



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA:

“CORRELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICO-
MECÁNICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PORTLAND Y EL
MORTERO DE CAL ESTABILIZADO CON ALMIDÓN DE
ARROZ.”

AUTOR: PICO SÁNCHEZ VICTOR ALEJANDRO

TUTOR: ING. Msc. FAVIO PORTILLA

Ambato – Ecuador

2020

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Certifico que el presente trabajo experimental realizado bajo el tema: "CORRELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PORTLAND Y EL MORTERO DE CAL ESTABILIZADO CON ALMIDÓN DE ARROZ", realizado por el Sr. Victor Alejandro Pico Sánchez, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, se desarrolló bajo mi tutoría, el cual se ha concluido de manera satisfactoria.

Ambato, Enero 2020

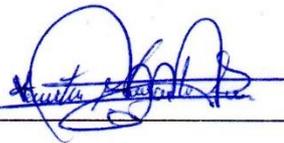


Ing. M.Sc. Favio Portilla

TUTOR DE TESIS

El contenido del presente trabajo experimental bajo el tema: "CORRELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PORTLAND Y EL MORTERO DE CAL ESTABILIZADO CON ALMIDÓN DE ARROZ" es de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Enero 2020



Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez

C.I. 1804420899

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución. Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo Experimental dentro de las regulaciones de la Universidad siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Enero 2020

Autor

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Victor Alejandro Pico Sánchez", written over a horizontal line.

Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez

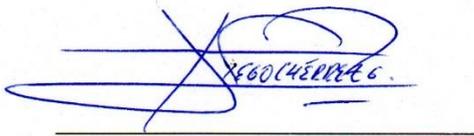
C.I. 1804420899

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación sobre el tema: “CORRELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PORTLAND Y EL MORTERO DE CAL ESTABILIZADO CON ALMIDÓN DE ARROZ”, del egresado Victor Alejandro Pico Sánchez, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ambato, Enero 2020

Para constancia firman

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "DIEGO CHÉREZ", written over a horizontal line.

Ing. Mg. Diego Chérrez

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "GALO NÚÑEZ", written over a horizontal line.

Ing. Mg. Galo Núñez

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mi madre María Elena Sánchez, por ser madre y padre a la vez dándome el apoyo incondicional para alcanzar las metas hasta este punto en mi vida, quien me brindó su mano para seguir adelante a pesar de las adversidades que hemos pasado, quien veló por mi bienestar para poder ser una buena persona y un buen profesional, a quien amo con mi vida y le debo todo lo que he llegado a ser.

Victor P. Sánchez

AGRADECIMIENTOS

A mí amada MADRE quien me dio su apoyo incondicional para culminar la carrera.

A mis ABUELITOS por apoyarme moralmente en la carrera.

A mi PRIMO, Bladimir por apoyarme de forma incondicional para culminar la carrera.

A mis Tíos Iván Sánchez, Alba Sánchez y Oscar Sánchez por apoyarme para terminar la carrera.

A mi familia por estar siempre al pendiente de mí, para que pueda salir adelante como un profesional universitario.

Mi especial agradecimiento a mi tutor Ing. Favio Portilla por el compromiso, profesionalismo y por brindarme la guía para el trabajo de titulación.

A mi amigo Juan Carlos Claudio por ayudarme a buscar un tema de tesis.

A mis amigos Jimmy Macas, Fabricio Chicaiza y Xavier Guilcazo por brindarme su apoyo incondicional durante la carrera.

A mi PRIMO, Lenin Lascano (+) por sus consejos para crecer como persona y ser un buen profesional.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
RESUMEN EJECUTIVO	XVII

B. TEXTO

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación.....	2
1.1.3. Fundamentación Teórica.....	5
1.1.3.1. Agregados o áridos	5
1.1.3.1.1. Tipología de los agregados	5
1.1.3.1.2. Agregados gruesos o gravas	6
1.1.3.1.3. Agregados finos o arenas.....	6
1.1.3.2. Propiedades físicas de los agregados.....	7
1.1.3.2.1. Granulometría	7
1.1.3.2.2. Densidad y Absorción.....	9
1.1.3.2.3. Contenido de humedad	9
1.1.3.3. Agua de amasado.....	9
1.1.3.4. Cal.....	10
1.1.3.4.1. Tipos de cal.....	10
1.1.3.4.2. Proceso de Fabricación de la Cal.....	12
1.1.3.5. Cemento.....	15
1.1.3.6. Mortero	16
1.1.3.6.1. Tipos de morteros	17
1.1.3.6.2. Propiedades físicas del Mortero fresco.....	24
1.1.3.6.2.1. Consistencia.....	24

1.1.3.6.2.2.	Trabajabilidad	26
1.1.3.6.2.3.	Densidad en estado fresco.....	26
1.1.3.6.2.4.	Adherencia.....	27
1.1.3.6.2.5.	Capacidad de retención de agua.....	27
1.1.3.6.3.	Propiedades físicas del Mortero endurecido	28
1.1.3.6.3.1.	Resistencia a la compresión.....	28
1.1.3.6.3.2.	Retracción	28
1.1.3.6.3.3.	Absorción de agua	30
1.1.3.6.3.4.	Densidad en estado endurecido.....	31
1.1.3.6.4.	Propiedades químicas de un mortero	31
1.1.3.7.	Aditivos químicos para mezclas.....	32
1.1.3.8.	Aditivos naturales para mezclas	34
1.1.3.9.	Mampostería.....	34
1.1.3.10.	Correlaciones simples y múltiples.....	36
1.1.4.	Hipótesis.....	38
1.2.	Objetivos.....	38
1.2.1.	Objetivo General	38
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	38
CAPÍTULO II		39
METODOLOGÍA		39
2.1.	Niveles de Investigación.....	39
2.2.	Materiales y Equipos	42
2.2.1.	Equipos.....	42
2.2.1.1.	Balanza	42
2.2.1.2.	Tamices.....	42
2.2.1.3.	Matraz aforado.....	43
2.2.1.4.	Moldes de las probetas	44
2.2.1.5.	Máquina para ensayo de compresión	45
2.2.2.	Materiales.....	46
2.2.2.1.	Agua	46
2.2.2.2.	Cal.....	46
2.2.2.3.	Arena	46
2.2.2.4.	Aditivo Natural (Almidón de arroz).....	48
2.2.2.5.	Cemento.....	48

2.3.	Métodos	49
2.3.1.	Plan de recolección de datos	49
2.3.2.	Plan de procesamiento y Análisis de información	50
CAPÍTULO III.....		52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		52
3.1.	Análisis y discusión de los resultados	52
3.1.1.	Análisis granulométrico del agregado fino	52
3.1.2.	Densidad real agregado fino.....	54
3.1.3.	Densidad real de la cal	55
3.1.4.	Densidad real del cemento	56
3.1.5.	Dosificación de un mortero de pega de mampuestos $f'c=25 \text{ Kg/cm}^2$	57
3.1.5.1.	Dosificación de un mortero de cemento.....	57
3.1.5.2.	Dosificación de un mortero de cal.....	64
3.1.6.	Densidad de mortero de cal MNC 1:5.....	70
3.1.7.	Densidad de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5	73
3.1.8.	Densidad de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5	77
3.1.9.	Densidad de mortero de cal MNC 1:2.....	80
3.1.10.	Densidad de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2	83
3.1.11.	Densidad de mortero de cemento portland MCP 1:5	86
3.1.12.	Trabajabilidad y asentamiento de morteros MNC 1:5, MCEA 1:5, MNC 1:2, MCEA 1:2 y MCP 1:5	91
3.1.13.	Compresión de probetas de mortero normal de cal MNC 1:5	94
3.1.14.	Compresión de probetas de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz, edad 7 días MCEA 1:5.....	96
3.1.15.	Compresión de probetas de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5.....	99
3.1.16.	Compresión de probetas de mortero de cal MNC 1:2	101
3.1.17.	Compresión de probetas de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2.....	103
3.1.18.	Compresión de probetas de mortero de cemento portland MCP 1:5....	105
3.1.19.	Compresión de probetas de mortero MCP 1:5, MNC 1:2, MCEA 1:2	107

3.1.20.	Compresión de mampuestos con morteros de cal MNC 1:2, mortero de cal estabilizada MCEA 1:2 y mortero de cemento portland MCP 1:5.....	110
3.1.21.	Análisis de precios unitarios de los morteros MCEA 1:2 y MCP 1:5..	112
3.2.	Verificación de hipótesis	118
CAPÍTULO IV		119
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		119
4.1.	Conclusiones.....	119
4.2.	Recomendaciones	122
MATERIALES DE REFERENCIA		123
BIBLIOGRAFÍA.....		123
ANEXOS		126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Granulometría Agregado Grueso	8
Tabla 2. Granulometría Agregado Fino.....	8
Tabla 3. Resistencia de morteros de cemento y arena.....	18
Tabla 4. Proporción en volumen de morteros de cal y arena	20
Tabla 5. Requisitos para la especificación por proporciones	22
Tabla 6. Requisitos para la especificación por propiedades.....	23
Tabla 7. Designación de consistencia de morteros.....	25
Tabla 8. Trabajabilidad de morteros.....	26
Tabla 9.- Delimitación de la Muestra/ Probetas (7 días de curado) $f'c= 25 \text{ Kg/cm}^2$	41
Tabla 10.- Delimitación de la Muestra/ Probetas (7, 14, 21 y 28 días de curado) $f'c= 25 \text{ Kg/cm}^2$	41
Tabla 11.- Granulometría agregado fino - Cantera “Villacís”	52
Tabla 12.- Granulometría agregado fino - Cantera “El Viejo Minero”	53
Tabla 13.- Densidad Real agregado fino - Cantera “Villacís”	54
Tabla 14.- Densidad Real de la cal hidráulica.....	55
Tabla 15.- Densidad Real del cemento “HOLCIM Rocafuerte”	56
Tabla 16.- Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación.....	58
Tabla 17.- Dosificación del mortero para 1m^3	62
Tabla 18.- Dosificación del mortero para muestras de 64cm^3	63
Tabla 19.- Dosificación del mortero para 1m^3	68
Tabla 20.- Dosificación del mortero para muestras de 64cm^3	69
Tabla 21.- Densidad de mortero de cal MNC 1:5. Edades: 7, 14, 21 y 28 días.	70
Tabla 22.-Densidad de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5; Edad 7 días	73
Tabla 23.- Densidad de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5; Edades: 7, 14, 21y 28 días.....	77
Tabla 24.- Densidad de mortero de cal MNC 1:2; Edades: 7, 14, 21y 28 días.	80
Tabla 25.- Densidad de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2; Edades: 7, 14, 21y 28 días.....	83
Tabla 26.- Densidad de mortero de cemento portland MCP 1:5; Edades: 7, 14, 21y 28 días.....	86

Tabla 27.- Trabajabilidad y consistencia de morteros MNC 1:5, MCEA 1:5, MNC 1:2, MCEA 1:2 y MCP 1:5	91
Tabla 28.- Compresión de probetas de mortero de cal MNC 1:5; Edades 7, 14, 21 y 28 días.....	94
Tabla 29.- Compresión de probetas de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, edad 7 días	96
Tabla 30.- Compresión de probetas de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5; Edades: 7, 14, 21 y 28 días.....	99
Tabla 31.- Compresión de probetas de mortero de cal MNC 1:2; Edades: 7, 14, 21 y 28 días.....	101
Tabla 32.- Compresión de probetas de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2; Edades: 7, 14, 21 y 28 días.....	103
Tabla 33.- Compresión de probetas de mortero de cemento portland MCP 1:5; Edades: 7, 14, 21 y 28 días.....	105
Tabla 34.- Compresión de probetas de mortero MCP 1:5, MNC 1:2 y MCEA 1:2, Edades: 7, 14, 21 y 28 días.....	107
Tabla 35.- Compresión de mampuestos con morteros MNC 1:2, MCEA 1:2 y MCP 1:5; Edad 14 días.....	110
Tabla 36.- Dosificación del mortero MCEA 1:2 para 0,035m ³ de mortero	115
Tabla 37.- Dosificación del mortero MCP 1:5 para 0,035m ³ de mortero	115
Tabla 38.- Porcentaje de diferencia	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Área sembrada para la producción de arroz por provincia, años 2014 y 2015	4
Figura 2.- Proceso de Fabricación de la cal.....	15
Figura 3.- Mesa de sacudidas y molde para mortero.....	25
Figura 4.-Mortero antes y después del ensayo	25
Figura 5.- Tipos de mampostería.....	36
Figura 6.- Balanza	42
Figura 7.- Tamices y máquina tamizadora	43
Figura 8.- Matriz aforado 500ml	43
Figura 9.- Moldes de probetas	44
Figura 10.- Máquina de compresión.....	45
Figura 11.- Ubicación de la cantera “Villacrés”	47
Figura 12.- Ubicación de la cantera “El Viejo Minero”	47
Figura 13.- Determinación del contenido de cemento, mortero seco.....	59
Figura 14.- Relación agua/cemento para la mezcla.....	60
Figura 15.- Determinación del contenido de cal, mortero seco.....	65
Figura 16.- Relación agua/cal para la mezcla.....	66
Figura 17.- Densidad húmeda y seca del mortero de cal MNC 1:5, en función de edades.	72
Figura 18.- Pérdida de humedad del mortero de cal MNC 1:5, en función de edades	72
Figura 19.- Densidad húmeda y seca del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, en función de % de aditivo natural. Edad 7 días.....	76
Figura 20.- Pérdida de humedad del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, en función de % de aditivo natural. Edad 7 días	76
Figura 21.- Densidad húmeda y seca del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, en función de edades.....	79
Figura 22.- Pérdida de humedad del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, en función de edades.....	79
Figura 23.- Densidad húmeda y seca del mortero de cal MNC 1:2, en función de edades	82
Figura 24.- Pérdida de humedad del mortero de cal MNC 1:2, en función de edades	82
Figura 25.- Densidad húmeda y seca del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2, en función de edades.....	85

Figura 26.- Pérdida de humedad del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2, en función de edades.....	85
Figura 27.- Densidad húmeda y seca del mortero de cemento portland MCP 1:5, en función de edades	88
Figura 28.- Pérdida de humedad del mortero de cemento portland MCP 1:5, en función de edades	88
Figura 29.- Pérdida de humedad de morteros MNC 1:5, MCEA 1:5, MCP 1:5, MNC 1:2, MCEA 1:2, en función de edades.....	89
Figura 30.- Correlación de pérdida de humedad de morteros MNC 1:2, MCEA 1:2 y MCP 1:5 edad 28 días.....	90
Figura 31.- Asentamiento de morteros MNC 1:5, MNC 1:2 y MCP 1:5 sin estabilizar.....	92
Figura 32.- Asentamiento de morteros MCEA 1:5, MCEA 1:2 estabilizados	92
Figura 33.- Correlación de asentamiento de morteros MNC 1:2, MCEA 1:2 y MCP 1:5, edad 28 días	93
Figura 34.- Resistencia a la compresión del mortero de cal MNC 1:5, edad 28 días	95
Figura 35.- Resistencia a la compresión del mortero de cal MNC 1:5, edad 28 días versus porcentaje de resistencia mínima requerida	95
Figura 36.- Gráfica promedio de compresión de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, edad 7 días	98
Figura 37.- Resistencia a la compresión del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, edad 28 días	100
Figura 38.- Resistencia a la compresión del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, edad 28 días versus porcentaje de resistencia mínima requerida.....	100
Figura 39.- Resistencia a la compresión del mortero de cal MNC 1:2, edad 28 días	102
Figura 40.- Resistencia a la compresión del mortero de cal MNC 1:2, edad 28 días versus porcentaje de resistencia mínima requerida	102
Figura 41.- Resistencia a la compresión del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2, edad 28 días	104
Figura 42.- Resistencia a la compresión del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2, edad 28 días versus porcentaje de resistencia mínima requerida.....	104
Figura 43.- Resistencia a la compresión del mortero de cemento portland MCP 1:5, edad 28 días	106
Figura 44.- Resistencia a la compresión del mortero de cemento portland MCP 1:5, edad 28 días versus porcentaje de resistencia mínima requerida	106

Figura 45.- Resistencia a la compresión de mortero MCP 1:5, MNC 1:2 y MCEA 1:2, edad 28 días	108
Figura 46.- Resistencia a la compresión de mortero MCP 1:5, MNC 1:2 y MCEA 1:2, edad 28 días versus resistencia mínima requerida por un mortero tipo O de 2,5 Mpa.....	108
Figura 47.- Correlación de resistencia a la compresión de mortero MNC 1:2 y MCEA 1:2 y MCP 1:5, edad 28 días	109
Figura 48.- Compresión de mampuestos con morteros MCP 1:5, MNC 1:2 y MCEA 1:2, edad 14 días	111
Figura 49.- Cantidad de mortero para 1m ² de pared	112
Figura 50.- Dimensiones del ladrillo.....	113
Figura 51.- Volumen de mortero para 1m ² de pared.....	114

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “CORRELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PORTLAND Y EL MORTERO DE CAL ESTABILIZADO CON ALMIDÓN DE ARROZ”.

AUTOR: Victor Alejandro Pico Sánchez

TUTOR: Ing. M.Sc. Favio Portilla

FECHA: Enero 2020

En el presente trabajo se investiga la incidencia del almidón de arroz aplicado a un mortero de cal, además de replicar el proceso utilizado en la construcción de la muralla china, dosificando un mortero que cumpla con la especificación tipo “O” de 24 Kilogramos por centímetro cuadrado a los 28 días.

Para lo cual se realizó la dosificación de tres tipos de morteros: mortero normal de cal (dosificación 1:2) MNC 1:2, mortero de cal estabilizado con almidón de arroz (dosificación 1:2) MCEA 1:2 y mortero de cemento portland (dosificación 1:5) MCP 1:5.

La sustitución parcial del almidón de arroz en el volumen de agua de amasado es crucial para determinar el porcentaje óptimo de almidón de arroz a utilizarse. Se utilizó un intervalo de 0,5 por ciento a 4,0 por ciento de aditivo, con variación del 0,5 por ciento siendo sometidos a pruebas de compresión cada mortero de cal con variación de aditivo para identificar el porcentaje óptimo.

La inclusión del almidón de arroz en el mortero de cal aumenta la resistencia a la compresión por la reacción química que se da entre el carbonato de calcio (cal hidráulica) y la amilopectina siendo un componente abundante en el arroz. El mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2 tiene una resistencia de 25,52 Kilogramos por centímetro cuadrado que cumple las características de un mortero de pega tipo O de 24 Kilogramos por centímetro cuadrado a sus 28 días.

ABSTRACT

THEME: “CORRELATION BETWEEN THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF THE PORTLAND CEMENT MORTAR AND THE LIME MORTAR STABILIZED WITH STARCH RICE”.

AUTHOR: Victor Alejandro Pico Sánchez

TUTOR: Ing. M.Sc. Favio Portilla

This paper investigates the incidence of rice starch applied to a lime mortar, in addition to replicating the process used in the construction of the Chinese wall, dosing a mortar that accomplish the specifications of “O” type glue mortar of 24 Kilograms per square centimeter at 28 days.

For that reason the dosage of three types of mortars was carried out: normal lime mortar (1:2 dosage) MNC 1:2, lime mortar stabilized with sticky rice (1:2 dosage) MCEA 1:2 and cement mortar (dosage 1:5) MCP 1:5.

The partial replacement of rice starch in the volume of water of the mash is crucial to determine the optimum percentage of rice starch to be used. A range of 0,5 percent to 4,0 percent of additive was used, with variation of 0,5 percent being subjected to compression tests each lime mortar with that variation of additive to identify the optimal percentage.

The inclusion of rice starch in the lime mortar increases the compressive strength by the chemical reaction that occurs between calcium carbonate (hydraulic lime) and amylopectin being an abundant component in rice. The lime mortar stabilized with rice starch MCEA 1:2 has a resistance of 25,52 Kilograms per square centimeter so that accomplish the characteristics of a mortar of glue “O” type that have 24 Kilograms per square centimeter at 28 days.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Antecedentes

El estudio realizado en el trabajo de publicación del “Mortero tradicional representado por mortero de cal y arroz pegajoso-Uno de los grandes inventos en la antigua China” evalúa la importancia de los morteros desarrollados en la época antigua con el fin de investigar el método de construcción duradera que tuvo estos morteros a lo largo de los años, con la implementación de materiales orgánicos en morteros inorgánicos para el desarrollo de materiales gelificados.

El mortero de arroz fue un factor primordial para los morteros debido al buen comportamiento que este presentaba, como alta adhesión, buena tenacidad, resistencia a los agentes climáticos, etc. [1]

Considerando el trabajo de publicación de “Estudio de la tecnología de mortero de cal y arroz pegajoso para la restauración de construcciones de albañilería antigua” evalúa la importancia que presentó el mortero de cal desarrollado en la antigua Europa, teniendo una buena respuesta constructivamente que su relevancia en la construcción llegó hasta Asia.

Un mortero inorgánico-orgánico, mortero de cal y arroz pegajoso fue muy utilizado en construcciones de gran relevancia para el desarrollo del país debido a la reacción química que se producía entre el componente inorgánico, carbonato de calcio y el componente orgánico la amilopectina derivada del almidón de arroz. [2]

El estudio realizado de “Investigaciones sobre la función del arroz pegajoso en las microestructuras de masillas de cal hidratadas” hace un análisis en el porcentaje de arroz pegajoso variando entre el 1% y 3% en peso que se añade al mortero de cal para replicar la metodología usada en tiempos de la China antigua, para la cual se sacaron muestras de algunas construcciones para compararlas con los morteros desarrollados variando el porcentaje de almidón de arroz en la mezcla. [3]

1.1.2. Justificación

Los morteros se han empleado tradicionalmente para pegar tabiques y en todo tipo de aplanados en muros y techos, sin embargo existen muchas otras aplicaciones en la ingeniería civil que tienen que ver con la necesidad de colocar un material de textura lo suficientemente fina para poder penetrar en pequeños resquicios ya sea para sellar, resanar o nivelar con mucha mayor facilidad de lo que es posible de hacer con los concretos. Debido a que los morteros no llevan grava son más fáciles de manejar y se consume menos energía en su mezclado y colocación, ya sea manual o por medios mecánicos. [1]

El uso de morteros convencionales como el cemento hace que alcance la resistencia a la compresión necesaria para edificaciones más estéticas, más estilizadas y realizadas en menos tiempo siendo que en este proceso se den problemas notables como agrietamiento, penetración de agua y menor durabilidad a lo largo de los años.

El uso ventajoso de la cal en morteros radica en su desempeño como, reducción de agrietamiento, disminución de eflorescencias, baja penetración de agua, mantenimiento de edificaciones más económico. [1]

Las edificaciones en China a lo largo de los años se han mantenido de forma muy conservada ya que no han sido deterioradas por factores climáticos o sismos, el secreto de dicha preservación de las construcciones radica en el mortero de cal con almidón de arroz que se utilizó. El importante papel que jugó el mortero de cal y almidón de arroz radica en su reacción química, debido a las excelentes características que presentó la mezcla, teniendo un potencial que se puede aprovechar hoy en día en el campo constructivo. [1]

El mortero de cal y los resultados de la investigación, incluida la composición y el mecanismo de solidificación, se encontró que el almidón de arroz actuaba como una matriz de bio-mineralización que afectó la microestructura del cristal de carbonato de calcio y hubo cooperación entre el almidón de arroz y la calcita producida durante la solidificación del almidón de arroz. [2]

En estudios realizados previamente se prepararon varias muestras según registros de libros chinos para determinar las proporciones del cal/arroz pegajoso para hacer su comparación con muestras extraídas de construcciones históricas, la proporción óptima de arroz glutinoso varía de 1% a 3% hasta un 5% de almidón. [4]

Por su excelente desempeño e importancia en la ciencia, el mortero de almidón de arroz puede considerarse como uno de los mayores inventos en la historia de la construcción de China. El desarrollo de este mortero será importante para la exploración de la antigua invención trascendental incluso para la reparación de antiguas construcciones y construcción de viviendas económicas por su ahorro en el uso del cemento en tiempos modernos. [2]

La producción de arroz en el país, ocupa la tercera parte de productos transitorios, siendo la producción más importante del país, en las provincias de Los Ríos y Guayas se da mayormente la producción de arroz, siendo de 34% y 60% respectivamente; en la provincia del Guayas en el cantón Samborondón la mayor parte de los habitantes se dedican al cultivo y producción de arroz, siendo un 75% de la población dedicada a este negocio. [5]

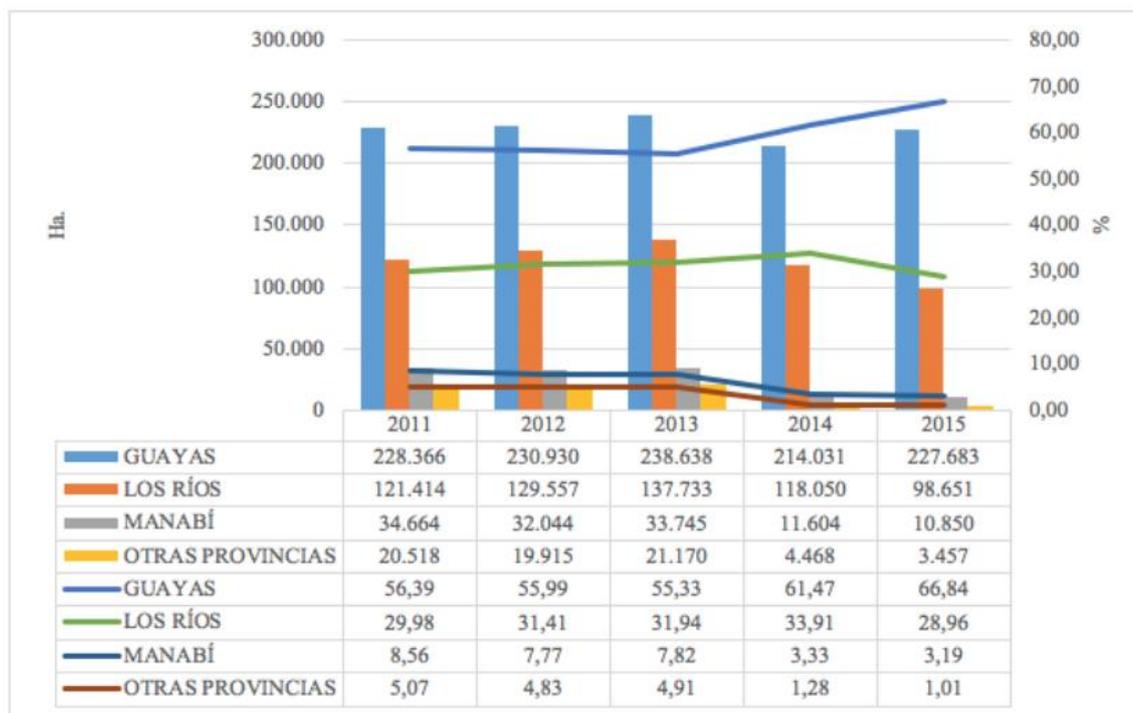


Figura 1.- Área sembrada para la producción de arroz por provincia, años 2014 y 2015

Fuente: MAGAP

Se puede observar que la provincia del Guayas tiene la mayor cantidad de terreno para siembras de arroz, teniendo como factor determinante en la producción de arroz la salinidad de los suelos y tratamiento para cultivo. [5]

El propósito de esta investigación es comparar las propiedades físico mecánicas del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz y el mortero de cemento portland convencional usado en construcciones del Ecuador.

1.1.3. Fundamentación Teórica

1.1.3.1. Agregados o áridos

El término agregado se emplea para denominar a los materiales de origen pétreo utilizados en la elaboración del hormigón, independientemente su tamaño. Los agregados o áridos deben ser igual o superior en resistencia y durabilidad a las especificaciones del concreto. Pueden ser cantos rodados, empleados en hormigones para resistencias bajas y triturados empleados para hormigones de mediana y alta resistencia. [6]

1.1.3.1.1. Tipología de los agregados

Los áridos o agregados abarcan el 70% de volumen del hormigón por cada metro cúbico; En combinación con la pasta y los áridos proporcionan las resistencias mecánicas necesarias, además del control de cambios volumétricos presentes en el fraguado. La calidad de los agregados es determinada por su origen, distribución, granulometría, densidad, forma y tipo de superficie. [6]

1.1.3.1.2. Agregados gruesos o gravas

Se denomina agregado grueso a la fracción mayor de 5mm y es retenido en el tamiz #4, resaltando las siguientes características:

- Su resistencia está ligada a su dureza, densidad y módulo de elasticidad.
- Una grava de excelente calidad, tiene su densidad real mayor a 2.6 gr/cm^3 , resistencia a la compresión mayor a 1000 Kg/cm^2 .
- Una grava no aceptable tiene una densidad real menor a 2.3 gr/cm^3 y una resistencia a la compresión menor a 500 Kg/cm^2 . [6]

1.1.3.1.3. Agregados finos o arenas

Se denomina agregado fino a la fracción menor a 5mm, que pasa por el tamiz 3/8" y es retenido por el tamiz #200, una buena arena debe tener las siguientes características:

- Las mejores arenas son aquellas extraídas de río, salvo algunas que son cuarzo puro.
- Las arenas de cantera suelen contener un alto contenido de arcillas, por ello es necesario lavarlas.
- Las arenas procedentes de la trituración de granitos, basaltos y rocas son de excelente calidad.
- Una arena de excelente calidad, tiene su densidad real mayor 2.6 gr/cm^3 y una resistencia a la compresión mayor que 1000 Kg/cm^2 .
- Una arena no aceptable tiene una densidad real menor a 2.3 gr/cm^3 y una resistencia a la compresión menor a 500 Kg/cm^2 . [6]

1.1.3.2. Propiedades físicas de los agregados

1.1.3.2.1. Granulometría

La granulometría del árido se determina dependiendo de los diferentes tamaños de los granos que componen la muestra tamizándola por una serie de tamices estandarizados, donde se obtiene la curva granulométrica representativa del material. [6]

- Tamaño Máximo de un árido, TM, es la apertura más pequeña del tamiz a través del cual debe pasar en su totalidad el árido. [6]
- Tamaño Máximo Nominal, TNM, es la apertura del tamiz más grande en la que se retiene entre el 5% y 10% del material. [6]

El módulo de finura es la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices de la muestra, para agregados gruesos el valor del módulo de finura aumenta, por el contrario para el agregado fino disminuye. [6]

Distintas granulometrías de agregados pueden tener un módulo de finura igual, el módulo de finura del agregado fino puede servir para hacer un estimado de las cantidades de agregado fino y grueso en la mezcla de concreto. [6] En el agregado fino hay dos elementos que deben ser considerados, por un lado el módulo de finura (MF), y por el otro la continuidad en los tamaños, ya que algunas arenas pueden tener módulos de finuras aceptables (entre 2.2 y 3.1) y carecer de alguna clase granulométrica. Si consideramos únicamente el módulo de finura, pueden obtenerse dos condiciones desfavorables: una de ellas existe cuando el módulo de finura es mayor a 3.1 (arena gruesa), en donde puede ocurrir que las mezclas sean poco trabajables, faltando cohesión entre sus componentes y requiriendo mayores consumos de cemento para mejorar su trabajabilidad; la otra condición es cuando el módulo de finura es menor a 2.2 (arena fina), en este caso puede ocurrir que los concretos sean

pastosos y que haya mayores consumos de cemento y agua para una resistencia determinada, y también una mayor probabilidad que ocurran agrietamientos de tipo contracción por secado.

