

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“INFLUENCIA DE LA PUZOLANA ARTIFICIAL EN LOS
MORTEROS CEMENTO - ARENA.”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. GUSTAVO IVÁN RAMIREZ HUAMÁN

ASESOR:

Ing. MARCO WILDER HOYOS SAUCEDO

Cajamarca – Perú

2019

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios; por darme la vida, por guiarme por el camino de la rectitud y por enseñarme que su amor es infinitamente perdurable y puro.

***A mi familia:** Agradezco a mi madre, por el gran sacrificio que le ha costado brindarme una educación, porque fue ella quien creyó en mí al momento de decidirme estudiar esta carrera, por apoyarme a seguir adelante y conseguir todas mis metas, porque por el simple hecho de ser madre se merece todo el logro que un hijo pueda alcanzar; A mi hermano, porque fue él, quien con su ejemplo me enseñó a persistir hasta lograr alcanzar las metas trazadas; agradezco de una manera muy especial a Analidt Ortiz lozano que me permitió ser parte de su vida y por estar a mi lado en todo momento; a mis primos y primas, porque con sus ideas y ánimos de palabras lograron siempre contagiarme de sus ánimos; a mis tíos(Walter y Alejandro), porque son como padres en mi vida, ya que ellos asumieron tal responsabilidad desde el falleció de mi padre; a mi mamita y tía Carmen, porque siempre estuvieron a mi lado preocupándose por mi bienestar.*

***A mi asesor;** al Ingeniero Marco Wilder Hoyos Saucedo, quien me apoyó en el aspecto técnico y brindándome su tiempo, por sus consejos, sus palabras de ánimo.*

***Al Ingeniero Héctor Albarino Pérez Loayza;** por brindarme el apoyo y su valioso tiempo al inicio de esta tesis, y que hoy perduran sus ideas plasmadas en esta tesis.*

***A mis amigos;** que con su apoyo se pudo hacer realidad esta investigación.*

*Quisiera agradecer también de manera muy especial a la **Universidad Nacional de Cajamarca** y a todos los docentes que han tenido parte en mi formación académica*

DEDICATORIA.

A NUESTRO DÍOS.

Porque es Él quien me regaló la vida, es Él quien permite que todo sea posible, porque el hombre propone y Dios dispone, y fue Él quien dispuso que ésta tesis se haga realidad.

A MI MADRE.

Georgina Huamán Ramírez, por sus consejos, por su dedicación a brindarme su apoyo en mi vida profesional, por el desvelo que has tenido tanto por mi hermano y por mí, por ser ejemplo de madre luchadora, por estar ahí cuando más la necesité y por ser una amiga y comprenderme en los momentos más difíciles.

A MI HERMANO.

Por preocuparte siempre por mí cuando todo me estaba yendo mal, por saber cómo aconsejarme siempre, por tener las palabras exactas cuando más lo necesitaba,

A MIS TÍOS.

A mi tío Walter, gracias tío porque siempre te esforzaste por darnos lo mejor, sé que te sentías orgulloso de todos tus sobrinos y que te hubiera gustado verme como todo un Ingeniero, pero sé que estás solo durmiendo y también sé, que cuando el señor Jesús nos llame a la resurrección, estaremos allí contigo para platicar de tantas cosas que no pudiste ver en persona.

A mi tío Alejandro, tía carne, tía rebecca y a mi mamita (abuelita), porque siempre estuvieron apoyándome en todo momento.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA.....	II
CONTENIDO.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.	VII
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	VII
RESUMEN	IX
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Justificación de la investigación	3
1.4. Hipótesis General.....	3
1.5. Variables	3
1.5.1. Variable independiente	3
1.5.2. Variable dependiente	3
1.6. Alcances y delimitación de la investigación.....	4
1.6.1. Alcances:	4
1.6.2. Delimitaciones	4
1.7. Objetivos.....	5
1.7.1. Objetivo General.....	5
1.7.2. Objetivos Específicos	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes teóricos:	6
2.1.1. Internacionales.....	6
2.1.2. Nacionales	8
2.1.3. Locales:.....	9
2.2. Bases teóricas.....	10
2.2.1. Morteros.	10
2.2.2. Propiedades del mortero.	12
2.2.3. Módulo de elasticidad.....	13
2.2.4. Puzolanas (ASTM C 618 / N.T.P. 334.090).....	14
2.2.5. Materiales constitutivos del mortero.	26
2.3. Definición de términos básicos.....	42

