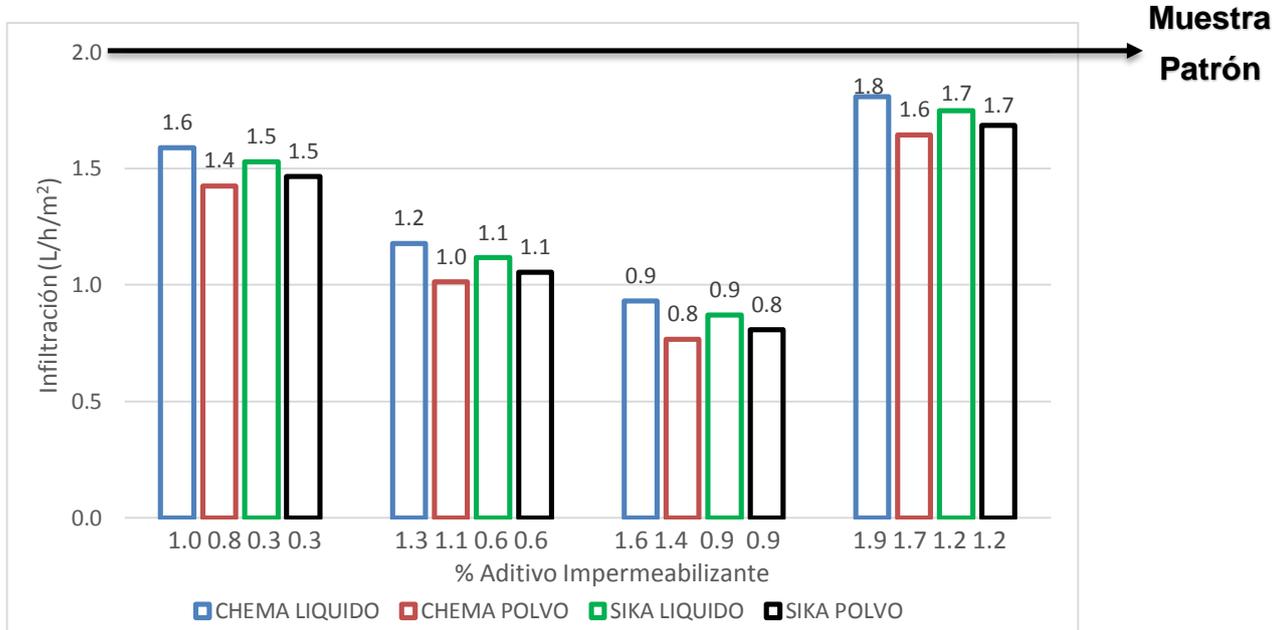


Figura 22: Infiltración, con relación c/a : 1/3 y a/c : 0.5.

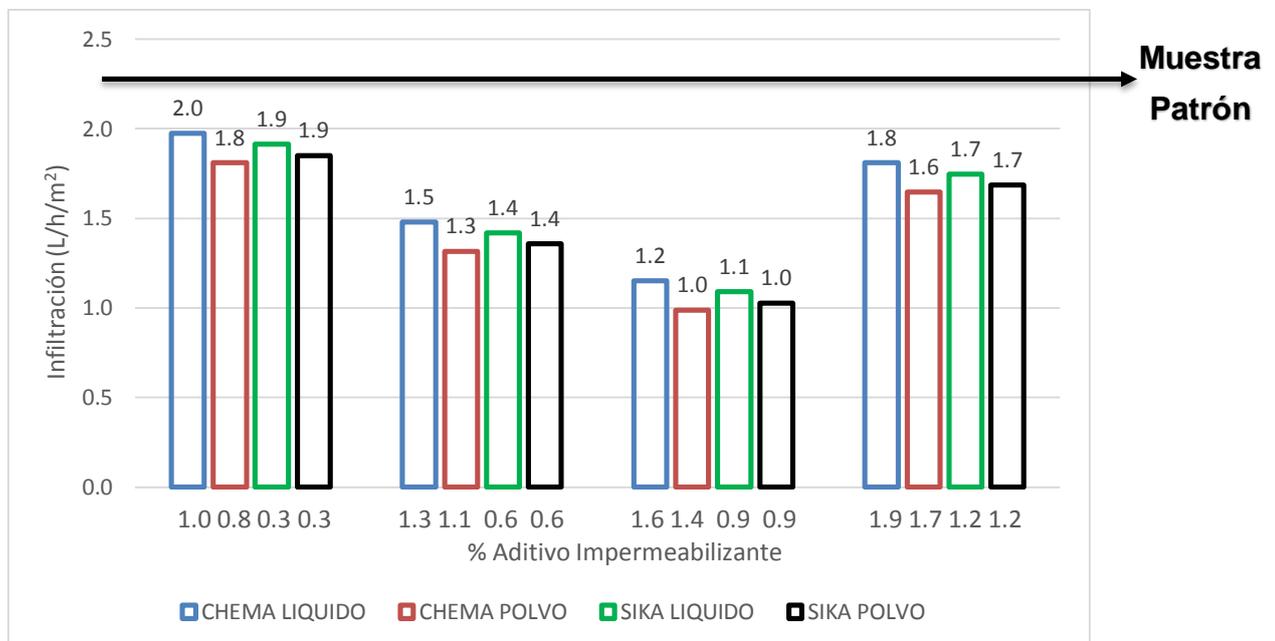


Figura 23: Infiltración, con relación c/a : 1/3 y a/c : 0.6.

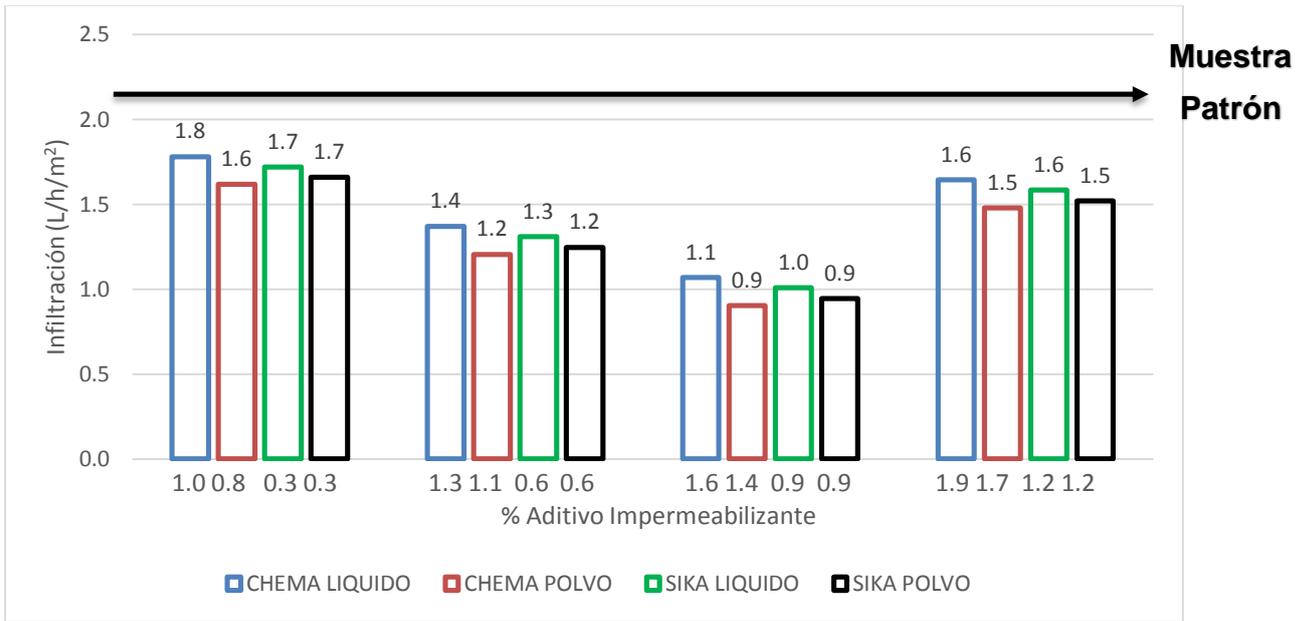


Figura 24: Infiltración, con relación c/a : 1/4 y a/c : 0.5.

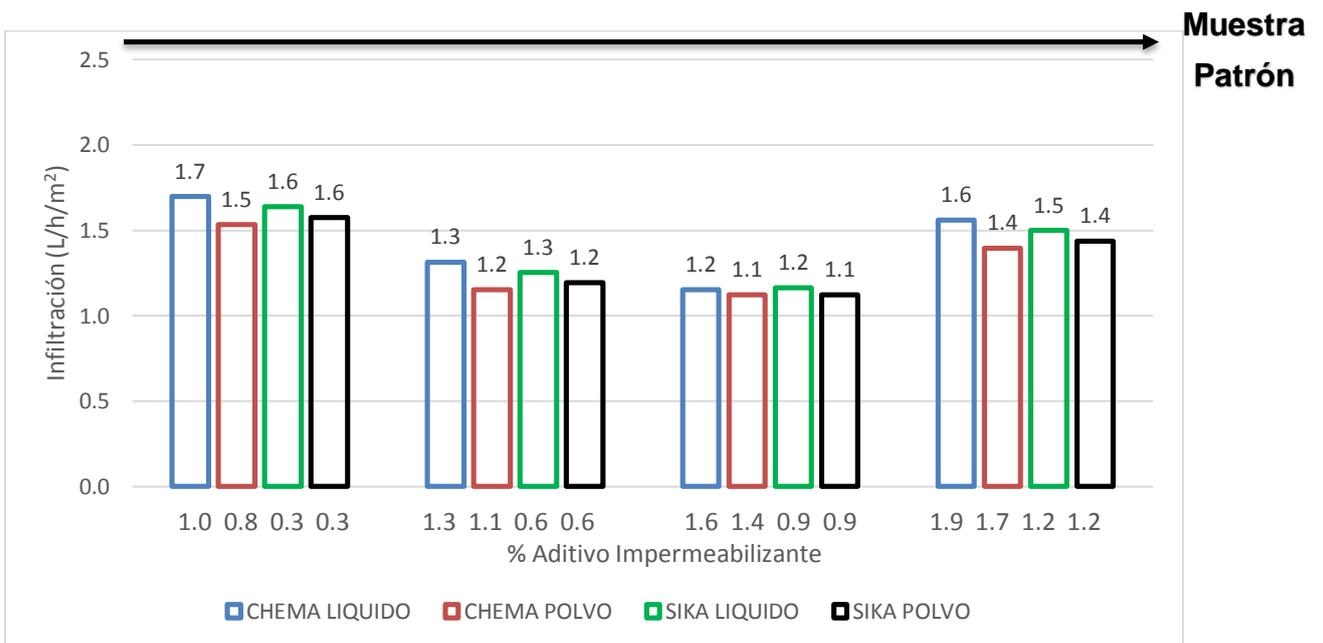


Figura 25: Infiltración, con relación c/a : 1/4 y a/c : 0.6.

- Se observa una tendencia a aumentar para los resultados conforme disminuye la cantidad de cemento y aumenta la cantidad de agua en la mezcla; como en todos los ensayos realizados con los aditivos en polvo se obtienen los mejores resultados; debido a la cantidad de agua que ingresa a la mezcla al añadir aditivos líquidos, convirtiéndose perjudicial para los resultados por los espacios que genera en las probetas. Los mejores resultados fueron obtenidos con la adición del aditivo Chema 1 en polvo y Sika 1 en polvo (color rojo y negro, en las figura 22, 23, 24 y 25), alcanzando para la relación c/a 1/3 y a/c 0.5 una infiltración de 0.8 L/h/m², valor

menor en 20% al valor alcanzado por la relación c/a 1/3 y a/c 0.6, el cual fue de $1.0 L/h/m^2$. Con la relación c/a 1/4 y a/c 0.5 se obtuvo una infiltración de $0.9 L/h/m^2$, incrementando en 10% al valor óptimo obtenido, pero menor en 10% al valor alcanzado por la relación 1/3 y a/c 0.6; finalmente el resultado más desfavorable se obtuvo con la relación c/a 1/4 y a/c 0.6, con $1.1 L/h/m^2$, el cual fue mayor en 27% al valor óptimo de absorción obtenido por la relación c/a 1/3 y a/c 0.5.

- De las figuras 22, 23, 24 y 25, el segundo grupo de columnas pertenecen a las dosificaciones establecidas por el fabricante de los aditivos; dosificación que si bien es cierto logra una disminución de la permeabilidad, no es la más óptima, siendo la menor la alcanzada al agregar 1.4% de aditivo (0.3% más de aditivo que el recomendado en las especificaciones técnicas del fabricante), concluyendo que la dosificación establecida por el fabricante de los aditivos es apropiada y arroja buenos resultados, pero no es la más óptima; también, al igual que los demás ensayos al agregar más aditivo del adecuado, en lugar de obtener mejores resultados se obtiene lo contrario, convirtiéndose en perjudicial para la mezcla; tal y como se observa en la figura 21, al agregar 0.30% más cantidad de aditivo de la anterior, la permeabilidad aumentó a $1.6 L/h/m^2$.
- Se observa que conforme aumenta el porcentaje de aditivo impermeabilizante la infiltración disminuye, dicha disminución se esperaba, por la acción del aditivo sobre el mortero, esperándose que con la acción de este se impermeabilice el material; lo cual de acuerdo a los resultados no sucedió del todo, concluyéndose que con la acción del aditivo sobre el mortero, se logra disminuir el paso de agua a través de este, pero no lo elimina. Como se observa en la figura 21, que muestra los resultados de las probetas con la dosificación cemento: arena 1/3 y agua:cemento 0.5, con la que se alcanza los mejores resultados de infiltración; la muestra patrón obtuvo un resultado de $2.0 L/h/m^2$, y con la acción de los aditivos el resultado más óptimo fue de $0.8 L/h/m^2$, que corresponde a las probetas elaboradas con los aditivos Chema 1 en polvo y Sika 1 en polvo (color rojo y negro respectivamente), disminuyendo de esta manera la infiltración en 60%, esto es una reducción importante demostrando que el aditivo obturó los poros presentes en el mortero disminuyendo los espacios por donde el agua puede ingresar al mismo, gracias a la reacción de la sílice coloidal presente en el aditivo con la cal libre del cemento en hidratación, generándose de esta manera compuestos que obturan los poros del mortero. De manera similar en la tabla 38 se muestra a manera de resumen los resultados máximos y mínimos alcanzados en el presente ensayo para cada dosificación trabajada, acompañado con el porcentaje que logró disminuir, al valor de la muestra patrón.