Tabla 1. Granulometría Agregado Grueso

Tamiz (ASTM)	Tamiz (mm)	Abertura real (mm)	Tipo de Suelo
3"	80	76,12	GRAVA
2"	50	50,80	
1 ½"	40	38,10	
1"	25	25,40	
¾"	20	19,05	
⅜"	10	9,52	
N° 4	5	4,76	

Fuente: Norma ASTM D 422

Tabla 2. Granulometría Agregado Fino

Tamiz (ASTM)	Tamiz (mm)	Abertura real (mm)	Tipo de Suelo
N° 4	5	4,76	ARENA GRUESA
N° 8	2,30	2,36	ARENA MEDIA
N° 16	1,18	1,18	
N° 30	0,60	0,595	
N° 50	0,30	0,297	ARENA FINA
N° 100	0,15	0,149	
N° 200	0,08	0,074	

Fuente: Norma ASTM D 422

1.1.3.2.2. Densidad y Absorción

La densidad de un material es el peso de las partículas dividido para su volumen, tanto para estado suelto como para compactado. Para determinar el peso específico del material en estado Dsss (superficie saturada seca) se hace la relación entre la masa total y el volumen total de los agregados saturados de agua. [7]

La Capacidad de Absorción o Absorción potencial de los agregados es la cantidad de agua que puede asimilar el agregado hasta llegar a la condición SSS (saturado superficie seca); es cuando no hay humedad superficial pero los poros internos de la partícula están llenos de agua. Cabe recalcar que si el material se encuentra en condición SSS, podemos decir que este no puede absorber más agua, pero tampoco podrá cederla. Cuanta más alta sea la capacidad de absorción de los agregados, su calidad será menor. [7]

1.1.3.2.3. Contenido de humedad

Es la razón, expresada como porcentaje de la masa de agua contenida en los poros o agua libre en una masa dada de material con respecto a su masa sólida del material. Para este proceso se emplea una temperatura de 110°C con un rango de tolerancia de +5°, -5° así pudiendo determinar estas masas. [7]

1.1.3.3. Agua de amasado

El agua de amasado cumple con la función de brindar la hidratación al aglomerante, así como de conferir el grado de trabajabilidad necesaria para la puesta de la mezcla en obra. La cantidad de agua de amasado debe limitarse de manera estricta al mínimo:

- El agua en exceso se evapora lo que ocasiona una pérdida de la resistencia del material.
- El déficit de agua ocasiona masas de difícil trabajo así como su puesta en obra.
- Por cada litro de agua colocado de más a un hormigón, disminuye 2 Kg de aglomerante.

La calidad del agua debe ser potable, libre de todo material orgánico, fango y sales ya que esto puede causar repercusiones en el tiempo de fraguado, la resistencia y estabilidad del volumen, llegando hasta provocar eflorescencias o corrosión en miembros estructurales de acero. [7]

1.1.3.4. Cal

La cal es un producto natural que se obtiene de roca caliza cuando es sometida a temperaturas muy elevadas (mayores a 1000 ° C) para la obtención de cal viva, se produce un cambio químico del carbonato a calcio a óxido por desprendimiento del dióxido de carbono contenido en la piedra.

Al contacto con el agua o humedad el material se hidrata, pasando a ser hidróxido de calcio (cal apagada), parte del agua es liberada a la atmósfera en forma de vapor ya que se origina una reacción de calor que no es contaminante al medio. [8]

1.1.3.4.1. Tipos de cal

- **Cal viva**

Es la calcinación del carbonato de calcio (CaCO_3) a temperaturas mayores a los 1000°C, haciendo que haya una descomposición en sus componentes produciendo dióxido de carbono y óxido de calcio (cal viva). [8]

- **Cal Hidratada**

Se forma cuando se incorpora agua al óxido de calcio (cal viva), se produce un apagado exotérmico, que es cuando en el proceso se da un gran desprendimiento de calor, el mismo que se evapora gran parte del agua utilizada. La cal apagada tiene un volumen tres veces mayor que la cal viva. [8]

- **Cales aéreas**

Se denominan así por su capacidad de endurecer al aire mediante la reacción que se da con el anhídrido carbónico o una fuente de CO₂, estas se clasifican en:

- **Cal dolomítica**

Se denomina así por su origen (cal gris o magra), siendo por el proceso de calcinación de la roca caliza que contiene dolomita, proceso que origina óxido de calcio y óxido de magnesio, este último no es recomendable para la construcción debido a que se apaga muy lentamente con agua; siendo muy utilizado en otro tipo de industria. [8]

- **Cal cálcica**

Esta cal contiene un contenido muy bajo de arcillas, siendo una cal más pura, es muy utilizada para la preparación de mezclas aéreas; su acción cementante se logra por carbonatación de la cal mediante el dióxido de carbono atmosférico (CO₂).

La cal cálcica es fabricada con piedras calizas con un tenido de pureza del 95% o más de óxido de calcio, al momento de apagarse forman una pasta blanca, fuertemente adhesiva, de forma contraria de las cales grises que su contenido de óxido de calcio está entre el 80% y 90%. [8]

- **Cales Hidráulicas**

Se denominan así debido a que tienen la capacidad de fraguar y endurecerse con el agua. Su contenido de arcilla es entre el 10% y 20%, su efecto cementante se logra por la carbonatación de la cal o por la hidratación de los silicatos y aluminatos formados por la reacción a bajas temperaturas entre la caliza y la arcilla presentes. [8]

- **Cal Límite**

Se denomina así debido a que sus propiedades son similares a las cales hidráulicas, su contenido de arcilla es del 25%. [8]

1.1.3.4.2. Proceso de Fabricación de la Cal

Para la producción de la cal se debe pasar por cinco etapas: Extracción de materia prima, Trituración, Calcinación, Hidratación y Envase. Los hornos de calcinación regenerativos de la energía garantizan una producción continua en calidad y volumen para satisfacer las necesidades de cantidad, calidad y costo tanto para cal viva como para cal apagada. [8]

- **Extracción**

Se retira materia vegetal, procediendo a perforar según el plan de diseño de minado, se cargan los explosivos para el tumbado de material, posteriormente se carga el material fragmentado, se lo transporta al sistema triturador. [8]

- **Trituración**

Los tamaños de las rocas se van reduciendo por tamices, el material siendo homogéneo es transportado mediante bandas hacia hornos rotatorios para lo cual las partículas deben ser pequeñas, por ello la importancia del tamizado. [8]

- **Calcinación**

La cal se obtiene mediante la cocción de las rocas calizas o dolomitas mediante flujos de aire caliente que circulan mediante los poros de los fragmentos rocosos, las rocas en este proceso pierden dióxido de carbono produciendo óxido de calcio. Por el tamaño y forma de los fragmentos la cocción ocurre en la periferia hasta el centro quedando calcinada la roca perfectamente. [8]

- **Enfriamiento**

La cal es sometida a un proceso de enfriamiento para que el material pueda ser manejable y los gases calientes regresen al horno como aire secundario. [8]

- **Inspección**

En este proceso se hace una inspección minuciosa de las muestras para evitar núcleos o piezas de roca sin calcinar. [8]

- **Cribado**

Se la somete a cribado para separar la cal viva en trozos y segmentos de la porción que pasará por un proceso de trituración y pulverización. [8]

- **Trituración y Pulverización**

Este paso tiene el objetivo de reducir el tamaño de las partículas para obtener cal viva pulverizada, la misma que es separada de la que será enviada al proceso de hidratación. [8]

- **Hidratación**

Consiste en agregar agua a la cal viva para obtener cal hidratada. A la cal dolomítica con contenido alto en calcio se le agrega agua es sometida a un proceso de selección para obtener cal hidratada normal, cal dolomítica y cal alta en calcio. Solo la cal dolomítica viva pasa por un hidratador a presión y posteriormente a molienda para la obtención de cal dolomítica hidratada a presión. [8]

- **Envase y Embarque**

La cal es llevada a la tolva de envase para ser introducida en sacos y ser transportada a través de bandas hasta el medio de transporte que llevará al respectivo cliente. [8]

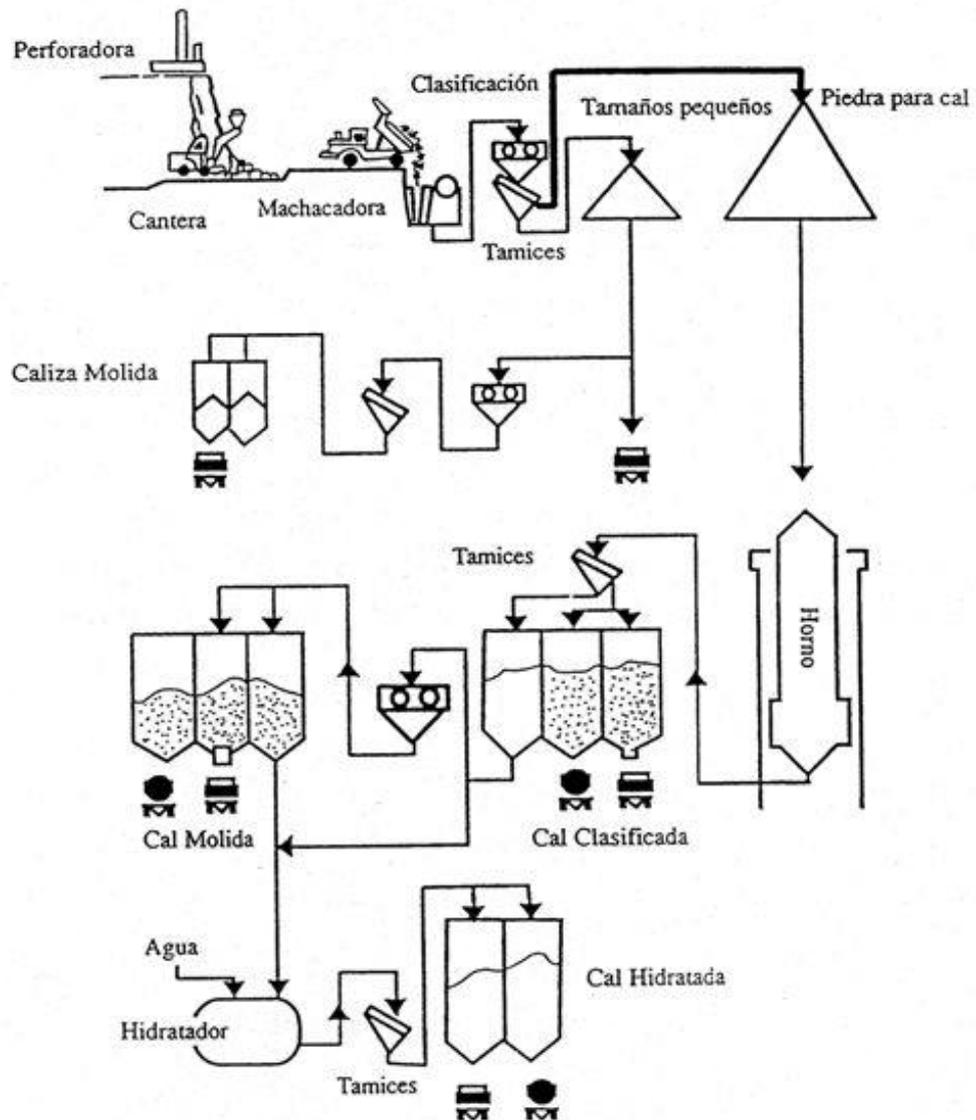


Figura 2.- Proceso de Fabricación de la cal
Fuente: Tecnología de los materiales. La Cal

1.1.3.5. Cemento

El cemento es un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión que permite unir fragmentos minerales para poder formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas, esta definición define a todos los aglomerantes como cales, yesos, asfaltos y alquitranes. [9]

- **Cemento Portland**

Su producción proviene de un proceso industrial constituido por minerales calcáreos como caliza, alúmina y sílice, mismos que se encuentran en la naturaleza, así como la arcilla, de forma común se le adicionan otros productos para mejorar su composición química, lo más usual a utilizarse en este proceso es el óxido de hierro.

El cemento portland que sea utilizado para morteros debe cumplir con la norma ASTM C-150, que los clasifica como: [9]

- Tipo I: Para hormigones que no estén expuestos a sulfatos en el ambiente, en el agua del subsuelo o en el suelo.
- Tipo II: Son cementos antibacteriales usados en piscinas debido a su moderado calor de hidratación y moderada resistencia a sulfatos.
- Tipo III: Son usados para hormigones de fraguado rápido, usados en obras de hormigón en contacto con flujos de agua durante la construcción, son de alta resistencia inicial pero producen alto calor de hidratación.
- Tipo IV: Empleados en obras con grandes volúmenes continuos de hormigón como presas, son de bajo calor de hidratación, lo que permite controlar su calor durante el proceso de fraguado.
- Tipo V: Son resistentes a sulfatos que pueden estar presentes en los agregados o en el medio ambiente. [7]

1.1.3.6. Mortero

Es una mezcla de carácter plástico que se obtiene al mezclar aglomerante, arena y agua que tiene como función unir mampostería, revestimiento con enlucidos y acabados.

La denominación de los morteros depende del material aglomerante pudiendo ser de yeso, cal o cemento, existen morteros combinados con dos tipos de aglomerantes como por ejemplo, cal y cemento, yeso y cal, a los cuales se los denomina morteros bastardos.

La pasta es combinación de aglomerante con agua, una pasta de consistencia normal es aquella en la que el agua de amasado es igual a los huecos del aglomerante suelto, en el caso de ser menor el agua la pasta será muy seca, caso de ser mayor; la pasta será muy fluida denominándola lechada en caso de usar mucha agua. [10]

1.1.3.6.1. Tipos de morteros

Los morteros se clasifican de la siguiente manera:

- **Según su aplicación**

- Mortero de colocación

Este tipo de mortero es utilizado para la pega de ladrillos o piedras, para la construcción de mampostería. Para la dosificación de este tipo de mortero para la pega de ladrillos o piedras, estará en función del material aglomerante que se use.

- Mortero de Acabado

Este tipo de mortero es bien utilizado en el proceso de acabado de elementos arquitectónicos para dar apariencias estéticas, se usa también en trabajos de aplanado y enlucidos.

Dentro de sus características para acabados este debe ser de gran resistencia, buena trabajabilidad, durabilidad a los agentes físicos como lluvia, viento, sol, etc. [11]

- **Materiales de unión (aglomerante)**

- Mortero de Cemento

La proporción de los materiales para la dosificación de este mortero puede variar dependiendo de la durabilidad y condiciones de trabajo. El cemento es usado como material aglomerante y la arena como agregado, las proporciones para este mortero van de 1:2 a 1:6, dando una alta resistencia mecánica y resistencia contra el agua. [11]

Tabla 3. Resistencia de morteros de cemento y arena

Morteros de cemento y arena			
Tipo de Mortero	Proporción en volumen		Resistencia Kg/cm ²
	Cemento	Arena	
Ricos	1	1	160
	1	2	
	1	3	
Ordinarios	1	4	130
	1	5	98
Pobres	1	6	75
	1	8	50

Fuente: Ingeniería Rural. Morteros de cemento y arena

- Mortero de Cal

Los morteros de cal tienen la característica de fraguado lento, con una resistencia menor que morteros de cemento pero con mayor trabajabilidad y costo económico. Los usos más comunes de este tipo de morteros son para el levantamiento de muros, revestimientos y uniones de superficies en la que se requiera poca resistencia y cierta flexibilidad, como por ejemplo en la colocación de tejas y en la realización de acabados. [11]

El mortero de cal es llamado también mortero calcáreo debido a su capacidad de ser un plastificante y ligador, que se endurece o fragua con el contacto con aire. Los tipos de cal más conocidas son la cal blanca y cal dolomítica, la arena tiene la función de evitar el agrietamiento y contracción del mortero, por lo que dicha arena deberá contar con partículas angulares, que esté libre de materiales orgánicos, piedras grandes, polvo y arcilla. [12]

Las proporciones más usadas para morteros de cal son de 1:2 para acabados, 1:3 ó 1:4 para morteros de levantado; Si la proporción de agregados aumenta en proporción al aglomerante, el mortero es más magro pierde ductilidad y trabajabilidad caso contrario en el que el mortero es graso, puede ocurrir contracciones y agrietamientos no deseables. [12]

Tabla 4. Proporción en volumen de morteros de cal y arena

Mortero de cal y arena		
Proporción en volumen		Empleo preferente
Pasta de cal	Arena	
1	1	Enlucidos
1	2	Revoques
1	3	Muros de ladrillo
1	4	Muros de mampostería

Fuente: Ingeniería Rural. Morteros

- **Según su densidad**

- Mortero Pesado

Para este tipo de morteros, se utiliza cuarzo pesado como agregado fino, este material hace que la densidad aparente del mortero sea aproximadamente 15 KN/m³ o más. [11]

- Mortero ligero

Para este tipo de mortero se mezcla cal cemento, arena o polvo de sierra, cáscara de arroz, fibras de yute, fibras de asbesto. La densidad aparente de este mortero sea menor a 15 KN/m³, el mortero liviano es usado generalmente en las construcciones insonorizadas y resistentes al calor. [11]

- **Fuerza (Norma ASTM C270)**

- Mortero tipo M

Mortero característico por tener una resistencia mínima de 17.2 MPa. Es bien utilizado en trabajos de albañilería exterior o en lugares donde se ejerza cargas importantes ya sea de gravedad o laterales como en muros de carga, muros de contención. [11]

- Mortero tipo S

Mortero característico por tener una resistencia media de 12.4 MPa con una alta capacidad de unión. El mortero de tipo S tiene una gran durabilidad, por lo que es muy eficiente en lugares donde la mampostería esté en contacto con el suelo, como en pavimentos o muros de contención profundos. La aplicación de este mortero es donde la carga sea de grado normal y moderada. [11]

- Mortero tipo N

Mortero característico por tener una resistencia de 5.2 MPa, siendo el mortero de uso común. Su uso es para muros de carga reforzados en exteriores e inferiores sobre los que actúan cargas normales. [11]

- Mortero tipo O

Mortero característico por tener una resistencia baja de 2,5 MPa, el empleo de este tipo de mortero se lo hace en interiores que no presenten cargas, el uso exterior es muy limitado para este mortero, sumado a esto se usa para devolver la integridad estructural de una pared. [11]

Tabla 5. Requisitos para la especificación por proporciones

Mortero	Tipo	Proporciones por volumen (Materiales comandantes)							Proporción de agregado (medio en condiciones húmedo suelto)	
		Cemento Hidráulico	Cemento para mortero de pega			Cemento de mampostería				Cal hidratada o de cal pasta
			M	S	N	M	S	N		
Cemento-Cal	M	1	Más de ¼	
	S	1	...	...	...	...	...	...	Más de ¼ a ½
	N	1	...	...	...	...	...	...	Más de ½ a ¾
	O	1	...	...	...	...	...	...	Más de 1¼ a 2½
Cemento para mortero de pega	M	1	1	No menos que 2¼ y no más que 3 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	M	...	1	...	...	...	...	...	...
	S	½	...	...	1	...	...	...	...
	S	...	...	1	...	...	...	...	...
	N	...	...	...	1	...	...	...	...
	O	...	...	...	1	...	...	...	...
Cemento de mampostería	M	1	1	...	
	M	...	...	...	...	1	...	...	...
	S	½	...	...	...	...	...	1	...
	S	...	...	...	...	...	1	...	...
	N	...	...	...	...	...	...	1	...
	O	...	...	...	...	...	...	1	...

Fuente: Norma ASTM C 270 – 91a

Tabla 6. Requisitos para la especificación por propiedades

Mortero	Tipo	Resistencia a la compresión promedio mínima MPa(Kg/cm ²)	Retención de agua mínima (%)	Contenido de aire máximo (%)	Proporción de agregado (medido en condiciones húmedo suelto)
Cemento-cal	M	17,2 (172)	75	12	No menos que 2¼ y no más que 3½ veces de los volúmenes separados de materiales cementantes
	N	12,4 (124)	75	12	
	S	5,2 (52)	75	14	
	O	2,4 (24)	75	14	
Cemento para mortero de pega	M	17,2 (172)	75	12	
	N	12,4 (124)	75	12	
	S	5,2 (52)	75	14	
	O	2,4 (24)	75	14	
Cemento de mampostería	M	17,2 (172)	75	18	
	N	12,4 (124)	75	18	
	S	5,2 (52)	75	20	
	O	2,4 (24)	75	20	

Fuente: Norma ASTM C 270 – 91a

- **Según el propósito**

- Mortero resistente al fuego

Este tipo de mortero se lo prepara con la mezcla de cemento aluminoso con polvo fino de los ladrillos de fuego. Cuando se tenga una alerta de fuego en las estructuras en una zona en particular se usará este tipo de mortero como material incombustible. [11]

- Mortero absorbente de sonido

Este tipo de mortero es característico por tener la capacidad de reducir el ruido y actúa como capa protectora del mismo; el cemento, la cal, el yeso o la escoria de la absorción acústica como materiales aglomerantes y la piedra pómez, las cenizas como agregado fino hacen posible la reducción del sonido. [11]

- Mortero resistente a productos químicos

Este tipo de mortero es característico por soportar agentes químicos, pero la selección de mortero para soportar estos agentes químicos debe ser de acuerdo al producto o productos que van a actuar sobre dicho mortero.

Los aditivos añadidos pueden no ser capaz de resistir todos los agentes químicos, por ejemplo el mortero de tipo silicato tiene la capacidad de resistir daños nítricos, crómicos, sulfúricos o ácidos pero no es capaz de retener el daño por álcalis, por ello se debe tener claro los agentes químicos a ser soportados. [11]

1.1.3.6.2. Propiedades físicas del Mortero fresco

1.1.3.6.2.1. Consistencia

La consistencia de un mortero define la manejabilidad y trabajabilidad del mismo, la consistencia adecuada para un mortero está en función del agua, la misma que varía en función de la cantidad de agregado fino, absorción de agua sobre la base en la que se aplica, empleo de aditivos, condiciones ambientales. La trabajabilidad mejora con la inclusión de cal, plastificantes o aireantes. [13]

El exceso de agua en los morteros produce la exudación, fenómeno en el cual el agua que se encuentra en la parte inferior se mueve hacia la parte de arriba cuando existe una gran cantidad de agregado grueso en la parte inferior. El resultado de este fenómeno es una mezcla no homogénea con una pérdida de las propiedades finales que se esperan en el mortero. [10]



Figura 3.- Mesa de sacudidas y molde para mortero
Fuente: A.F.A.M. Características de los morteros

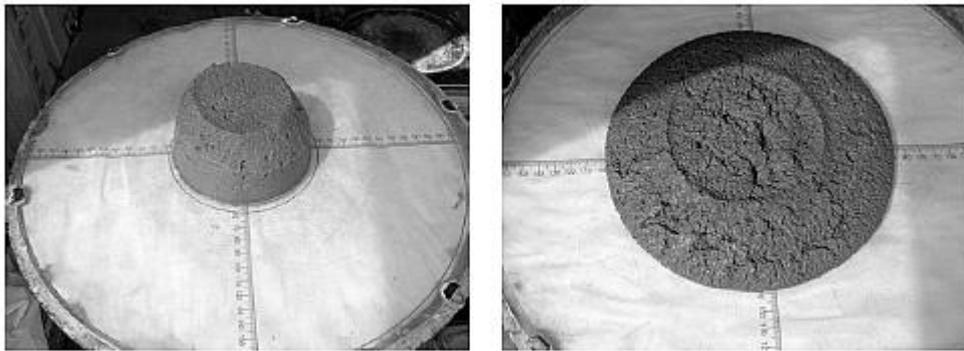


Figura 4.-Mortero antes y después del ensayo
Fuente: A.F.A.M. Características de los morteros

La consistencia viene medida por el escurrimiento del mortero (valor medio del diámetro en mm) del tipo de mortero seleccionado. En función de esto se distingue tres tipos de consistencia: [14]

Tabla 7. Designación de consistencia de morteros

Consistencia	Mesa de Sacudidas (mm)	Cono de Abrams (cm)	Designación
Seca	80 – 100	Menor de 2	S
Plástica	100 – 120	Entre 2 y 5	P
Fluida	120 – 150	Mayor de 5	F

Fuente: Informes de la construcción. Los morteros, control de calidad

1.1.3.6.2.2. Trabajabilidad

La trabajabilidad de la mezcla mejora con la adición de plastificantes o aireantes, está relacionada con la relación agua/aglomerante crucial para el completo desarrollo de las propiedades resistentes del mortero, puesto que la consistencia se adquiere por medio de la adición de agua a la masa de agua y aglomerante. [13]

Tabla 8. Trabajabilidad de morteros

Tipo	Designación
Muy Buena	MB
Buena	B
Regular	R
Mala	M

Fuente: A.F.A.M. Características de los Morteros

1.1.3.6.2.3. Densidad en estado fresco

La densidad del mortero en estado fresco está relacionado en forma directa con los materiales del mortero, así como el porcentaje de aire en la mezcla. Para determinar la densidad se lo hace conforme a la norma INEN 157, ASTM C187.

Los morteros ligeros son aquellos que tiene una trabajabilidad muy buena a largo plazo, para la creación de este tipo de morteros se puede usar áridos ligeros como arcilla expandida o de forma más común la inclusión de aditivos aireantes. [15]

1.1.3.6.2.4. Adherencia

Es la capacidad del mortero para absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de la interface mortero-base, en otras palabras es la resistencia a la separación del mortero sobre su soporte.

La adherencia del mortero, antes de que este endurezca, se incrementa cuando mayor sea la proporción del conglomerante o la cantidad de finos arcillosos, sin embargo el exceso de estos componentes pueden alterar otras propiedades. [15]

1.1.3.6.2.5. Capacidad de retención de agua

La retención de agua está relacionada con la superficie específica de las partículas de árido fino, así como con el conglomerante y de forma general, con la viscosidad de la pasta.

Un mortero tiende a tener el agua necesaria para hidratar las partículas tanto del conglomerante como del árido, así como las burbujas de aire que están incluidas en la muestra. El agua que se halle en exceso será cedida por succión del soporte sobre el que se aplica.

La retención de agua influye en el grado de hidratación del conglomerante, factor crucial que determinará el grado de endurecimiento del mortero. [15]

1.1.3.6.3. Propiedades físicas del Mortero endurecido

1.1.3.6.3.1. Resistencia a la compresión

El mortero en su forma endurecida, debe actuar como elemento de unión resistente compartiendo las sollicitaciones del sistema constructivo del que forme parte. El mortero utilizado en juntas debe soportar las hileras sucesivas de ladrillos o bloques.

La resistencia del mortero influirá en la capacidad de una pared para soportar y transmitir cargas a las que se ve sometido, así como el mortero para pavimentos que resistirá el peso de personas y enseres que se asienten sobre él.

La resistencia a la compresión del mortero se la realizará conforme a la norma INEN 488, ASTM C109 con especímenes cúbicos (probetas) de 40mm, a los 28 días de edad conservados en un ambiente normalizado. [15]

1.1.3.6.3.2. Retracción

La retracción es un fenómeno que experimenta el mortero durante el proceso de fraguado y principio de endurecimiento, dicha retracción es producida por la pérdida de agua en exceso después de la hidratación del mortero.

Las mayores retracciones se dan cuando existe mayor cantidad de cemento y elementos finos en los morteros, también se ha observado que la retracción aumenta cuanto mayor es la cantidad de agua de amasado. [13]

Se distinguen tres tipos de retracción:

- **Retracción Plástica**

La fisuración generalmente se produce en elementos superficiales, de poco espesor, ante temperaturas elevadas con vientos secos y falta de curado. Es una retracción por desecación durante el proceso de curado, cuando el mortero no transmite ni soporta tensiones producidas por la evaporación rápida del agua, la principal característica es son muchas fisuras próximas entre sí, que se cruzan asemejando una piel de cocodrilo pero no alcanzan gran profundidad. [13]

- **Retracción Hidráulica o de secado**

Es la contracción del mortero por la pérdida de agua que se produce cuando el proceso de fraguado haya terminado, si la retracción de secado es intensa causa un cambio volumétrico capaz de crear tensiones en zonas impedidas de deformarse.

Al superarse el valor de adherencia del mortero ocasionan que los bordes de las fisuras se abarquillen. [13]

Ciertos factores hacen que la retracción hidráulica aumente como:

- El espesor de recubrimiento
- La riqueza del conglomerante del mortero y la finura de sus partículas
- La mayor relación agua/cemento
- La menor relación volumen/superficie

Tiene influencia en la naturaleza de los áridos así como en las condiciones y el tipo de curado aplicado. [13]

- **Retracción Térmica**

Es causada por la variación de la temperatura en su masa durante el proceso de endurecimiento; Al iniciarse el endurecimiento si el calor alcanzado por la reacción exotérmica de las partículas de cemento sobre un mortero pobre, con poco cemento hace que sufra un incremento de temperatura inferior a un mortero con mayor cantidad de cemento provocando que este último tenga menores retracciones.

La retracción se identifica por la fisuración errática aparecida en la superficie del mortero, en el caso de que sea muy acusada puede afectar a su permeabilidad dejando vías de ingreso de agua a su interior. [13]

1.1.3.6.3.3. Absorción de agua

Su importancia radica en que la absorción del agua determina la permeabilidad del mortero, en el caso de que el mortero sea permeable al agua, este transmitirá el agua a su interior originando humedades por filtración. Como efecto de la succión del agua exterior esta favorece al traspaso de partículas o componentes que afecten a su durabilidad como las eflorescencias.

La absorción del mortero está en función de la estructura capilar, por tanto mientras más compacto sea un mortero menor será la red capilar de absorción. La inclusión de aditivos aireantes, plastificantes e hidratantes influyen notablemente para disminuir la absorción capilar. [13]

1.1.3.6.3.4. Densidad en estado endurecido

La densidad del mortero depende fundamentalmente de la que tengan sus componentes: arena, adiciones, etc. La granulometría y el volumen que estos ocupen en su dosificación son muy influyentes en la densidad, a medida que aumente la relación de estos más poroso será el mortero.

Para la hidratación de aglomerante es necesario incorporar un poco de agua, pero esto hace que la mezcla sea muy seca y no trabajable, para ello es necesario mayor cantidad de agua de amasado necesaria para el fraguado.

Durante el fraguado y endurecimiento del mortero, se produce una pérdida de agua que no se combina con el aglomerante para la formación de cristales.

Para la explicación de lo antes mencionado se deduce que, al utilizar materias primas en forma proporcionales incorporando la misma cantidad de agua de amasado, se observen, mayores pérdidas de agua e inferiores densidades en esos morteros con menor contenido de aglomerante. [15]

1.1.3.6.4. Propiedades químicas de un mortero

Los ácidos inorgánicos son altamente agresivos cuando entran en contacto con el concreto o mortero de cemento portland convencional, siendo la mayor causa su alcalinidad, debido a su alta capacidad de disociación del ácido representada por un PH cercano a 1. [15]

Los agregados que tengan componentes ricos en calcio, carbonatos de calcio o hidrato de silicato de calcio hacen que el mortero sea más susceptible al ataque de agentes químicos ya que la resistencia del mortero de cemento portland a estos agentes es muy baja. [15]

El efecto que produce en gran medida es el desgaste físico de la pasta con sus agregados, los sulfatos reaccionan químicamente con otras sustancias presentes en el entorno con la finalidad de formar minerales expansivos como la etringita y la taumasita afectando en el desempeño del mortero o concreto a lo largo de la vida útil de las estructuras. [15] [16]

Los morteros de cal por su alta alcalinidad, la cal actúa como un desinfectante y fungicida natural previniendo la formación de manchas de moho, la proliferación de hongos o la aparición de esporas perjudiciales para la salud. La cal es capaz de absorber y arrojar agua facilitando de esta forma el intercambio higrométrico evitando que la humedad quede atrapada. [16]

Los materiales puzolánicos de composición silícea o sílico-aluminosa que no son capaces de endurecer por sí mismos cuando son amasados con agua pero que son capaces de reaccionar con el hidróxido de calcio formando estructuras más rígidas que las compuestas por hidróxido de calcio. Mejoran aspectos del mortero como la impermeabilidad, durabilidad, resistencia mecánica a la compresión. [16]

1.1.3.7. Aditivos químicos para mezclas

Un aditivo es una sustancia química que generalmente se la dosifica por debajo del 5% de la masa del aglomerante, los agregados y los refuerzos de ciertas fibras, que son usados como ingredientes de la pasta, mortero o concreto, con el fin de mejorar ciertas

propiedades físicas, de tal forma que esta mezcla esté conforme a las necesidades de la obra o del constructor. [16]

Los aditivos se clasifican de la siguiente manera:

- TIPO A – Plastificante: Este aditivo permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una consistencia determinada de la mezcla.
- TIPO B – Retardador: Su función principal es retardar el proceso de fraguado de la mezcla.
- TIPO C – Acelerante: Tiene como característica el acelerar el proceso de fraguado así como la ganancia de resistencia de la mezcla a temprana edad.
- TIPO D – Plastificante Retardador: Tiene un doble efecto, como primer efecto permite disminuir la cantidad de agua de amasado para obtener una determinada consistencia de la mezcla y como segundo efecto retardar el fraguado de la mezcla.
- TIPO E – Plastificante Acelerante: Tiene un doble efecto, como primer efecto permite disminuir la cantidad de agua de amasado para obtener una determinada consistencia y como segundo efecto acelerar el fraguado de la mezcla así como la obtención de resistencia a temprana edad.
- TIPO F – Superplastificante: Permite la disminución de agua de la mezcla de más del 12 % para obtener una mezcla de determinada consistencia.
- TIPO G – Superplastificante Retardador: Como primer efecto permite la disminución de agua de la mezcla en más del 12%, para obtener una consistencia determinada, además de retardar el fraguado de la mezcla como segunda acción.
- TIPO H – Superplastificante Acelerante: Permite la disminución de agua de la mezcla en más del 12%, para obtener una consistencia determinada, además acelera el proceso de fraguado así como la ganancia de resistencia a temprana edad de la mezcla. [16]

1.1.3.8. Aditivos naturales para mezclas

Los almidones por su fácil forma de obtención, son relativamente baratos y renovables; las principales fuentes de almidón son cereales, raíces y tubérculos. Dentro del sector Industrial, los almidones son utilizados como aditivos para sustituir materiales poliméricos sintéticos. [17]

Los cultivos más usados en la producción de almidón son: maíz, arroz, trigo, patata y yuca, las antiguas civilizaciones usaban al almidón como material adhesivo. El uso que se da hoy en día a los almidones es como aditivo en el cemento para mejorar el tiempo de curado, como material sellante de los poros en las paredes de los pozos de perforación del petróleo. [17]

El almidón varía en forma y funcionabilidad dependiendo de su procedencia botánica, del cultivar, dentro de la misma especie y de las condiciones agronómicas del cultivo. Esta variabilidad hace que el almidón tenga diferentes propiedades, pero puede causar problemas debido a la heterogeneidad del material; para lo que se puede modificar química y física su naturaleza. [17]

1.1.3.9. Mampostería

Se conoce como el sistema tradicional de construcción que tiene como finalidad erigir muros y paramentos, para diversas finalidades según la necesidad de la obra, se lo realiza mediante la colocación manual de los elementos o los distintos materiales que lo conforman, que pueden ser ladrillos, bloques de cemento prefabricados, piedras talladas de formas regulares, etc. Este sistema permite una disminución en los

desperdicios de los materiales que se emplean y generan fachadas portantes; es apta para la construcción en grandes alturas. [18]

Es un conjunto de piezas trabadas entre sí que pueden formar muros, arcos, cúpulas, etc. Se tienen variaciones constructivas en la mampostería como:

- **Mampostería simple:** Este tipo de mampostería no tiene refuerzo o si está reforzada tiene una cuantía menor a la establecida para mampostería parcialmente reforzada, debe cumplir que el espesor mínimo de los muros de este tipo debe ser 120 mm, su diseño debe ser por medio del método de esfuerzos permisibles. Es bien conocida como mampostería de relleno que sirve para la división de ambientes, ya que no tiene funciones estructurales. [19]
- **Mampostería confinada:** Tiene la característica que en sus cuatro lados está rodeada por columnas y vigas de hormigón, para trabajar como pórtico resistente a flexión. [19]
- **Mampostería Reforzada:** Este tipo de mampostería conforman un sistema monolítico, debido a que son construidos con piezas de perforación vertical reforzados internamente con barras de aceros, las juntas horizontales son de mortero. [19]
- **Mampostería de cavidad reforzada:** Es una construcción realizada con dos paredes de piezas de mampostería que son separadas por un espacio continuo de concreto reforzado en funcionamiento de forma compuesta. [19]

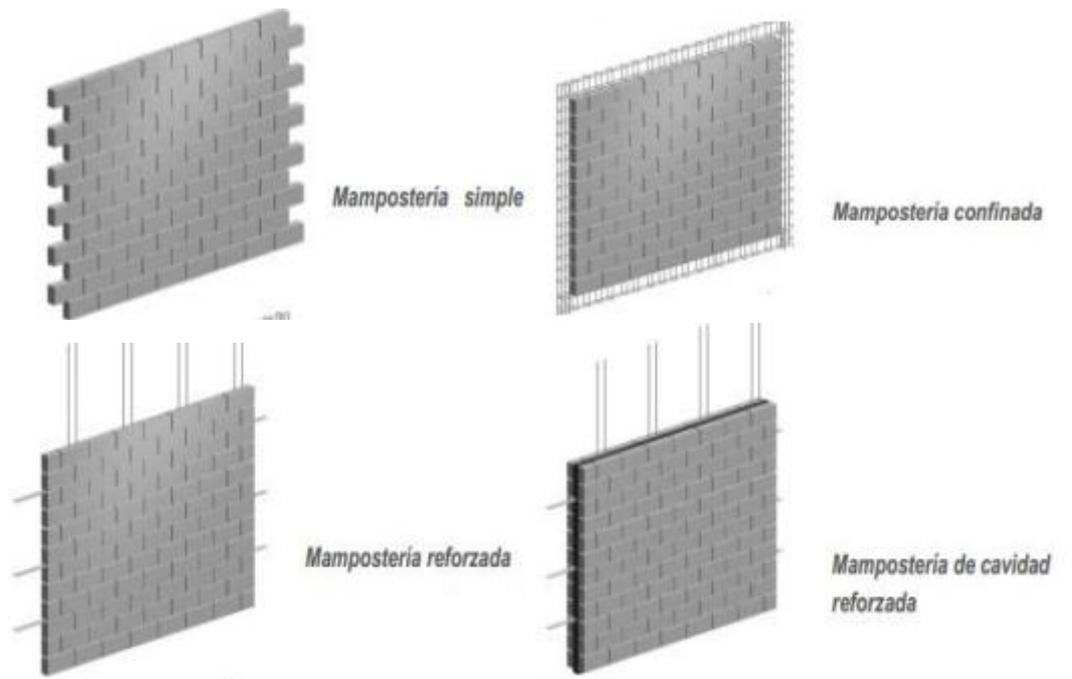


Figura 5.- Tipos de mampostería
 Fuente: A. S. Z. Suárez, OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MICRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR, CUENCA: UNIVERSIDAD DE CUENCA , 2015.

1.1.3.10. Correlaciones simples y múltiples

Para evaluar la influencia de algunas propiedades de los morteros sobre las propiedades físico-mecánicas se debe analizar estadísticamente su correlación. Para eso se relacionan algunas leyes de regresión, para ello se estima el valor de una variable aleatoria “Variable dependiente” dado que se conoce el valor de la “Variable independiente” la ecuación de regresión es la fórmula algebraica mediante la cual se determina el valor de la variable independiente. Existen dos análisis de regresión “Simple y múltiple” la regresión simple estima el valor de una variable dependiente sobre una independiente, mientras que la regresión múltiple estima el valor de una variable dependiente sobre dos o más variables independientes. [9]

El objetivo de crear las curvas de regresión es generar las correlaciones entre las propiedades físico-mecánicas de morteros estudiadas, estas estarán expresadas en modelos matemáticos que permiten dar una idea aproximada de las propiedades del mortero generando ahorro de tiempo y dinero.

Se analizarán algunas leyes de regresión, expresadas en ecuaciones de 2 variables (Variable Independiente X); (Variable dependiente Y) y que permiten conocer una propiedad a partir de otra. Los distintos modelos se ajustarán por el criterio de mínimos cuadrados.

Modelo	Ecuación
Líneal	$Y = a_0 + a_1 X$
Exponencial	$Y = a_0 * e^{a_1 * X}$
Potencial	$Y = a_0 * X^{a_1}$
Polinomial	$Y = a_0 + a_1 * X + a_2 * X^2$
Logarítmico	$Y = a_0 + a_1 * \text{Ln}(X)$

El análisis de regresión múltiple es una extensión del análisis de regresión simple para aplicaciones en la que se usa dos o más variables independientes para estimar el valor de la variable dependiente. [9] Y formular modelos matemáticos con el fin de predecir resultados y la correlación permite medir el grado de asociación entre dos variables y en qué sentido están asociadas, es decir si dicha asociación es positiva o negativa la correlación puede o no ser asociada con la regresión. [10]. Para correlaciones de variables múltiples bajo el criterio de mínimos cuadrados se resuelve mediante sistemas de ecuaciones el cual se lo resuelve mediante el método de matriz inversa obteniendo así los coeficientes necesarios para obtener la ecuación de correlación. Estas ecuaciones serán del tipo lineal, logarítmica, potencial y exponencial según sea el caso que mejor se ajuste.

Se califican las mismas según su coeficiente de determinación R^2 siendo:

$50\% < R^2 < 70\%$; Regular a Bueno

$70\% < R^2 < 80\%$; Muy Bueno

$80\% < R^2 < 100\%$; Aceptable - Excelente

El manejo de cada una de las gráficas y sus ecuaciones se debe tomar con el debido criterio los resultados ya que las muestras de morteros se encuentran limitadas a ciertas propiedades y a ciertos rangos de trabajo. Por lo mismo un valor de coeficiente de determinación bajo puede dar resultados alejados de la realidad del coeficiente de determinación.

1.1.4. Hipótesis

Al añadir la dosificación óptima del almidón de arroz en el mortero de cal, proporcionará un aumento de la resistencia mecánica a compresión, haciendo que este mortero tenga características similares al mortero de cemento portland de uso convencional.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar las correlaciones entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento Portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Obtener la dosificación óptima para la elaboración del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz.
- Establecer la correlación entre el asentamiento del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz y el mortero de cemento portland.
- Establecer el tipo de trabajabilidad del mortero normal de cal, el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz y el mortero de cemento portland.
- Establecer la correlación entre la pérdida de humedad del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz y el mortero de cemento portland.
- Establecer la correlación entre las resistencias a compresión del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz y el mortero de cemento portland.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Niveles de Investigación

Los niveles utilizados en esta investigación se los describe a continuación:

Investigación Exploratoria

Es de carácter Exploratoria porque las condiciones que abarca aun no son determinantes, debido a que no se conoce los resultados que se van a tener en el análisis comparativo de la resistencia a compresión entre el mortero tradicional de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz. Este tipo de investigación aporta al planteamiento del problema, formulación de hipótesis de la investigación de mayor rigor científico. [20]

Investigación Descriptiva

Es de carácter Descriptiva porque se va a detallar el efecto que produce la incorporación del almidón de arroz en el mortero de cal en comparación con un mortero sin almidón de arroz y el mortero normal de cemento portland (MCP), detallando como es y cómo se manifiesta el comportamiento del mortero con el ensayo a compresión. [20]

Población y muestra

El presente estudio tiene como población a morteros de cal y morteros con la inclusión de aditivo natural, material que es extraído de productos fáciles de cultivar, siendo en este caso el almidón de arroz que es favorable en su reacción con la cal por su alto contenido de amilopectina.

Delimitación de la Muestra

Para la delimitación de la muestra se consideran tres tipos de morteros:

- Mortero de cal normalizado (MNC)
- Mortero de cal estabilizado con almidón de arroz (MCEA)
- Mortero de cemento portland normalizado (MCP)

Para establecer el número de probetas para cada mortero se tomará como referencia la norma ASTM, donde se menciona que el número a considerarse de probetas serán tres o más probetas elaboradas para cada período de prueba y en base al argumento que se va a evaluar.

Para el número de probetas realizadas se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 9.- Delimitación de la Muestra/ Probetas (7 días de curado) $f'c= 25 \text{ Kg/cm}^2$

IDENTIFICACIÓN	SUSTITUCIÓN PARCIAL (almidón de arroz)	NÚMERO DE PROBETAS NORMALIZADAS
Mortero de cal estabilizado con almidón de arroz (MCEA)	0,5%	5 probetas
	1,0%	5 probetas
	1,5%	5 probetas
	2,0%	5 probetas
	2,5%	5 probetas
	3,0%	5 probetas
	3,5%	5 probetas
	4,0%	5 probetas
Mortero de cal normalizado	0,0% (sin aditivo)	5 probetas
Mortero de cemento Portland normalizado	0,0% (sin aditivo)	5 probetas
$\Sigma=$		50 probetas

Autor: Victor A. Pico S.

Tabla 10.- Delimitación de la Muestra/ Probetas (7, 14, 21 y 28 días de curado) $f'c= 25 \text{ Kg/cm}^2$

IDENTIFICACIÓN	SUSTITUCIÓN PARCIAL (almidón de arroz)	NÚMERO DE MUESTRAS NORMALIZADAS
Mortero de cal estabilizado con almidón de arroz (MCEA)	1,4%	20 probetas
Mortero de cal normalizado (MNC)	0,0%	20 probetas
Mortero de cemento Portland normalizado (MCP)	0,0%	20 probetas
$\Sigma=$		60 probetas

Autor: Victor A. Pico S.

Número total de probetas= 110 (especímenes cúbicos)

2.2. Materiales y Equipos

2.2.1. Equipos

2.2.1.1. Balanza

Usada para pesar el material, la misma que tiene una capacidad máxima de 6000 gr, con una sensibilidad de 1gr/div.



Figura 6.- Balanza
Autor: Victor A. Pico S.

2.2.1.2. Tamices

Se usarán los tamices para agregado fino siendo estos N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200 los mismos que cumplen con la norma ASTM C33.



Figura 7.- Tamices y máquina tamizadora
Autor: Victor A. Pico S.

2.2.1.3. Matraz aforado

Para realizar el ensayo de gravedad específica, se utilizará el matraz aforado de 250 ml de capacidad, previamente calibrado por vaciado a 20°C, con un rango de tolerancia de ± 1 ml.



Figura 8.- Matriz aforado 500ml
Autor: Victor A. Pico S.

2.2.1.4. Moldes de las probetas

Los moldes serán de un material que no afecte a las condiciones del mortero, serán cubos normados, que permitan realizar cinco probetas. Las dimensiones de los moldes para las probetas serán las siguientes:

- Longitud (l): 4cm, tolerancia $\pm 0,1$ mm
- Ancho (a): 4cm, tolerancia $\pm 0,1$ mm
- Altura (h): 4cm, tolerancia $\pm 0,1$ mm

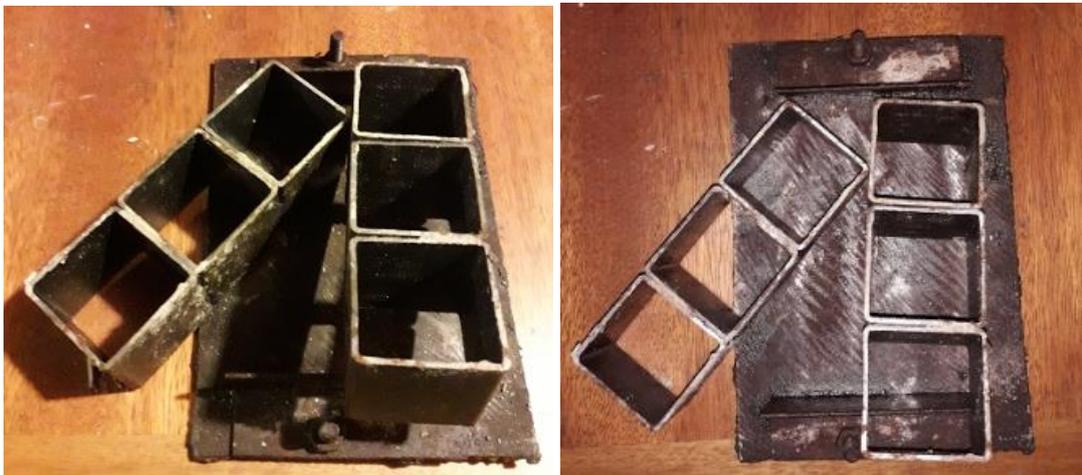


Figura 9.- Moldes de probetas
Autor: Victor A. Pico S.

2.2.1.5. Máquina para ensayo de compresión

La máquina de ensayo tendrá una precisión de $\pm 1,5\%$ en todo el intervalo utilizado en el ensayo.

Para el ensayo se le colocarán placas de diferentes espesores para acercar las probetas al sistema de compresión, las mismas que son colocadas en el platillo inferior de la máquina, las caras de las placas deben ser lisas con un rango de tolerancia de 0,01mm en la superficie de contacto, el material debe ser acero con una dureza de Vickers igual o superior a 600 o carburo de tungsteno.



Figura 10.- Máquina de compresión
Autor: Victor A. Pico S.

2.2.2. Materiales

2.2.2.1. Agua

El agua de amasado para la elaboración de las probetas deberá ser potable, tal como dice la norma NTE INEN 1108.

En caso de no ser potable se puede utilizar agua clara y de apariencia limpia, que no contenga sustancias que le produzcan olor o sabor inusual, el uso de agua de manantial es recomendable en este tipo de casos.

2.2.2.2. Cal

La cal será de tipo hidráulica bajo los requisitos de la norma NTE INEN 2073, para la elaboración de las probetas la cal se deberá conservar en un recipiente cerrado y proteger de la humedad hasta el momento de la confección de las muestras.

Para los ensayos pertinentes a la cal, se seleccionó la cal industrial hidráulica que se la adquirió en el negocio “Agro Tarpuy” ubicado en Huachi Grande, que se especializa en la venta de insumos agrícolas, además de la facilidad de adquisición del material.

2.2.2.3. Arena

Para los ensayos de laboratorio del agregado fino, se seleccionó el material proveniente de la cantera “Villacrés” ubicada en la parroquia La Península en la ciudad de Ambato (Coordenadas: N: 9861933.05 ; E: 766830.85) debido a la accesibilidad para la obtención del agregado fino.

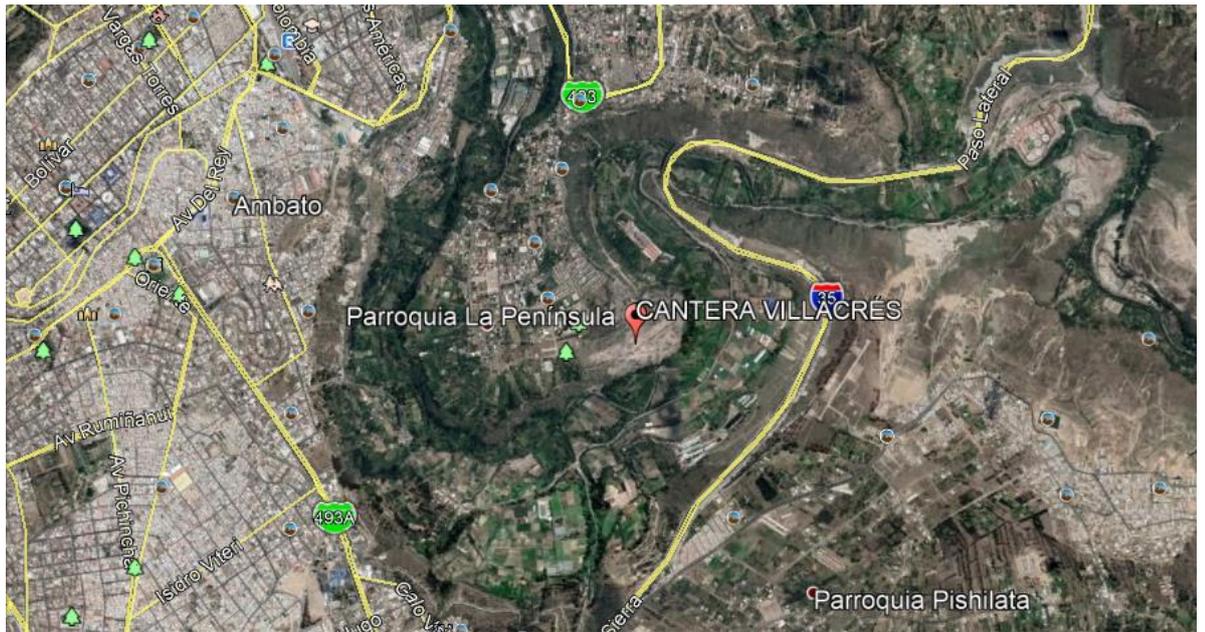


Figura 11.- Ubicación de la cantera “Villacrés”
Fuente: Google Earth

Para los ensayos de laboratorio del agregado fino, se seleccionó el material proveniente de la cantera “El Viejo Minero” ubicada en la entrada de la ciudad de Baños (Coordenadas: N: 9843796.00; E: 781852.00) para tener una referencia del agregado fino que tenga mejores características para la realización de las probetas.

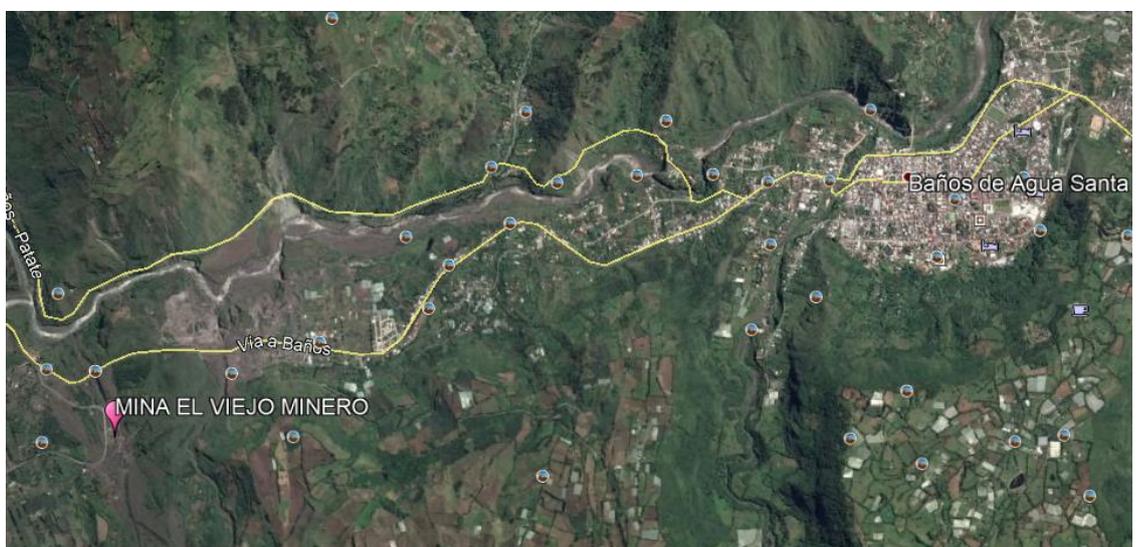


Figura 12.- Ubicación de la cantera “El Viejo Minero”
Fuente: Google Earth

2.2.2.4. Aditivo Natural (Almidón de arroz)

El arrocillo se lo adquirió en un local que se especializa en la venta de cereales, para lo que se adquirió la cantidad de una arroba de dicho material.

Para la elaboración del aditivo natural se debe seguir el siguiente proceso:

- Triturar el arrocillo mediante un molino manual, calibrándolo hasta conseguir un tamaño de partícula de 0,4mm.
- Dejar reposar durante 1 hora, 15gr de arroz triturado en 450 ml de agua (proporción 1:30 de arroz triturado en agua).
- Cocinar el arroz durante 40 min a 200° C, con movimientos constantes del material dentro del recipiente.
- Dejar reposar el almidón durante 1 hora hasta que se enfríe, para hacer su uso en la mezcla.

Para determinar las cantidades de aditivo a usar en la dosificación se utilizarán diferentes porcentajes en la mezcla en relación a la cantidad de agua de amasado para obtener el porcentaje óptimo de la mezcla. Al realizar el ensayo de compresión se pudo determinar el valor de almidón de arroz óptimo para la mezcla de forma gráfica.

2.2.2.5. Cemento

El cemento que utilizará para la elaboración de las probetas debe cumplir con la norma NTE INEN 152, NTE INEN 490 y NTE INEN 2380, el almacenamiento del cemento de lo hará en un recipiente cerrado para proteger el material de la humedad del ambiente hasta la confección de las muestras.

El cemento que se adquirió para los ensayos pertinentes, se lo hizo en un local de venta de material para construcción, para lo se seleccionó un quintal del cemento Holcilm por sus excelentes características de material.

2.3. Métodos

2.3.1. Plan de recolección de datos

Preguntas básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para investigar el comportamiento del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz (MCEA).
2. ¿De qué personas u objetos?	De probetas normalizadas (cubos de mortero) que han adquirido su resistencia inicial a los 7 días.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Influencia del almidón de arroz en la resistencia a compresión de un mortero y consistencia del mortero de cal.
4. ¿Quién?	Victor Pico Sánchez
5. ¿Dónde?	Laboratorio de ensayo de materiales y mecánica de suelos de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato
6. ¿Cómo?	Investigación bibliográfica Normas INEN, ASTM Ensayos de laboratorio

<p>7. ¿Técnicas de Recolección?</p>	<p>Basado en la investigación bibliográfica, en ensayos que se han realizado sobre los morteros de almidón de arroz de ciertas edificaciones de la antigua China.</p> <p>Para conocer el valor del porcentaje óptimo de almidón de arroz en la mezcla se realizará probetas de mortero variando porcentaje de la mezcla en intervalos de 5% hasta que el mortero presente características que dificulten su trabajo en puesta de material.</p> <p>Para el análisis de los materiales se tomará muestras de los mismos, para realizar los respectivos ensayos para determinar la calidad del material.</p> <p>De forma paralela se elaborará un mortero de cemento y un mortero de cal normal para realizar la correlación presentes en estos tipos de morteros.</p>
-------------------------------------	---

2.3.2. Plan de procesamiento y Análisis de información

Para el procesamiento y análisis de la información se seguirá el siguiente plan de recolección de información:

- Revisión de información bibliográfica referente a investigaciones sobre mortero de cal estabilizado con almidón de arroz, investigaciones sobre morteros estabilizados con almidones naturales.

- Análisis de las normas INEN y ASTM para morteros, que tengan que ver con cal y cemento, encargadas del proceso, parámetros y dosificación de la mezcla.
- Determinación del porcentaje óptimo de almidón de arroz en la mezcla del mortero de cal, haciendo que este alcance la mayor resistencia a la compresión, comparado con la resistencia que debe tener un mortero de pega de ladrillos convencional y normado.
- Análisis e interpretación de resultados obtenidos en laboratorio, tanto del mortero de cal normal, mortero de cal estabilizado con almidón de arroz (MCEA) y mortero de cemento portland (MCP).
- Análisis y comparación entre resultados de laboratorio de los diferentes morteros realizados para poder comprobar la hipótesis planteada.
- Planteamiento de conclusiones y recomendaciones en base a los ensayos realizados con los tres morteros.

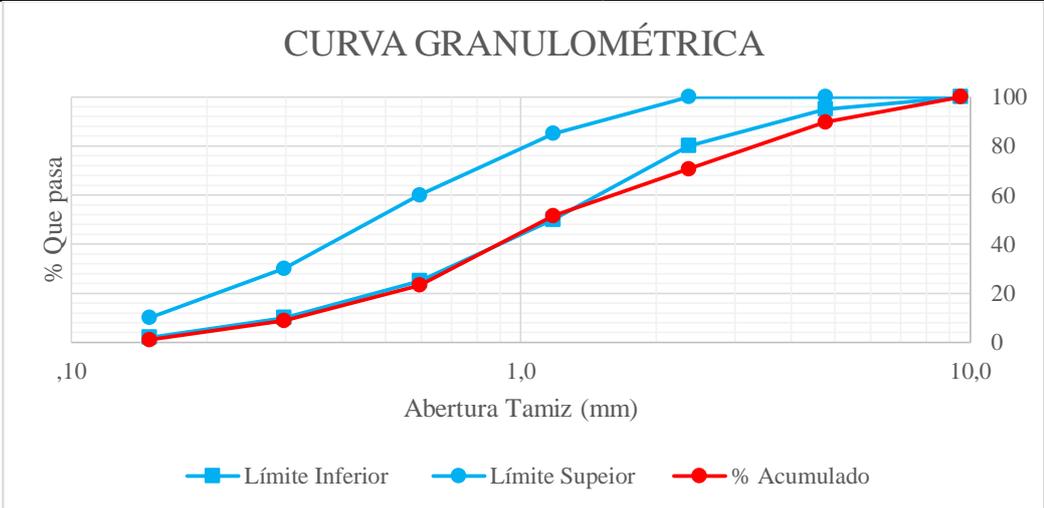
CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Análisis granulométrico del agregado fino

Tabla 11.- Granulometría agregado fino - Cantera “Villacrés”

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>						
“GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO”						
ORIGEN:	Cantera “Villacrés”- Ambato – Tungurahua					
PESO MUESTRA (g): 800	PÉRDIDA DE MUESTRA(%): 1,2%					
ENSAYADO POR: Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez	FECHA: 21/AGOSTO/2019					
NORMA:	NTE INEN 696, ASTM C33					
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial (g)	Retenido acumulado (g)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límite ASTM % que pasa
N°4	4,76	0	0	0	100,00	95-100
N°8	2,36	82,4	82,4	10,32	89,68	80-100
N°16	1,18	152,7	235,1	29,44	70,56	50-85
N°30	0,595	152,1	387,2	48,49	51,51	25-60
N°50	0,297	225,5	612,7	76,73	23,27	10-30
N°100	0,149	115,8	728,5	91,23	8,77	2-10
N°200	0,074	61,9	790,4	98,99	1,01	---
Fuente		24,00	798,5	100	0,00	---
Módulo de finura				2,5		
						

Autor: Victor A. Pico S.

Tabla 12.- Granulometría agregado fino - Cantera “El Viejo Minero”

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>						
“GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO”						
ORIGEN: Cantera “El Viejo Minero”- Baños – Tungurahua						
PESO MUESTRA (g): 600				PÉRDIDA DE MUESTRA(%): 0,5%		
ENSAYADO POR: Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez				FECHA: 21/AGOSTO/2019		
NORMA: NTE INEN 696, ASTM C33						
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido Parcial (g)	Retenido acumulado (g)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límite ASTM % que pasa
N°4	4,76	0	0	0	100,00	95-100
N°8	2,36	12,4	12,4	2,08	97,92	80-100
N°16	1,18	84,8	97,2	16,28	83,72	50-85
N°30	0,595	96,8	194	32,48	67,52	25-60
N°50	0,297	120,8	314,8	52,71	47,29	10-30
N°100	0,149	137,9	452,7	75,80	24,20	2-10
N°200	0,074	92	544,7	91,21	8,79	---
Fuente		52,5	597,2	100,00	0,00	---
Módulo de finura				1,8		
OBSERVACIÓN: El módulo de finura del material no cumple con la especificación ASTM C33, en donde el rango del módulo de finura es de 2,3 a 3,1. Si el módulo de finura es menor a 2,3 es una arena muy fina Si el módulo de la arena está entre 2,3 y 3,1 se trata de una arena media Si el módulo de finura es mayor a 3,1 se trata de una arena gruesa [21]						

Autor: Victor A. Pico S.

3.1.2. Densidad real agregado fino

Tabla 13.- Densidad Real agregado fino - Cantera “Villacris”

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>			
“DENSIDAD REAL AGREGADO FINO”			
ORIGEN:	Cantera “Villacris”- Ambato – Tungurahua		
ENSAYADO POR:	Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez	FECHA:	26/AGOSTO/2019
NORMA:	NTE INEN 856		
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa del picnómetro	g	165,5
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	g	215,3
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	g	690,8
M4=M3-M2	Masa de agua añadida	g	475,5
M5	Masa picnómetro + 500 cc de agua	g	663,2
M6=M5-M1	Masa de 500 cc de agua	g	497,7
DA=M6/500cm ³	Densidad del agua	g/cm ³	1,0
M7=M6-M4	Masa del agua desalojada por la muestra	g	22,2
Msss=M2-M1	Masa del agregado	g	49,8
Vsss=M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm ³	22,2
DRA=Msss/Vsss	Densidad real de la arena	g/cm ³	2,24
“CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO”			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M8	Masa del recipiente	g	7,6
M9	Masa del recipiente + muestra SSS	g	43,5
M10=M9-M8	Masa de la muestra SSS	g	35,9
M11	Masa del recipiente + muestra seca	g	42,6
M12=M11-M8	Masa de la muestra seca	g	35,0
CA = $\frac{M10 - M12}{M12} * 100$	Capacidad de Absorción	%	2,57

Autor: Victor A. Pico S.

3.1.3. Densidad real de la cal

Tabla 14.- Densidad Real de la cal hidráulica

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>			
“DENSIDAD REAL DE LA CAL HIDRÁULICA”			
ORIGEN:	Cal hidráulica		
ENSAYADO POR:	Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez	FECHA:	27/AGOSTO/2019
NORMA:	NTE INEN 156		
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa del picnómetro	g	165,5
M2	Masa del picnómetro + cal hidráulica	g	215,5
M3	Masa del picnómetro + cal hidráulica + agua	g	692,5
M4=M3-M2	Masa de agua añadida	g	477,0
M5	Masa picnómetro + 500 cc de agua	g	663,2
M6=M5-M1	Masa de 500 cc de agua	g	497,7
DA=M6/500cm ³	Densidad del agua	g/cm ³	1,0
M7=M6-M4	Masa del agua desalojada por la muestra	g	20,7
Mcal=M2-M1	Masa de la cal hidráulica	g	50,0
Vagua=M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm ³	20,7
DRCAL=Mcal/Vagua	Densidad real de la cal hidráulica	g/cm ³	2,41

Autor: Victor A. Pico S.