Tabla 38: Infiltraciones máximas y mínimas alcanzadas para cada dosificación.

Ensayo	Aditivo		Dosificación							
			1/3				1/4			
			0.5		0.6		0.5		0.6	
			Infiltración (L/h/m ²)	%						
Valor Máximo	Sika	Líquido	0.9	55	1.1	52	1.0	52	1.2	54
		Polvo	0.8	60	1.0	57	0.9	57	1.1	58
	Chema	Líquido	0.9	55	1.2	48	1.1	48	1.2	54
		Polvo	0.8	60	1.0	57	0.9	57	1.1	58
Valor Mínimo	Sika	Líquido	1.7	15	1.9	17	1.7	19	1.6	38
		Polvo	1.7	15	1.9	17	1.7	19	1.6	38
	Chema	Líquido	1.8	10	2.0	13	1.8	14	1.7	35
		Polvo	1.6	20	1.8	22	1.6	24	1.5	42

5.5.4. Evaluación Económica

Se realizó una evaluación económica de acuerdo a los gastos reales que conlleva realizar construcciones sin aditivo y con aditivo impermeabilizante; de acuerdo a ello, para realizar el análisis de costos se utilizaron las cantidades de diseño de mezclas de la presente tesis, efectuando finalmente una comparación de los costos que conllevaría reparar un m² de muro de albañilería, con su respectivo acabado (enlucido), deteriorado por la humedad, frente a lo que constaría construir un m² de muro de albañilería, con su respectivo acabado (enlucido), aplicando aditivos impermeabilizantes de las empresas Chema y Sika en diferentes presentaciones, disminuyendo notablemente de acuerdo a los resultados obtenidos en la presente tesis los efectos dañinos de la humedad incrementando con esta la durabilidad de la estructura en el tiempo.

- En la figura 26 se muestra una comparación de los costos con y sin aditivos impermeabilizantes en sus porcentajes de adición óptimos.

Con respecto a los costos el aditivo Chema 1 en Polvo tiene un costo de S/.5.40 por bolsa de 1 kg, el aditivo Sika 1 en polvo un costo de S/.5.30 por bolsa de 1 kg, el aditivo Chema 1 líquido un costo de S/.21.00 por un galón y el aditivo Sika 1 líquido un costo de S/.25.80 por un galón.

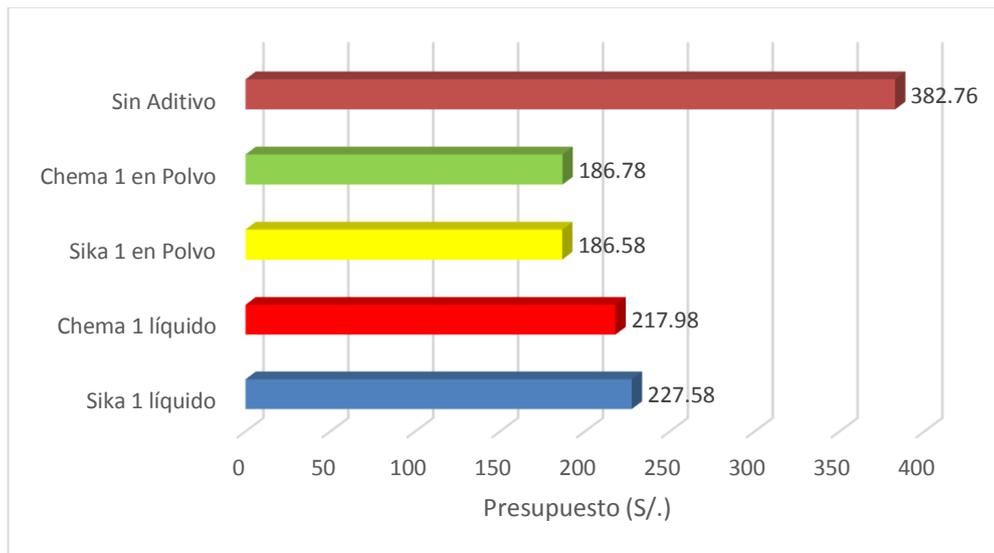


Figura 26: Costos por m² para muros con aditivos impermeabilizantes.

- De acuerdo a los resultados mostrados en la figura 25, se observa un notorio ahorro económico con la aplicación de aditivos impermeabilizantes, comparado a los costos que genera el reparar muros con problemas de humedad. El costo del presupuesto sin utilizar aditivo impermeabilizante alguno fue de S/. 382.76 y el presupuesto con el aditivo que mostró los mejores resultados de permeabilidad (Chema 1 en Polvo) fue de S/. 186.78, mostrándose con ello un ahorro de 51%, mostrándose que el utilizar aditivo impermeabilizante genera un ahorro de poco más de la mitad de lo que cuesta el rehabilitar la estructura dañada por la humedad; cabe mencionar que el menor costo se obtiene con el aditivo Sika 1 en Polvo, el cual, se reduce de manera mínima el gasto, comparado con el aditivo Chema 1 en Polvo, observándose los precios y porcentajes de ahorro para cada aditivo en la tabla 39.

Tabla 39: Costos y porcentajes de ahorros de cada aditivo impermeabilizante.

Aditivo Impermeabilizante	Chema 1 Polvo	Chema 1 líquido	Sika 1 Líquido	Sika 1 Polvo
Precio (S./.)	186.78	217.98	227.58	186.58
(%)	51	43	41	51

CONCLUSIONES

- Se evaluó la influencia de la dosificación cemento:arena 1/3 y 1/4 y agua:cemento 0.5 y 0.6, sobre morteros, lográndose los mejores resultados para las propiedades evaluadas con las relaciones cemento:arena 1/3 y agua:cemento 0.5, las cuales lograron reducir la cantidad de espacios o huecos dentro de las probetas, disminuyendo con esto la capacidad de absorción de agua y la permeabilidad o infiltración de los morteros e inversamente aumentando su resistencia a la compresión; con la adición de aditivos impermeabilizantes, se lograron mejores resultados con los aditivos en polvo que en presentación líquida, de los cuales de los aditivos en polvo se obtuvieron mejores resultados con Chema y en estado líquido mejores resultados con sika; es importante decir que con respecto al porcentaje a añadir de aditivo impermeabilizante, la dosificación establecida por el fabricante de los aditivos es apropiada y arroja buenos resultados, pero no es la más óptima; ya que ya al adicionar 0.30% más de aditivo que el recomendado por el aditivo mismo, se logró mejorar las propiedades de los morteros, obteniendo con esto los resultados más óptimos para cada ensayo.
- Se realizó la caracterización del agregado fino, en este caso de la arena fina, la cual obtuvo un bajo valor de módulo de finura, 0.87, valor que indica que la arena con la que se trabajó es bien fina, y del cual dependió mucho la trabajabilidad del mortero, esto es por el tamaño de sus partículas, las cuales por ser más finas absorben más agua a comparación de otro agregado (Aliaga, 2017), lo cual se vio reflejado, en la absorción del material, el cual resultó, 2.26%, el cual, es un valor elevado de absorción de agua, pero correcto de acuerdo al tipo de arena con la cual se está trabajando. La granulometría del material, no se encuentra dentro de los límites granulométricos de las arenas que establece la norma ASTM C 144, esto es, porque esta norma no aplican para arenas finas; por lo cual no existen límites granulométricos establecidos para arenas finas (Aliaga, 2017).
- Se elaboró morteros de cemento con dosificaciones de relación cemento:arena 1/3 y 1/4 y agua:cemento 0.5 y 0.6, agregando aditivos impermeabilizantes para morteros elaborados por las empresas Sika y Chema, en presentaciones líquida y en polvo y agregados a diferentes porcentajes en base las especificaciones técnicas de cada aditivo, de acuerdo al procedimiento y lineamientos establecidos por la NTP 334.051 / ASTM C-109.
- Se realizó el ensayo de absorción bajo la norma ASTM C642, el ensayo de resistencia a la compresión, bajo la norma ASTM C 109 y el ensayo de permeabilidad o infiltración bajo la norma ASTM C 1701, en morteros con aditivo y sin aditivo impermeabilizante, de los cuales a criterio del autor y basado en los resultados obtenidos de cada ensayo, la dosificación óptima

para la elaboración de morteros de enlucido, teniendo en cuenta las características de la arena fina expresados en la presente tesis, es de cemento:arena 1/3 y agua:cemento 0.5; y el aditivo impermeabilizante que reacciona mejor con la mezcla de mortero y con el que se obtiene los mejores resultados entre todos los analizados es Chema 1 en Polvo, siendo el porcentaje óptimo de este para ser adicionado en la mezcla de mortero de 0.90 %, debido a que su resistencia a compresión sube de un 189 kg/cm^2 en la probeta patrón a 211 kg/cm^2 , mostrando un incremento de 12%, sus resultados de absorción descienden de 8.8% en la muestra patrón a 5.6%, mostrando una disminución de 36%, y a la vez la permeabilidad que desciende de 2.0 L/h/m^2 en la probeta patrón a 0.8 L/h/m^2 , disminuyendo en 60%.

No se recomienda usar morteros con adición de aditivo impermeabilizante con porcentajes mayores al óptimo establecido en la presente tesis por más mínimo que sea, debido a que como se muestra en la discusión genera una disminución de sus propiedades, convirtiéndose de esta manera en perjudicial.

- El costo del presupuesto sin utilizar aditivo impermeabilizante alguno fue de S/. 382.76 y el presupuesto con el aditivo que mostró los mejores resultados encontrados (Chema 1 en Polvo) fue de S/. 186.78, mostrándose con ello un ahorro de 51%, mostrándose que el utilizar aditivo impermeabilizante genera un ahorro de poco más de la mitad de lo que cuesta el rehabilitar la estructura dañada por la humedad.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda controlar las adiciones de agua debido a que dependerá mucho de la cantidad de esta en la mezcla para obtener resultados adecuados de impermeabilización; así mismo evaluar dosificaciones de disoluciones menores a la de la ficha técnica para lograr mayor adherencia
- Se deberá tener cuidado al momento de cubrir los morteros después del conformado, debido a que los morteros que muestren exceso de agua sobre su superficie al entrar en contacto con el plástico que cubrirá, generará que la superficie expuesta cambie su textura y permanezca rugosa; de ser el caso, se podrá dejar la superficie sin cubrir, pero controlando que exista humedad en dicha superficie.
- Se recomienda investigar con aditivos de otras empresas, como Euco además de otros aditivos naturales como mucilago de tuna, etc.
- Se recomienda investigar cómo influye el mejor porcentaje de impermeabilizante líquido y sólido en un concreto estructural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Aliaga Angulo, Agustín Junior (2017). Evaluación de ceniza de cascarilla de arroz y tipos de agregados finos sobre la compresión, sorptividad y densidad de morteros de cemento portland tipo I, Trujillo 2017. (Tesis de Investigación para obtener el título de ingeniero civil). Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú.

Arriola, J. (2009) Diseño de Morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos, Guatemala

Borges, P.; Castillo, R.; Carpio, J.; Pazini, J.; San Juan, M. (2001): Corrosión en estructuras de concreto armado. Teoría, inspección, diagnóstico, vida útil y reparaciones, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. México.

Cámara Peruana de la Construcción CAPECO (2003). Costos y Presupuestos en Edificaciones. Lima: Colección del constructor.

Cano, B., Alcántara, R., Chávez, D., Ruiz, G., Álvarez, Soto. (2006). Extracto de nopal como agente modificador de viscosidad para concreto auto consolidable. Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología de la UNAM.

Castañeda, J. (2013). Análisis de las propiedades mecánicas de morteros sustituyendo agregado fino por plástico reciclado de baja densidad. (Tesis de licenciatura). Universidad Rafael Urdaneta, Venezuela.

Chandra, S., Eklund, L., and VillareL., R.(1998). Use of cactus in mortars and concrete. Cement and Concrete Research, Vol 28. No.1

Cinthia Huaman Urbina (2015). Influencia del porcentaje de agregado fino y módulo de finura sobre la resistencia a la compresión y absorción en morteros para la construcción. (Tesis de Investigación para obtener el título de ingeniero de materiales). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.

Cleiser Alejandro Tantaquilla Cueva (2017). Influencia de piedra pómez sobre asentamiento, densidad, absorción y resistencia a compresión en concreto liviano estructural. (Tesis de Investigación para obtener el título ingeniero civil). Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú.

Construyendo con Sika, Estructuras Impermeables (2003).

Conteniendo mucílago de Nopal como aditivo natural. (trabajo de suficiencia profesional para obtener el grado de maestro en ciencia). Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, México.

Edwin Simba Cumbajín (2007). Impermeabilización en construcciones nuevas y existentes. (Proyecto para la obtención del título de tecnólogo en administración de proyectos de la construcción). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

Ernesto Luis Oquendo Rodríguez (2013). Evaluación y Selección de Aditivos Impermeabilizantes para concreto con resistencia de 450 kgf/cm^2 . (Tesis de Investigación para obtener el título de ingeniero de materiales). Universidad Simón Bolívar.

Fernando Julián Caballero (2008). Propiedades mecánicas y microestructura de concreto

Goycoolea, F.M., Cárdenas, A., Hernández, G., Lizardi, J., Álvarez, G., Soto, F.J., Valdez, M., Rinaudo, M., Milas, M., Hernández, J., (2000). Polisacáridos Aislados del Mezquite y otras Plantas del Desierto. Memorias del II Simposium Internacional sobre la Utilización y Aprovechamiento de la Flora Silvestre de Zonas Áridas. Hermosillo, Sonora, México.

Huincho, E. (2011). Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce con cemento portland tipo I. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Juan Antenor Villarroel Cieza (2017). Evaluación del porcelanato reciclado y dosificación en mortero de asentado sobre la resistencia a compresión, absorción, densidad y flujo, Trujillo 2017. (Tesis de Investigación para obtener el título ingeniero civil). Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú.

Kosmatka, Steven H.; Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara (2004), Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU.

Lulichac, F. (2015). Determinación de las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca. (Tesis de licenciatura). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

Pasquel, E. (1993) Tópicos de Tecnología del Concreto. Lima, Perú.

RAMACHANDRAN V. (1995). Concrete admixtures handbook: properties, science, and technology. 2 nd Edition William Andrew, (1995)

Rivera, G. (2013). Concreto Simple. Universidad del Cauca, Cauca, Colombia.

Ramirez Arellana (2008). Secado, absorción de agua y difusión de cloruros en concreto conteniendo extracto de Nopal. (Trabajo de suficiencia profesional para obtener el grado de maestro en ciencia). Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, México.