3.1.4. Densidad real del cemento

Tabla 15.- Densidad Real del cemento “HOLCIM Rocafuerte”

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>			
“DENSIDAD REAL CEMENTO”			
ORIGEN:	Cemento HOLCIM Rocafuerte		
ENSAYADO POR:	Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez	FECHA:	28/AGOSTO/2019
NORMA:	NTE INEN 156		
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa del picnómetro	g	165,6
M2	Masa del picnómetro + cemento	g	215,1
M3	Masa del picnómetro + cemento + gasolina	g	569,6
M4=M3-M2	Masa de gasolina añadida	g	354,5
M5	Masa picnómetro + 500 cc de gasolina	g	532,6
M6=M5-M1	Masa de 500 cc de gasolina	g	367,0
DA=M6/500cm ³	Densidad de la gasolina	g/cm ³	0,734
M7=M6-M4	Masa de gasolina desalojada por la muestra	g	12,5
Mc=M2-M1	Masa del cemento	g	49,5
Vgasolina=M7/DA	Volumen de gasolina desalojada	cm ³	17,03
DRCAL=Mc/Vgasolina	Densidad real del cemento	g/cm ³	2,91

Autor: Victor A. Pico S.

3.1.5. Dosificación de un mortero de pega de mampuestos $f'c=25 \text{ Kg/cm}^2$

3.1.5.1. Dosificación de un mortero de cemento

Para la dosificación de un mortero de pega de mampuestos de tipo O, que debe cumplir con una resistencia mínima a la compresión de 2,5 MPa, se va a utilizar un método basado en ábacos para determinar la cantidad de material al peso para la elaboración de las probetas cúbicas de mortero de 64cm^3 . [22]

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz.</i>		
DOSIFICACIÓN DE UN MORTERO $f'c=25 \text{ Kg/cm}^2$		
ORIGEN:	Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua	
ENSAYADO POR:	Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez	FECHA: 5/SEPTIEMBRE/2019
PARÁMETROS	VALORES	UNIDADES
Volumen de mortero	1	m^3
$f'c$	25	Kg/cm^2
Fluidez	115	%
Módulo de Finura de la Arena (MFA)	2,5	
Densidad Real de la Arena (DRA)	2,24	g/cm^3
Densidad Real del cemento (DRC)	2,91	g/cm^3

Para la Fluidez del mortero nos vamos a guiar en la siguiente tabla: [22]

Tabla 16.- Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación

CONSISTENCIA	FLUIDEZ %	CONDICIÓN DE COLOCACIÓN	EJEMPLO DE TIPOS DE ESTRUCTURA	EJEMPLO DE CONSISTENCIA DE COLOCACIÓN
Dura (Seca)	80 – 100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (Plástica)	100 – 120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con pala y palustres
Fluida (Húmeda)	120 – 150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

Fuente: L. Gutiérrez López - Morteros CAP 3. Universidad de Colombia

1: Cálculo de la cuantía de cemento

En la Figura 13 se muestra la resistencia a la compresión que debe tener el mortero a los 28 días y la cantidad de cemento que debe tener en relación al módulo de finura de la arena.

La resistencia a la compresión es de 25 Kg/cm² y el módulo de finura de la arena es 2,5 entonces se tiene:

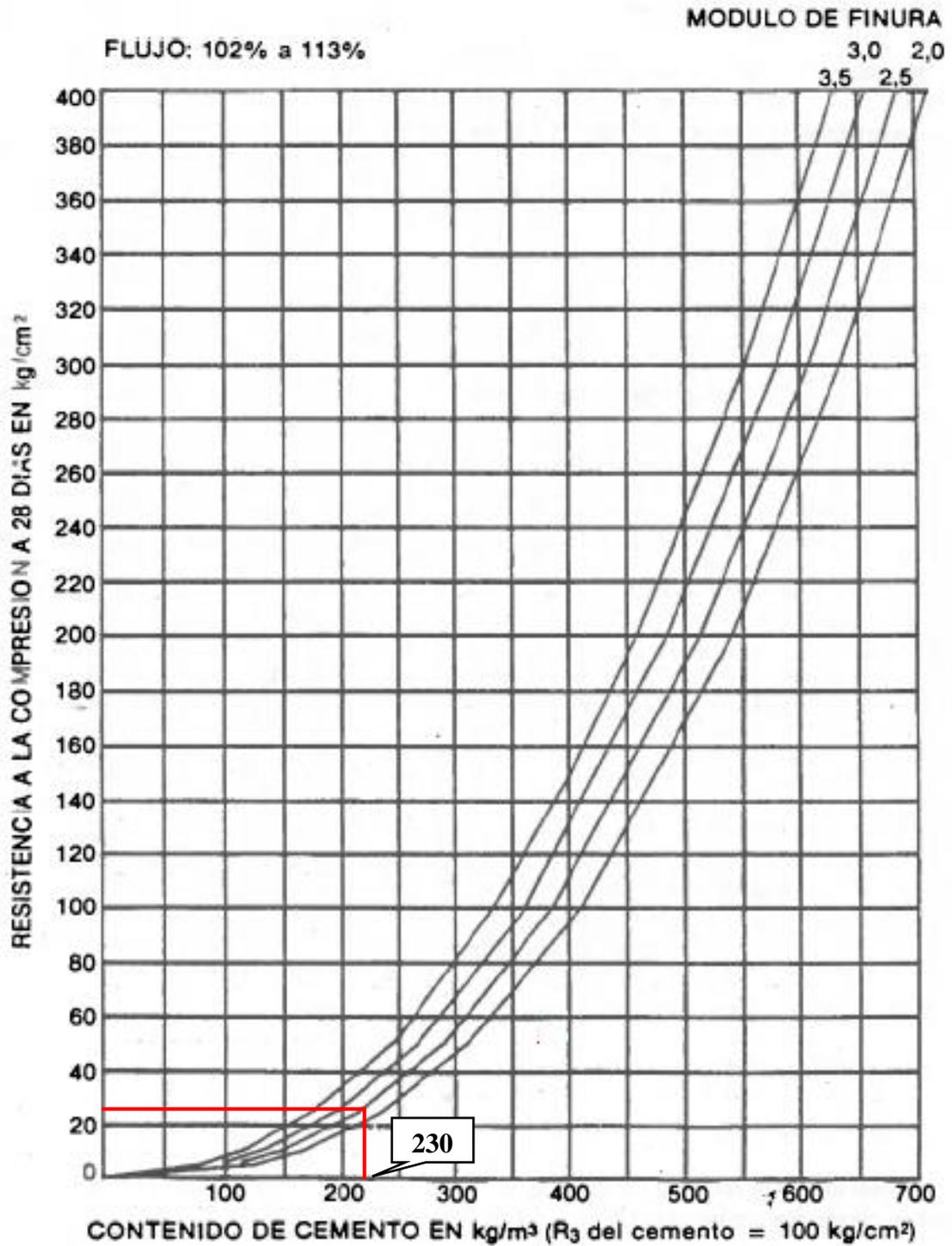


Figura 13.- Determinación del contenido de cemento, mortero seco
Fuente: L. Gutiérrez López - Morteros CAP 3. Universidad de Colombia

2: Cálculo de la cantidad de agua

En la Figura 14 se determina este parámetro de acuerdo a la resistencia a compresión a los 28 días que debe tener el mortero de pega, se tiene:

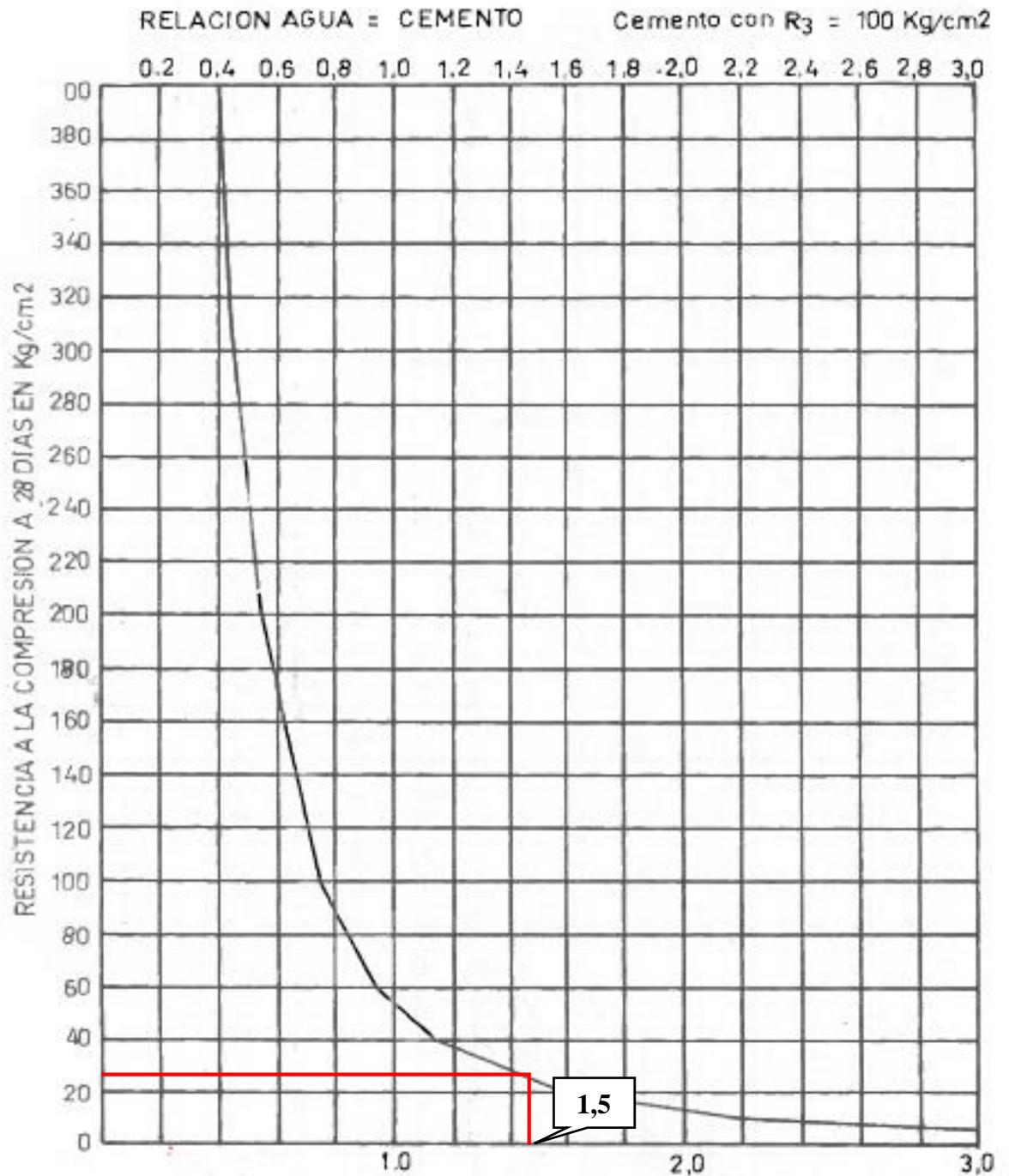


Figura 14.- Relación agua/cemento para la mezcla

Fuente: L. Gutiérrez López - Morteros CAP 3. Universidad de Colombia

Relación agua-cemento $A/C=1,5$

Cálculo de cantidad de agua:

$$\frac{A}{C} = 1,5$$

Donde:

A: Agua

C: Cemento

$$A = 1,5 * C$$

$$A = 1,5 * 230 \text{ Kg}$$

$$A = 345 \text{ Litros por cada m}^3 \text{ de mortero}$$

3: Cálculo del contenido de arena

Por ensayos de laboratorio se sabe:

-Densidad del cemento (DRC): 2,91 gr/cm³

-Densidad real de la arena (DRA): 2,24 gr/cm³

Cálculo de volumen del cemento:

$$\delta_c = \frac{M_c}{V_c}$$

Donde:

δ_c : Densidad del cemento

M_c : Masa del cemento

V_c : Volumen del cemento

V_w : Volumen de agua

V_{aire} : Volumen de aire contenido

$$V_c = \frac{M_c}{\delta_c}$$

$$V_c = \frac{230 \text{ Kg}}{2910 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V_c = 0,080 \text{ m}^3 \text{ por cada m}^3 \text{ de mortero}$$

$$V_w = 0,345 \text{ Lt}$$

$$V_{aire} = 3\% = 0,03$$

Cálculo de volumen de arena:

$$V_a = 1 - (V_c + V_w + V_{aire})$$

$$V_a = 1 - (0,080 + 0,345 + 0,03)$$

$$V_a = 0,545 \text{ m}^3 \text{ por m}^3 \text{ de mortero}$$

Cálculo de la masa de arena

$$M_a = V_a * \delta_a$$

$$M_a = 0,545 \text{ m}^3 * 2240 \text{ Kg/m}^3$$

$$M_a = 1220,80 \text{ Kg} = 1221 \text{ Kg por cada m}^3 \text{ de mortero}$$

Tabla 17.- Dosificación del mortero para 1m³

MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR m ³ DE MORTERO	DOSIFICACIÓN AL PESO
Cemento	230	1
Arena	1221	5,3
Agua	334	1,5

Autor: Victor A. Pico S.

Cálculo de material para 6 cubos de 64cm³

$$V_{\text{cubo}} = 64 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{cubos}} = 64 * 6 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{cubo}} = 384 \text{ cm}^3 = 0,000384 \text{ m}^3$$

Cálculo de cemento para 6 cubos de 64 cm³

Para	1m ³	230 Kg (cemento)
Para	0,000384 m ³	Xc

$$X_c = \frac{0,000384 \text{ m}^3 * 230 \text{ Kg}}{1\text{m}^3}$$

$$X_c = 0,088320 \text{ Kg}$$

Cálculo de arena para 6 cubos de 64 cm³

Para	1m ³	1221 Kg (arena)
Para	0,000384 m ³	Xa

$$X_a = \frac{0,000384 \text{ m}^3 * 1221\text{Kg}}{1\text{m}^3}$$

$$X_a = 0,468864 \text{ Kg}$$

Cálculo de agua para 6 cubos de 64 cm³

Para	1m ³	334 Lt (agua)
Para	0,000384 m ³	Xw

$$Xw = \frac{0,000384 \text{ m}^3 * 334 \text{ Lt}}{1\text{m}^3}$$

$$Xw = 0,128256 \text{ Lt}$$

Tabla 18.- Dosificación del mortero para muestras de 64cm³

MATERIAL	CANTIDAD PARA 6 CUBOS DE 64 cm ³	CANTIDAD PARA 6 CUBOS DE 64 cm ³
Cemento	0,08832 Kg	89,0 gr
Arena	0,46886 Kg	469,0 gr
Agua	0,12825 Lt	128,0 ml

Autor: Victor A. Pico S.

3.1.5.2. Dosificación de un mortero de cal

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>		
DOSIFICACIÓN DE UN MORTERO $f'c=25 \text{ Kg/cm}^2$		
ORIGEN:	Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua	
ENSAYADO POR:	Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez	FECHA: 5/SEPTIEMBRE/2019
PARÁMETROS	VALORES	UNIDADES
Volumen de mortero	1	m^3
$f'c$	25	Kg/cm^2
Fluidez	115	%
Módulo de Finura de la Arena (MFA)	2,5	
Densidad Real de la Arena (DRA)	2,24	g/cm^3
Densidad Real de la Cal (DRCal)	2,41	g/cm^3

1: Cálculo de la cuantía de cal

NOTA: LAS SIGUIENTES CANTIDADES DE MORTERO SON PARA CONOCER LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN QUE PRESENTARÁ UN MORTERO DE CAL NORMAL, EL MORTERO DE CAL DEBE PRESENTAR UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 0,8 MPa A 1,1 MPa A SUS 28 DÍAS. [23]

En la Figura 15 se muestra la resistencia a la compresión que debe tener el mortero a los 28 días y la cantidad de cal que debe tener en relación al módulo de finura de la arena.

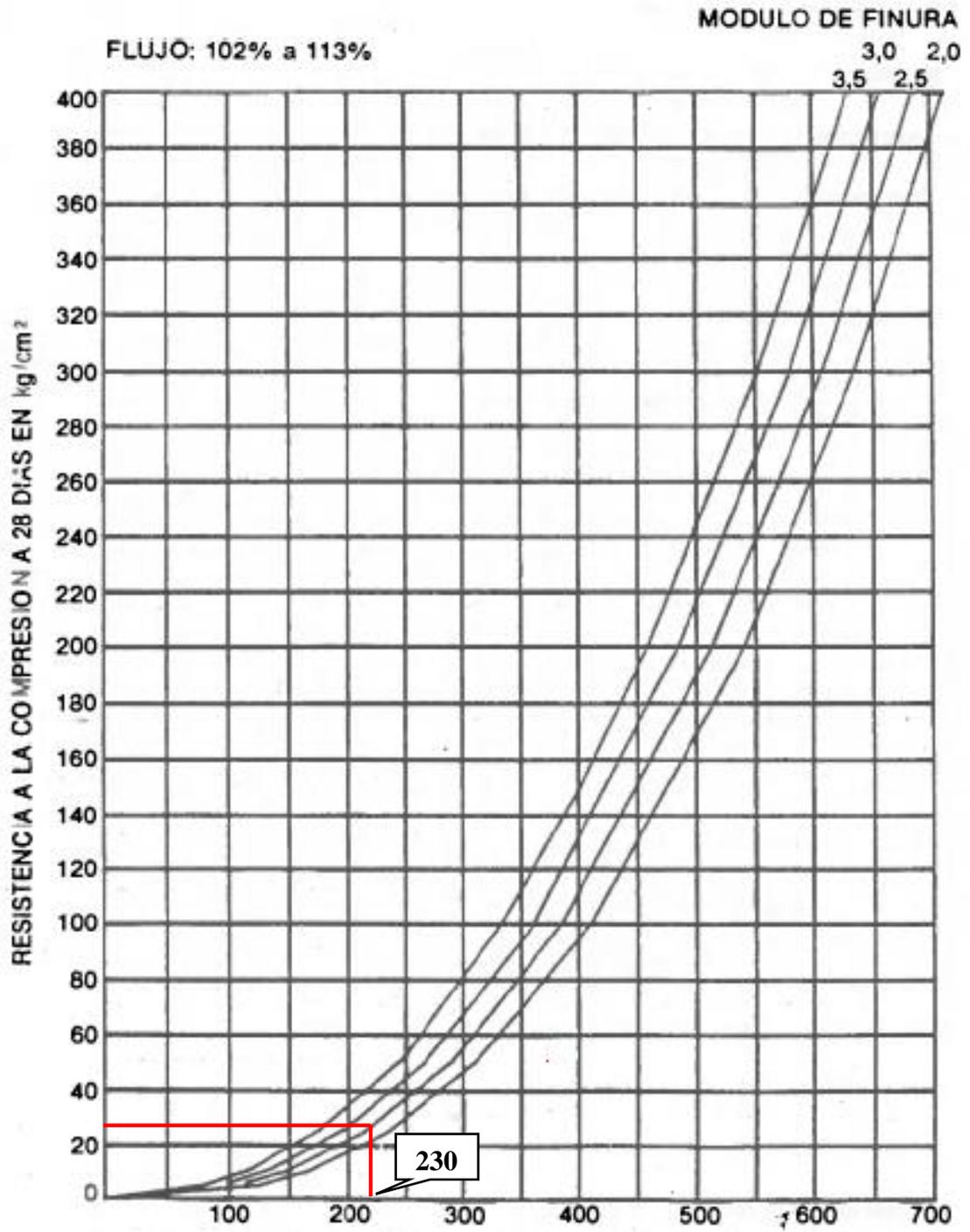


Figura 15.- Determinación del contenido de cal, mortero seco
 Fuente: L. Gutiérrez López - Morteros CAP 3. Universidad de Colombia

2: Cálculo de la cantidad de agua

En la Figura 16 se determina este parámetro de acuerdo a la resistencia a compresión a los 28 días que debe tener el mortero de pega, se tiene:

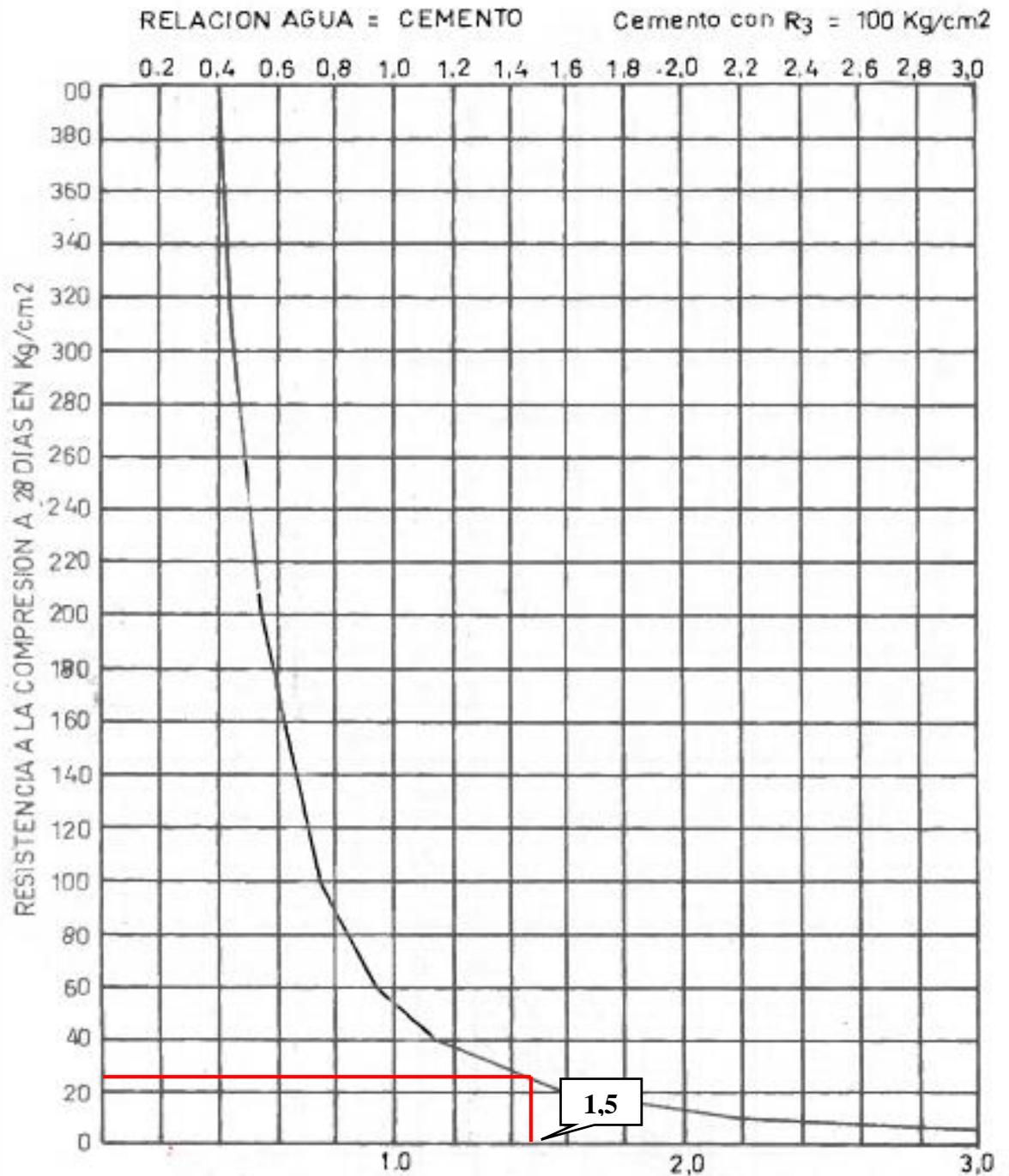


Figura 16.- Relación agua/cal para la mezcla

Fuente: L. Gutiérrez López - Morteros CAP 3. Universidad de Colombia

Relación agua-cal A/Cal=1,5

Cálculo de cantidad de agua:

$$\frac{A}{Cal} = 1,5$$

Donde:

A: Agua

Cal: Cal Hidráulica

$$A = 1,5 * Cal$$

$$A = 1,5 * 230 \text{ Kg}$$

$$A = 345 \text{ Litros por cada m}^3 \text{ de mortero}$$

3: Cálculo del contenido de arena

Por ensayos de laboratorio se sabe:

-Densidad de la cal hidráulica (DRCal): 2,41 gr/cm³

-Densidad real de la arena (DRA): 2,24 gr/cm³

Cálculo de volumen de cal:

$$\delta_{cal} = \frac{M_{cal}}{V_{cal}}$$

Donde:

δ_c : Densidad de la cal

M_c : Masa de la cal

V_c : Volumen de la cal

V_w : Volumen de agua

V_{aire} : Volumen de aire contenido

$$V_{cal} = \frac{M_{cal}}{\delta_{cal}}$$

$$V_{cal} = \frac{230 \text{ Kg}}{2410 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V_{cal} = 0,09543 \text{ m}^3 \text{ por cada m}^3 \text{ de mortero}$$

$$V_w = 0,345 \text{ Lt}$$

$$V_{aire} = 3\% = 0,03$$

Cálculo de volumen de arena:

$$V_a = 1 - (V_{cal} + V_w + V_{aire})$$

$$V_a = 1 - (0,095 + 0,345 + 0,03)$$

$$V_a = 0,53 \text{ m}^3 \text{ por m}^3 \text{ de mortero}$$

Cálculo de la masa de arena

$$M_a = V_a * \delta_a$$

$$M_a = 0,53 \text{ m}^3 * 2240 \text{ Kg/m}^3$$

$$M_a = 1187,20 \text{ Kg} = 1188 \text{ Kg por cada m}^3 \text{ de mortero}$$

Tabla 19.- Dosificación del mortero para 1m³

MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR m ³ DE MORTERO	DOSIFICACIÓN AL PESO
Cal	230	1
Arena	1188	5,1
Agua	345	1,5

Autor: Victor A. Pico S.

Cálculo de material para 6 cubos de 64cm³

$$V_{cubo} = 64 \text{ cm}^3$$

$$V_{cubos} = 64 * 6 \text{ cm}^3$$

$$V_{cubo} = 384 \text{ cm}^3 = 0,000384 \text{ m}^3$$

Cálculo de cal para 6 cubos de 64 cm³

Para	1m ³	230 Kg (cal)
Para	0,000384 m ³	Xcal

$$X_{cal} = \frac{0,000384 \text{ m}^3 * 230 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3}$$

$$X_{cal} = 0,08832 \text{ Kg}$$

Cálculo de arena para 6 cubos de 64 cm³

Para	1m ³	1188 Kg (arena)
Para	0,000384 m ³	Xa

$$X_a = \frac{0,000384 \text{ m}^3 * 1188 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3}$$

$$X_a = 0,45619 \text{ Kg}$$

Cálculo de agua para 6 cubos de 64 cm³

Para	1m ³	345 Lt (agua)
Para	0,000384 m ³	Xw

$$Xw = \frac{0,000384 \text{ m}^3 * 345 \text{ Lt}}{1\text{m}^3}$$

$$Xw = 0,13248 \text{ Lt}$$

Tabla 20.- Dosificación del mortero para muestras de 64cm³

MATERIAL	CANTIDAD PARA 6 CUBOS DE 64 cm ³	CANTIDAD PARA 6 CUBOS DE 64 cm ³
Cal	0,08832 Kg	89,0 gr
Arena	0,45619 Kg	456,0 gr
Agua	0,13248 Lt	132,0 ml

Autor: Victor A. Pico S.

3.1.6. Densidad de mortero de cal MNC 1:5

Tabla 21.- Densidad de mortero de cal MNC 1:5. Edades: 7, 14, 21 y 28 días.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 											
Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz											
DENSIDAD DE PROBETAS ; MORTERO DE CAL MNC 1:5 ; EDADES:7, 14, 21 Y 28 DÍAS											
ORIGEN: Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua											
ENSAYADO POR: Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez FECHA: 16/OCTUBRE/2019											
DÍAS	MUESTRA	PESO (g)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	DENSIDAD HÚMEDA PROMEDIO (g/cm ³)	PESO SECO (g)	VOLUMEN SECO (cm ³)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	DENSIDAD SECA PROMEDIO (g/cm ³)	PÉRDIDA DE HUMEDAD (%)	PÉRDIDA DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
7	0,0%	90,0	62,40	1,442	1,457	84,2	60,8	1,385	1,436	6,44	8,2
		91,6	63,96	1,432		83,8	59,3	1,413		8,52	
		92,8	62,40	1,487		85,1	57,8	1,472		8,30	
		91,7	62,36	1,470		84,7	57,8	1,465		7,63	
		92,8	63,96	1,451		83,5	57,8	1,445		10,02	
14	0,0%	92,8	62,40	1,487	1,454	83,7	60,8	1,377	1,430	9,81	8,4
		90,0	63,96	1,407		83,5	59,3	1,408		7,22	
		92,4	62,40	1,481		84,3	57,8	1,458		8,77	
		91,5	62,36	1,467		84,0	57,8	1,453		8,20	
		91,2	63,96	1,426		83,9	57,8	1,452		8,00	

21	0,0%	93,0	62,40	1,490	1,468	84,3	60,8	1,387	1,427	9,35	9,5
		93,5	63,96	1,462		84,0	59,3	1,417		10,16	
		91,8	62,40	1,471		83,7	57,8	1,448		8,82	
		92,8	62,36	1,488		82,9	57,8	1,434		10,67	
		91,5	63,96	1,431		83,8	57,8	1,450		8,42	
28	0,0%	93,3	62,40	1,495	1,469	83,1	60,8	1,367	1,427	10,93	9,6
		93,1	63,96	1,456		84,2	59,3	1,420		9,56	
		91,7	62,40	1,470		83,9	57,8	1,452		8,51	
		92,3	62,36	1,480		82,8	57,8	1,433		10,29	
		92,4	63,96	1,445		84,5	57,8	1,462		8,55	

Autor: Victor A. Pico S.

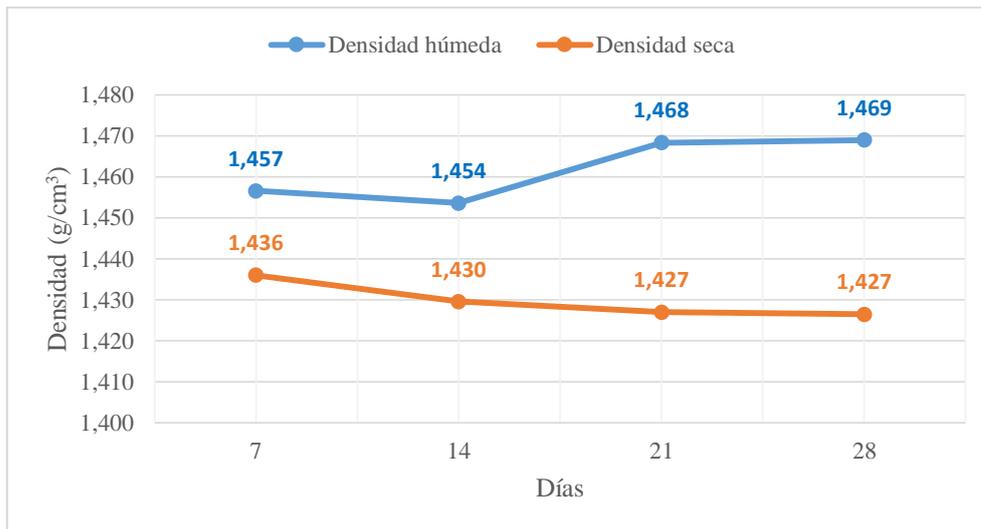


Figura 17.- Densidad húmeda y seca del mortero de cal MNC 1:5, en función de edades.

Autor: Victor A. Pico S.

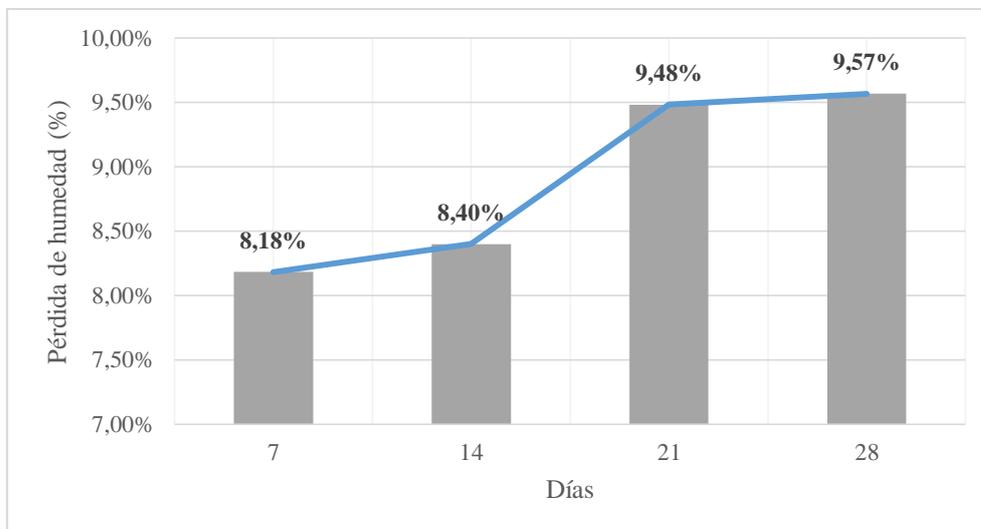


Figura 18.- Pérdida de humedad del mortero de cal MNC 1:5, en función de edades

Autor: Victor A. Pico S.

La densidad húmeda del mortero de cal MNC 1:5 es mayor a su densidad seca. La densidad húmeda que presenta a los 28 días de 1,469 g/cm³ tiene un aumento con relación a la densidad que presenta a los 7 días de 1,457g/cm³. La densidad seca que presenta a los 28 días de 1,427 g/cm³ tiene una disminución con respecto a la densidad que presenta a los 7 días de 1,436 g/cm³. Los valores presentados de densidad hacen que la pérdida de humedad sea de 9,57% con respecto a los 28 días de la densidad húmeda con la densidad seca.

3.1.7. Densidad de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5

Tabla 22.-Densidad de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5; Edad 7 días

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 											
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz.</i>											
DENSIDAD DE PROBETAS ; MORTERO DE CAL ESTABILIZADO CON ALMIDÓN DE ARROZ MCEA 1:5 ; EDAD: 7 DÍAS											
ORIGEN: Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua											
ENSAYADO POR: Ego. Victor Alejandro Pico Sánchez FECHA: 27/SEPTIEMBRE/2019											
DÍAS	MUESTRA	PESO (g)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	DENSIDAD HÚMEDA PROMEDIO (g/cm ³)	PESO SECO (g)	VOLUMEN SECO (cm ³)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	DENSIDAD SECA PROMEDIO (g/cm ³)	PÉRDIDA DE HUMEDAD (%)	PÉRDIDA DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
7	0,0%	96,8	62,40	1,551	1,549	79,5	60,8	1,308	1,341	17,87	19,4
		98,7	63,96	1,543		79,2	59,3	1,336		19,76	
		97,1	62,40	1,556		78,4	57,8	1,356		19,26	
		98,4	62,36	1,578		77,9	57,8	1,348		20,83	
		97,1	63,96	1,518		78,6	57,8	1,360		19,05	
7	0,5%	96,6	62,40	1,548	1,535	79,9	60,8	1,314	1,368	17,29	17,0
		97,4	63,96	1,523		81,0	59,3	1,366		16,84	
		97,8	62,40	1,567		80,6	57,8	1,394		17,59	
		96,6	62,36	1,549		79,6	57,8	1,377		17,60	
		95,1	63,96	1,487		80,3	57,8	1,389		15,56	

7	1,0%	95,5	62,40	1,530	1,526	81,5	60,8	1,340	1,387	14,66	15,3
		96,8	63,96	1,513		80,9	59,3	1,364		16,43	
		97,1	62,40	1,556		81,2	57,8	1,405		16,37	
		96,3	62,36	1,544		81,6	57,8	1,412		15,26	
		95,1	63,96	1,487		81,8	57,8	1,415		13,99	
7	1,5%	95,8	62,40	1,535	1,514	83,0	60,8	1,365	1,407	13,36	13,4
		94,6	63,96	1,479		82,7	59,3	1,395		12,58	
		96,2	62,40	1,542		82,0	57,8	1,419		14,76	
		95,5	62,36	1,531		82,9	57,8	1,434		13,19	
		94,9	63,96	1,484		82,3	57,8	1,424		13,28	
7	2,0%	94,9	62,40	1,521	1,511	83,6	60,8	1,375	1,423	11,91	12,3
		95,3	63,96	1,490		82,9	59,3	1,398		13,01	
		94,8	62,40	1,519		83,9	57,8	1,452		11,50	
		95,5	62,36	1,531		83,2	57,8	1,439		12,88	
		95,4	63,96	1,492		83,8	57,8	1,450		12,16	
7	2,5%	95,2	62,40	1,526	1,506	84,4	60,8	1,388	1,439	11,34	11,0
		94,8	63,96	1,482		83,9	59,3	1,415		11,50	
		94,5	62,40	1,514		84,7	57,8	1,465		10,37	
		94,7	62,36	1,519		84,2	57,8	1,457		11,09	
		95,1	63,96	1,487		84,9	57,8	1,469		10,73	
7	3,0%	95,0	62,40	1,522	1,500	84,9	60,8	1,396	1,457	10,63	9,6
		94,6	63,96	1,479		85,6	59,3	1,444		9,51	
		94,0	62,40	1,506		85,1	57,8	1,472		9,47	
		95,1	62,36	1,525		85,8	57,8	1,484		9,78	
		93,9	63,96	1,468		85,9	57,8	1,486		8,52	

7	3,5%	94,1	62,40	1,508	1,487	86,5	60,8	1,423	1,463	8,08	8,4
		93,5	63,96	1,462		85,3	59,3	1,438		8,77	
		93,1	62,40	1,492		86,7	57,8	1,500		6,87	
		94,0	62,36	1,507		85,6	57,8	1,481		8,94	
		93,8	63,96	1,467		85,1	57,8	1,472		9,28	
7	4,0%	93,1	62,40	1,492	1,477	86,9	60,8	1,429	1,479	6,66	6,7
		92,5	63,96	1,446		87,1	59,3	1,469		5,84	
		93,5	62,40	1,498		86,4	57,8	1,495		7,59	
		92,8	62,36	1,488		86,8	57,8	1,502		6,47	
		93,3	63,96	1,459		86,7	57,8	1,500		7,07	

Autor: Victor A. Pico S.

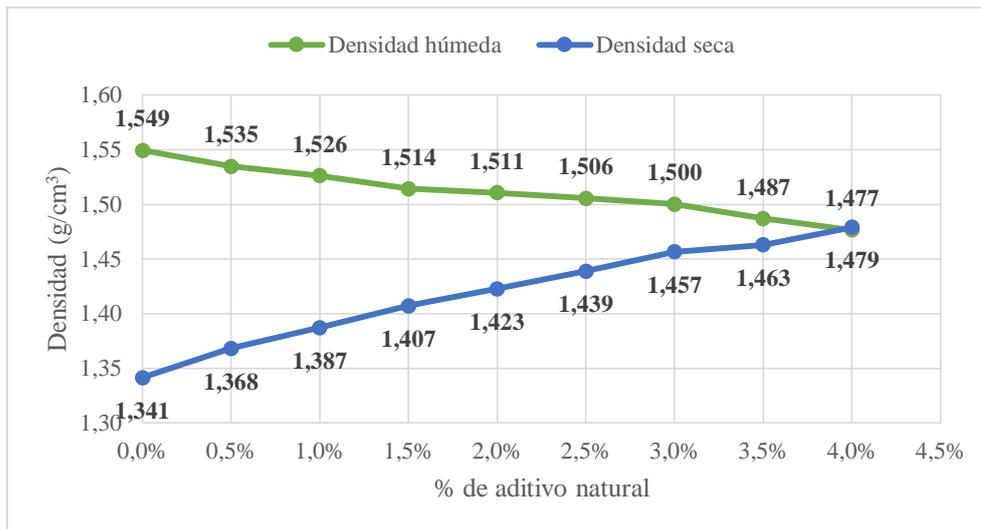


Figura 19.- Densidad húmeda y seca del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, en función de % de aditivo natural. Edad 7 días

Autor: Victor A. Pico S.

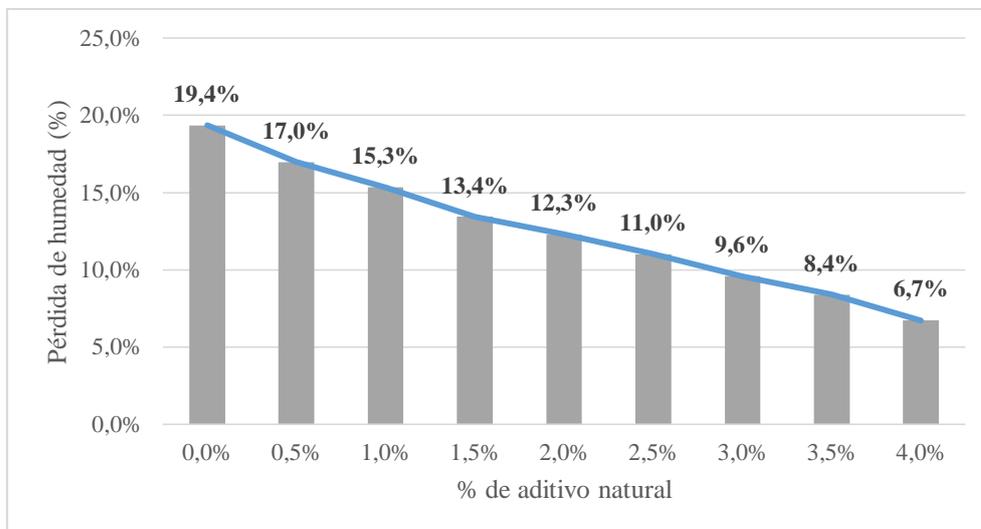


Figura 20.- Pérdida de humedad del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, en función de % de aditivo natural. Edad 7 días

Autor: Victor A. Pico S.

La densidad húmeda del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5 es mayor a su densidad seca en función del porcentaje de aditivo natural que se va adicionando. Mientras se adiciona aditivo la densidad húmeda va disminuyendo hasta llegar a un valor de 1,477 g/cm³ al 4% de aditivo. Por otro lado la densidad seca va aumentando hasta un valor de 1,479 g/cm³ al 4% de aditivo, esto debido a que el agua de la mezcla disminuye conforme se aumenta el porcentaje de aditivo por ello existe menor pérdida de humedad, ya que las probetas no se sometieron a curado.

3.1.8. Densidad de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5

Tabla 23.- Densidad de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5; Edades: 7, 14, 21 y 28 días.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 											
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>											
DENSIDAD DE PROBETAS; MORTERO DE CAL ESTABILIZADO CON ALMIDÓN DE ARROZ MCEA 1:5; EDADES: 7, 14, 21 Y 28 DÍAS											
ORIGEN: Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua											
ENSAYADO POR: Ego. Victor Alejandro Pico Sánchez											
FECHA: 17/OCTUBRE/2019											
DÍAS	MUESTRA	PESO (g)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	DENSIDAD HÚMEDA PROMEDIO (g/cm ³)	PESO SECO (g)	VOLUMEN SECO (cm ³)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	DENSIDAD SECA PROMEDIO (g/cm ³)	PÉRDIDA DE HUMEDAD (%)	PÉRDIDA DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
7	1,4%	95,6	62,40	1,532	1,508	87,2	60,8	1,434	1,485	8,79	8,3
		94,4	63,96	1,476		86,8	59,3	1,464		8,05	
		94,8	62,40	1,519		85,9	57,8	1,486		9,39	
		95,3	62,36	1,528		88,1	57,8	1,524		7,56	
		95,0	63,96	1,485		87,6	57,8	1,516		7,79	
14	1,4%	96,0	62,40	1,538	1,520	86,5	60,8	1,423	1,490	9,90	8,7
		96,8	63,96	1,513		86,8	59,3	1,464		10,33	
		95,4	62,40	1,529		87,3	57,8	1,510		8,49	
		94,9	62,36	1,522		86,4	57,8	1,495		8,96	
		95,8	63,96	1,498		90,2	57,8	1,561		5,85	

21	1,4%	95,7	62,40	1,534	1,515	87,1	60,8	1,433	1,468	8,99	9,7
		95,2	63,96	1,488		86,8	59,3	1,464		8,82	
		95,0	62,40	1,522		85,2	57,8	1,474		10,32	
		95,3	62,36	1,528		86,0	57,8	1,488		9,76	
		96,0	63,96	1,501		85,7	57,8	1,483		10,73	
28	1,4%	95,6	62,40	1,532	1,512	86,1	60,8	1,416	1,475	9,94	9,2
		95,3	63,96	1,490		88,6	59,3	1,494		7,03	
		94,8	62,40	1,519		85,5	57,8	1,479		9,81	
		95,8	62,36	1,536		86,5	57,8	1,497		9,71	
		94,9	63,96	1,484		86,0	57,8	1,488		9,38	

Autor: Victor A. Pico S.

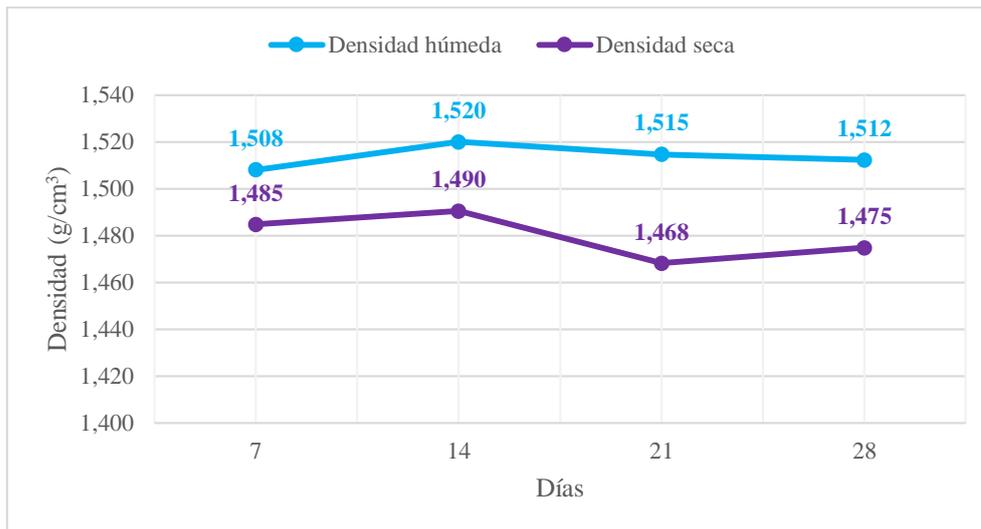


Figura 21.- Densidad húmeda y seca del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, en función de edades

Autor: Victor A. Pico S.

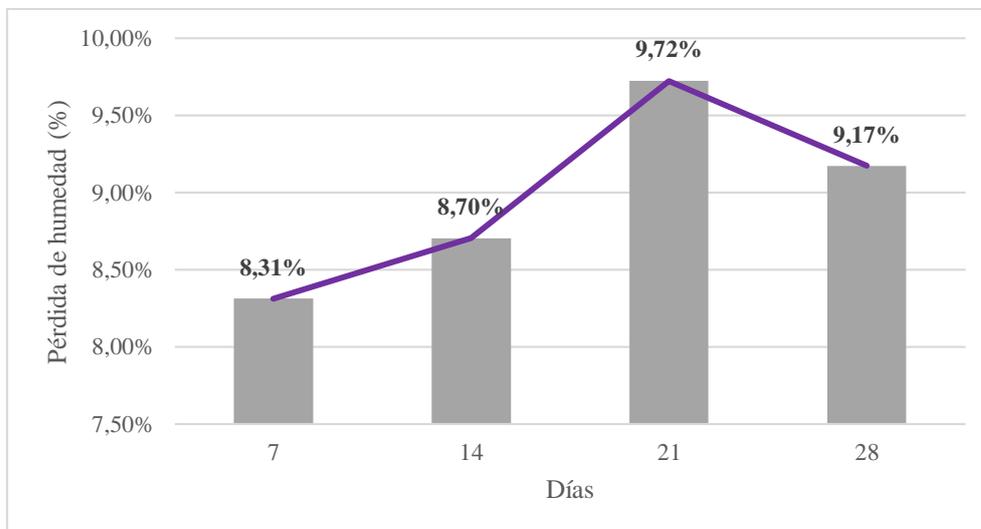


Figura 22.- Pérdida de humedad del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, en función de edades

Autor: Victor A. Pico S.

La densidad húmeda del mortero de cal estabilizado MCEA 1:5 es mayor a su densidad seca. La densidad húmeda que presenta a los 14 días de 1,520 g/cm³ es la mayor densidad con respecto a los 21 y 28 días. La densidad seca que presenta a los 14 días de 1,490 g/cm³ es la mayor densidad con respecto a los 21 y 28 días. Sin embargo la menor pérdida de humedad está en los 7 días siendo de 8,31% con respecto de la densidad húmeda y seca siendo que los valores de densidad son muy cercanos entre sí en ambos estados.

3.1.9. Densidad de mortero de cal MNC 1:2

Tabla 24.- Densidad de mortero de cal MNC 1:2; Edades: 7, 14, 21 y 28 días.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 											
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>											
DENSIDAD DE PROBETAS ; MORTERO DE CAL MNC 1:2 ; EDADES: 7, 14, 21 Y 28 DÍAS											
ORIGEN: Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua											
ENSAYADO POR: Ego. Victor Alejandro Pico Sánchez FECHA: 1/NOVIEMBRE/2019											
DÍAS	MUESTRA	PESO (g)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	DENSIDAD HÚMEDA PROMEDIO (g/cm ³)	PESO SECO (g)	VOLUMEN SECO (cm ³)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	DENSIDAD SECA PROMEDIO (g/cm ³)	PÉRDIDA DE HUMEDAD (%)	PÉRDIDA DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
7	0,0%	93,7	62,40	1,502	1,473	91,1	60,8	1,498	1,540	2,77	2,6
		92,6	63,96	1,448		89,8	59,3	1,514		3,02	
		91,8	62,40	1,471		88,6	57,8	1,533		3,49	
		93,2	62,36	1,495		90,7	57,8	1,569		2,68	
		92,8	63,96	1,451		91,7	57,8	1,587		1,19	
14	0,0%	93,3	62,40	1,495	1,470	89,5	60,8	1,472	1,524	4,07	3,5
		93,1	63,96	1,456		88,5	59,3	1,492		4,94	
		92,8	62,40	1,487		90,7	57,8	1,569		2,26	
		91,5	62,36	1,467		88,1	57,8	1,524		3,72	
		92,4	63,96	1,445		90,3	57,8	1,562		2,27	

21	0,0%	93,5	62,40	1,498	1,479	91,1	60,8	1,498	1,538	2,57	3,2
		92,6	63,96	1,448		91,7	59,3	1,546		0,97	
		93,6	62,40	1,500		90,3	57,8	1,562		3,53	
		93,8	62,36	1,504		89,6	57,8	1,550		4,48	
		92,5	63,96	1,446		88,5	57,8	1,531		4,32	
28	0,0%	92,8	62,40	1,487	1,476	90,4	60,8	1,487	1,544	2,59	2,6
		93,3	63,96	1,459		90,8	59,3	1,531		2,68	
		92,7	62,40	1,486		91,4	57,8	1,581		1,40	
		92,6	62,36	1,485		89,8	57,8	1,554		3,02	
		93,6	63,96	1,463		90,5	57,8	1,566		3,31	

Autor: Victor A. Pico S.

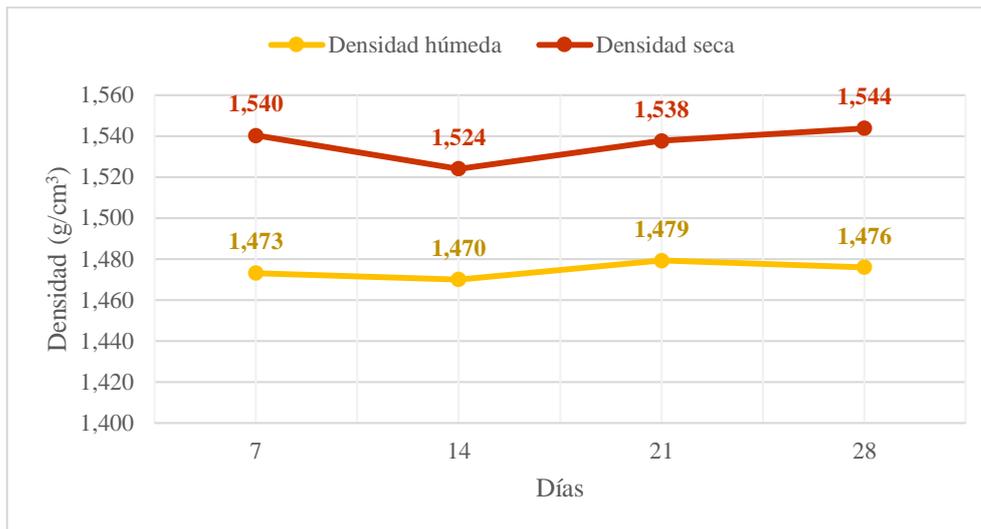


Figura 23.- Densidad húmeda y seca del mortero de cal MNC 1:2, en función de edades
 Autor: Victor A. Pico S.

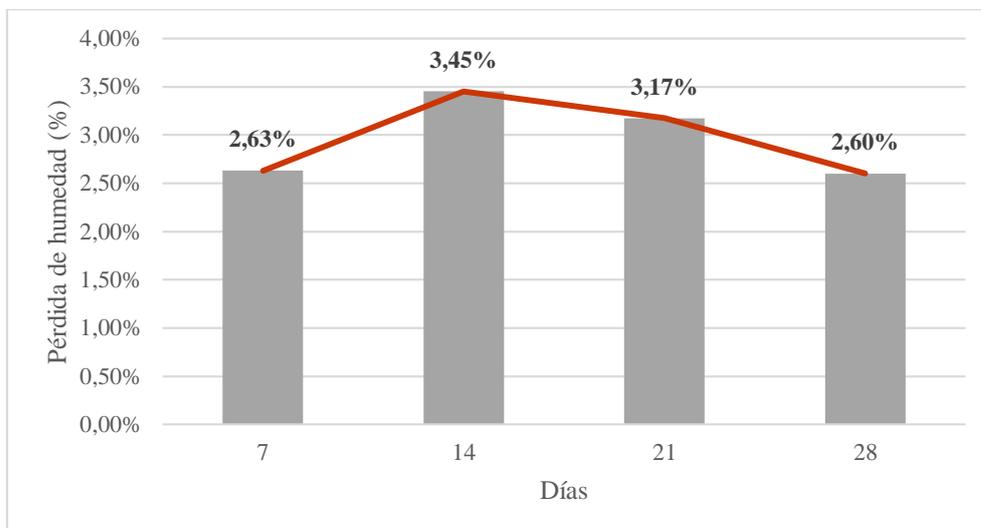


Figura 24.- Pérdida de humedad del mortero de cal MNC 1:2, en función de edades
 Autor: Victor A. Pico S.

La densidad húmeda del mortero de cal MNC 1:2 es menor a su densidad seca. La densidad húmeda que presenta a lo largo de los 28 días oscila en valores cercanos a $1,53 \text{ g/cm}^3$. La densidad seca presenta el mismo patrón de densidad muy cercana a valores de $1,47 \text{ g/cm}^3$. La densidad seca es mayor porque el volumen seco es menor al volumen húmedo de las probetas, la pérdida de humedad en el estado seco es en un porcentaje bajo, que oscila en valores cercanos a 2,70%.

3.1.10. Densidad de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2

Tabla 25.- Densidad de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2; Edades: 7, 14, 21 y 28 días.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 											
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>											
DENSIDAD DE PROBETAS; MORTERO DE CAL ESTABILIZADO CON ALMIDÓN DE ARROZ MCEA 1:2 ; EDADES 7, 14, 21 Y 28 DÍAS											
ORIGEN: Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua ENSAYADO POR: Ego. Victor Alejandro Pico Sánchez FECHA: 1/NOVIEMBRE/2019											
DÍAS	MUESTRA	PESO (g)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	DENSIDAD HÚMEDA PROMEDIO (g/cm ³)	PESO SECO (g)	VOLUMEN SECO (cm ³)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	DENSIDAD SECA PROMEDIO (g/cm ³)	PÉRDIDA DE HUMEDAD (%)	PÉRDIDA DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
7	1,4%	96,8	62,40	1,551	1,541	94,4	60,8	1,553	1,615	2,48	2,4
		97,0	63,96	1,517		95,5	59,3	1,610		1,55	
		97,3	62,40	1,559		94,3	57,8	1,631		3,08	
		96,3	62,36	1,544		95,2	57,8	1,647		1,14	
		98,2	63,96	1,535		94,3	57,8	1,631		3,97	
14	1,4%	97,3	62,40	1,559	1,545	94,3	60,8	1,551	1,621	3,08	2,3
		98,2	63,96	1,535		95,2	59,3	1,605		3,05	
		96,4	62,40	1,545		94,5	57,8	1,635		1,97	
		97,2	62,36	1,559		95,1	57,8	1,645		2,16	
		97,8	63,96	1,529		96,4	57,8	1,668		1,43	

21	1,4%	96,0	62,40	1,538	1,537	93,7	60,8	1,541	1,621	2,40	1,8
		96,7	63,96	1,512		95,6	59,3	1,612		1,14	
		97,8	62,40	1,567		96,0	57,8	1,661		1,84	
		96,6	62,36	1,549		95,7	57,8	1,656		0,93	
		97,2	63,96	1,520		94,5	57,8	1,635		2,78	
28	1,4%	96,2	62,40	1,542	1,528	93,9	60,8	1,544	1,608	2,39	2,0
		95,8	63,96	1,498		93,8	59,3	1,582		2,09	
		97,1	62,40	1,556		94,7	57,8	1,638		2,47	
		96,3	62,36	1,544		95,6	57,8	1,654		0,73	
		95,8	63,96	1,498		93,6	57,8	1,619		2,30	

Autor: Victor A. Pico S.

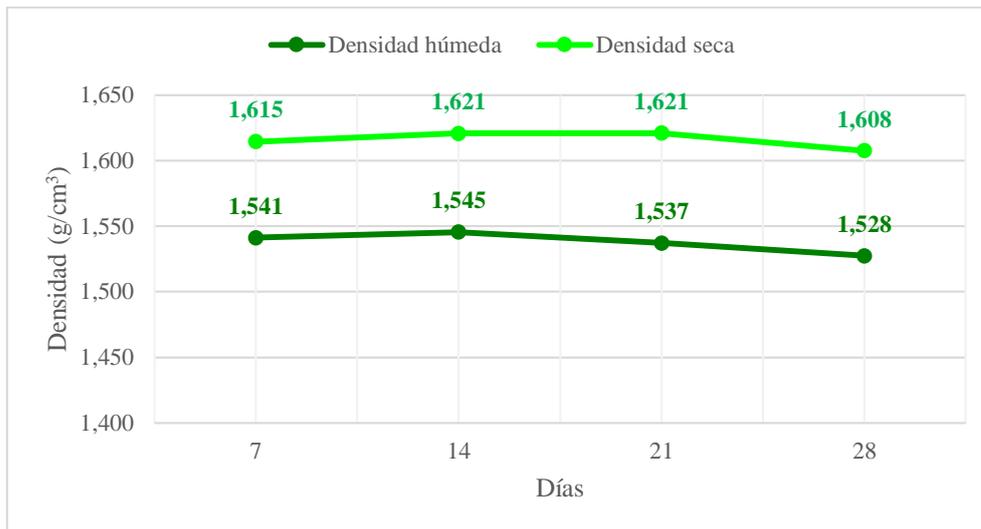


Figura 25.- Densidad húmeda y seca del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2, en función de edades

Autor: Victor A. Pico S.

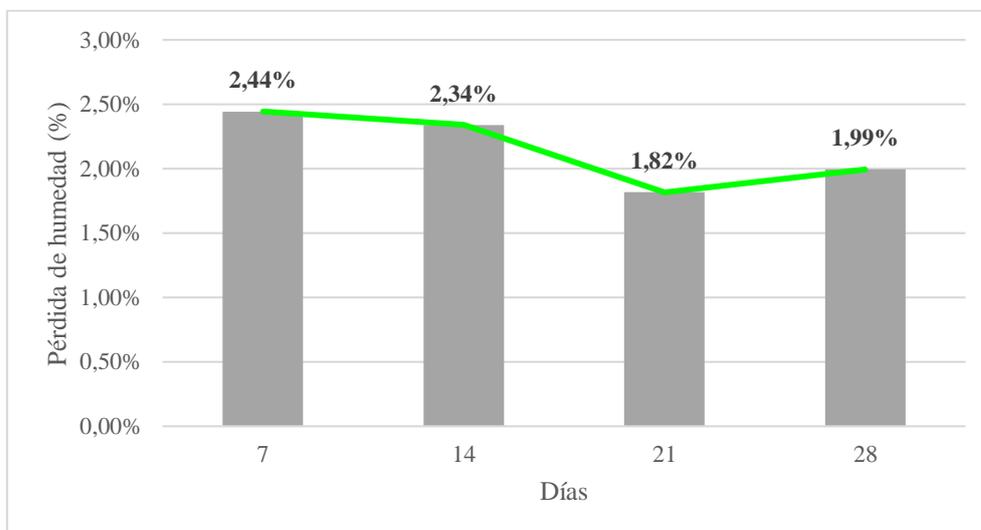


Figura 26.- Pérdida de humedad del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2, en función de edades

Autor: Victor A. Pico S.

La densidad húmeda del mortero de cal estabilizado MCEA 1:2 es menor a su densidad seca, la densidad húmeda que presenta a lo largo de los 28 días oscila en valores cercanos a $1,537 \text{ g/cm}^3$. La densidad seca presenta el mismo patrón, siendo esta muy cercana a valores de $1,615 \text{ g/cm}^3$. La densidad seca es mayor debido a que el volumen seco es menor al volumen húmedo de las probetas. La pérdida de humedad en el estado seco es en porcentaje bajo, que oscila en valores cercanos a 2,0%.

3.1.11. Densidad de mortero de cemento portland MCP 1:5

Tabla 26.- Densidad de mortero de cemento portland MCP 1:5; Edades: 7, 14, 21 y 28 días.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 											
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>											
DENSIDAD DE PROBETAS; MORTERO DE CEMENTO PORTLAND MCP 1:5 ; EDADES: 7, 14, 21 Y 28 DÍAS											
ORIGEN: Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua ENSAYADO POR: Ego. Victor Alejandro Pico Sánchez FECHA: 18/OCTUBRE/2019											
DÍAS	MUESTRA	PESO (g)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	DENSIDAD HÚMEDA PROMEDIO (g/cm ³)	PESO SECO (g)	VOLUMEN SECO (cm ³)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	DENSIDAD SECA PROMEDIO (g/cm ³)	PÉRDIDA DE HUMEDAD (%)	PÉRDIDA DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
7	C	103,2	62,40	1,654	1,670	95,0	60,8	1,563	1,636	7,95	8,8
		105,3	63,96	1,646		96,8	59,3	1,632		8,07	
		107,0	62,40	1,715		97,2	57,8	1,682		9,16	
		104,8	62,36	1,681		94,7	57,8	1,638		9,64	
		105,9	63,96	1,656		96,1	57,8	1,663		9,25	
14	C	106,8	62,40	1,712	1,669	96,5	60,8	1,587	1,653	9,64	7,7
		104,2	63,96	1,629		98,6	59,3	1,663		5,37	
		105,7	62,40	1,694		97,2	57,8	1,682		8,04	
		103,9	62,36	1,666		96,3	57,8	1,666		7,31	
		105,2	63,96	1,645		96,5	57,8	1,670		8,27	

21	C	102,8	62,40	1,647	1,671	97,3	60,8	1,600	1,658	5,35	7,6
		106,9	63,96	1,671		96,5	59,3	1,627		9,73	
		105,8	62,40	1,696		96,6	57,8	1,671		8,70	
		104,9	62,36	1,682		98,2	57,8	1,699		6,39	
		106,2	63,96	1,660		97,8	57,8	1,692		7,91	
28	C	104,9	62,40	1,681	1,664	94,6	60,8	1,556	1,616	9,82	9,5
		103,8	63,96	1,623		95,2	59,3	1,605		8,29	
		106,8	62,40	1,712		95,8	57,8	1,657		10,30	
		103,5	62,36	1,660		93,7	57,8	1,621		9,47	
		105,3	63,96	1,646		94,9	57,8	1,642		9,88	

Autor: Victor A. Pico S.