Saba, C. (2006) Evaluación de la incidencia de la cal en las propiedades físico mecánicas de tres tipos de mortero de albañilería. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos, Guatemala.

Salamanca Correa. Rodrigo (1984). Dosificación de morteros. Diseño de mezclas en mortero. (Proyecto de grado para optar al título de ingeniero civil). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Salamanca Correa. Rodrigo (2001). La tecnología de los morteros. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Samuel Ramirez, P. F. de J. Cano Barrita, F. Julian Caballero, C. Gomez Yáñez (2012). Propiedades de durabilidad en hormigón y análisis microestructural en pastas de cemento con adición de mucilago de nopal como aditivo natural (Trabajo de Investigación); Oaxaca, México.

Torres Acosta, Andrés; Celis Martínez, Cesar; Martínez Molina, Wilfrido y Lomelí González, María (2010), Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizando adiciones deshidratadas de dos cactáceas. (Trabajo de Investigación). México.

APÉNDICE

Anexo 1: Procedimiento experimental del proyecto de investigación.



Figura 27: Análisis granulométrico del agregado fino, tamices en la mesa vibradora.



Figura 28: Peso específico y absorción por método de la fiola.



Figura 29: Conformación de probetas.

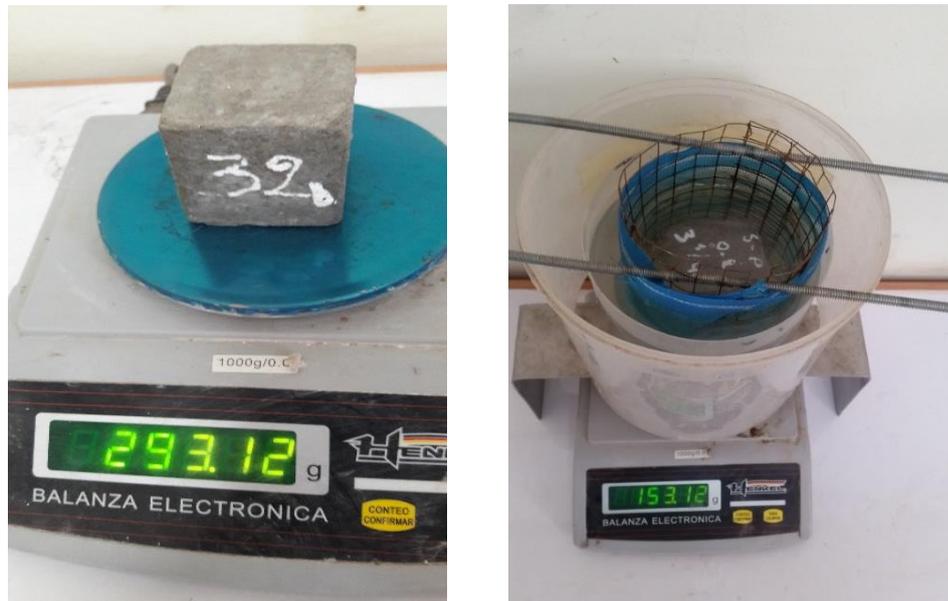


Figura 30: Peso saturado y sumergido para ensayo de absorción.



Figura 31: Peso seco para ensayo de absorción.



Figura 32: Ensayo de permeabilidad.



Figura 33: Ensayo de resistencia a la compresión.

Anexo 2: Ficha técnica del aditivo impermeabilizante SIKA LIQUIDO.



HOJA TÉCNICA

Sika®-1

Impermeabilizante integral de fraguado normal.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika®-1 es un aditivo impermeabilizante a base acuosa de materiales inorgánicos de forma coloidal, que obstruye los poros y capilares del concreto o mortero mediante el gel incorporado.

USOS

- Subterráneos, cimientos, sobre cimientos y bases en contacto con el terreno.
- Mortero de asentado en las primeras hiladas de ladrillo (evitando la ascensión de la humedad por capilaridad).
- Tarrajes exteriores, especialmente en fachadas expuestas a lluvia y riego.
- Tarrajes interiores, especialmente en baños y cocinas.
- Tanques y estanques de agua, piscinas, canales, reservorios y otros.
- Obras hidráulicas en general.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

El empleo de Sika®-1 como aditivo hidrófugo de masa ofrece las siguientes ventajas:

- Asegura la impermeabilidad de morteros y concretos aún bajo presión de agua.
- Permite la ventilación natural de los elementos constructivos.

NORMA

Cumple con la norma IRAM 1572: Porcentaje de absorción de agua < 50% en 24 horas.

DATOS BÁSICOS

FORMA

ASPECTO

Suspensión líquida ligeramente cremosa.

COLORES

Amarillo Tenue

PRESENTACIÓN

- Paquete x 4 envases PET x 4 L.
- Balde x 20 L.
- Cilindro x 200 L.

ALMACENAMIENTO

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL

2 años en lugar fresco y bajo techo en su envase original bien cerrado.

Anexo 3: Ficha técnica del aditivo impermeabilizante SIKA POLVO



HOJA TÉCNICA

Sika®-1 en Polvo

Impermeabilizante para concretos y morteros.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	<p>Sika®-1 en Polvo es un impermeabilizante en polvo para concretos y morteros.</p> <p>USOS</p> <p>Se emplea en concretos y morteros de cemento en todo tipo de impermeabilizaciones: tarrajes de paredes interiores y exteriores, pisos, sótanos, piscinas, canales, estanques de agua, túneles, tanques, premoldeados, bloques de cemento, entre otros.</p> <p>CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Asegura la impermeabilidad de concretos y morteros ▪ Impide las eflorescencias salitrosas y el caliche ▪ Evita las formaciones musgosas y fungosas
---------------------------------	--

DATOS BÁSICOS	
FORMA	<p>ASPECTO</p> <p>Polvo</p> <p>COLORES</p> <p>Crema</p> <p>PRESENTACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bolsa x 1 Kg ▪ Caja x 6 unidades x 1 Kg
ALMACENAMIENTO	<p>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</p> <p>2 años en un lugar seco, en envases bien cerrados.</p>
DATOS TÉCNICOS	<p>DENSIDAD</p> <p>1,10 ± 0,1 kg/l</p> <p>USGBC VALORACIÓN LEED</p> <p>Sika®-1 en Polvo cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants.</p> <p>Conenido de VOC < 250 g/l (menos agua)</p>

INFORMACIÓN DL SISTEMA	
DETALLES DE APLICACIÓN	<p>CONSUMO / DOSIS</p> <p>1 kg. Por bolsa de cemento.</p>

Anexo 4: Ficha técnica del aditivo impermeabilizante CHEMA LIQUIDO



Chema[®]

Calidad que Construye

Hoja Técnica

CHEMA 1 LÍQUIDO

Aditivo impermeabilizante líquido para morteros y concretos

V.2016

DESCRIPCIÓN	El CHEMA 1 LÍQUIDO es un aditivo integral de color amarillo que disminuye la permeabilidad y evita la humedad por capilaridad, tanto en morteros como en concretos. Apropiado para reservorios y tanques de agua potable. (Ver cuadro de Impermeabilizantes Integrales CHEMA).
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> - Evita la aparición del salitre. - Asegura mayor estanqueidad de líquidos en morteros y concretos. - Mejora la plasticidad de la mezcla. - No transmite olor ni sabor al agua potable, ni la contamina. Cuenta con certificado CEPIS¹. - Evita la formación de musgo en la superficie. - Fácil de mezclar en morteros y concretos. - La resistencia mecánica no resulta disminuida. - Disminuye la exudación y mejora la trabajabilidad.
USOS	<ul style="list-style-type: none"> - Para vaciados en concretos y morteros. - Es apropiado para obras hidráulicas, represas, canales de irrigación o regadío, tanques de agua, piscinas, jardineras, zócalos en jardines, duchas, baños y otros. - En el asentado de las primeras hileras de albañilería para evitar la ascensión capilar de humedad y salitre. - Impermeabilizar tarrajes o estucos asentados de ladrillo, piso, falso pisos, azoteas, etc. - Sobre cimientos y paredes, especialmente exteriores, expuestas a la intemperie. - En general en estructuras que se encuentren sometidas a grandes presiones de agua.
DATOS TÉCNICOS	<p>Peso específico (Kg/gal): 3.700 – 3.800</p> <p>pH : 8.0 – 13.0</p> <p>Viscosidad (KU) : 44.0 – 55.0</p> <p>Color: Amarillo</p> <p>Aspecto: Líquido</p>
PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CHEMA 1 LÍQUIDO debe ser diluido en el agua de amasado del mortero o concreto a razón de ½ galón por bolsa de cemento. 2. Para un mejor resultado en tarrajes aplicar en dos capas. Después de realizar el tarrajeo, curar con agua o utilizar Curadores CHEMA. 3. En climas muy calurosos o donde exista riesgo de fisuración, se recomienda el uso de CHEMA FIBRA DE POLIPROPILENO.
RENDIMIENTO	<p>La dosis es ½ galón de CHEMA 1 LÍQUIDO por bolsa de cemento en el agua de amasado. La cantidad de agua a emplearse puede variar de 4.5 a 7 galones por bolsa de cemento de acuerdo al diseño de mezcla. Para morteros impermeables usar diseño 1:3 (1 cemento + 3 arena fina).</p> <p>El rendimiento es 5m² aprox. en tarrajes a un espesor de 1.3 cm. por bolsa de cemento.</p>

¹ CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

CETOX
CENTRO TOXICOLÓGICO S.A.C.
273-2318 / 999012933

ATENCIÓN AL CLIENTE:
(511) 336-8407

Página 1 de 3

Anexo 5: Ficha técnica del aditivo impermeabilizante CHEMA POLVO



Hoja Técnica

CHEMITA EN POLVO

Aditivo impermeabilizante en polvo para morteros y concretos

IMP.1.1.3
RMP – V.0

Calidad que Construye

DESCRIPCIÓN CHEMITA EN POLVO es un impermeabilizante integral que le otorga a los morteros y concretos características hidrófugas de masa.
Obstruye las porosidades dentro del mortero o concreto minimizando la absorción del agua.
Es apropiado para reservorios y tanques de agua potable.
(Ver cuadro de Impermeabilizantes Integrales CHEMA).

- VENTAJAS**
- Asegura mayor estanqueidad de líquidos en morteros y concretos.
 - Evita la aparición del salitre.
 - Brinda mayor plasticidad a la mezcla.
 - No transmite olor ni sabor al agua potable, ni la contamina. Cuenta con certificado CEPIS¹.
 - Evita la formación de musgo en la superficie.
 - Fácil de mezclar en morteros y concretos.
 - No altera la resistencia mecánica.
 - Disminuye la exudación y mejora la trabajabilidad.

- USOS**
- Para vaciados en concretos y morteros.
 - Es apropiado para obras hidráulicas, represas, canales de irrigación o regadío, tanques de agua, piscinas, jardineras, zócalos en jardines, duchas, baños y otros.
 - En el asentado de las primeras hileras de albañilería para evitar la ascensión capilar de humedad y salitre.
 - Impermeabilizar tarrajeos o estucos asentados de ladrillo, pisos, falso pisos, azoteas, etc.
 - Sobre cimientos y paredes, especialmente exteriores, expuestas a la intemperie.
 - En general en estructuras que se encuentren sometidas a grandes presiones de agua.

DATOS TÉCNICOS

Densidad: 0.6 kg/L
Color: Gris
Aspecto: Polvo

- PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO**
1. Agregue una bolsa de 1 kg. de CHEMITA EN POLVO por bolsa de cemento y prepare la mezcla con arena (en caso de tarrajeos) y agregados (en caso de concretos).
 2. Para asegurar la completa homogeneidad, mezcle mecánicamente 2 a 3 veces en seco antes de añadir el agua.
 3. Para un mejor resultado en tarrajeos aplicar en dos capas. Después de realizar el tarrajeo, curar con agua o utilizar Curadores CHEMA.
 4. En climas muy calurosos o donde exista riesgo de fisuración, se recomienda el uso de CHEMA FIBRA DE POLIPROPILENO.

RENDIMIENTO La dosis es 1 kg. de CHEMITA EN POLVO por bolsa de cemento.
Para morteros impermeables usar diseño 1:3 (1 cemento + 3 arena fina).

El rendimiento es 5m² aprox. en tarrajeos a un espesor de 1.3 cm. por bolsa de cemento.

¹ CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Anexo 6: Ficha técnica del Cemento Ico



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000

G-CC-F-04
Versión 03

CEMENTO EXTRAFORTE
Cemento Portland Compuesto Tipo ICo
Conforme a la NTP 334.090
Piura, 21 de Septiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.090
MgO	%	1.3	Máximo 6.0
SO3	%	1.99	Máximo 4.0

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.090
Contenido de Aire	%	6	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.065	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	5020	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	3.2	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	3.00	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	24.1 (245)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	28.3 (288)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28días	MPa (Kg/cm ²)	32.4 (330)	Mínimo 25.0 (Mínimo 255)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	111	Mínimo 45
Fraguado Final	min	260	Máximo 420

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.



Ing. Ysabel Burneo Miranda
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por :

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

Anexo 8: Norma Técnica Peruana 339.185 – Ensayo para determinar el contenido de humedad del agregado fino.

NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 339.185 2013
----------------------------------	-----------------------------

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

CONCRETE. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 566-13 Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International.

2013-08-07
2ª Edición

R.0054-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-08-24
I.C.S.: 91.100.30
Descriptor: Agregados, secado, contenido de humedad

Precio basado en 08 páginas
ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2013

Anexo 9: Norma Técnica Peruana 400.022 – Ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado fino.

NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 400.022 2013
Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú	

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino

AGGREGATES. Standard test method Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 128-2012 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2013-12-26
3ª Edición

R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16 Precio basado en 20 páginas
IC.S: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptor: absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado fino; densidad relativa, gravedad específica

© ASTM 2012 - © INDECOPI 2013

Anexo 10: Norma ASTM C 109 - Ensayo de resistencia a compresión de morteros.



Designation: C 109/C 109M – 05

Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)¹

This standard is issued under the fixed designation C 109/C 109M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers determination of the compressive strength of hydraulic cement mortars, using 2-in. or [50-mm] cube specimens.

NOTE 1—Test Method C 349 provides an alternative procedure for this determination (not to be used for acceptance tests).

1.2 This test method covers the application of the test using either inch-pound or SI units. The values stated in either system shall be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the specification.

1.3 Values in SI units shall be obtained by measurement in SI units or by appropriate conversion, using the Rules for Conversion and Rounding given in Standard IEEE/ASTM SI 10, of measurements made in other units.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to skin and tissue upon prolonged exposure.)²*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:³

C 91 Specification for Masonry Cement

C 114 Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement

C 150 Specification for Portland Cement

C 230 Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement

C 305 Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency

C 349 Test Method for Compressive Strength of Hydraulic-Cement Mortars (Using Portions of Prisms Broken in Flexure)

C 511 Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes

C 595 Specification for Blended Hydraulic Cements

C 618 Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete

C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C 778 Specification for Standard Sand

C 989 Specification for Ground Granulated Blast-Furnace Slag for Use in Concrete and Mortars

C 1005 Specification for Reference Masses and Devices for Determining Mass and Volume for Use in the Physical Testing of Hydraulic Cements

C 1157 Performance Specification for Hydraulic Cement

C 1328 Specification for Plastic (Stucco) Cement

C 1329 Specification for Mortar Cement

C 1437 Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar
IEEE/ASTM SI 10 Standard for Use of the International System of Units (SI): The Modern Metric System

3. Summary of Test Method

3.1 The mortar used consists of 1 part cement and 2.75 parts of sand proportioned by mass. Portland or air-entraining portland cements are mixed at specified water/cement ratios. Water content for other cements is that sufficient to obtain a flow of 110 ± 5 in 25 drops of the flow table. Two-inch or [50-mm] test cubes are compacted by tamping in two layers.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C01 on Cement and is the direct responsibility of Subcommittee C01.27 on Strength.

Current edition approved July 1, 2005. Published August 2005. Originally approved in 1934. Last previous edition approved in 2002 as C 109/C 109M – 02.

² See the section on Safety, Manual of Cement Testing, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

³ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

Anexo 11: Certificado de calibración de balanza electrónica 4.1 kg.

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 203 - 2017

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

<p>1. Expediente 17086</p> <p>2. Solicitante UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p> <p>3. Dirección Av. Del Ejercito Nro. 920 Urb. El Molino - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD.</p> <p>4. Equipo de medición BALANZA ELECTRÓNICA</p> <p> Capacidad Máxima 4100 g</p> <p> División de escala (d) 0,01 g</p> <p> Div. de verificación (e) 0,1 g</p> <p> Clase de exactitud II</p> <p> Marca OHAUS</p> <p> Modelo PAJ4102</p> <p> Número de Serie 8332050515</p> <p> Capacidad mínima 0,50 g</p> <p> Procedencia U.S.A.</p> <p> Identificación 1-011843 (*)</p> <p> Ubicación LABORATORIO DE CONCRETO PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.</p> <p>5. Fecha de Calibración 2017-04-26</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
--	---

Fecha de Emisión
2017-04-28

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello



JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282
RPM: *849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 203 - 2017

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE CONCRETO PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.
Urb. Dean Saavedra Mz. G Lt. 24 San Isidro - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	27,4 °C	27,4 °C
Humedad Relativa	65 %	65 %

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) Dirección de Metrología - INACAL 150033005	PESAS (Clase de Exactitud: F1)	INACAL LM-C-535-2016
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-C-317-2016 / LM- 491-2016.	PESAS (Clase de Exactitud: M1)	METROIL M-0774-2016
PESAS (Clase de exactitud F2) DM-INACAL LM-414-2016.		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LM - 203 - 2017

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura Inicial Final
27,4 °C 27,4 °C

Medición Nº	Carga L1 = 2 000,01 g			Carga L2 = 4 000,01 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	2 000,01	5	0	4 000,01	6	-1
2	2 000,01	5	0	4 000,01	6	-1
3	2 000,01	6	-1	4 000,02	6	9
4	2 000,01	5	0	4 000,02	5	10
5	2 000,01	5	0	4 000,02	5	10
6	2 000,01	5	0	4 000,02	6	9
7	2 000,02	6	9	4 000,02	6	9
8	2 000,01	5	0	4 000,02	6	9
9	2 000,01	6	-1	4 000,02	5	10
10	2 000,01	5	0	4 000,02	5	10
	Diferencia Máxima		10	Diferencia Máxima		11
	Error Máximo Permissible		± 300	Error Máximo Permissible		± 300

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de las cargas

Temperatura Inicial Final
27,4 °C 27,4 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		0,10	5	0		1 300,00	5	0	0
2		0,10	5	0		1 300,02	6	19	19
3	0,10 g	0,10	5	0	1 300,00	1 300,01	6	9	9
4		0,10	5	0		1 300,00	5	0	0
5		0,10	5	0		1 299,99	5	-10	-10
		Error máximo permisible							± 200

* Valor entre 0 y 10e



METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LM - 203 - 2017

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura Inicial Final
27,4 °C 27,4 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,10	0,10	5	0						
0,50	0,50	5	0	0	0,51	5	10	10	100
1,00	1,00	5	0	0	1,00	6	-1	-1	100
10,00	10,00	6	-1	-1	10,01	7	8	8	100
50,00	50,00	6	-1	-1	50,01	7	8	8	100
100,00	100,00	6	-1	-1	100,01	7	8	8	100
500,00	500,01	7	8	8	500,01	6	9	9	200
1 000,00	1 000,01	7	8	8	1 000,01	6	9	9	200
2 000,00	2 000,02	6	19	19	2 000,01	8	7	7	300
3 000,00	3 000,02	7	18	18	3 000,02	8	17	17	300
4 100,01	4 100,02	7	8	8	4 100,02	7	8	8	300

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
 l: Indicación de la balanza. E: Error encontrado E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{ (0,0000485 \text{ g}^2 + 0,000000000230 \text{ R}^2) }^2$

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,00000864 \text{ R}$



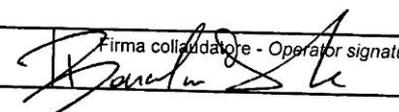
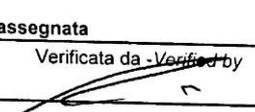
12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

Anexo 12: Certificado de calibración de máquina de compresión de 50 KN.

CONTROLS		VERIFICA MACCHINA DI COMPRESSIONE COMPRESSION TESTING MACHINE				CERT.Nr. 5035/2016	
Cliente <i>Client</i>		GEOMECANICA LATINA		Indirizzo <i>Site address</i>			
Costruttore <i>Costomer</i>	CONTROLS	Modello <i>Model</i>	P0375 T1182	Matricola <i>Serial no</i>	16005809 16000467	Carico max <i>Max Load</i>	50kN
Carico misurato con-Load measured by		Scala-Ranges	Risol.-Resol.	Carico min.ver.-Lower limit	Mat.-Serial no.		
Indicat. Manometrico - Manometer indicator							
Dispaly dig. - Digital dis.		0-50kN	0,001	4kN	16000467		
Altri - Others							
Verificata con-Verified with		Scala-Ranges	Certificato n°-Certificate no.	Valid.-Validity	Mat.-Serial no.		
Dinamometri electr. - Force transducer		0-50 kN	Bon-50/16	gen-17	A.40.01.002		
Centralina digitale-Digital electronic tester			Bon-50/16	gen-17	A.40.02.008		
Manometri-Manometers							
Anelli di prova-Proving rings							
Verificata secondo		L.Q.P1 rev.2		Carico ver. da	4 kN a	50kN	
Conform to		Uscite centralina (divisioni) Output digital electronic tester (division)		Load verified from	to		
Forza Load		Ciclo-Cycles 1	Ciclo-Cycles 2	Ciclo-Cycles 3	Temperatura Temperature	20 °C °C	
kN					Memo		
0	0	0	0	0	Calcolo forze misurate/Calculation of measured forces		
4	16421	16410	16412		$F_i = C+D*(U_i-U_0)+E*(U_i-U_0)^2+F*(U_i-U_0)^3$		
6	24631	24600	24607		Accuratezza/Accuracy		
8	32850	32783	32832		Ripetibilità/Repeatability		
10	41067	40978	40961		$A_i = \frac{F_i - M_i}{M_i} * 100$		
20	82144	82004	81984		$R_i = \frac{F_{max} - F_{min}}{M_i} * 100$		
30	123375	123274	123234		Media/Media		
40	164850	164737	164669		$M_i = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{3}$		
50	207047	206680	206997		3		
F _n	U ₁	U ₂	U ₃	Max			
Zero	0	0	0	0			
ELABORAZIONE DATI - DATA ELABORATION							
Coefficients dell'equazione del dinamometro - Index of strain gauge equation							
C = 0,00000E+00		D = 2,43080E-04		E = 1,46181E-11		F = -1,04130E-16	
Forza Load	Forze Misurate Load measured			Media Media	Err. Accurat. Accuracy err.	Err. Ripetibilità Repeatab. err.	
kN	Ciclo-Cycles 1	Ciclo-Cycles 2	Ciclo-Cycles 3	kN	%	%	
0	0,0	0,0	0,0	0,0			
4	3,995	3,992	3,993	3,993	0,16	0,07	
6	5,995	5,987	5,989	5,990	0,16	0,13	
8	7,997	7,981	7,993	7,990	0,12	0,20	
10	10,000	9,978	9,974	9,984	0,16	0,26	
20	20,009	19,974	19,970	19,984	0,08	0,19	
30	30,017	29,993	29,983	29,997	0,01	0,11	
40	40,003	39,975	39,959	39,979	0,05	0,11	
50	50,031	49,945	50,020	49,999	0,00	0,17	
F _n	F ₁	F ₂	F ₃	M	A	R	
LIMITI DI CLASSE - FORCE SCALE TOLERANCES							
Classe-Class	Err. accurat. Accuracy err.	Err. ripetibilità Repeatab. err.	Ritorno a 0 Zero error	Risoluzione Resolution			
	%	%	% F.S.	%			
1	1	1	0,2	0,5			
2	2	2	0,4	1			
Campo di misura - Range		Da - From 4 kN		a - to 50kN			
0,16		0,26		0,03 Classe assegnata			
Campo di misura - Range		Da - From		a - to			
				Classe assegnata			
Data - Date	Firma collaudatore - Operator signature			Verificata da - Verified by			
14-lug-16							

Anexo 13: Certificado de caracterización de agregados y ensayos de absorción, permeabilidad y compresión



CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIO

Solicitante: Nixon Brayan Peche Melo
Solicitante: Universidad Privada del Norte
Tesis: *“Influencia de la dosificación, el porcentaje y tipo de impermeabilizante sobre la absorción, permeabilidad y compresión en morteros de enlucido”*
DNI: 70615775
Asesor: Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro.

1. **MUESTRA:**

Especímenes:

576 probetas cúbicas de 5cm de ancho por 5cm de largo y 5cm de altura.

Edad de Especímenes: 28 días

Muestreo: realizado por tesista.

2. **ENSAYOS A APLICAR**

- a. **NTP 334.051:** Elaboración y curado de probetas cúbicas de mortero (ASTM C109)
- b. **NTP 339.034:** Ensayo de resistencia a compresión (ASTM C642)
- c. **ASTM C642:** Ensayo de absorción
- d. **ASTM 1701:** Ensayo de permeabilidad

3. **PARÁMETROS DEL EQUIPO:** Se considera un error de $\pm 0.5\%$

Modo	Unidades	Velocidad de Carga
Mode I: Compresión	SI	2.90 KN/seg

4. **PARÁMETROS DE LAS MUESTRAS**

Muestras	Forma	Fecha			Superficie
		Conformado	Rotura	Tiempo de curado (días)	
576	Cúbica	05 de Enero	02 de Febrero	28	Capping con azufre

Jefe de Laboratorio:

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo, 15 de Marzo del 2018

Anexo 14: Caracterización del agregado fino

Granulometría:

Tabla 40: Granulometría del agregado fino - Muestra 1.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso de Tamiz (g)	Peso de Tamiz + peso retenido (g)	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Peso retenido acumulado	% Que pasa
N°3/4"	19.00	558.02	558.02	0.00	0.00	0.00	100
N°1/2"	12.50	542.07	542.07	0.00	0.00	0.00	100
N°3/8"	9.50	544.65	544.65	0.00	0.00	0.00	100
N°4	4.75	508.82	508.82	0.00	0.00	0.00	100
N°8	2.36	490.03	490.03	0.00	0.00	0.00	100
N°16	1.18	412.00	412	0.00	0.00	0.00	100
N°30	0.60	402.93	402.93	0.00	0.00	0.00	100
N°50	0.30	370.00	382.48	12.48	2.50	2.50	98
N°100	0.15	345.75	746.04	400.29	80.07	82.57	17
N°200	0.08	299.98	382	82.02	16.41	98.98	1
Fondo	0.00	369.93	375.05	5.12	1.02	100.00	0
Peso tamizado (g) =				499.91	100.00		

Tabla 41: Granulometría del agregado fino - Muestra 2.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso de Tamiz (g)	Peso de Tamiz + peso retenido (g)	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Peso retenido acumulado	% Que pasa
N°3/4"	19.00	558.02	558.02	0.00	0.00	0.00	100
N°1/2"	12.50	542.07	542.07	0.00	0.00	0.00	100
N°3/8"	9.50	544.65	544.65	0.00	0.00	0.00	100
N°4	4.75	508.82	508.82	0.00	0.00	0.00	100
N°8	2.36	490.03	490.03	0.00	0.00	0.00	100
N°16	1.18	412.00	412	0.00	0.00	0.00	100
N°30	0.60	402.93	402.93	0.00	0.00	0.00	100
N°50	0.30	370.00	385.08	15.08	3.02	3.02	97
N°100	0.15	345.75	757.46	411.71	82.36	85.37	15
N°200	0.08	299.98	372.05	72.07	14.42	99.79	0
Fondo	0.00	369.93	371.05	1.12	0.22	100.01	0
Peso tamizado (g) =				499.98	100.00		

Tabla 42: Granulometría del agregado fino - Muestra 3.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso de Tamiz (g)	Peso de Tamiz + peso retenido (g)	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% Peso retenido acumulado	% Que pasa
N°3/4"	19.00	558.02	558.02	0.00	0.00	0.00	100
N°1/2"	12.50	542.07	542.07	0.00	0.00	0.00	100
N°3/8"	9.50	544.65	544.65	0.00	0.00	0.00	100
N°4	4.75	508.82	508.82	0.00	0.00	0.00	100
N°8	2.36	490.03	490.03	0.00	0.00	0.00	100
N°16	1.18	412.00	412	0.00	0.00	0.00	100
N°30	0.60	402.93	405.12	2.19	0.44	0.44	100
N°50	0.30	370.00	382.86	12.86	2.57	3.01	97
N°100	0.15	345.75	745.55	399.80	79.97	82.98	17
N°200	0.08	299.98	380	80.02	16.01	98.99	1
Fondo	0.00	369.93	375	5.07	1.01	100.01	0
Peso tamizado (g) =				499.94	100.00		

Módulo de Finura:

Tabla 43: Módulo de Finura del agregado fino.