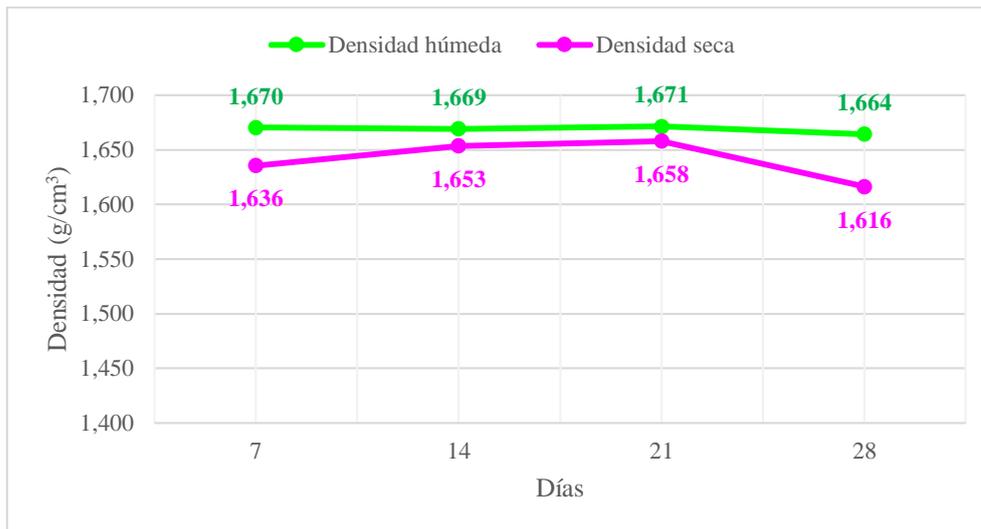


Figura 27.- Densidad húmeda y seca del mortero de cemento porland MCP 1:5, en función de edades

Autor: Victor A. Pico S.

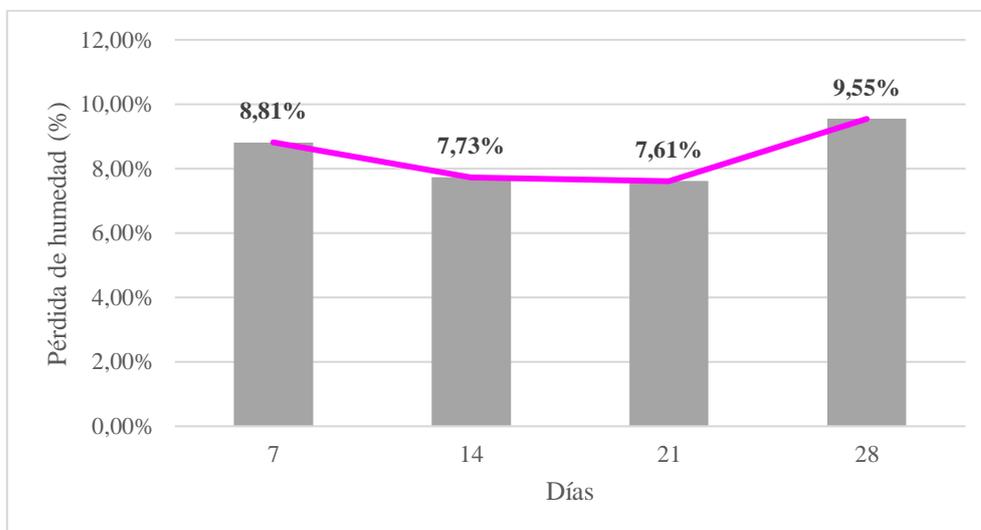


Figura 28.- Pérdida de humedad del mortero de cemento porland MCP 1:5, en función de edades

Autor: Victor A. Pico S.

La densidad húmeda del mortero de cemento porland MCP 1:5 es mayor a su densidad seca. La densidad húmeda que presenta a lo largo de los 28 días oscila en valores cercanos a $1,670 \text{ g/cm}^3$. La densidad seca presenta una variación en sus valores, en los días 21 y 28 presentan valores cercanos de $1,655 \text{ g/cm}^3$. La densidad húmeda es mayor debido a que la pérdida de humedad en el estado seco es en un porcentaje alto, que oscila en valores de 7,6% hasta 9,55%.

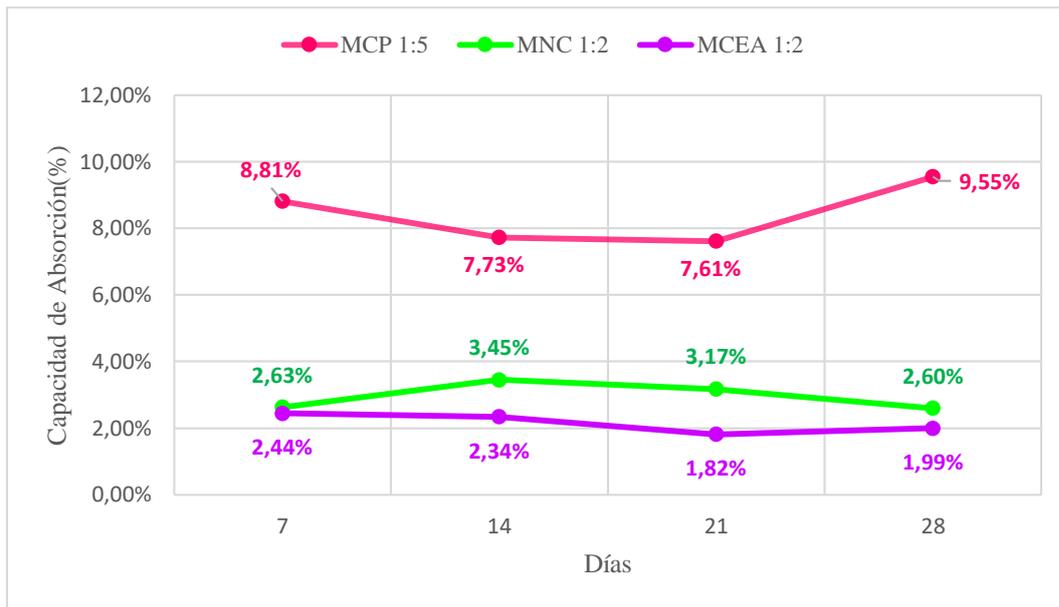


Figura 29.- Pérdida de humedad de morteros MNC 1:5, MCEA 1:5, MCP 1:5, MNC 1:2, MCEA 1:2, en función de edades

Autor: Victor A. Pico S.

La pérdida de humedad del mortero MCP 1:5 es significativamente superior a la de los morteros MNC 1:2 y MCEA 1:2. En sus 28 días presenta un valor de pérdida máximo de 9,55% y un valor mínimo de 7,61% a sus 21 días; por otra parte el mortero MNC 1:2 presenta un valor máximo de pérdida de humedad de 3,45%. En sus 14 días y un valor mínimo de 2,60% a los 28 días. El mortero MCEA 1:2 tiene un valor máximo de pérdida de humedad de 2,44% a sus 7 días y un valor mínimo de 1,82% a sus 21 días. El mortero MCEA 1:2 presenta un porcentaje de pérdida de humedad menor que los otros dos morteros debido a que la cantidad de agua requerida en la mezcla es menor que la de los otros morteros, dado que hay reducción de la cantidad de agua por la adición parcial del aditivo natural a la mezcla. Las densidades tanto seca como húmeda del mortero MCEA 1:2 van a ser muy cercanas debido a que existe poca pérdida de humedad entre ambos estados.

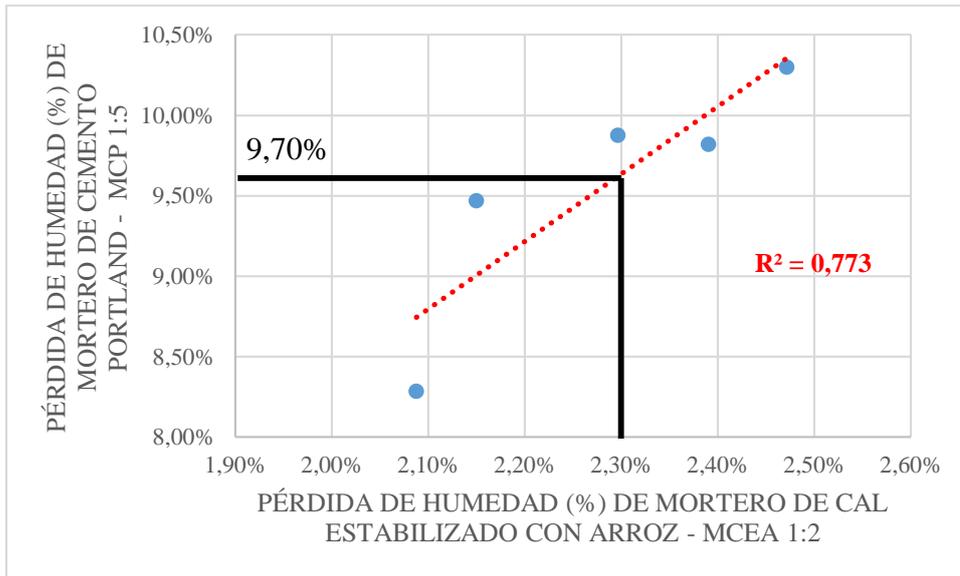


Figura 30.- Correlación de pérdida de humedad de morteros MCEA 1:2 y MCP 1:5, edad 28 días

Autor: Victor A. Pico S.

Para el modelo presentado entre los diferentes morteros analizados tenemos una correlación lineal simple, según la gráfica muestra una relación directamente proporcional mientras aumenta la pérdida de humedad del mortero MCEA 1:2 aumenta la pérdida de humedad en el mortero MCP 1:5, la capacidad de absorción esperada para el uso del cemento portland es 9,70%. Los resultados deberán tomarse con el debido criterio por efecto el coeficiente de determinación R^2 es aceptable estando en el rango de 0,7 a 0,8, expresando una correlación muy buena en dichos parámetros comparados.

3.1.12. Trabajabilidad y asentamiento de morteros MNC 1:5, MCEA 1:5, MNC 1:2, MCEA 1:2 y MCP 1:5

Tabla 27.- Trabajabilidad y asentamientos de morteros MNC 1:5, MCEA 1:5, MNC 1:2, MCEA 1:2 y MCP 1:5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>					
TRABAJABILIDAD Y ASENTAMIENTO; MORTERO MNC 1:5, MORTERO MCEA 1:5, MORTERO MNC 1:2, MORTERO MCEA 1:2 Y MORTERO MCP 1:5					
ORIGEN: Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua					
ENSAYADO POR: Ego. Victor Alejandro Pico Sánchez			FECHA: 26/AGOS/2019		
MUESTRA	DOSIFICACIÓN	TIPO	ASENTAMIENTO (cm)	ASENTAMIENTO PROMEDIO (cm)	TRABAJABILIDAD
0,0%	1:5	MNC	4,3	4,3	MB
			4,1		
			4,6		
1,4%	1:5	MCEA	3,1	3,5	B
			3,8		
			3,5		
0,0%	1:2	MNC	3,6	3,3	B
			3,2		
			3,0		
1,4%	1:2	MCEA	2,4	2,4	B
			2,8		
			2,1		
0,0%	1:5	MCP	4,7	4,4	MB
			4,4		
			4,1		

Autor: Victor A. Pico S.

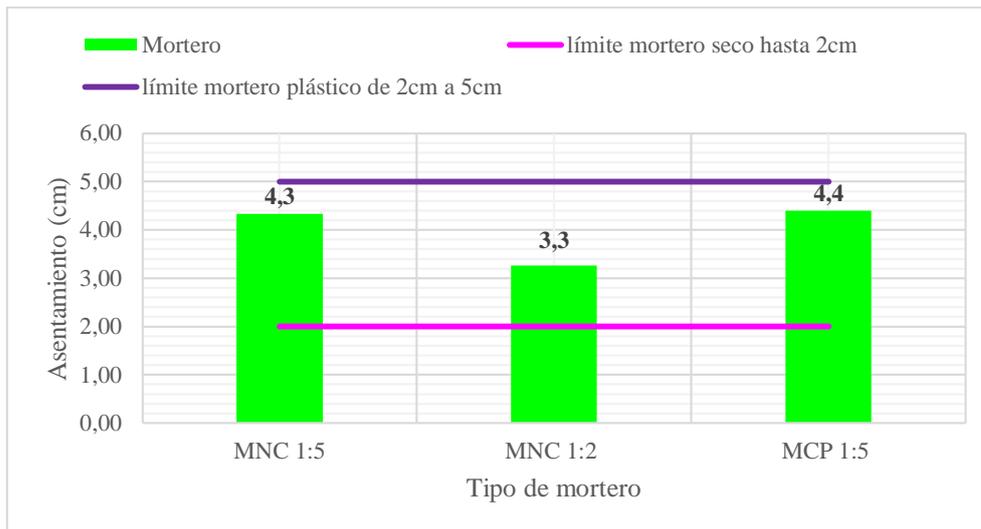


Figura 31.- Asentamiento de morteros MNC 1:5, MNC 1:2 y MCP 1:5 sin estabilizar
 Autor: Victor A. Pico S.

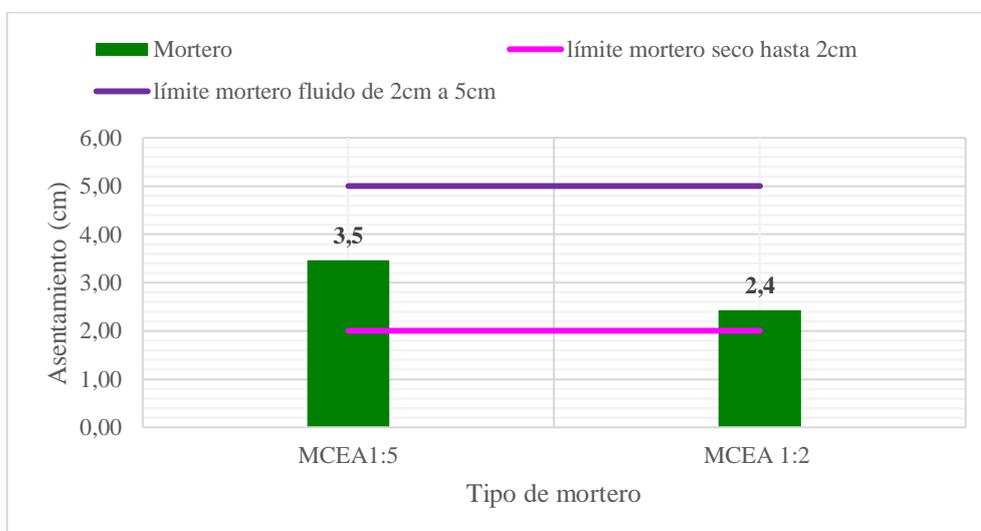


Figura 32.- Asentamiento de morteros MCEA 1:5, MCEA 1:2 estabilizados
 Autor: Victor A. Pico S.

El asentamiento que presentan los morteros MNC 1:5 y MCP 1:5 son de 4,3cm y 4,4cm respectivamente teniendo una trabajabilidad “Muy Buena”; por otra parte el mortero MNC 1:2 tiene un asentamiento de 3,3cm a diferencia que la trabajabilidad es “Buena”. Los morteros estabilizados MCEA 1:5 y MCEA 1:2 tienen asentamientos de 3,5cm y 2,4cm respectivamente, su trabajabilidad es “Buena” debido a la sustitución parcial de aditivo natural por agua de la mezcla que repercute en dicha propiedad.

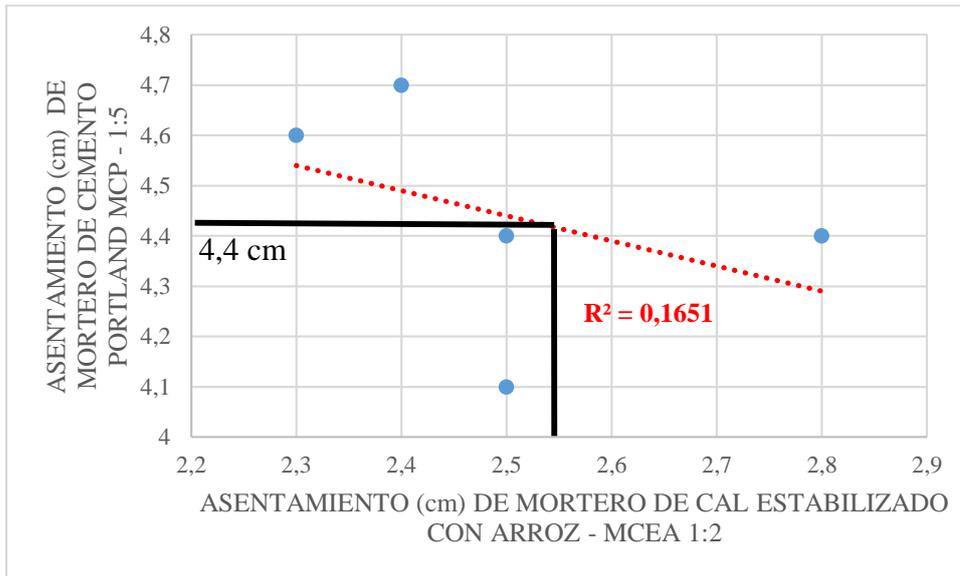


Figura 33.- Correlación de asentamiento de morteros MCEA 1:2 y MCP 1:5, edad 28 días

Autor: Victor A. Pico S.

Para el modelo presentado entre los diferentes morteros analizados tenemos una correlación lineal simple, según la gráfica muestra una relación inversamente proporcional, mientras menor sea el asentamiento del mortero MCEA 1:2 mayor será el asentamiento del mortero MCP 1:5, caso contrario mientras mayor sea el asentamiento del mortero MCEA 1:2 menor será el asentamiento del mortero MCP 1:5. Los resultados deberán tomarse con el debido criterio debido a que los valores están alejados de la realidad, por efecto del bajo coeficiente de determinación R^2

3.1.13. Compresión de probetas de mortero normal de cal MNC 1:5

Las muestras de las probetas se hicieron a razón de las proporciones de mortero calculadas para conocer la resistencia normal de dicho mortero, para 7, 14, 21 y 28 días.

Tabla 28.- Compresión de probetas de mortero de cal MNC 1:5; Edades 7, 14, 21 y 28 días.

 		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>							
COMPRESIÓN DE PROBETAS ; MORTERO DE CAL MNC 1:5 ; EDADES: 7, 14, 21 Y 28 DÍAS							
ORIGEN: Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua							
ENSAYADO POR: Ego. Victor Alejandro Pico Sánchez				FECHA: 16/OCTUBRE/2019			
DÍAS	MUESTRA	FECHA QUE SE REALIZÓ	FECHA DE ENSAYO	CARGA (KN)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm ²)
7	0,0%	18/7/2019	25/7/2019	0,51467	0,32167	3,279	2,83
		18/7/2019	25/7/2019	0,47048	0,29405	2,997	
		18/7/2019	25/7/2019	0,40627	0,25392	2,588	
		18/7/2019	25/7/2019	0,38846	0,24279	2,475	
		18/7/2019	25/7/2019	0,44092	0,27557	2,809	
14	0,0%	16/9/2019	30/9/2019	1,05236	0,72017	7,341	7,52
		16/9/2019	30/9/2019	0,84628	0,68605	6,993	
		16/9/2019	30/9/2019	1,07507	0,71893	7,329	
		16/9/2019	30/9/2019	1,03613	0,74132	7,557	
		16/9/2019	30/9/2019	1,01893	0,82189	8,378	
21	0,0%	25/9/2019	16/10/2019	1,38273	0,86420	8,809	9,13
		25/9/2019	16/10/2019	1,31738	0,84155	8,579	
		25/9/2019	16/10/2019	1,38035	0,87229	8,892	
		25/9/2019	16/10/2019	1,42335	0,88958	9,068	
		25/9/2019	16/10/2019	1,48920	1,00818	10,277	
28	0,0%	18/9/2019	16/10/2019	1,53637	0,96023	9,788	10,03
		18/9/2019	16/10/2019	1,46375	0,91473	9,324	
		18/9/2019	16/10/2019	1,53372	0,95857	9,771	
		18/9/2019	16/10/2019	1,58150	0,98843	10,076	
		18/9/2019	16/10/2019	1,75337	1,09585	11,171	

Autor: Victor A. Pico S.

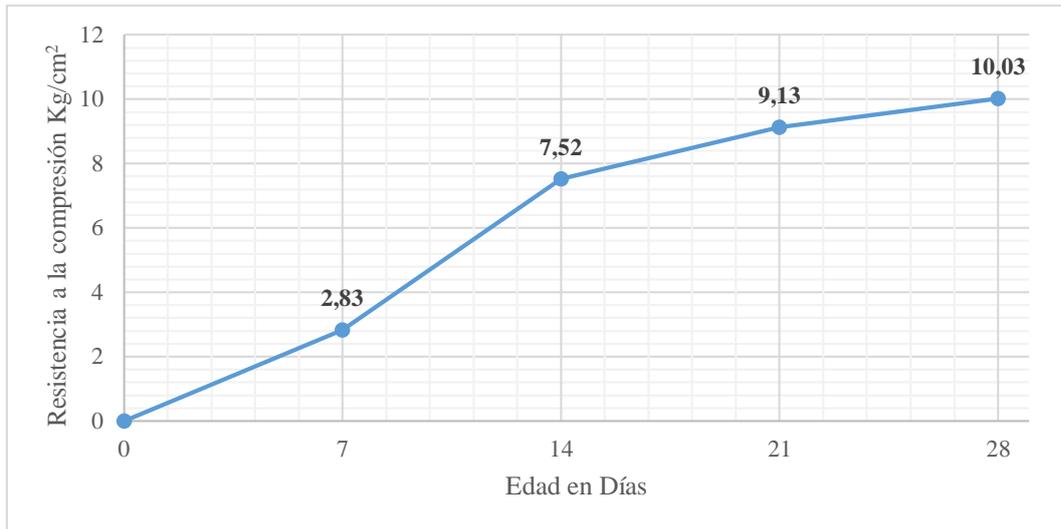


Figura 34.- Resistencia a la compresión del mortero de cal MNC 1:5, edad 28 días
 Autor: Victor A. Pico S.

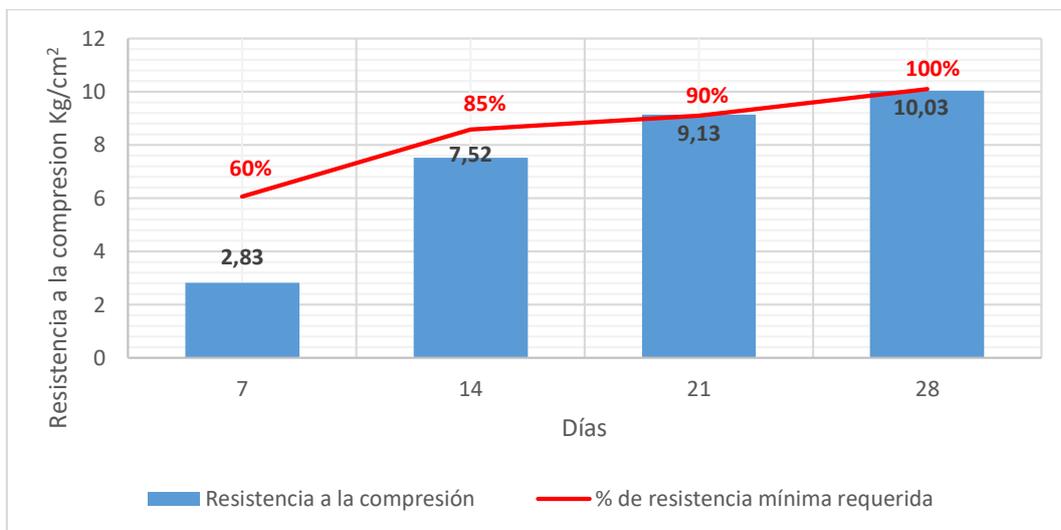


Figura 35.- Resistencia a la compresión del mortero de cal MNC 1:5, edad 28 días
 versus porcentaje de resistencia mínima requerida
 Autor: Victor A. Pico S.

La resistencia del mortero de cal MNC 1:5 a sus 7 días no ha ganado su resistencia adecuada del 60%, a los 14 días cumple con la resistencia del mortero del 80%, a los 21 días el mortero cumple con la resistencia del 90%, a los 28 días presenta una resistencia de 10,03 Kg/cm² equivalente a 1 MPa. Cumple con la resistencia que debe presentar un mortero de cal normal a dicha edad. [23]

3.1.14. Compresión de probetas de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz, edad 7 días MCEA 1:5

Para determinar el porcentaje óptimo de almidón de arroz que se debe agregar a la muestra, se utilizó un rango de 0% hasta 4% con una variación de 5%, debido a que las propiedades físico-mecánicas del mortero a partir del 4% dificultaban su trabajabilidad, tras el procesamiento de datos de compresión de las probetas a los 7 días se puede determinar el porcentaje óptimo gráficamente.

Tabla 29.- Compresión de probetas de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, edad 7 días

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>						
COMPRESIÓN DE PROBETAS ; MORTERO DE CAL ESTABILIZADO CON ALMIDÓN DE ARROZ MCEA 1:5 ; EDAD: 7 DÍAS						
ORIGEN:		Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua				
ENSAYADO POR:		Egdo. Víctor Alejandro Pico Sánchez		FECHA: 26/AGOS/2019		
MUESTRA	FECHA QUE SE REALIZÓ	FECHA DE ENSAYO	CARGA (KN)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm ²)
0,0%	18/7/2019	25/7/2019	0,51467	0,32167	3,279	2,83
	18/7/2019	25/7/2019	0,47048	0,29405	2,997	
	18/7/2019	25/7/2019	0,40627	0,25392	2,588	
	18/7/2019	25/7/2019	0,38846	0,24279	2,475	
	18/7/2019	25/7/2019	0,44092	0,27557	2,809	
0,5%	26-07-2019	02-08-2019	0,48637	0,30398	3,099	3,94
	26-07-2019	02-08-2019	0,58556	0,36597	3,731	
	26-07-2019	02-08-2019	0,81317	0,50823	5,181	
	26-07-2019	02-08-2019	0,64723	0,40452	4,124	
	26-07-2019	02-08-2019	0,56330	0,35206	3,589	
1,0%	06-08-2019	13-08-2019	0,83065	0,51916	5,292	5,87
	06-08-2019	13-08-2019	0,97815	0,61135	6,232	
	06-08-2019	13-08-2019	0,84813	0,53008	5,403	
	06-08-2019	13-08-2019	0,83447	0,52154	5,316	
	06-08-2019	13-08-2019	1,11739	0,69837	7,119	

1,5%	08-08-2019	15-08-2019	0,99786	0,62366	6,357	5,34
	08-08-2019	15-08-2019	0,78206	0,48379	4,932	
	08-08-2019	15-08-2019	0,72797	0,45498	4,638	
	08-08-2019	15-08-2019	0,73655	0,46035	4,693	
	08-08-2019	15-08-2019	0,81507	0,5942	6,057	
2,0%	08-08-2019	15-08-2019	0,62434	0,39021	4,067	4,82
	08-08-2019	15-08-2019	0,74259	0,46412	5,108	
	08-08-2019	15-08-2019	0,63388	0,39617	5,126	
	08-08-2019	15-08-2019	0,79550	0,47969	5,081	
	08-08-2019	15-08-2019	0,74895	0,4681	4,697	
2,5%	15-08-2019	22-08-2019	0,69638	0,42523	3,978	4,48
	15-08-2019	22-08-2019	0,71335	0,44584	4,731	
	15-08-2019	22-08-2019	0,73942	0,46213	4,038	
	15-08-2019	22-08-2019	0,66703	0,40564	4,890	
	15-08-2019	22-08-2019	0,67012	0,41882	4,772	
3,0%	15-08-2019	22-08-2019	0,63833	0,39895	4,335	4,40
	15-08-2019	22-08-2019	0,80172	0,50108	4,545	
	15-08-2019	22-08-2019	0,80458	0,50286	4,711	
	15-08-2019	22-08-2019	0,79759	0,49849	4,135	
	15-08-2019	22-08-2019	0,73719	0,46074	4,269	
3,5%	20-08-2019	27-08-2019	0,69586	0,43492	4,433	4,18
	20-08-2019	27-08-2019	0,64818	0,40511	4,130	
	20-08-2019	27-08-2019	0,64309	0,40193	4,097	
	20-08-2019	27-08-2019	0,63101	0,39438	4,020	
	20-08-2019	27-08-2019	0,66121	0,41326	4,213	
4,0%	20-08-2019	27-08-2019	0,56362	0,35226	3,591	3,70
	20-08-2019	27-08-2019	0,57348	0,35842	3,654	
	20-08-2019	27-08-2019	0,53469	0,33418	3,407	
	20-08-2019	27-08-2019	0,63674	0,39796	4,057	
	20-08-2019	27-08-2019	0,59573	0,37233	3,795	

Autor: Victor A. Pico S.

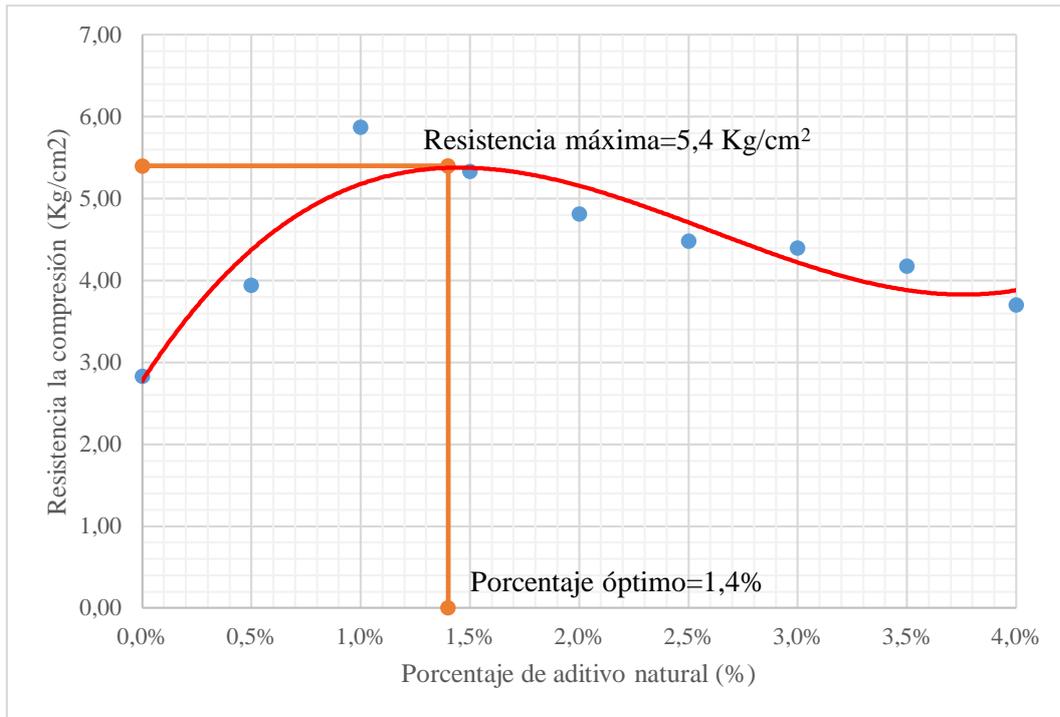


Figura 36.- Gráfica promedio de compresión de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, edad 7 días

Autor: Victor A. Pico S.

A medida que se fueron ensayando las probetas se pudo evidenciar el aumento de resistencia a la compresión de las muestras de morteros, el aumento de resistencia va aumentando hasta la adición de aditivo natural de 1,5% con respecto a el agua utilizada en la dosificación de la mezcla, el pico más alto de la gráfica es en 1,4% que representa el porcentaje óptimo que se debe añadir a la mezcla para ganar la mayor resistencia del mortero de cal. Después de 1,5% la resistencia empezó a disminuir de forma gradual conforme al porcentaje de almidón que se adiciona hasta un porcentaje de 4%, en este punto las resistencias a compresión de las muestras de mortero presentaban valores similares a una adición del 0,5% de aditivo natural con la particularidad que la trabajabilidad que presenta este mortero es mala.