Muestra	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Agregado Fino	0.85	0.88	0.86	0.87

Contenido de Humedad:

Tabla 44: Humedad del agregado fino.

Muestra	Código	Tara (g)	Tara + muestra natural (g)	Tara + muestra seca (g)	Peso de la muestra natural (g)	Peso de la muestra seca (g)	Humedad (%)
					(Ph)	(Ps)	W
Agregado Fino	A1	45.05	83.27	82.97	38.22	37.92	0.79
	A2	47.85	86.27	85.96	38.42	38.11	0.81
	A3	46.08	77.69	77.43	31.61	31.35	0.83
Promedio							0.81

Peso específico y absorción:

Tabla 45: Peso específico y absorción del agregado fino convencional.

Material	Número	Peso de la muestra seca al horno (gr) "A"	Peso de fiola + agua (gr) "B"	Peso de fiola + agua + muestra (gr) "C"	Peso de la muestra saturada (gr) "S"	% Absorción	Densidad seca (gr/cm ³)	Densidad saturada superficialmente seca (gr/cm ³)	Densidad aparente (gr/cm ³)
Agregado Fino	A1	486.83	670.11	967.21	500.15	2.74	2.398	2.46	2.57
	A2	490.21	669.36	966.38	499.16	1.83	2.425	2.47	2.54
	A3	488.97	669.83	970.45	499.87	2.23	2.454	2.51	2.60
					Promedio	2.26	2.43	2.48	2.57

Anexo 15: Ensayos Físicos

Tabla 46: Absorción con aditivo Chema líquido, r c/a: 1/3.

CHEMA, LÍQUIDO										
Dosificación			Peso sumergido (g)	Peso sumergido, promedio (g)	Peso saturado (g)	Peso saturado, promedio (g)	Peso seco (g)	Peso seco, promedio (g)	Absorción (%)	Absorción, promedio (%)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/3	0.5	0.00	156.86	153.74	299.47	298.31	276.48	274.26	8.32	8.8
			154.35		298.19		274.81		8.51	
			150.02		297.26		271.48		9.50	
		0.80	161.94	161.53	311.96	312.64	293.71	292.16	6.21	7.0
			161.48		313.07		294.09		6.45	
			161.18		312.89		288.68		8.39	
		1.10	164.20	163.43	312.77	313.62	296.24	295.63	5.58	6.1
			163.94		313.50		295.36		6.14	
			162.14		314.59		295.28		6.54	
		1.40	163.18	161.56	309.69	309.97	291.85	293.11	6.11	5.7
			161.15		310.31		293.21		5.83	
			160.34		309.91		294.27		5.31	
	1.60	162.10	162.98	307.89	314.93	295.80	295.06	4.09	6.7	
		161.89		316.82		294.77		7.48		
		164.95		320.09		294.62		8.65		
	0.6	0.00	156.86	153.74	305.47	298.54	278.48	273.59	9.69	9.1
			154.35		297.10		273.81		8.51	
			150.02		293.06		268.48		9.16	
		0.80	162.28	159.46	302.71	300.32	276.21	279.80	9.59	7.3
			156.01		298.86		280.83		6.42	
			160.08		299.40		282.35		6.04	
		1.10	153.44	154.31	302.31	298.44	280.67	280.44	7.71	6.4
			155.51		296.82		279.85		6.06	
			153.97		296.19		280.80		5.48	
1.40		146.47	148.18	286.83	289.09	272.08	272.19	5.42	6.2	
		148.67		291.16		272.64		6.79		
		149.41		289.29		271.86		6.41		
1.70	151.91	153.10	305.63	302.83	279.07	278.95	9.52	8.6		
	152.39		300.06		279.73		7.27			
	155.01		302.81		278.05		8.90			

Tabla 47: Absorción con aditivo Chema líquido, r c/a: 1/4.

Dosificación			Peso sumergido (g)	Peso sumergido, promedio (g)	Peso saturado (g)	Peso saturado, promedio (g)	Peso seco (g)	Peso seco, promedio (g)	Absorción (%)	Absorción, promedio (%)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/4	0.5	0.00	166.37	165.74	325.90	325.83	299.69	298.82	8.75	9.0
			166.04		326.73		299.22		9.19	
			164.82		324.86		297.54		9.18	
		0.80	156.86	153.74	292.61	291.76	271.61	272.23	7.73	7.2
			154.35		291.78		272.61		7.03	
			150.02		290.89		272.48		6.76	
		1.10	156.86	153.74	288.16	285.98	270.60	268.80	6.49	6.4
			154.35		290.45		267.41		8.62	
			150.02		279.32		268.40		4.07	
		1.40	156.86	153.74	288.44	289.88	274.78	273.02	4.97	6.2
			154.35		294.10		272.81		7.80	
			150.02		287.11		271.48		5.76	
	1.50	156.86	153.74	298.47	294.61	272.48	272.26	9.54	8.2	
		154.35		297.10		273.81		8.51		
		150.02		288.26		270.48		6.57		
	0.6	0.00	166.37	165.74	329.90	330.83	303.49	301.92	8.70	9.6
			166.04		335.73		303.62		10.58	
			164.82		326.86		298.64		9.45	
		0.80	154.60	153.06	295.98	295.83	274.83	274.81	7.70	7.7
			150.48		296.47		275.92		7.45	
			154.10		295.03		273.67		7.81	
		1.10	155.71	155.38	300.10	296.14	278.16	277.31	7.89	6.8
			155.43		292.14		277.04		5.45	
			155.00		296.17		276.72		7.03	
1.40		156.86	153.74	298.47	294.61	277.78	277.02	7.45	6.3	
		154.35		297.10		278.81		6.56		
		150.02		288.26		274.48		5.02		
1.50	146.87	149.28	288.04	291.70	263.29	268.38	9.40	8.7		
	151.21		295.02		270.40		9.11			
	149.77		292.04		271.46		7.58			

Tabla 48: Absorción con aditivo Sika líquido, r c/a: 1/3.

Dosificación			Peso sumergido (g)	Peso sumergido, promedio (g)	Peso saturado (g)	Peso saturado, promedio (g)	Peso seco (g)	Peso seco, promedio (g)	Absorción (%)	Absorción, promedio (%)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/3	0.5	0.00	156.86	153.74	299.47	298.31	276.48	274.26	8.32	8.8
			154.35		298.19		274.81		8.51	
			150.02		297.26		271.48		9.50	
		1.00	158.98	160.95	304.82	307.98	285.59	287.40	6.73	7.2
			160.75		308.35		287.95		7.08	
			163.12		310.76		288.67		7.65	
		1.30	157.82	159.90	306.92	309.42	289.65	291.55	5.96	6.1
			160.59		309.59		292.76		5.75	
			161.28		311.74		292.25		6.67	
		1.60	148.29	149.30	295.58	291.26	279.85	275.19	5.62	5.8
			149.70		286.59		272.06		5.34	
			149.90		291.60		273.66		6.56	
	1.90	149.83	149.66	289.67	289.63	269.81	268.51	7.36	7.9	
		148.83		289.39		269.43		7.41		
		150.32		289.83		266.29		8.84		
	0.6	0.00	156.86	153.74	305.47	298.54	278.48	273.59	9.69	9.1
			154.35		297.10		273.81		8.51	
			150.02		293.06		268.48		9.16	
		1.20	158.21	157.77	298.40	297.27	275.52	276.56	8.30	7.5
			158.08		296.32		277.17		6.91	
			157.03		297.08		277.00		7.25	
		1.50	154.60	153.06	295.98	295.16	278.83	277.07	6.15	6.5
			150.48		294.47		275.72		6.80	
			154.10		295.03		276.67		6.64	
1.80		155.71	155.38	296.10	296.64	278.26	279.14	6.41	6.3	
		155.43		296.64		279.44		6.16		
		155.00		297.17		279.72		6.24		
2.10	154.49	155.48	295.50	295.25	270.66	271.60	9.18	8.7		
	156.29		294.66		271.56		8.51			
	155.65		295.58		272.58		8.44			

Tabla 49: Absorción con aditivo Sika líquido, r c/a: 1/4.

Dosificación			Peso sumergido (g)	Peso sumergido, promedio (g)	Peso saturado (g)	Peso saturado, promedio (g)	Peso seco (g)	Peso seco, promedio (g)	Absorción (%)	Absorción, promedio (%)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/4	0.5	0.00	166.37	165.74	325.90	325.83	299.69	298.82	8.75	9.0
			166.04		326.73		299.22		9.19	
			164.82		324.86		297.54		9.18	
		0.70	153.12	152.53	284.14	287.92	268.18	268.20	5.95	7.4
			152.16		289.11		269.91		7.11	
			152.32		290.51		266.52		9.00	
		1.00	152.43	153.68	290.06	291.36	273.48	273.48	6.06	6.5
			155.71		291.56		273.34		6.67	
			152.90		292.45		273.61		6.89	
		1.30	154.61	150.71	290.61	290.02	272.50	273.09	6.65	6.2
			151.20		290.12		273.35		6.13	
			146.31		289.34		273.43		5.82	
	1.60	157.87	157.94	302.20	301.34	277.60	278.04	8.86	8.4	
		157.26		300.62		278.43		7.97		
		158.69		301.21		278.10		8.31		
	0.6	0.00	166.37	165.74	329.90	330.83	303.49	301.92	8.70	9.6
			166.04		335.73		303.62		10.58	
			164.82		326.86		298.64		9.45	
		0.90	147.55	147.16	290.59	289.94	270.10	269.02	7.59	7.8
			146.90		289.79		269.73		7.44	
			147.02		289.44		267.22		8.32	
		1.20	150.52	149.18	290.93	290.37	274.49	271.65	5.99	6.9
			149.87		290.63		269.41		7.88	
			147.15		289.55		271.06		6.82	
1.50		147.55	147.16	293.59	292.82	274.10	274.68	7.11	6.6	
		146.90		292.79		274.73		6.57		
		147.02		292.09		275.22		6.13		
1.80	142.08	141.00	280.64	280.68	256.35	257.85	9.48	8.9		
	139.98		281.33		259.38		8.46			
	140.95		280.07		257.81		8.63			

Tabla 50: Absorción con aditivo Sika polvo, r c/a: 1/3.

Dosificación			Peso sumergido (g)	Peso sumergido, promedio (g)	Peso saturado (g)	Peso saturado, promedio (g)	Peso seco (g)	Peso seco, promedio (g)	Absorción (%)	Absorción, promedio (%)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/3	0.5	0.00	156.86	153.74	299.47	298.31	276.48	274.26	8.32	8.8
			154.35		298.19		274.81		8.51	
			150.02		297.26		271.48		9.50	
		0.30	156.84	157.47	285.04	285.17	267.96	266.93	6.37	6.8
			157.36		284.28		266.93		6.50	
			158.21		286.18		265.89		7.63	
		0.60	152.04	154.74	294.01	293.99	277.35	277.24	6.01	6.0
			155.90		293.51		276.43		6.18	
			156.27		294.45		277.95		5.94	
		0.90	156.30	153.93	292.82	293.73	280.00	277.77	4.58	5.8
			152.82		293.90		275.14		6.82	
			152.66		294.48		278.17		5.86	
	1.20	153.20	154.80	286.65	286.96	265.45	266.53	7.99	7.7	
		158.59		290.12		267.39		8.50		
		152.60		284.10		266.75		6.50		
	0.6	0.00	156.86	153.74	305.47	298.54	278.48	273.59	9.69	9.1
			154.35		297.10		273.81		8.51	
			150.02		293.06		268.48		9.16	
		0.30	159.41	159.51	294.23	295.62	274.82	275.77	7.06	7.2
			158.35		297.00		275.45		7.82	
			160.76		295.63		277.03		6.71	
		0.60	159.47	156.98	305.65	303.72	285.68	285.73	6.99	6.3
			158.00		301.57		286.10		5.41	
			153.48		303.93		285.40		6.49	
0.90		150.96	151.88	297.36	296.36	280.45	279.38	6.03	6.1	
		154.60		296.67		279.23		6.25		
		150.07		295.04		278.46		5.95		
1.20	161.79	162.74	308.36	309.53	285.09	285.54	8.16	8.4		
	164.12		311.97		286.94		8.72			
	162.31		308.26		284.59		8.32			

Tabla 51: Absorción con aditivo Sika polvo, r c/a:1/4.

Dosificación			Peso sumergido (g)	Peso sumergido, promedio (g)	Peso saturado (g)	Peso saturado, promedio (g)	Peso seco (g)	Peso seco, promedio (g)	Absorción (%)	Absorción, promedio (%)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/4	0.5	0.00	166.37	165.74	325.90	325.83	299.69	298.82	8.75	9.0
			166.04		326.73		299.22		9.19	
			164.82		324.86		297.54		9.18	
		0.20	155.63	155.73	297.80	296.20	277.22	276.84	7.42	7.0
			153.60		294.62		276.65		6.50	
			157.97		296.19		276.64		7.07	
		0.50	154.07	152.39	293.40	292.81	276.84	275.65	5.98	6.2
			148.00		291.56		274.37		6.27	
			155.09		293.48		275.75		6.43	
		0.80	152.20	154.31	292.25	292.65	276.90	276.35	5.54	5.9
			155.97		292.78		276.07		6.05	
			154.76		292.92		276.07		6.10	
	1.10	156.20	155.28	293.88	294.88	273.18	272.97	7.58	8.0	
		156.89		294.90		272.68		8.15		
		152.74		295.85		273.05		8.35		
	0.6	0.00	166.37	165.74	329.90	330.83	303.49	301.92	8.70	9.6
			166.04		335.73		303.62		10.58	
			164.82		326.86		298.64		9.45	
		0.20	153.67	154.16	302.95	303.46	283.79	282.36	6.75	7.5
			155.75		307.21		282.89		8.60	
			153.05		300.21		280.39		7.07	
		0.50	149.62	150.43	292.01	291.85	273.46	273.71	6.78	6.6
			151.78		292.41		276.77		5.65	
			149.88		291.13		270.90		7.47	
0.80		142.60	146.56	287.64	289.21	270.95	271.87	6.16	6.4	
		147.06		287.70		271.69		5.89		
		150.01		292.30		272.96		7.09		
1.10	151.85	152.12	297.44	295.08	271.26	271.77	9.65	8.6		
	152.84		290.98		271.27		7.27			
	151.67		296.82		272.79		8.81			

Tabla 52: Absorción con aditivo Chema polvo, r c/a: 1/3.

Dosificación			Peso sumergido (g)	Peso sumergido, promedio (g)	Peso saturado (g)	Peso saturado, promedio (g)	Peso seco (g)	Peso seco, promedio (g)	Absorción (%)	Absorción, promedio (%)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/3	0.5	0.00	156.86	153.74	299.47	298.31	276.48	274.26	8.32	8.8
			154.35		298.19		274.81		8.51	
			150.02		297.26		271.48		9.50	
		0.30	142.38	145.82	261.91	264.84	242.25	248.31	8.12	6.7
			148.28		268.35		251.72		6.61	
			146.80		264.25		250.95		5.30	
		0.60	159.14	156.42	265.53	270.65	250.04	255.52	6.20	5.9
			153.11		270.53		255.63		5.83	
			157.00		275.90		260.90		5.75	
		0.90	157.88	156.80	299.99	299.68	283.60	283.79	5.78	5.6
			157.02		300.65		284.45		5.70	
			155.50		298.41		283.33		5.32	
	1.20	145.93	145.87	282.12	281.62	260.27	261.94	8.40	7.5	
		148.81		280.57		265.00		5.88		
		142.88		282.17		260.55		8.30		
	0.6	0.00	156.86	153.74	305.47	298.54	278.48	273.59	9.69	9.1
			154.35		297.10		273.81		8.51	
			150.02		293.06		268.48		9.16	
		0.30	161.96	159.06	308.73	307.80	288.91	287.46	6.86	7.1
			158.39		306.81		287.18		6.84	
			156.83		307.85		286.30		7.53	
		0.60	160.96	161.11	311.36	309.76	292.74	291.88	6.36	6.2
			163.37		309.14		296.76		4.17	
			158.99		308.79		286.14		7.92	
0.90		161.05	158.53	311.58	311.72	296.37	294.44	5.13	5.9	
		158.59		313.76		295.32		6.24		
		155.95		309.82		291.62		6.24		
1.20	162.69	159.59	310.36	310.49	289.00	286.92	7.39	8.2		
	157.40		312.05		285.56		9.28			
	158.67		309.07		286.20		7.99			

Tabla 53: Absorción con aditivo Chema polvo, r c/a: 1/4.

Dosificación			Peso sumergido (g)	Peso sumergido, promedio (g)	Peso saturado (g)	Peso saturado, promedio (g)	Peso seco (g)	Peso seco, promedio (g)	Absorción (%)	Absorción, promedio (%)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/4	0.5	0.00	166.37	165.74	325.90	325.83	299.69	298.82	8.75	9.0
			166.04		326.73		299.22		9.19	
			164.82		324.86		297.54		9.18	
		0.20	148.80	150.91	282.67	283.95	264.90	265.78	6.71	6.8
			151.26		286.19		265.99		7.59	
			152.66		283.00		266.45		6.21	
		0.50	157.00	155.72	298.36	295.44	278.80	278.53	7.02	6.1
			154.42		293.32		279.34		5.00	
			155.75		294.65		277.44		6.20	
		0.80	147.82	151.75	287.89	291.07	273.02	275.33	5.45	5.7
			153.77		294.95		278.40		5.94	
			153.65		290.38		274.56		5.76	
	1.10	154.73	153.91	298.67	299.53	277.53	277.63	7.62	7.9	
		156.62		300.50		277.43		8.32		
		150.38		299.43		277.93		7.74		
	0.6	0.00	166.37	165.74	329.90	330.83	303.49	301.92	8.70	9.6
			166.04		335.73		303.62		10.58	
			164.82		326.86		298.64		9.45	
		0.20	152.08	151.44	292.26	291.73	269.89	271.85	8.29	7.3
			151.20		290.00		270.86		7.07	
			151.04		292.93		274.80		6.60	
		0.50	156.95	155.16	290.88	291.59	273.62	273.82	6.31	6.5
			152.69		292.28		272.59		7.22	
			155.83		291.62		275.26		5.94	
0.80		154.20	156.81	296.54	298.51	278.46	281.15	6.49	6.2	
		158.43		299.74		282.61		6.06		
		157.81		299.25		282.39		5.97		
1.10		154.21	154.89	302.53	302.85	278.56	279.36	8.60	8.4	
		155.21		301.88		279.48		8.01		
		155.24		304.15		280.03		8.61		

Tabla 54: Permeabilidad con aditivo Chema, líquido, r c/a: 1/3.

Dosificación			Masa de agua Inicial (gr)	Masa de agua final (gr)	Masa de agua absorbida (gr)	Masa de agua absorbida (lb)	Tiempo (s)	Tasa de infiltración (pulgada/hora)	Tasa de infiltración (L/h/m ²)	Tasa de infiltración promedio (L/h/m ²)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/3	0.5	0	75.00	52.00	23.00	0.05	86400	0.07	1.9	2.0
			75.00	50.00	25.00	0.06	86400	0.08	2.1	
			75.00	51.00	24.00	0.05	86400	0.08	2.0	
		0.8	75.00	56.00	19.00	0.04	86400	0.06	1.6	1.6
			75.00	55.00	20.00	0.04	86400	0.06	1.6	
			75.00	56.00	19.00	0.04	86400	0.06	1.6	
		1.1	75.00	60.00	15.00	0.03	86400	0.05	1.2	1.2
			75.00	62.00	13.00	0.03	86400	0.04	1.1	
			75.00	60.00	15.00	0.03	86400	0.05	1.2	
		1.4	75.00	63.00	12.00	0.03	86400	0.04	1.0	0.9
			75.00	64.00	11.00	0.02	86400	0.04	0.9	
			75.00	64.00	11.00	0.02	86400	0.04	0.9	
	1.7	75.00	52.00	23.00	0.05	86400	0.07	1.9	1.8	
		75.00	53.00	22.00	0.05	86400	0.07	1.8		
		75.00	54.00	21.00	0.05	86400	0.07	1.7		
	0.6	0	75.00	46.00	29.00	0.06	86400	0.09	2.4	2.3
			75.00	47.00	28.00	0.06	86400	0.09	2.3	
			75.00	48.00	27.00	0.06	86400	0.09	2.2	
		0.8	75.00	51.00	24.00	0.05	86400	0.08	2.0	2.0
			75.00	52.00	23.00	0.05	86400	0.07	1.9	
			75.00	50.00	25.00	0.06	86400	0.08	2.1	
		1.1	75.00	58.00	17.00	0.04	86400	0.06	1.4	1.5
			75.00	57.00	18.00	0.04	86400	0.06	1.5	
			75.00	56.00	19.00	0.04	86400	0.06	1.6	
1.4		75.00	61.00	14.00	0.03	86400	0.05	1.2	1.2	
		75.00	62.00	13.00	0.03	86400	0.04	1.1		
		75.00	60.00	15.00	0.03	86400	0.05	1.2		
1.7	75.00	53.00	22.00	0.05	86400	0.07	1.8	1.8		
	75.00	52.00	23.00	0.05	86400	0.07	1.9			
	75.00	54.00	21.00	0.05	86400	0.07	1.7			

Tabla 55: Permeabilidad con aditivo Chema, líquido, r c/a: 1/4.

Dosificación			Masa de agua Inicial (gr)	Masa de agua final (gr)	Masa de agua absorbida (gr)	Masa de agua absorbida (lb)	Tiempo (s)	Tasa de infiltración (pulgada/hora)	Tasa de infiltración (L/h/m ²)	Tasa de infiltración promedio (L/h/m ²)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/4	0.5	0	75.00	48.00	27.00	0.06	86400	0.09	2.22	2.1
			75.00	50.00	25.00	0.06	86400	0.08	2.06	
			75.00	49.00	26.00	0.06	86400	0.08	2.14	
		0.6	75.00	53.00	22.00	0.05	86400	0.07	1.81	1.8
			75.00	54.00	21.00	0.05	86400	0.07	1.73	
			75.00	53.00	22.00	0.05	86400	0.07	1.81	
		0.9	75.00	58.00	17.00	0.04	86400	0.06	1.40	1.4
			75.00	59.00	16.00	0.04	86400	0.05	1.32	
			75.00	58.00	17.00	0.04	86400	0.06	1.40	
		1.2	75.00	63.00	12.00	0.03	86400	0.04	0.99	1.1
			75.00	62.00	13.00	0.03	86400	0.04	1.07	
			75.00	61.00	14.00	0.03	86400	0.05	1.15	
	1.5	75.00	55.00	20.00	0.04	86400	0.06	1.64	1.6	
		75.00	54.00	21.00	0.05	86400	0.07	1.73		
		75.00	56.00	19.00	0.04	86400	0.06	1.56		
	0.6	0	75.00	43.00	32.00	0.07	86400	0.10	2.63	2.6
			75.00	45.00	30.00	0.07	86400	0.10	2.47	
			75.00	42.00	33.00	0.07	86400	0.11	2.71	
		0.6	75.00	54.00	21.00	0.05	86400	0.07	1.73	1.7
			75.00	55.00	20.00	0.04	86400	0.06	1.64	
			75.00	54.00	21.00	0.05	86400	0.07	1.73	
		0.9	75.00	60.00	15.00	0.03	86400	0.05	1.23	1.3
			75.00	58.00	17.00	0.04	86400	0.06	1.40	
			75.00	59.00	16.00	0.04	86400	0.05	1.32	
1.2		75.00	61.00	14.00	0.03	86400	0.05	1.23	1.2	
		75.00	62.00	13.00	0.03	86400	0.04	1.07		
		75.00	61.00	14.00	0.03	86400	0.05	1.15		
1.5	75.00	56.00	19.00	0.04	86400	0.06	1.56	1.6		
	75.00	55.00	20.00	0.04	86400	0.06	1.64			
	75.00	57.00	18.00	0.04	86400	0.06	1.48			

Tabla 56: Permeabilidad con aditivo Chema, polvo, r c/a: 1/3.

Dosificación			Masa de agua Inicial (gr)	Masa de agua final (gr)	Masa de agua absorbida (gr)	Masa de agua absorbida (lb)	Tiempo (s)	Tasa de infiltración (pulgada/hora)	Tasa de infiltración (L/h/m ²)	Tasa de infiltración promedio (L/h/m ²)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/3	0.5	0	75.00	52.00	23.00	0.05	86400	0.07	1.89	2.0
			75.00	50.00	25.00	0.06	86400	0.08	2.06	
			75.00	51.00	24.00	0.05	86400	0.08	1.97	
		0.3	75.00	58.00	17.00	0.04	86400	0.06	1.40	1.4
			75.00	57.00	18.00	0.04	86400	0.06	1.48	
			75.00	58.00	17.00	0.04	86400	0.06	1.40	
		0.6	75.00	62.00	13.00	0.03	86400	0.04	1.07	1.0
			75.00	64.00	11.00	0.02	86400	0.04	0.90	
			75.00	62.00	13.00	0.03	86400	0.04	1.07	
		0.9	75.00	65.00	10.00	0.02	86400	0.03	0.82	0.8
			75.00	66.00	9.00	0.02	86400	0.03	0.74	
			75.00	66.00	9.00	0.02	86400	0.03	0.74	
	1.2	75.00	54.00	21.00	0.05	86400	0.07	1.73	1.6	
		75.00	55.00	20.00	0.04	86400	0.06	1.64		
		75.00	56.00	19.00	0.04	86400	0.06	1.56		
	0.6	0	75.00	46.00	29.00	0.06	86400	0.09	2.38	2.3
			75.00	47.00	28.00	0.06	86400	0.09	2.30	
			75.00	48.00	27.00	0.06	86400	0.09	2.22	
		0.3	75.00	53.00	22.00	0.05	86400	0.07	1.81	1.8
			75.00	54.00	21.00	0.05	86400	0.07	1.73	
			75.00	52.00	23.00	0.05	86400	0.07	1.89	
		0.6	75.00	60.00	15.00	0.03	86400	0.05	1.23	1.3
			75.00	59.00	16.00	0.04	86400	0.05	1.32	
			75.00	58.00	17.00	0.04	86400	0.06	1.40	
0.9		75.00	63.00	12.00	0.03	86400	0.04	0.99	1.0	
		75.00	64.00	11.00	0.02	86400	0.04	0.90		
		75.00	62.00	13.00	0.03	86400	0.04	1.07		
1.2	75.00	55.00	20.00	0.04	86400	0.06	1.64	1.6		
	75.00	54.00	21.00	0.05	86400	0.07	1.73			
	75.00	56.00	19.00	0.04	86400	0.06	1.56			

Tabla 57: Permeabilidad con aditivo Chema, polvo, r c/a: 1/4.

Dosificación			Masa de agua Inicial (gr)	Masa de agua final (gr)	Masa de agua absorbida (gr)	Masa de agua absorbida (lb)	Tiempo (s)	Tasa de infiltración (pulgada/hora)	Tasa de infiltración (L/h/m ²)	Tasa de infiltración promedio (L/h/m ²)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/4	0.5	0	75.00	48.00	27.00	0.06	86400	0.09	2.22	2.1
			75.00	50.00	25.00	0.06	86400	0.08	2.06	
			75.00	49.00	26.00	0.06	86400	0.08	2.14	
		0.2	75.00	55.00	20.00	0.04	86400	0.06	1.64	1.6
			75.00	56.00	19.00	0.04	86400	0.06	1.56	
			75.00	55.00	20.00	0.04	86400	0.06	1.64	
		0.5	75.00	60.00	15.00	0.03	86400	0.05	1.23	1.2
			75.00	61.00	14.00	0.03	86400	0.05	1.15	
			75.00	60.00	15.00	0.03	86400	0.05	1.23	
		0.8	75.00	65.00	10.00	0.02	86400	0.03	0.82	0.9
			75.00	64.00	11.00	0.02	86400	0.04	0.90	
			75.00	63.00	12.00	0.03	86400	0.04	0.99	
	1.1	75.00	57.00	18.00	0.04	86400	0.06	1.48	1.5	
		75.00	56.00	19.00	0.04	86400	0.06	1.56		
		75.00	58.00	17.00	0.04	86400	0.06	1.40		
	0.6	0	75.00	43.00	32.00	0.07	86400	0.10	2.63	2.6
			75.00	45.00	30.00	0.07	86400	0.10	2.47	
			75.00	42.00	33.00	0.07	86400	0.11	2.71	
		0.2	75.00	56.00	19.00	0.04	86400	0.06	1.56	1.5
			75.00	57.00	18.00	0.04	86400	0.06	1.48	
			75.00	56.00	19.00	0.04	86400	0.06	1.56	
		0.5	75.00	62.00	13.00	0.03	86400	0.04	1.07	1.2
			75.00	60.00	15.00	0.03	86400	0.05	1.23	
			75.00	61.00	14.00	0.03	86400	0.05	1.15	
0.8		75.00	63.00	12.00	0.03	86400	0.04	1.07	1.1	
		75.00	64.00	11.00	0.02	86400	0.04	1.15		
		75.00	63.00	12.00	0.03	86400	0.04	1.15		
1.1	75.00	58.00	17.00	0.04	86400	0.06	1.40	1.4		
	75.00	57.00	18.00	0.04	86400	0.06	1.48			
	75.00	59.00	16.00	0.04	86400	0.05	1.32			

Tabla 58: Permeabilidad con aditivo Sika, líquido, r c/a: 1/3.