3.1.15. Compresión de probetas de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5

Tabla 30.- Compresión de probetas de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5; Edades: 7, 14, 21 y 28 días.

 		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>							
COMPRESIÓN DE PROBETAS ; MORTERO DE CAL ESTABILIZADO CON ALMIDÓN DE ARROZ MCEA 1:5 ; EDADES: 7, 14, 21 Y 28 DÍAS							
ORIGEN: Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua ENSAYADO POR: Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez FECHA: 17/OCTUBRE/2019							
DÍAS	MUESTRA	FECHA QUE SE REALIZÓ	FECHA DE ENSAYO	CARGA (KN)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm ²)
7	1,4%	17/9/2019	24/9/2019	1,04904	0,65565	6,683	6,82
		17/9/2019	24/9/2019	1,01376	0,63360	6,459	
		17/9/2019	24/9/2019	1,06049	0,66281	6,756	
		17/9/2019	24/9/2019	1,13471	0,70919	7,229	
		17/9/2019	24/9/2019	1,09652	0,68533	6,986	
14	1,4%	18/9/2019	2/10/2019	2,06433	1,29020	13,152	12,89
		18/9/2019	2/10/2019	1,98836	1,24273	12,668	
		18/9/2019	2/10/2019	2,01792	1,26120	12,856	
		18/9/2019	2/10/2019	1,99364	1,24603	12,702	
		18/9/2019	2/10/2019	2,04818	1,28011	13,049	
21	1,4%	19/9/2019	10/10/2019	2,29832	1,43645	14,643	14,83
		19/9/2019	10/10/2019	2,32730	1,45456	14,827	
		19/9/2019	10/10/2019	2,30827	1,44267	14,706	
		19/9/2019	10/10/2019	2,34816	1,46760	14,960	
		19/9/2019	10/10/2019	2,36037	1,47523	15,038	
28	1,4%	19/9/2019	17/10/2019	2,39745	1,49841	15,274	15,64
		19/9/2019	17/10/2019	2,48679	1,55424	15,843	
		19/9/2019	17/10/2019	2,42862	1,51789	15,473	
		19/9/2019	17/10/2019	2,46823	1,54264	15,725	
		19/9/2019	17/10/2019	2,49372	1,55858	15,888	

Autor: Victor A. Pico S.

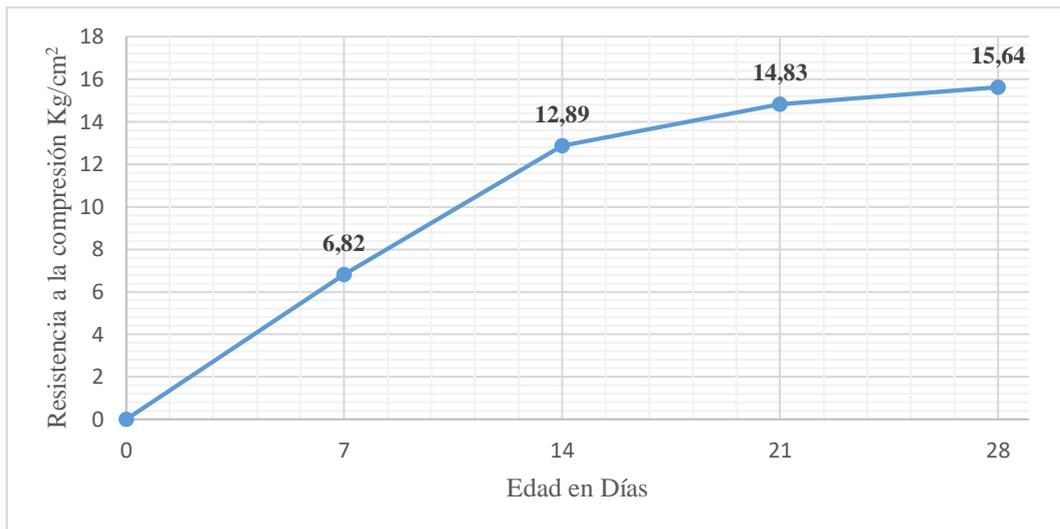


Figura 37.- Resistencia a la compresión del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, edad 28 días

Autor: Victor A. Pico S.

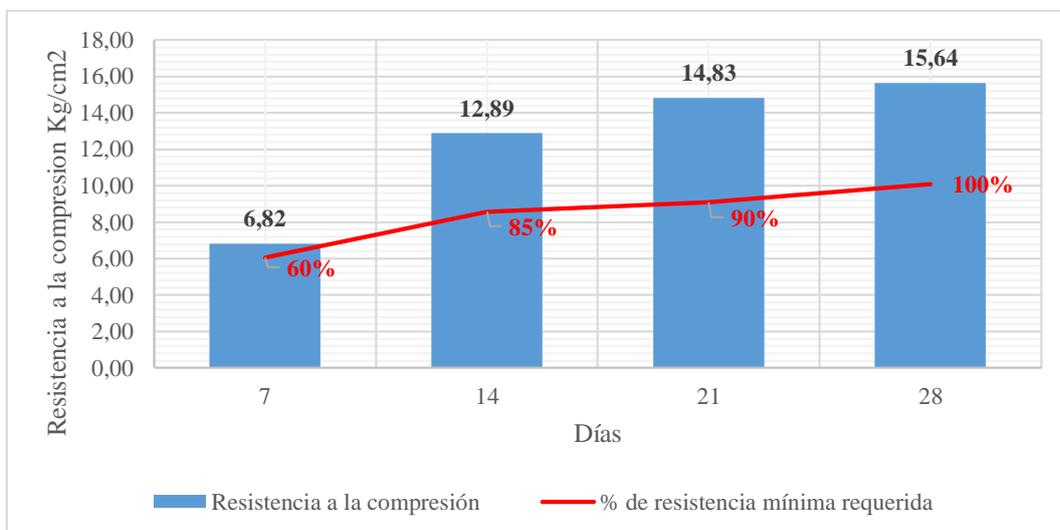


Figura 38.- Resistencia a la compresión del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:5, edad 28 días versus porcentaje de resistencia mínima requerida

Autor: Victor A. Pico S.

La resistencia del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz, a sus 7 días ha ganado su resistencia adecuada del 60% con respecto a su resistencia de 1,1MPa, a los 14 días cumple con la resistencia del mortero del 80%, a los 21 días el mortero cumple con una resistencia mayor del 95%, a los 28 días presenta una resistencia de 15,64 Kg/cm² equivalente a 1,5 MPa, cumpliendo con la resistencia que debe presentar un mortero de cal normal a dicha edad de 1,1 MPa. [23]

NOTA: Debido a que el mortero de cal que se dosificó 1:5,1 no cumple con las especificaciones del mortero de pega Tipo O, que debe tener una resistencia mínima de 2,5 MPa a los 28 días se optó por dosificar un mortero de cal de 1:2, para cumplir con la especificación del mortero tipo O. [24]

3.1.16. Compresión de probetas de mortero de cal MNC 1:2

Tabla 31.- Compresión de probetas de mortero de cal MNC 1:2; Edades: 7, 14, 21 y 28 días.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>							
COMPRESIÓN DE PROBETAS ; MORTERO DE CAL MNC 1:2 ; EDADES: 7, 14, 21 Y 28 DÍAS							
ORIGEN: Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua							
ENSAYADO POR: Ego. Victor Alejandro Pico Sánchez				FECHA: 1/NOVIEMBRE/2019			
DÍAS	MUESTRA	FECHA QUE SE REALIZÓ	FECHA DE ENSAYO	CARGA (KN)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm ²)
7	0,0%	1/10/2019	8/10/2019	1,60412	1,00258	10,220	9,97
		1/10/2019	8/10/2019	1,61453	1,00908	10,286	
		1/10/2019	8/10/2019	1,48629	0,92893	9,469	
		1/10/2019	8/10/2019	1,53802	0,96126	9,799	
		1/10/2019	8/10/2019	1,58399	0,98999	10,092	
14	0,0%	2/10/2019	16/10/2019	2,13883	1,33677	13,627	13,25
		2/10/2019	16/10/2019	1,99616	1,24760	12,718	
		2/10/2019	16/10/2019	2,26539	1,41587	14,433	
		2/10/2019	16/10/2019	1,97528	1,23455	12,585	
		2/10/2019	16/10/2019	2,01927	1,26204	12,865	
21	0,0%	3/10/2019	24/10/2019	2,52597	1,57873	16,093	16,27
		3/10/2019	24/10/2019	2,55822	1,59889	16,299	
		3/10/2019	24/10/2019	2,52509	1,57818	16,087	
		3/10/2019	24/10/2019	2,54015	1,58759	16,183	
		3/10/2019	24/10/2019	2,61570	1,63481	16,665	
28	0,0%	4/10/2019	1/11/2019	2,67354	1,67096	17,033	17,19
		4/10/2019	1/11/2019	2,70173	1,68858	17,213	
		4/10/2019	1/11/2019	2,69642	1,68526	17,179	
		4/10/2019	1/11/2019	2,66356	1,66473	16,970	
		4/10/2019	1/11/2019	2,75337	1,72086	17,542	

Autor: Victor A. Pico S.

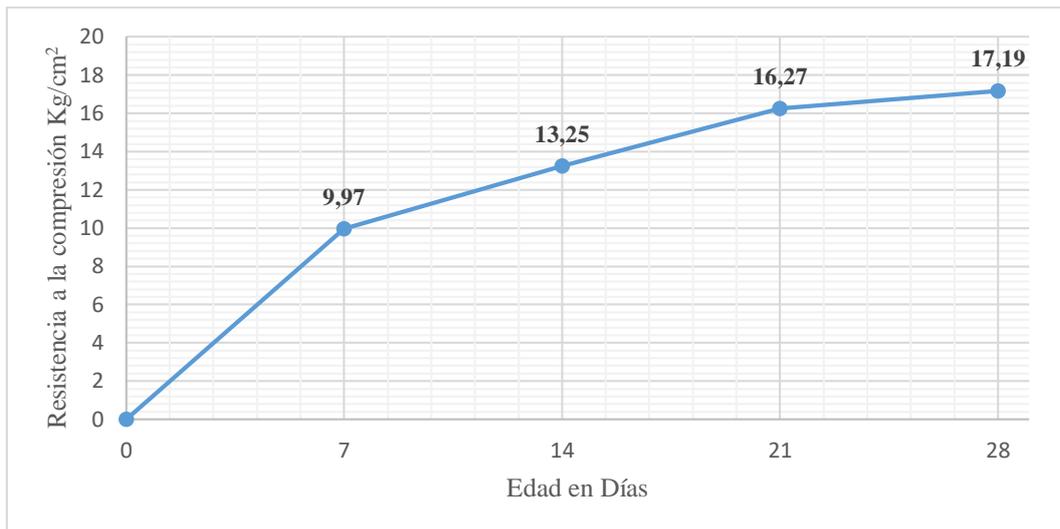


Figura 39.- Resistencia a la compresión del mortero de cal MNC 1:2, edad 28 días
 Autor: Victor A. Pico S.

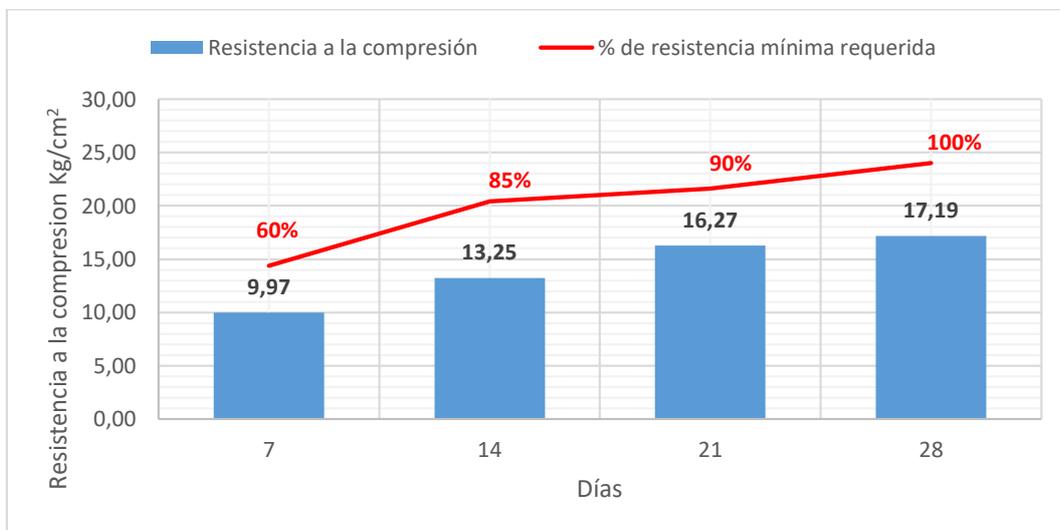


Figura 40.- Resistencia a la compresión del mortero de cal MNC 1:2, edad 28 días
 versus porcentaje de resistencia mínima requerida
 Autor: Victor A. Pico S.

La resistencia del mortero de cal con una dosificación de 1:2, a sus 7 días no ha ganado su resistencia pertinente al 60% pero siendo esta muy cercana al valor que debe cumplir. A los 14 días no cumple con la resistencia del mortero del 80% pero su resistencia está próxima a dicho valor. A los 21 días el mortero cumple con la resistencia del 90%, a los 28 días presenta una resistencia de 17,19 Kg/cm² equivalente a 1,71 MPa, cumpliendo con la resistencia que debe presentar un mortero de cal normal a dicha edad. [24]

3.1.17. Compresión de probetas de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2

Tabla 32.- Compresión de probetas de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2; Edades: 7, 14, 21 y 28 días.

 		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>							
COMPRESIÓN DE PROBETAS ; MORTERO DE CAL ESTABILIZADO CON ALMIDÓN DE ARROZ MCEA 1:2 ; EDADES: 7, 14, 21 Y 28 DÍAS							
ORIGEN: Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua ENSAYADO POR: Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez FECHA: 1/NOVIEMBRE/2019							
DÍAS	MUESTRA	FECHA QUE SE REALIZÓ	FECHA DE ENSAYO	CARGA (KN)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm ²)
7	1,4%	1/10/2019	8/10/2019	2,41042	1,50651	15,357	15,41
		1/10/2019	8/10/2019	2,45557	1,53473	15,645	
		1/10/2019	8/10/2019	2,39119	1,49449	15,234	
		1/10/2019	8/10/2019	2,42670	1,51669	15,461	
		1/10/2019	8/10/2019	2,40793	1,50496	15,341	
14	1,4%	2/10/2019	16/10/2019	3,41476	2,13422	21,756	21,91
		2/10/2019	16/10/2019	3,47872	2,17420	22,163	
		2/10/2019	16/10/2019	3,38751	2,11720	21,582	
		2/10/2019	16/10/2019	3,45623	2,16014	22,020	
		2/10/2019	16/10/2019	3,45781	2,16113	22,030	
21	1,4%	3/10/2019	24/10/2019	3,81649	2,38531	24,315	24,58
		3/10/2019	24/10/2019	3,88798	2,42999	24,771	
		3/10/2019	24/10/2019	3,78604	2,36628	24,121	
		3/10/2019	24/10/2019	3,90631	2,44144	24,887	
		3/10/2019	24/10/2019	3,89614	2,43509	24,823	
28	1,4%	4/10/2019	1/11/2019	3,97793	2,48621	25,344	25,52
		4/10/2019	1/11/2019	4,01736	2,51085	25,595	
		4/10/2019	1/11/2019	4,09261	2,55788	26,074	
		4/10/2019	1/11/2019	3,98561	2,49101	25,393	
		4/10/2019	1/11/2019	3,95372	2,47108	25,189	

Autor: Victor A. Pico S.

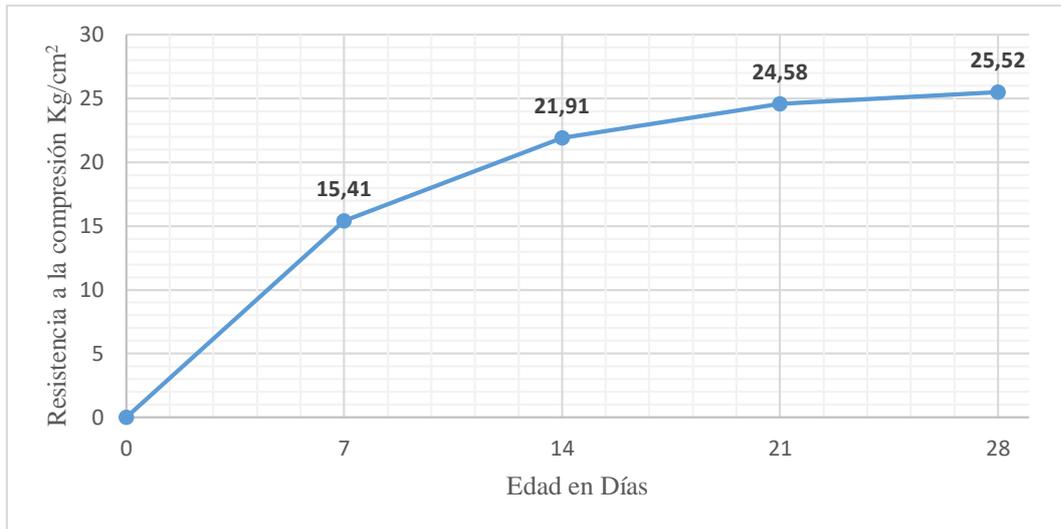


Figura 41.- Resistencia a la compresión del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2, edad 28 días

Autor: Victor A. Pico S.

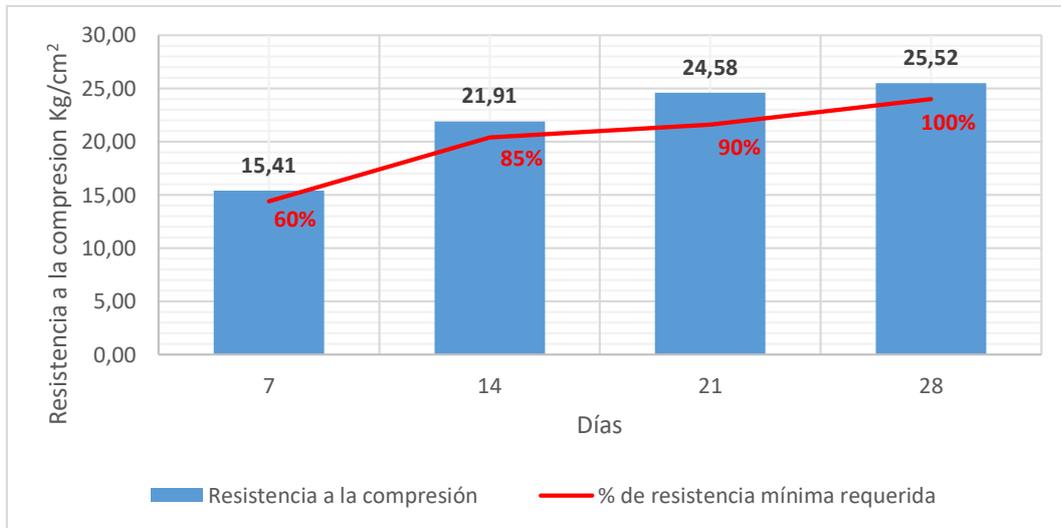


Figura 42.- Resistencia a la compresión del mortero de cal estabilizado con almidón de arroz MCEA 1:2, edad 28 días versus porcentaje de resistencia mínima requerida

Autor: Victor A. Pico S.

La resistencia del mortero de cal con una dosificación de 1:2, a sus 7 días tiene una resistencia mayor al 60% de la resistencia establecida de 2,5 MPa, a los 14 días cumple supera la resistencia del mortero siendo esta mayor al 85%, a los 21 días el mortero supera la resistencia siendo esta mayor al 90%.

A los 28 días presenta una resistencia de 25,52 Kg/cm² equivalente a 2,5 MPa, cumpliendo con la resistencia que debe presentar un mortero de pega tipo O, teniendo como requisito una resistencia mínima de 2,5 MPa. [24]

3.1.18. Compresión de probetas de mortero de cemento portland MCP 1:5

Tabla 33.- Compresión de probetas de mortero de cemento portland MCP 1:5;
Edades: 7, 14, 21 y 28 días.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 							
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>							
COMPRESIÓN DE PROBETAS ; MORTERO DE CEMENTO PORTLAND MCP 1:5 ; EDADES: 7, 14, 21 Y 28 DÍAS							
ORIGEN: Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua ENSAYADO POR: Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez FECHA: 18/OCTUBRE/2019							
DÍAS	MUESTRA	FECHA QUE SE REALIZÓ	FECHA DE ENSAYO	CARGA (KN)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm ²)
7	C	18/9/2019	25/9/2019	2,54957	1,59348	16,243	16,43
		18/9/2019	25/9/2019	2,63241	1,64525	16,771	
		18/9/2019	25/9/2019	2,53762	1,58601	16,167	
		18/9/2019	25/9/2019	2,58723	1,61702	16,483	
		18/9/2019	25/9/2019	2,59034	1,61896	16,503	
14	C	19/9/2019	3/10/2019	3,51671	2,19794	22,405	22,66
		19/9/2019	3/10/2019	3,54176	2,21360	22,565	
		19/9/2019	3/10/2019	3,58842	2,24276	22,862	
		19/9/2019	3/10/2019	3,55896	2,22435	22,674	
		19/9/2019	3/10/2019	3,57745	2,23591	22,792	
21	C	20/9/2019	11/10/2019	3,78715	2,36697	24,128	25,04
		20/9/2019	11/10/2019	4,01805	2,51128	25,599	
		20/9/2019	11/10/2019	3,88936	2,43085	24,779	
		20/9/2019	11/10/2019	3,96722	2,47951	25,275	
		20/9/2019	11/10/2019	3,99135	2,49459	25,429	
28	C	20/9/2019	18/10/2019	4,16793	2,60496	26,554	26,38
		20/9/2019	18/10/2019	4,31542	2,69714	27,494	
		20/9/2019	18/10/2019	3,99263	2,49539	25,437	
		20/9/2019	18/10/2019	3,98647	2,49154	25,398	
		20/9/2019	18/10/2019	4,23845	2,64903	27,003	

Autor: Victor A. Pico S.

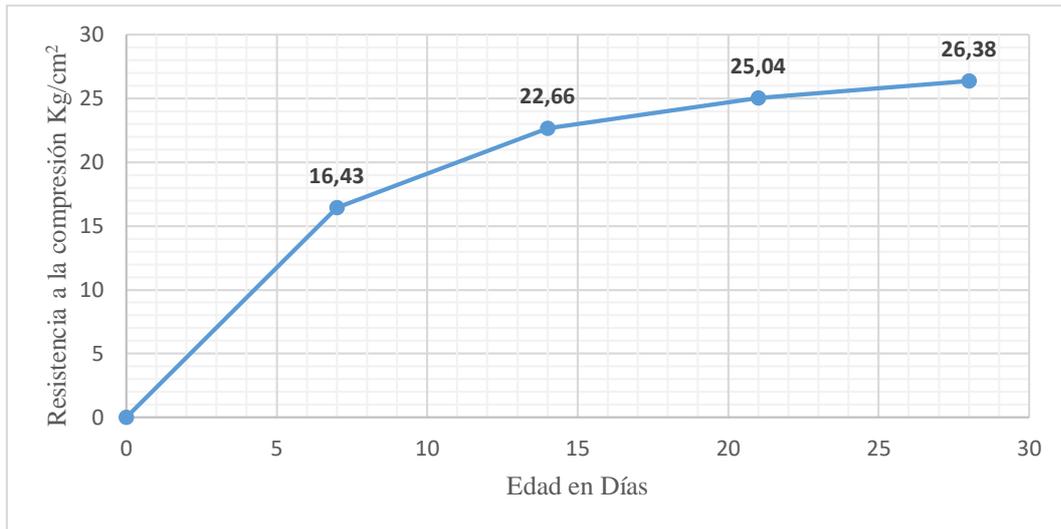


Figura 43.- Resistencia a la compresión del mortero de cemento portland MCP 1:5, edad 28 días

Autor: Victor A. Pico S.

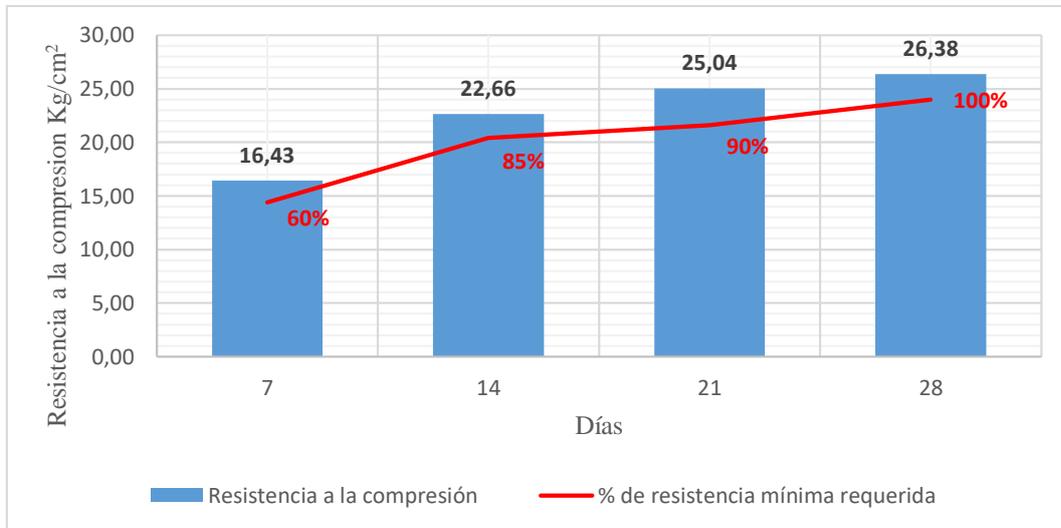


Figura 44.- Resistencia a la compresión del mortero de cemento portland MCP 1:5, edad 28 días versus porcentaje de resistencia mínima requerida

Autor: Victor A. Pico S.

La resistencia del mortero de cemento con una dosificación de 1:5,1 a sus 7 días tiene una resistencia mayor al 60% de la resistencia establecida de 2,5 MPa, a los 14 días supera la resistencia del mortero establecido siendo esta mayor al 85%, a los 21 días el mortero supera la resistencia establecida siendo esta mayor al 90%.

A los 28 días presenta una resistencia de 26,38 Kg/cm² equivalente a 2,6 MPa, cumpliendo con la resistencia que debe presentar un mortero de pega tipo O, teniendo este una resistencia a la compresión mínima de 2,5MPa.

3.1.19. Compresión de probetas de mortero MCP 1:5, MNC 1:2, MCEA 1:2

Tabla 34.- Compresión de probetas de mortero MCP 1:5, MNC 1:2 y MCEA 1:2, Edades: 7, 14, 21 y 28 días.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 							
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz</i>							
COMPRESIÓN DE PROBETAS ; MORTERO MCP 1:5, MNC 1:2 y MCEA 1:2 ; EDADES: 7, 14, 21 Y 28 DÍAS							
ORIGEN: Cantera “Villacrés” – Ambato – Tungurahua ENSAYADO POR: Egdo. Victor Alejandro Pico Sánchez FECHA: 2/NOVIEMBRE/2019							
DÍAS	MUESTRA	FECHA QUE SE REALIZÓ	FECHA DE ENSAYO	CARGA (KN)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm ²)
7	MCP 1:5	18/9/2019	25/9/2019	2,57943	1,61215	16,434	13,94
	MNC 1:2	1/10/2019	8/10/2019	1,56539	0,97837	9,973	
	MCEA 1:2	1/10/2019	8/10/2019	2,41836	1,51147	15,407	
14	MCP 1:5	19/9/2019	3/10/2019	3,55666	2,22291	22,660	19,27
	MNC 1:2	2/10/2019	16/10/2019	2,07899	1,29937	13,245	
	MCEA 1:2	2/10/2019	16/10/2019	3,43901	2,14938	21,910	
21	MCP 1:5	20/9/2019	11/10/2019	3,93063	2,45664	25,042	21,96
	MNC 1:2	3/10/2019	24/10/2019	2,55303	1,59564	16,265	
	MCEA 1:2	3/10/2019	24/10/2019	3,85859	2,41162	24,583	
28	MCP 1:5	20/9/2019	18/10/2019	4,14018	2,58761	26,377	23,03
	MNC 1:2	4/10/2019	1/11/2019	2,69772	1,68608	17,187	
	MCEA 1:2	4/10/2019	1/11/2019	4,00545	2,50340	25,519	

Autor: Victor A. Pico S.

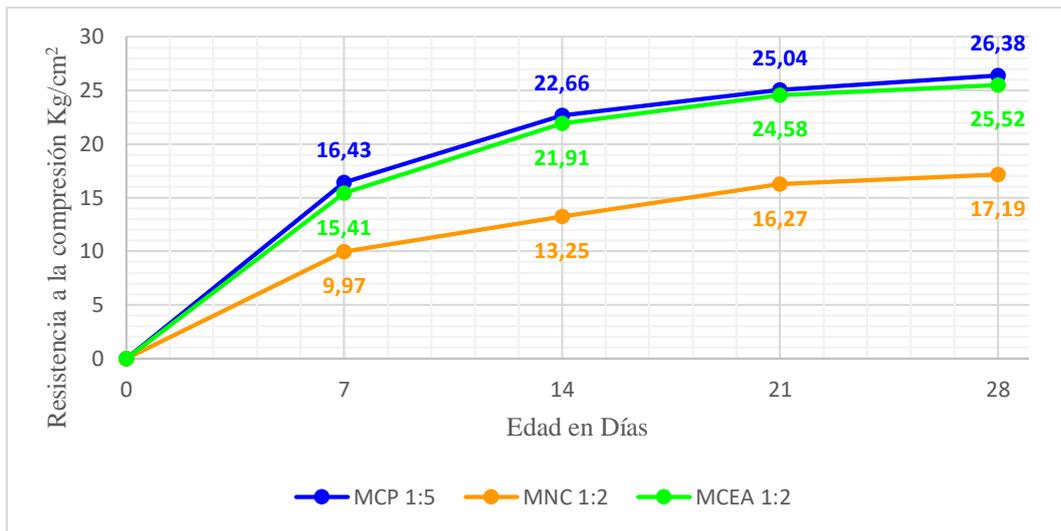


Figura 45.- Resistencia a la compresión de mortero MCP 1:5, MNC 1:2 y MCEA 1:2, edad 28 días

Autor: Victor A. Pico S.

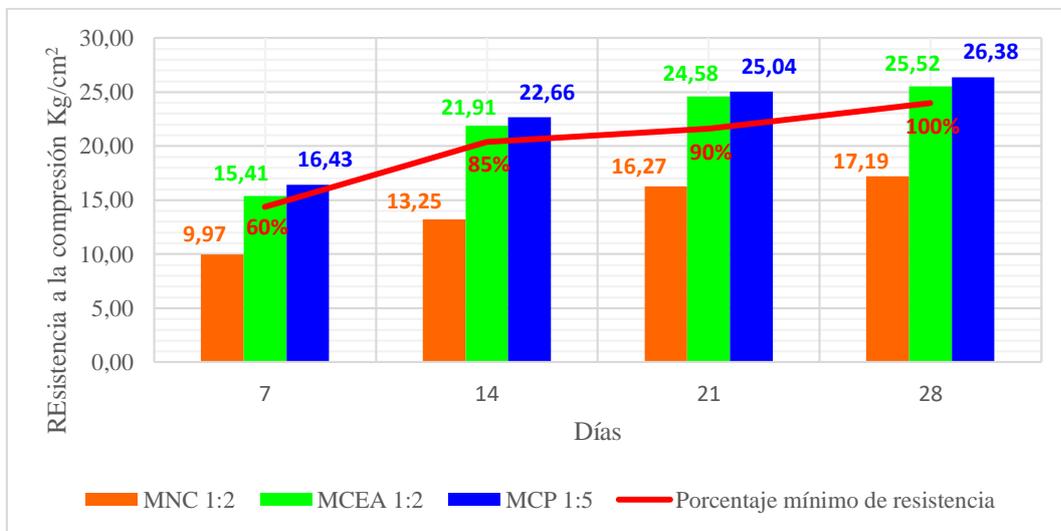


Figura 46.- Resistencia a la compresión de mortero MCP 1:5, MNC 1:2 y MCEA 1:2, edad 28 días versus resistencia mínima requerida por un mortero tipo O de 2,5 Mpa

Autor: Victor A. Pico S.