Dosificación			Masa de agua Inicial (gr)	Masa de agua final (gr)	Masa de agua absorbida (gr)	Masa de agua absorbida (lb)	Tiempo (s)	Tasa de infiltración (pulgada/hora)	Tasa de infiltración (L/h/m ²)	Tasa de infiltración promedio (L/h/m ²)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/3	0.5	0	75.00	52.00	23.00	0.05	86400	0.07	1.9	2.0
			75.00	50.00	25.00	0.06	86400	0.08	2.1	
			75.00	51.00	24.00	0.05	86400	0.08	2.0	
		1.0	75.00	56.75	18.25	0.04	86400	0.06	1.5	1.5
			75.00	55.75	19.25	0.04	86400	0.06	1.6	
			75.00	56.75	18.25	0.04	86400	0.06	1.5	
		1.3	75.00	60.75	14.25	0.03	86400	0.05	1.2	1.1
			75.00	62.75	12.25	0.03	86400	0.04	1.0	
			75.00	60.75	14.25	0.03	86400	0.05	1.2	
		1.6	75.00	63.75	11.25	0.02	86400	0.04	0.9	0.9
			75.00	64.75	10.25	0.02	86400	0.03	0.8	
			75.00	64.75	10.25	0.02	86400	0.03	0.8	
	1.9	75.00	52.75	22.25	0.05	86400	0.07	1.8	1.7	
		75.00	53.75	21.25	0.05	86400	0.07	1.7		
		75.00	54.75	20.25	0.04	86400	0.07	1.7		
	0.6	0	75.00	46.00	29.00	0.06	86400	0.09	2.4	2.3
			75.00	47.00	28.00	0.06	86400	0.09	2.3	
			75.00	48.00	27.00	0.06	86400	0.09	2.2	
		1.2	75.00	51.75	23.25	0.05	86400	0.08	1.9	1.9
			75.00	52.75	22.25	0.05	86400	0.07	1.8	
			75.00	50.75	24.25	0.05	86400	0.08	2.0	
		1.5	75.00	58.75	16.25	0.04	86400	0.05	1.3	1.4
			75.00	57.75	17.25	0.04	86400	0.06	1.4	
			75.00	56.75	18.25	0.04	86400	0.06	1.5	
1.8		75.00	61.75	13.25	0.03	86400	0.04	1.1	1.1	
		75.00	62.75	12.25	0.03	86400	0.04	1.0		
		75.00	60.75	14.25	0.03	86400	0.05	1.2		
2.1	75.00	53.75	21.25	0.05	86400	0.07	1.7	1.7		
	75.00	52.75	22.25	0.05	86400	0.07	1.8			
	75.00	54.75	20.25	0.04	86400	0.07	1.7			

Tabla 59: Permeabilidad con aditivo Sika, líquido, r c/a: 1/4.

Dosificación			Masa de agua Inicial (gr)	Masa de agua final (gr)	Masa de agua absorbida (gr)	Masa de agua absorbida (lb)	Tiempo (s)	Tasa de infiltración (pulgada/hora)	Tasa de infiltración (L/h/m ²)	Tasa de infiltración promedio (L/h/m ²)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/4	0.5	0	75.00	48.00	27.00	0.06	86400	0.09	2.2	2.1
			75.00	50.00	25.00	0.06	86400	0.08	2.1	
			75.00	49.00	26.00	0.06	86400	0.08	2.1	
		0.7	75.00	53.75	21.25	0.05	86400	0.07	1.7	1.7
			75.00	54.75	20.25	0.04	86400	0.07	1.7	
			75.00	53.75	21.25	0.05	86400	0.07	1.7	
		1.0	75.00	58.75	16.25	0.04	86400	0.05	1.3	1.3
			75.00	59.75	15.25	0.03	86400	0.05	1.3	
			75.00	58.75	16.25	0.04	86400	0.05	1.3	
		1.3	75.00	63.75	11.25	0.02	86400	0.04	0.9	1.0
			75.00	62.75	12.25	0.03	86400	0.04	1.0	
			75.00	61.75	13.25	0.03	86400	0.04	1.1	
	1.6	75.00	55.75	19.25	0.04	86400	0.06	1.6	1.6	
		75.00	54.75	20.25	0.04	86400	0.07	1.7		
		75.00	56.75	18.25	0.04	86400	0.06	1.5		
	0.6	0	75.00	43.00	32.00	0.07	86400	0.10	2.6	2.6
			75.00	45.00	30.00	0.07	86400	0.10	2.5	
			75.00	42.00	33.00	0.07	86400	0.11	2.7	
		0.9	75.00	54.75	20.25	0.04	86400	0.07	1.7	1.6
			75.00	55.75	19.25	0.04	86400	0.06	1.6	
			75.00	54.75	20.25	0.04	86400	0.07	1.7	
		1.2	75.00	60.75	14.25	0.03	86400	0.05	1.2	1.3
			75.00	58.75	16.25	0.04	86400	0.05	1.3	
			75.00	59.75	15.25	0.03	86400	0.05	1.3	
1.5		75.00	61.75	13.25	0.03	86400	0.04	1.2	1.2	
		75.00	62.75	12.25	0.03	86400	0.04	1.2		
		75.00	61.75	13.25	0.03	86400	0.04	1.1		
1.8	75.00	56.75	18.25	0.04	86400	0.06	1.5	1.5		
	75.00	55.75	19.25	0.04	86400	0.06	1.6			
	75.00	57.75	17.25	0.04	86400	0.06	1.4			

Tabla 60: Permeabilidad con aditivo Sika, polvo, r c/a: 1/3.

Dosificación			Masa de agua Inicial (gr)	Masa de agua final (gr)	Masa de agua absorbida (gr)	Masa de agua absorbida (lb)	Tiempo (s)	Tasa de infiltración (pulgada/hora)	Tasa de infiltración (L/h/m ²)	Tasa de infiltración promedio (L/h/m ²)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/3	0.5	0	75.00	52.00	23.00	0.05	86400	0.07	1.9	2.0
			75.00	50.00	25.00	0.06	86400	0.08	2.1	
			75.00	51.00	24.00	0.05	86400	0.08	2.0	
		0.3	75.00	57.50	17.50	0.04	86400	0.06	1.4	1.5
			75.00	56.50	18.50	0.04	86400	0.06	1.5	
			75.00	57.50	17.50	0.04	86400	0.06	1.4	
		0.6	75.00	61.50	13.50	0.03	86400	0.04	1.1	1.1
			75.00	63.50	11.50	0.03	86400	0.04	0.9	
			75.00	61.50	13.50	0.03	86400	0.04	1.1	
		0.9	75.00	64.50	10.50	0.02	86400	0.03	0.9	0.8
			75.00	65.50	9.50	0.02	86400	0.03	0.8	
			75.00	65.50	9.50	0.02	86400	0.03	0.8	
	1.2	75.00	53.50	21.50	0.05	86400	0.07	1.8	1.7	
		75.00	54.50	20.50	0.05	86400	0.07	1.7		
		75.00	55.50	19.50	0.04	86400	0.06	1.6		
	0.6	0	75.00	46.00	29.00	0.06	86400	0.09	2.4	2.3
			75.00	47.00	28.00	0.06	86400	0.09	2.3	
			75.00	48.00	27.00	0.06	86400	0.09	2.2	
		0.3	75.00	52.50	22.50	0.05	86400	0.07	1.9	1.9
			75.00	53.50	21.50	0.05	86400	0.07	1.8	
			75.00	51.50	23.50	0.05	86400	0.08	1.9	
		0.6	75.00	59.50	15.50	0.03	86400	0.05	1.3	1.4
			75.00	58.50	16.50	0.04	86400	0.05	1.4	
			75.00	57.50	17.50	0.04	86400	0.06	1.4	
0.9		75.00	62.50	12.50	0.03	86400	0.04	1.0	1.0	
		75.00	63.50	11.50	0.03	86400	0.04	0.9		
		75.00	61.50	13.50	0.03	86400	0.04	1.1		
1.2	75.00	54.50	20.50	0.05	86400	0.07	1.7	1.7		
	75.00	53.50	21.50	0.05	86400	0.07	1.8			
	75.00	55.50	19.50	0.04	86400	0.06	1.6			

Tabla 61: Permeabilidad con aditivo Sika, polvo, r c/a: 1/4.

Dosificación			Masa de agua Inicial (gr)	Masa de agua final (gr)	Masa de agua absorbida (gr)	Masa de agua absorbida (lb)	Tiempo (s)	Tasa de infiltración (pulgada/hora)	Tasa de infiltración (L/h/m ²)	Tasa de infiltración promedio (L/h/m ²)
c/a	a/c	% Aditivo								
1/4	0.5	0	75.00	48.00	27.00	0.06	86400	0.09	2.2	2.1
			75.00	50.00	25.00	0.06	86400	0.08	2.1	
			75.00	49.00	26.00	0.06	86400	0.08	2.1	
		0.2	75.00	54.50	20.50	0.05	86400	0.07	1.7	1.7
			75.00	55.50	19.50	0.04	86400	0.06	1.6	
			75.00	54.50	20.50	0.05	86400	0.07	1.7	
		0.5	75.00	59.50	15.50	0.03	86400	0.05	1.3	1.2
			75.00	60.50	14.50	0.03	86400	0.05	1.2	
			75.00	59.50	15.50	0.03	86400	0.05	1.3	
		0.8	75.00	64.50	10.50	0.02	86400	0.03	0.9	0.9
			75.00	63.50	11.50	0.03	86400	0.04	0.9	
			75.00	62.50	12.50	0.03	86400	0.04	1.0	
	1.1	75.00	56.50	18.50	0.04	86400	0.06	1.5	1.5	
		75.00	55.50	19.50	0.04	86400	0.06	1.6		
		75.00	57.50	17.50	0.04	86400	0.06	1.4		
	0.6	0	75.00	43.00	32.00	0.07	86400	0.10	2.6	2.6
			75.00	45.00	30.00	0.07	86400	0.10	2.5	
			75.00	42.00	33.00	0.07	86400	0.11	2.7	
		0.2	75.00	55.50	19.50	0.04	86400	0.06	1.6	1.6
			75.00	56.50	18.50	0.04	86400	0.06	1.5	
			75.00	55.50	19.50	0.04	86400	0.06	1.6	
		0.5	75.00	61.50	13.50	0.03	86400	0.04	1.1	1.2
			75.00	59.50	15.50	0.03	86400	0.05	1.3	
			75.00	60.50	14.50	0.03	86400	0.05	1.2	
0.8		75.00	62.50	12.50	0.03	86400	0.04	1.1	1.1	
		75.00	63.50	11.50	0.03	86400	0.04	1.2		
		75.00	62.50	12.50	0.03	86400	0.04	1.0		
1.1	75.00	57.50	17.50	0.04	86400	0.06	1.4	1.4		
	75.00	56.50	18.50	0.04	86400	0.06	1.5			
	75.00	58.50	16.50	0.04	86400	0.05	1.4			

Tabla 62: Resistencia a la compresión con aditivo Sika, polvo, r c/a:1/3.

Dosificación			Fuerza (N)	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Fuerza promedio (N)	Resistencia a compresión promedio (N/mm ²)	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)
c/a	a/c	% Aditivo					
1/3	0.5	0.00	47.06	18.82	46	19	189
			45.82	18.33			
			46.25	18.50			
		0.30	48.80	19.52	48	19	197
			47.95	19.18			
			48.30	19.32			
		0.60	50.20	20.08	50	20	205
			49.60	19.84			
			50.80	20.32			
		0.90	51.50	20.60	51	21	209
			50.90	20.36			
			51.60	20.64			
	1.20	48.80	19.52	50	20	203	
		50.80	20.32				
		49.45	19.78				
	0.6	0.00	42.06	16.82	41	17	169
			40.82	16.33			
			41.25	16.50			
		0.30	43.80	17.52	43	17	177
			42.95	17.18			
			43.30	17.32			
		0.60	45.20	18.08	45	18	184
			44.60	17.84			
			45.80	18.32			
0.90		46.50	18.60	46	19	189	
		45.90	18.36				
		46.60	18.64				
1.20	43.80	17.52	45	18	182		
	45.80	18.32					
	44.45	17.78					

Tabla 63: Resistencia a la compresión con aditivo Sika, polvo, r c/a:1/4.

Dosificación			Fuerza (N)	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Fuerza promedio (N)	Resistencia a compresión promedio (N/mm ²)	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)
c/a	a/c	% Aditivo					
1/4	0.5	0.00	37.06	14.82	36	15	148
			35.82	14.33			
			36.25	14.50			
		0.20	38.80	15.52	38	15	156
			37.95	15.18			
			38.30	15.32			
		0.50	40.20	16.08	40	16	164
			39.60	15.84			
			40.80	16.32			
		0.80	41.50	16.60	41	17	169
			40.90	16.36			
			41.60	16.64			
	1.10	38.80	15.52	40	16	162	
		40.80	16.32				
		39.45	15.78				
	0.6	0.00	32.06	12.82	31	13	128
			30.82	12.33			
			31.25	12.50			
		0.20	33.80	13.52	33	13	136
			32.95	13.18			
			33.30	13.32			
		0.50	35.20	14.08	35	14	144
			34.60	13.84			
			35.80	14.32			
0.80		36.50	14.60	36	15	148	
		35.90	14.36				
		36.60	14.64				
1.10	33.80	13.52	35	14	141		
	35.80	14.32					
	34.45	13.78					

Tabla 64: Resistencia a la compresión con aditivo Chema, liquido, r c/a: 1/3.

Dosificación			Fuerza (N)	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Fuerza promedio (N)	Resistencia a compresión promedio (N/mm ²)	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)
c/a	a/c	% Aditivo					
1/3	0.5	0.00	47.06	18.82	46	19	189
			45.82	18.33			
			46.25	18.50			
		1.00	48.30	19.32	48	19	195
			47.45	18.98			
			47.80	19.12			
		1.30	49.70	19.88	50	20	203
			49.10	19.64			
			50.30	20.12			
		1.60	51.00	20.40	51	20	207
			50.40	20.16			
			51.10	20.44			
	1.90	48.30	19.32	49	20	201	
		50.30	20.12				
		48.95	19.58				
	0.6	0.00	42.06	16.82	41	17	169
			40.82	16.33			
			41.25	16.50			
		1.20	43.30	17.32	43	17	175
			42.45	16.98			
			42.80	17.12			
		1.50	44.70	17.88	45	18	182
			44.10	17.64			
			45.30	18.12			
1.80		46.00	18.40	46	18	187	
		45.40	18.16				
		46.10	18.44				
2.10	43.30	17.32	44	18	180		
	45.30	18.12					
	43.95	17.58					

Tabla 65: Resistencia a la compresión con aditivo Chema, liquido, r c/a: 1/4.

Dosificación			Fuerza (N)	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Fuerza promedio (N)	Resistencia a compresión promedio (N/mm ²)	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)
c/a	a/c	% Aditivo					
1/4	0.5	0.00	37.06	14.82	36	15	148
			35.82	14.33			
			36.25	14.50			
		0.70	38.30	15.32	38	15	154
			37.45	14.98			
			37.80	15.12			
		1.00	39.70	15.88	40	16	162
			39.10	15.64			
			40.30	16.12			
		1.30	41.00	16.40	41	16	166
			40.40	16.16			
			41.10	16.44			
	1.60	38.30	15.32	39	16	160	
		40.30	16.12				
		38.95	15.58				
	0.6	0.00	32.06	12.82	31	13	128
			30.82	12.33			
			31.25	12.50			
		0.90	33.30	13.32	33	13	134
			32.45	12.98			
			32.80	13.12			
		1.20	34.70	13.88	35	14	141
			34.10	13.64			
			35.30	14.12			
1.50		36.00	14.40	36	14	146	
		35.40	14.16				
		36.10	14.44				
1.80	33.30	13.32	34	14	139		
	35.30	14.12					
	33.95	13.58					

Tabla 66: Resistencia a la compresión con aditivo Chema, polvo, r c/a: 1/3.

Dosificación			Fuerza (N)	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Fuerza promedio (N)	Resistencia a compresión promedio (N/mm ²)	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)
c/a	a/c	% Aditivo					
1/3	0.5	0.00	47.06	18.82	46	19	189
			45.82	18.33			
			46.25	18.50			
		0.30	49.30	19.72	49	20	199
			48.45	19.38			
			48.80	19.52			
		0.60	50.70	20.28	51	20	207
			50.10	20.04			
			51.30	20.52			
		0.90	52.00	20.80	52	21	211
			51.40	20.56			
			52.10	20.84			
	1.20	49.30	19.72	50	20	205	
		51.30	20.52				
		49.95	19.98				
	0.6	0.00	42.06	16.82	41	17	169
			40.82	16.33			
			41.25	16.50			
		0.30	44.30	17.72	44	18	179
			43.45	17.38			
			43.80	17.52			
		0.60	45.70	18.28	46	18	186
			45.10	18.04			
			46.30	18.52			
0.90		47.00	18.80	47	19	191	
		46.40	18.56				
		47.10	18.84				
1.20	44.30	17.72	45	18	184		
	46.30	18.52					
	44.95	17.98					

Tabla 67: Resistencia a la compresión con aditivo Chema, polvo, r c/a: 1/4.

Dosificación			Fuerza (N)	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Fuerza promedio (N)	Resistencia a compresión promedio (N/mm ²)	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)
c/a	a/c	% Aditivo					
1/4	0.5	0.00	37.06	14.82	36	15	148
			35.82	14.33			
			36.25	14.50			
		0.20	39.30	15.72	39	16	158
			38.45	15.38			
			38.80	15.52			
		0.50	40.70	16.28	41	16	166
			40.10	16.04			
			41.30	16.52			
		0.80	42.00	16.80	42	17	171
			41.40	16.56			
			42.10	16.84			
	1.10	39.30	15.72	40	16	164	
		41.30	16.52				
		39.95	15.98				
	0.6	0.00	32.06	12.82	31	13	128
			30.82	12.33			
			31.25	12.50			
		0.20	34.30	13.72	34	14	138
			33.45	13.38			
			33.80	13.52			
		0.50	35.70	14.28	36	14	146
			35.10	14.04			
			36.30	14.52			
0.80		37.00	14.80	37	15	150	
		36.40	14.56				
		37.10	14.84				
1.10	34.30	13.72	35	14	143		
	36.30	14.52					
	34.95	13.98					

Tabla 68: Resistencia a la compresión con aditivo Sika, liquido, r c/a: 1/3.

Dosificación			Fuerza (N)	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Fuerza promedio (N)	Resistencia a compresión promedio (N/mm ²)	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)
c/a	a/c	% Aditivo					
1/3	0.5	0.00	47.06	18.82	46	19	189
			45.82	18.33			
			46.25	18.50			
		0.80	47.80	19.12	47	19	193
			46.95	18.78			
			47.30	18.92			
		1.10	49.20	19.68	49	20	201
			48.60	19.44			
			49.80	19.92			
		1.40	50.50	20.20	50	20	205
			49.90	19.96			
			50.60	20.24			
	1.60	47.80	19.12	49	19	199	
		49.80	19.92				
		48.45	19.38				
	0.6	0.00	42.06	16.82	41	17	169
			40.82	16.33			
			41.25	16.50			
		0.80	42.80	17.12	42	17	173
			41.95	16.78			
			42.30	16.92			
		1.10	44.20	17.68	44	18	180
			43.60	17.44			
			44.80	17.92			
1.40		45.50	18.20	45	18	185	
		44.90	17.96				
		45.60	18.24				
1.70	42.80	17.12	44	17	178		
	44.80	17.92					
	43.45	17.38					

Tabla 69: Resistencia a la compresión con aditivo Sika, liquido, r c/a: 1/4.

Dosificación			Fuerza (N)	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Fuerza promedio (N)	Resistencia a compresión promedio (N/mm ²)	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)
c/a	a/c	% Aditivo					
1/4	0.5	0.00	37.06	14.82	36	15	148
			35.82	14.33			
			36.25	14.50			
		0.80	37.80	15.12	37	15	152
			36.95	14.78			
			37.30	14.92			
		1.10	39.20	15.68	39	16	160
			38.60	15.44			
			39.80	15.92			
		1.40	40.50	16.20	40	16	164
			39.90	15.96			
			40.60	16.24			
	1.50	37.80	15.12	39	15	158	
		39.80	15.92				
		38.45	15.38				
	0.6	0.00	32.06	12.82	31	13	128
			30.82	12.33			
			31.25	12.50			
		0.80	32.80	13.12	32	13	132
			31.95	12.78			
			32.30	12.92			
		1.10	34.20	13.68	34	14	139
			33.60	13.44			
			34.80	13.92			
1.40		35.50	14.20	35	14	144	
		34.90	13.96				
		35.60	14.24				
1.50	32.80	13.12	34	13	137		
	34.80	13.92					
	33.45	13.38					

Anexo 15: Presupuesto para mortero de enlucido con y sin aditivo impermeabilizante.

Aporte unitario de materiales para un m² de muro de albañilería de sogá con junta de 1.5 cm de mortero

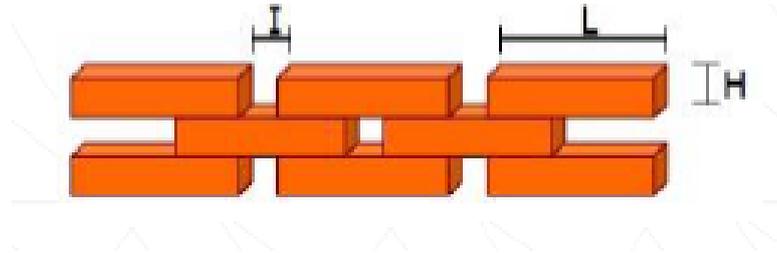


Figura 34: Muro de albañilería de sogá.

Dimensiones del ladrillo king kong 18 huecos: 9 cm x 12.5 cm x 23 cm

- Cálculo de la cantidad de ladrillos para un m² de muro de sogá con junta de 1.5 cm de mortero:

$$CL = \frac{1}{(L + I) \times (H + I)}$$

Donde:

CL = Cantidad de ladrillos por m².

L = Longitud del ladrillo (m).

H = Altura del ladrillo (m).

I = Espesor de junta (m).

$$CL = \frac{1}{(0.23 + 0.015) \times (0.09 + 0.015)} = 39 \text{ und.} + 5\% \text{ de desperdicios} = 41 \text{ und.}$$

- Cálculo de la cantidad de mortero de asentado (m³) para un m² de muro de sogá con junta de 1.5 cm de mortero:

$$V_{mo} = V_{mu} - V_{la}$$

Donde:

V_{mo} = Cantidad de mortero. (m³/m²)

V_{mu} = Volumen de muro. (m³/m²)

V_{la} = Volumen del ladrillo. (m³/m²)

$$V_{mo} = 1 \times 1 \times 0.125 - 39 \times 0.09 \times 0.125 \times 0.23 = 0.0244 \text{ m}^3/\text{m}^2 + 5\% \text{ de desperdicios} = 0.0256 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$V_{mo} = 0.0256 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

14.2. Análisis de costos unitarios para mortero sin aditivo impermeabilizante:

MURO LADRILLO KING KONG 18 HUECOS DE SOGA, JUNTA 1.5 CM MEZCLA C:A 1:4						
m2/DIA	MO. 7.5000	EQ. 7.5000	Costo unitario directo por : m2			60.74
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.1067	24.08	2.57	
OPERARIO	hh	1.0000	1.0667	20.07	21.41	
PEON	hh	0.5000	0.5333	14.81	7.90	
					31.88	
Materiales						
ARENA GRUESA	m3		0.0256	25.34	0.65	
CEMENTO PORTLAND lco (42.5 kg)	bol		0.2278	22.00	5.01	
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X12.5X23 cm	mll		0.0410	526.21	21.57	
AGUA	m3		0.0078	5.68	0.04	
					27.27	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	31.88	1.59	
					1.59	

TARRAJEO DE MURO SIN ADITIVO IMPERMEABILIZANTE						
m2/DIA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2			57.62
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	24.08	2.41	
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	20.07	20.07	
PEON	hh	0.5000	0.5000	14.81	7.41	
					29.89	
Materiales						
ARENA FINA	m3		0.1184	40.00	4.74	
CEMENTO PORTLAND lco (42.5 kg)	bol		0.3614	22.00	7.95	
AGUA	m3		0.0077	5.68	0.04	
					12.73	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	29.89	1.49	
REGLA DE ALUMINIO	und		0.3860	35.00	13.51	
					15.00	

PICADO Y DEMOLICION DE MURO DE ALBANILERIA						
m2/DIA	MO. 7.5000	EQ. 7.5000	Costo unitario directo por : m2			30.80
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
PEON	hh	1.0000	1.0667	14.81	15.80	
					15.80	
Equipos						
COMBO	und		1.0000	10.00	10.00	
SINCEL	und		1.0000	5.00	5.00	
					15.00	

14.2. Análisis de costos unitarios para mortero con aditivo impermeabilizante:

MURO LADRILLO KING KONG 18 HUECOS DE SOGA, JUNTA 1.5 CM MEZCLA C:A 1:4						
m2/DIA	MO. 7.5000	EQ. 7.5000	Costo unitario directo por : m2			60.74
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.1067	24.08	2.57	
OPERARIO	hh	1.0000	1.0667	20.07	21.41	
PEON	hh	0.5000	0.5333	14.81	7.90	
					31.88	
Materiales						
ARENA GRUESA	m3		0.0256	25.34	0.65	
CEMENTO PORTLAND Ico (42.5 kg)	bol		0.2278	22.00	5.01	
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X12.5X23 cm	mll		0.0410	526.21	21.57	
AGUA	m3		0.0078	5.68	0.04	
					27.27	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	31.88	1.59	
					1.59	
TARRAJEO DE MUROS CON ADITIVO IMPERMEABILIZANTE						
m2/DIA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2			63.02
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	24.08	2.41	
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	20.07	20.07	
PEON	hh	0.5000	0.5000	14.81	7.41	
					29.89	
Materiales						
ARENA FINA	m3		0.1184	40.00	4.74	
CEMENTO PORTLAND Ico (42.5 kg)	bol		0.3614	22.00	7.95	
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE CHEMA 1 EN POLVO	bol		1.0000	5.40	5.40	
AGUA	m3		0.0077	5.68	0.04	
					18.13	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	29.89	1.49	
REGLA DE ALUMINIO	und		0.3860	35.00	13.51	
					15.00	
TARRAJEO DE MUROS CON ADITIVO IMPERMEABILIZANTE						
m2/DIA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2			62.92
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	24.08	2.41	
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	20.07	20.07	
PEON	hh	0.5000	0.5000	14.81	7.41	
					29.89	
Materiales						
ARENA FINA	m3		0.1184	40.00	4.74	
CEMENTO PORTLAND Ico (42.5 kg)	bol		0.3614	22.00	7.95	
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE SIKA 1 EN POLVO	bol		1.0000	5.40	5.30	
AGUA	m3		0.0077	5.68	0.04	
					18.13	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	29.89	1.49	
REGLA DE ALUMINIO	und		0.3860	35.00	13.51	
					15.00	

TARRAJEO DE MUROS CON ADITIVO IMPERMEABILIZANTE						
m2/DIA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m2			78.62
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	24.08	2.41	
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	20.07	20.07	
PEON	hh	0.5000	0.5000	14.81	7.41	
					29.89	
Materiales						
ARENA FINA	m3		0.1184	40.00	4.74	
CEMENTO PORTLAND Ico (42.5 kg)	bol		0.3614	22.00	7.95	
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE CHEMA 1 LÍQUIDO	bol		1.0000	5.40	21.00	
AGUA	m3		0.0077	5.68	0.04	
					18.13	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	29.89	1.49	
REGLA DE ALUMINIO	und		0.3860	35.00	13.51	
					15.00	