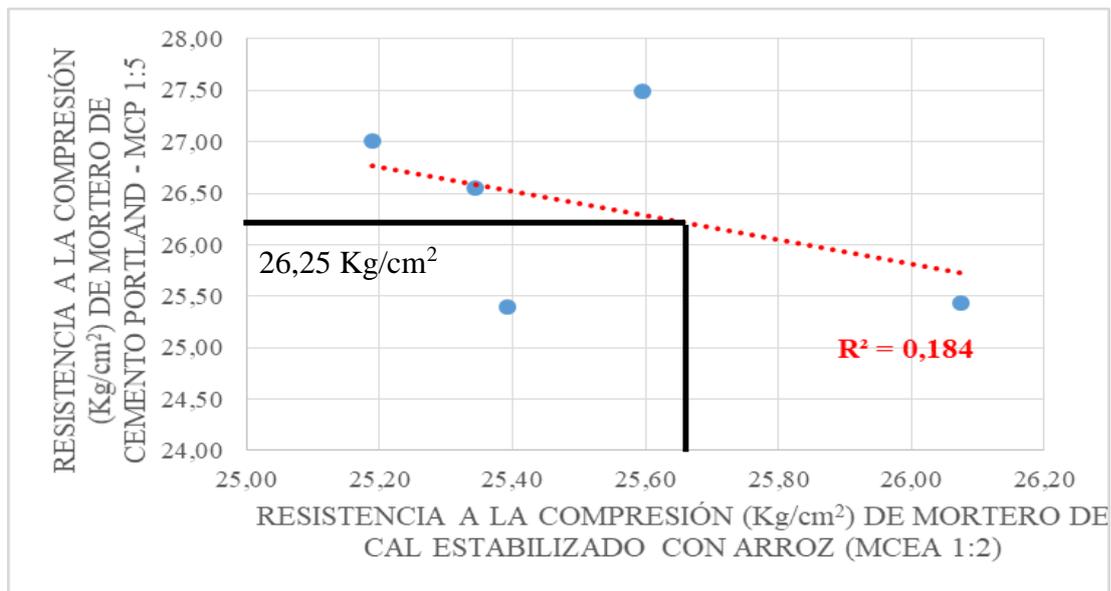


Figura 47.- Correlación de resistencia a la compresión de mortero MCEA 1:2 y MCP 1:5, edad 28 días

Autor: Victor A. Pico S.

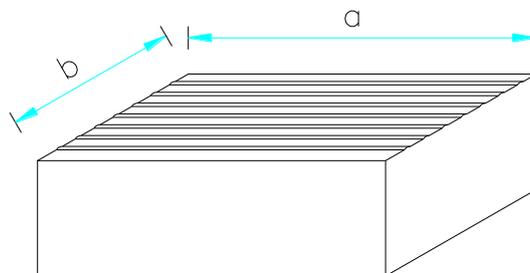
Para el modelo presentado entre los diferentes morteros analizados tenemos una correlación lineal simple, según la gráfica muestra una relación inversamente proporcional, mientras mayor sea el valor de resistencia a la compresión del mortero MCEA 1:2 menor será el valor de resistencia a la compresión del mortero MCP 1:5, caso contrario mientras menor sea el valor de resistencia a la compresión del mortero MCEA 1:2 mayor será el valor de resistencia a la compresión del mortero MCP 1:5, el valor esperado en la resistencia a la compresión para el uso del mortero de cemento portland es de 26,25 Kg/cm². Los resultados deberán tomarse con el debido criterio debido a que los valores están alejados de la realidad, por efecto del bajo coeficiente de determinación R^2 que está por debajo del rango mínimo de 0,5 a 0,7.

3.1.20. Compresión de mampuestos con morteros de cal MNC 1:2, mortero de cal estabilizada MCEA 1:2 y mortero de cemento portland MCP 1:5

Tabla 35.- Compresión de mampuestos con morteros MNC 1:2, MCEA 1:2 y MCP 1:5; Edad 14 días.

Muestra		Dimensiones		Área	Carga		Esfuerzo		Esfuerzo Promedio (Kg/cm ²)	Falla Observada	
		a(m)	b(m)		KN	MPa	Kg/cm ²	Ladrillo		Mortero	
MNC 1:2	0,285	0,140	0,0399	10,8919	0,2730	2,7827	2,866		X		
	0,280	0,145	0,0406	11,1827	0,2754	2,8077			X		
	0,280	0,140	0,0392	11,5613	0,2949	3,0064			X		
MCEA 1:2	0,285	0,145	0,0413	15,6912	0,3797	3,8706	3,794	X			
	0,280	0,145	0,0406	14,3665	0,3539	3,6071		X			
	0,285	0,140	0,0399	15,2763	0,3829	3,9028		X			
MCP 1:5	0,280	0,145	0,0406	18,3829	0,4528	4,6155	4,527	X			
	0,285	0,140	0,0399	17,7832	0,4457	4,5433		X			
	0,285	0,145	0,0413	17,9271	0,4338	4,4221		X			

Autor: Victor A. Pico S.



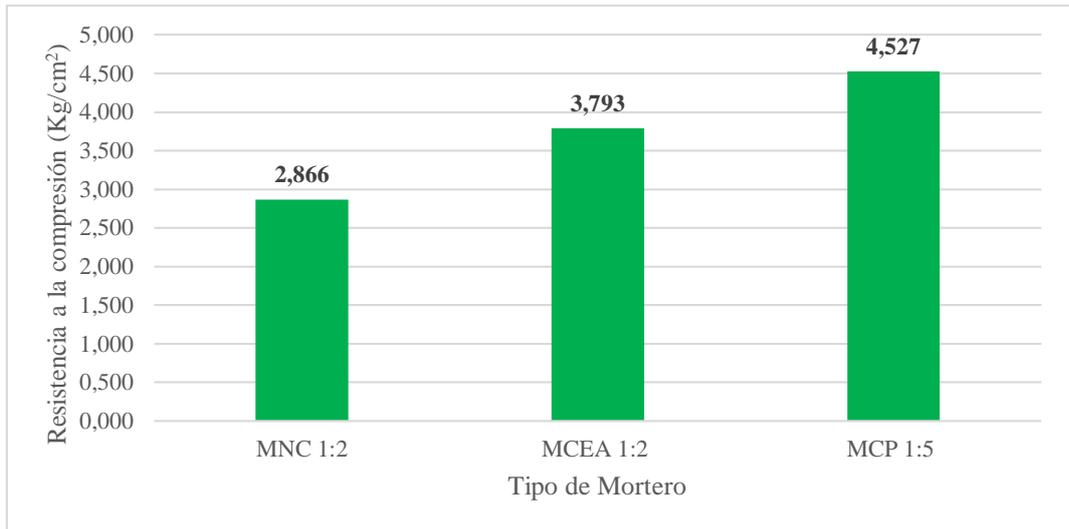


Figura 48.- Compresión de mampuestos con morteros MCP 1:5, MNC 1:2 y MCEA 1:2, edad 14 días

Autor: Victor A. Pico S.

El mejor desempeño que se encontró con los morteros fue el mortero MCP 1:5, durante el ensayo de compresión la falla que ocurre primero es por parte del mampuesto a una resistencia de 4,52 Kg/cm², Siendo el mortero con mejor desempeño de los ensayados. El mortero MCEA 1:2 presentó una resistencia a la compresión de 3,79 Kg/cm², ante la presencia de esa carga se puede observar que el mampuesto falla antes que el mortero; caso contrario ocurre con el mortero MNC 1:2 que al ser sometido al ensayo de compresión la falla se da en el mortero antes que en el mampuesto, esto sucede ante la presencia de una carga de 2,86 Kg/cm², haciendo que el mortero se rompa en el área de contacto con la máquina.

3.1.21. Análisis de precios unitarios de los morteros MCEA 1:2 y MCP 1:5

El análisis de precios unitarios de los morteros MCEA 1:2 y MCP 1:5 será de 1m² de pared, utilizando ladrillos de 30cmx15cmx10cm de dimensiones, para lo cual se va a calcular la cantidad de mortero y ladrillos que se van a utilizar para realizar el análisis correspondiente. [25]

Debido a que el asentamiento de los ladrillos es tipo soga para tabiquería en el que se aprovecha todo el largo del ladrillo, utilizados de forma general en paredes de altura de 3 metros a 3,5 metros.

Cálculo de cantidad de mortero para 1m² de muro

Para el cálculo de la cantidad de mortero en 1m² de pared se considera lo siguiente:

- Volumen de mortero (m³/m²) = Volumen de muro – Volumen de ladrillo

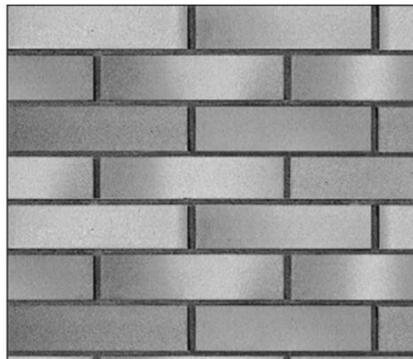


Figura 49.- Cantidad de mortero para 1m² de pared
Fuente: CONCREMAX. Cantidad de mortero por m²

Cálculo del volumen del ladrillo

Para un muro de espesor de 15cm

Dimensiones del ladrillo: 30cm x 15cm x 10cm

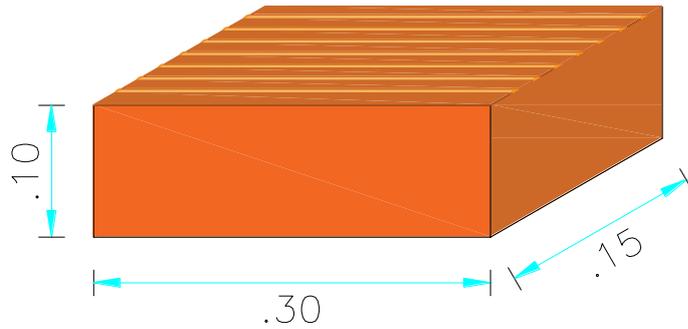


Figura 50.- Dimensiones del ladrillo
 Autor: Victor A. Pico S.

Para la junta entre ladrillos se considera un espesor de mortero de 2cm, se tiene lo siguiente:

Área de ladrillo + Junta de mortero

$$(30\text{cm} + 2\text{cm}) * (10\text{cm} + 2\text{cm}) = 384\text{cm}^2 = 0,0384\text{m}^2$$

Entonces para 1m² se tiene:

$$\frac{1\text{m}^2}{0,0384\text{m}^2} = 27 \text{ ladrillos}$$

Cálculo de la cantidad de mortero para 1m² de ladrillo

Volumen de mortero para junta horizontal:

$$(30\text{cm} + 2\text{cm}) * 15\text{cm} * 2\text{cm} = 960\text{cm}^3 = 0,00096\text{m}^3$$

Volumen de mortero para junta vertical:

$$10\text{cm} * 15\text{cm} * 2\text{cm} = 300\text{cm}^3 = 0,0003\text{m}^3$$

Volumen total de mortero

$$0,00096\text{m}^3 + 0,0003\text{m}^3 = 0,00126\text{m}^3$$

Volumen total de mortero para 1m² de muro:

$$0,00126\text{m}^3 * 27 \text{ ladrillos} = 0,035\text{m}^3$$

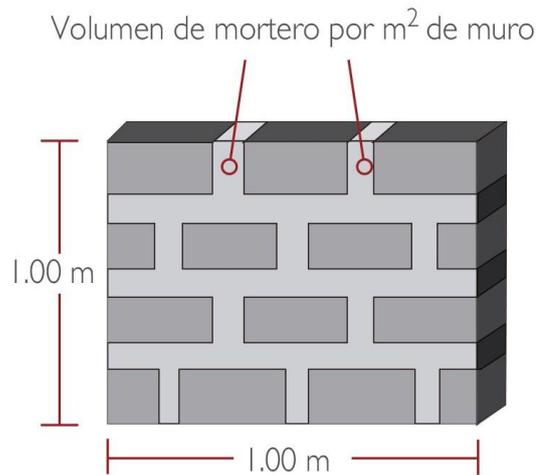


Figura 51.- Volumen de mortero para 1m² de pared
Fuente: CONCREMAX. Cantidad de mortero por m²

Cantidad de mortero MCEA 1:2 para 1m² de muro:

Cálculo de cal para 0,035m³ de mortero

Para	1m ³	460 Kg (cal)
Para	0,035 m ³	Xcal

$$X_{cal} = \frac{0,035 \text{ m}^3 * 460 \text{ Kg}}{1\text{m}^3}$$

$$X_{cal} = 16,1 \text{ Kg}$$

Cálculo de arena para 0,035m³ de mortero

Para	1m ³	1120 Kg (arena)
Para	0,035 m ³	Xa

$$X_a = \frac{0,035 \text{ m}^3 * 1120\text{Kg}}{1\text{m}^3}$$

$$X_a = 39,2 \text{ Kg}$$

Cálculo de agua para 0,035m³ de mortero

Para	1m ³	290 Lt (agua)
Para	0,035 m ³	Xw

$$X_w = \frac{0,035 \text{ m}^3 * 290 \text{ Lt}}{1\text{m}^3}$$

$$X_w = 10,15 \text{ Lt}$$

Tabla 36.- Dosificación del mortero MCEA 1:2 para 0,035m³ de mortero

MATERIAL	CANTIDAD PARA 0,035m ³
Cal	19,60 Kg
Arena	39,2 Kg
Agua	10,15 Lt

Autor: Victor A. Pico S.

Cantidad de mortero MCP 1:5 para 1m² de muro:

Cálculo de cemento para 0,035m³ de mortero

Para	1m ³	230 Kg(cemento)
Para	0,035 m ³	Xcal

$$X_{cal} = \frac{0,035 \text{ m}^3 * 230 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3}$$

$$X_{cal} = 8,05 \text{ Kg}$$

Cálculo de arena para 0,035m³ de mortero

Para	1m ³	1221 Kg (arena)
Para	0,035 m ³	Xa

$$X_a = \frac{0,035 \text{ m}^3 * 1221 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3}$$

$$X_a = 42,75 \text{ Kg}$$

Cálculo de agua para 0,035m³ de mortero

Para	1m ³	334 Lt (agua)
Para	0,035 m ³	Xw

$$X_w = \frac{0,035 \text{ m}^3 * 334 \text{ Lt}}{1 \text{ m}^3}$$

$$X_w = 11,69 \text{ Lt}$$

Tabla 37.- Dosificación del mortero MCP 1:5 para 0,035m³ de mortero

MATERIAL	CANTIDAD PARA 0,035m ³
Cemento	8,05 Kg
Arena	42,75 Kg
Agua	11,70 Lt

Autor: Victor A. Pico S.

Precio unitario mortero de cal MCEA 1:2 estabilizado con almidón de arroz

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
RUBRO: CAL HIDRATADA 1:2 DE MORTERO ESTABILICADO PARA 1M² DE MAMPOSTERÍA				
Item No: 1	Unidad de Medida:	m3	Fecha: Noviembre 2011	
DESCRIPCION: MORTERO DE CAL MNC 1:2 ESTABILIZADO				

MATERIAL	Unidad	Vr. Unitario	Cantidad	Vr. Total
CAL HIDRATADA	SACO(25Kg)	3,00	0,64	1,92
ARENA	M3	11,00	0,039	0,43
AGUA	M3	0,66	0,011	0,01
ARROCILLO	Lb	0,45	0,339	0,15
				-
		Suma		2,51
		Desperdicio 5%		0,13
		Sub Total		2,64

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	UNIDAD	Valor Equipos/herr.	Rendimiento	Valor Total
HERRAMIENTA MENOR 5% DE M.O.	GLOBAL	0,79	1,00	0,79
				-
				-
				-
		SUB TOTAL		0,79

MANO DE OBRA	Cantidad	Jornal/h	Costo hora	Rendimiento	Valor Total
Peón	1	3,41	3,41	0,02	7,84
Albañil	1	3,45	3,45	0,02	7,92
					0
					0
					0
				SUB TOTAL	15,76

TRANSPORTE	Unidad	Cantidad	Tarifa (Kg/Km)	Valor Total
CAL HIDRATADA	SACO(25Kg)	1	1,50	1,50
ARENA	M3	0,039	9,00	0,35
		SUB TOTAL		1,85
			COSTO TOTAL V. UNITARIO	21,06

Precio unitario mortero de cemento portland MCP 1:5

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
RUBRO: CEMENTO PORTLAND 1:5 DE MORTERO PARA 1M ² DE MAMPOSTERÍA				
Item No: 2	Unidad de Medida:	m3	Fecha: Noviembre 2011	
DESCRIPCION: MORTERO DE CEMENTO PORTLAND MCP 1:5				

MATERIAL	Unidad	Vr. Unitario	Cantidad	Vr. Total
CEMENTO GRIS	SACO(50Kg)	8,15	0,16	1,30
ARENA	M3	11,00	0,043	0,47
AGUA	M3	0,66	0,0130	0,01
				-
				-
		Suma		1,79
		Desperdicio 5%		0,09
		Sub Total		1,87

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	UNIDAD	Valor Equipos/herr.	Rendimiento	Valor Total
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,79	1,00	0,79
				-
				-
				-
		SUB TOTAL		0,79

MANO DE OBRA	Cantidad	Jornal/h	Costo hora	Rendimiento	Valor Total
Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	1	3,41	3,41	0,03	7,85
Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)	1	3,45	3,45	0,03	7,93
					0
					0
					0
				SUB TOTAL	15,78

TRANSPORTE	Unidad	Cantidad	Tarifa (Kg/Km)	Valor Total
CEMENTO GRIS	SACO(50Kg)	1	3,00	3,00
ARENA	M3	0,043	9,00	0,39
		SUB TOTAL		3,39
			COSTO TOTAL V. UNITARIO	21,83

3.2. Verificación de hipótesis

De acuerdo a la hipótesis planteada:

“Al añadir la dosificación óptima del almidón de arroz en el mortero de cal, proporcionará un aumento de la resistencia mecánica a compresión, haciendo que este mortero tenga características similares al mortero de cemento portland de uso convencional”, se pudo determinar que si se cumple la hipótesis planteada al añadir el porcentaje óptimo de 1,4% de aditivo natural (almidón de arroz) en el volumen de agua de amasado.

Tabla 38.- Porcentaje de diferencia

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
 		
<i>Correlación entre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento portland y el mortero de cal estabilizado con almidón de arroz.</i>		
IDENTIFICACIÓN	RESISTENCIA ENSAYADA (Kg/cm ²)	% DE INCREMENTO
MNC 1:5	10,03	0,000
MCEA 1:5	15,64	35,87
MNC 1:2	17,19	0,000
MCEA 1:2	25,52	32,64

Autor: Victor A. Pico S.

Tenemos como resultado que el porcentaje de 1,4% de almidón de arroz adicionado en el mortero de cal normal aumenta su resistencia a la compresión en un porcentaje del 30% con respecto al mortero normal de cal.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La dosificación óptima para la elaboración de 1m^3 de mortero de cal estabilizado con almidón de arroz es de 460 Kg de cal, 1120 Kg de arena, 286 Lt de agua y 4 Lt de almidón de arroz adicionándolo al agua.
- La correlación que presenta en el asentamiento es de tipo lineal simple, de forma inversamente proporcional donde el asentamiento esperado para el uso de un mortero de cemento portland es de 4,4 cm con un rango de ± 5 mm.
- La trabajabilidad que presentan los morteros MNC 1:2 y MCP 1:5 es Muy Buena, el mortero MCEA 1:2 presenta una trabajabilidad Buena debido al reemplazo parcial del almidón natural en el volumen de agua del mortero.
- La correlación que presenta en la capacidad de absorción es de tipo lineal simple, de forma directamente proporcional en donde la absorción esperada para el uso del cemento portland es de 9,70% con un rango de $\pm 0,5\%$.
- La correlación que presenta en la resistencia a la compresión es de tipo lineal simple, de forma inversamente proporcional donde la resistencia esperada para el uso de un mortero de cemento portland es de $26,25 \text{ Kg/cm}^2$ con un rango de $\pm 0,5 \text{ Kg/cm}^2$
- El asentamiento del mortero de cal normal MNC 1:2 presenta un valor de asentamiento promedio de 3,3 cm y el mortero de cemento portland MCP 1:5 tiene un asentamiento promedio de 4,4cm, el asentamiento promedio del mortero MCEA 1:2 es de 2,4 cm, estando dentro del rango de 2cm a 5cm por lo tanto son morteros plásticos “P”.

- El resultado obtenido para la menor pérdida de humedad entre los morteros MNC 1:2, MCEA 1:2 y MCP 1:5 es el mortero MCEA 1:2. A sus 28 días presenta una pérdida de humedad de 1,99% entre su densidad húmeda y su densidad seca, esto es debido a que el agua para la mezcla es en menor proporción con respecto a los otros dos morteros.
- El resultado obtenido para una mayor pérdida de humedad entre los morteros MNC 1:2, MCEA 1:2 y MCP 1:5 es el mortero MCP 1:5. A sus 28 días tiene una pérdida de humedad de 9,55% entre su densidad húmeda y su densidad seca, ocurre esto debido al agua que pierde en estado seco, ya que el volumen cambia al ser desmoldadas las probetas y ser sometidas a secado natural, perdiendo masa del 9% con respecto a su masa húmeda.
- El mortero MNC 1:5 al ser ensayado a compresión presenta una resistencia de 10,03 Kg/cm² estando en el rango de 8,0 Kg/cm² a 10,0 Kg/cm², pero no llega a la resistencia que debe tener un mortero de pega tipo O de 25,0 Kg/cm² a la edad de 28 días.
- El mortero MCEA 1:5 al ser sometido al ensayo de compresión presenta una resistencia 15,64 Kg/cm² superando la resistencia que debe presentar un mortero de cal de 8,0 Kg/cm² a 10,0 Kg/cm² pero no cumple con la especificación de un mortero de pega tipo O de 25,0 Kg/cm² a la edad de 28 días.
- El mortero MCP 1:5 al ser sometido al ensayo de compresión presenta una resistencia a la compresión de 26,38 Kg/cm², cumpliendo con la especificación de un mortero de pega tipo O de 25,00 Kg/cm², además de ser el mortero con mayor de resistencia de los morteros MNC 1:2 y MCEA 1:2.
- Al ser sometido al ensayo de compresión con mampuestos (ladrillos) el mortero MCP 1:5 no presentó falla en el mortero, siendo la falla principal presentada en el mampuesto ante la presencia de una carga de 4,53 Kg/cm².

- El mortero MNC 1:2 al ser sometido al ensayo de compresión presenta un valor de resistencia de 17,19 Kg/cm², incumpliendo la especificación de un mortero de pega tipo O de 25,00 Kg/cm², siendo el mortero con menor resistencia entre los morteros MCEA 1:2 y MCP 1:5.
- Al ser sometido al ensayo de compresión en conjunto con los mampuestos (ladrillos), el mortero MNC 1:2 presentó un valor de 2,87 Kg/cm², provocando que la falla principal se dé en el mortero antes que el mampuesto.
- El mortero MCEA 1:2 al ser sometido al ensayo de compresión, presenta una resistencia a la compresión de 25,52 Kg/cm², cumpliendo con la resistencia esperada de un mortero de pega tipo O de 25,00 Kg/cm².
- El mortero MCEA 1:2, al ser sometido al ensayo de compresión en conjunto con los mampuestos (ladrillos), presentó una resistencia de 3,79 Kg/cm². La falla que primero se presentó fue en el mampuesto, comprobándose así que es un mortero favorable para construcción de paredes exteriores que no sean sometidas a cargas.
- El mortero MCEA 1:2 tiene un precio de 21,06\$ para la cantidad de 1m² de mortero. El mortero MCP 1:5 tiene un precio de 21,83\$ para la cantidad de 1m² de mortero. El ahorro con respecto del mortero MECA 1:2 y el mortero MCP 1:5 es de 0,77\$ por cada m² de pared.

4.2. Recomendaciones

- Realizar ensayos de granulometría con muestras de diferentes minas de agregado fino con el fin de trabajar con arenas medias que tengan un módulo de finura de 2,3 a 3,1, rango sugerido en las normas NTE INEN 696 y ASTM C33.
- Para la realización del almidón de arroz, es recomendable que la cocción del almidón de arroz se realice en un recipiente metálico (olla metálica) que sea dos veces el volumen de la mezcla de arroz con agua para evitar la fuga del líquido cuando este esté en su punto de ebullición.
- El desencofrado de las probetas de cal debe hacerse en un tiempo de 24 horas como mínimo posterior su realización para evitar roturas de los cubos en sus aristas o en su cuerpo.
- El desencofrado de las probetas de cemento se las debe hacer a las 12 horas, posterior su realización para evitar la rotura de las probetas en los moldes.
- Realizar el desmolde de las probetas de cal y cemento con ayuda del apisonador de área cuadrada empujando desde el centro del cubo para desmoldar la probeta.
- Realizar un ensayo de desgaste de mortero versus mampuesto, con probetas de mortero MCEA 1:2 y probetas de mampuesto (ladrillo) en sulfato, tomando como referencia su volumen inicial para compararlo con su volumen final al ser sumergido en dicho sulfato por un tiempo determinado.
- Realizar una investigación teórico-práctica con la inclusión de morteros híbridos o morteros combinados (cal y cemento) para identificar el efecto que causa la inclusión de almidón de arroz en dichos morteros, con la finalidad de conocer la incidencia en su resistencia y durabilidad.

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Z. B. P. C. & Z. Y. YANG FuWei, «Traditional mortar represented by sticky rice lime mortar,» *Springer, SCIENCE IN CHINA PRESS*, p. 7, 2009.
- [2] B. Z. A. Q. M. FUWEI YANG, «Study of Sticky Rice-Lime Mortar Technology for the Restoration of Historical Masonry Construction,» *Accounts of chemical research* , vol. 43, nº 6, p. 9, 2009.
- [3] X. M. B. Z. H. Z. Tao Yang, «Investigations into the function of sticky rice on the microstructures of hydrated lime putties,» *ELSEVIER*, p. 8, 2015.
- [4] A. E. C. V. S. J. Otero, «Sticky rice–nanolime as a consolidation treatment for lime mortars,» *Springer*, p. 18, 2019.
- [5] M. F. ALAVA-Vera, J. T. POAQUIZA-Cornejo y G. H. CASTILLO, «Revista Espacios,» *Revista ESPACIOS*, 12 05 2018. [En línea]. Available: http://www.revistaespacios.com/a18v39n34/a18v39n34p12.pdf?fbclid=IwAR3I8omJhi64Zq9tY5g9V_dvnUuJZ9pNJGQnt_1Jsi7jLmeLfrPltSzhqfA.
- [6] C. E. H. MOLINA, “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN ENTRE EL HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN ADICIONADO CENIZAS DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA) Y HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBC).”, Ambato , 2016.
- [7] A. C. A. Renán, "LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS DE TRES CANTERAS DE LA CIUDAD DE AMBATO Y SU INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA DEL HORMIGON EMPLEADO EN LA CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES.", Ambato , 2013.
- [8] J. V. S. Vera, *Tecnología de los Materiales - Cal*, Chimbote: E.AP. INGENIERÍA CIVIL, 2013.
- [9] K. A. M. Escobar, *EVALUACIÓN DE MORTEROS PARA ALBAÑILERÍA Y REVESTIMIENTOS ELABORADOS A BASE DE CEMENTOS MEZCLADOS CON ESCORÍAS DE HORNO*, Guatemala , 2006.
- [10] E. U. d. I. T. A. d. C. Real, «ingenieríaRural,» 08 09 2012. [En línea]. Available: https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Trans_const/Tema9.pdf.
- [11] ARQUITECTURA PURA, «ARQUITECTURA PURA,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.arquitecturapura.com/tipos-de->

mortero/?fbclid=IwAR3mypVspZARjQdDVeCJy6elMrSk_5JQbSiH5zDi-
xdXg453MWk7id8mnyM.

- [12] J. M. A. Donis, DISEÑO DE MORTEROS CON CEMENTOS HIDRÁULICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS CON ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA, Guatemala, 2009.
- [13] S. C. Yopez, «Personal.ua,» [En línea]. Available: https://personal.ua.es/es/servando-chinchon/documentos/-gestadm/material-docente/19-caracteristicas-de-morteros.pdf?fbclid=IwAR0eOW_2-pyekesK5o-zXljOVhhpAQItY68_1LE-YlwDgscdR04MYt8EsY8.
- [14] C. d. O. Rodríguez, «Informes de la construcción,» 13 06 1994. [En línea]. Available: http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/1117/1201?fbclid=IwAR0xa1wS54zsg_pnvg8ZQcU5aIjCeBGL7M8fprBtsfHgCzm_uNFTseGAjml.
- [15] «AFAM,» 25 09 2003. [En línea]. Available: https://www.construmatica.com/construpedia/Caracter%C3%ADsticas_de_los_Morteros?fbclid=IwAR3cUvfQFzSdRuJKTq-PBYhJnv3gTlcGPGtXWghTjc1r-v8RoD9olQVg1i4#Art.C3.ADculos_Relacionados.
- [16] G. A. R. L., «SCRIBD,» 16 07 2015. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/271779548/Cap-11-Aditivos-Para-Morteros-o-Concretos>.
- [17] M. F.-G. M. F.-V. J. A. y. T. G.-O. C.E. Ferrández-García, «SechInfo,» *EPSO- Universidad Miguel Hernández de Elche*, p. 4.
- [18] Cementos CIBAO, «Cementos CIBAO,» 09 05 2018. [En línea]. Available: https://www.cementoscibao.com/mamposteria-usos-en-la-construccion/?fbclid=IwAR22KdZJ-Et-rMqY4Ma_kNc3K9N0CJsTQFZPMWgvXFiiTrqHwsGL-1ZLV9o.
- [19] A. S. Z. Suárez, OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MICRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR, CUENCA: UNIVERSIDAD DE CUENCA , 2015.
- [20] F. G. Arias, El Proyecto de Investigación, Caracas: EPISTEME, 2012.
- [21] E. C. CANAHUIRE, «ACADEMIA.EDU,» [En línea]. Available: https://www.academia.edu/37897846/CASTRO_Granulometria_de_Agregado_Fino.
- [22] L. G. López, «bdigital,» [En línea]. Available: http://bdigital.unal.edu.co/6167/17/9589322824_Parte5.pdf.

- [23] E. L. Salamanqués, «ISSUU,» 20 03 2015. [En línea]. Available:
https://issuu.com/merile/docs/presentacionmorteroscal_aidico?fbclid=IwAR1JtQYkIcTfn6uYcK4Owam10uHC1RPvd4pVY49gQFNlOpGqmUkp6wX9iHY
.
- [24] L. P. TRAVERSA, «CORE.AC,» [En línea]. Available:
<https://core.ac.uk/download/pdf/153562509.pdf>.
- [25] CONCREMAX, «CONCREMAX,» [En línea]. Available:
http://www.concremax.com.pe/noticia/como-calculat-cantidad-mortero?fbclid=IwAR3USAICYZ5umYg6Y_jttNZBA3rSQXAYFGs5XkZmvj-s_NYCU1LHfx254Fs.
- [26] E. C. CANAHUIRE, «ACADEMIA.EDU,» [En línea]. Available:
https://www.academia.edu/37897846/CASTRO_Granulometria_de_Agregado_Fino.

ANEXOS



Anexo 1.- ensayo de capacidad de absorción de agregado fino.



Anexo 2.- ensayo de capacidad de absorción de agregado fino estado SSS.



Anexo 3.- Proceso de cocción del almidón del arroz.



Anexo 4.- Consistencia próxima que debe presentar el almidón de arroz.



Anexo 5.- Apariencia del mortero de cal con 4% de almidón de arroz.



Anexo 6.- Ensayo densidad real del cemento porland.



Anexo 7.- Ensayo densidad real de la cal hidráulica.



Anexo 8.- Elaboración de las probetas de mortero de cal.



Anexo 9.- Pesaje de cubos de mortero a diferentes edades.



Anexo 10.- Ensayo a compresión de probetas de mortero.



Anexo 11.- Falla presentada de probetas ensayadas a compresión.



Anexo 12.- Ensayo de consistencia método cono de Abrams.



Anexo 13.- Ensayo de compresión mampuestos (ladrillos) con mortero.



Anexo 14.- Falla observada en ensayo de compresión de mampuestos con mortero.



Anexo 15.- Falla presentada en mortero antes que mampuesto.



Anexo 16.- Falla presentada en mampuesto antes que mortero.