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
3.1. Recursos equipos y herramientas utilizados en la investigación.	45
3.1.1. Recursos humanos:	45
3.1.2. Recursos materiales:	45
3.1.3. Maquinaria utilizada:	45
3.1.4. Equipo utilizado:	45
3.1.5. Herramientas utilizadas:	45
3.2. Ubicación geográfica o espacial de la investigación	46
3.3. Ubicación temporal de la investigación.....	47
3.4. Metodología a seguir en el desarrollo del trabajo de investigación.....	47
3.4.1. Parámetros fijos en la producción del mortero.....	47
3.4.2. Parámetros variables en la producción del Mortero.	47
3.4.3. Cantera.....	48
3.4.4. Obtención de las cenizas de cáscara de arroz (cca).....	49
3.4.5. Diseño de investigación.....	50
3.4.6. Método de investigación.....	50
3.4.1. Procedimiento para el diseño de mezcla de morteros.....	50
3.4.2. Procedimiento de la investigación.....	55
3.4.3. Análisis Y Tratamiento De Datos.....	56
3.5. Población de investigación.	56
3.6. Muestra de investigación	56
3.7. Unidad de análisis	56
3.8. Unidad de observación.....	56
3.9. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados	57
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	58
4.1. Ensayo de los morteros.	58
4.1.1. Características de los materiales.....	59
4.1.2. Diseño de mortero.	59
4.1.3. Estudio comparativo de los resultados a compresión.....	59
4.1.4. Determinación de óxidos no metálicos de una muestra de ceniza de cáscara de arroz (puzolana artificial).	67
4.1.5. Resumen comparativo del peso unitario en estado fresco y endurecido del mortero. 68	
4.1.6. Resumen de análisis de costos unitarios por metro cúbico.	69
4.1.7. Resumen comparativo de módulos de elasticidad.....	70
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.	71

5.1. Conclusiones:.....	71
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	73
ANEXOS:.....	75
ANEXO N° 01: Ensayo de las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino.	75
ANEXO N° 02: Diseño del mortero cemento – arena.	82
ANEXO N° 03: Ensayo mecánico a compresión uniaxial de los testigos de morteros elaborados.....	87
ANEXO N° 04: Determinación de los pesos unitarios de los morteros.....	92
ANEXO N° 05: Costo por 1 m ³ de mortero fabricado para cada diseño de mezcla	97
ANEXO N° 06: Gráficas esfuerzo – deformación de los morteros.....	98
ANEXO N° 07: Determinación de los módulos de elasticidad según ítem 2.2.3	157
ANEXO N° 08: Panel fotográfico.....	158
ANEXO N° 09: Ficha técnica del Cemento Portland Tipo I, análisis químico de la ceniza de cáscara de arroz y constancia de uso de laboratorio	164

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Tipos De Mortero</i>	10
<i>Tabla 2. Proporción para morteros en volumen según ASTM C -270</i>	11
<i>Tabla 3: Especificación por propiedades</i>	11
<i>Tabla 4: Ventajas de las puzolanas en los cementos puzolánicos</i>	17
<i>Tabla 5: Requisitos químicos de las puzolanas</i>	18
<i>Tabla 6: Composición química de la cáscara de arroz</i>	21
<i>Tabla 7: Número de molinos a nivel nacional (2011-2016)</i>	25
<i>Tabla 8: Cementos en el Perú</i>	26
<i>Tabla 9: Límites de composición aproximados para cemento portland (Tipo I)</i>	27
<i>Tabla 10: Porcentaje límites de los compuestos principales</i>	28
<i>Tabla 11: Límites granulométricos para el agregado para mortero de albañilería</i>	33
<i>Tabla 12: Límites para sustancias deletéreas en el agregado fino</i>	34
<i>Tabla 13: Cantidad mínima de muestra</i>	36
<i>Tabla 14: Ubicación Geográfica de la investigación</i>	46
<i>Tabla 15: Ubicación geográfica de la investigación</i>	48
<i>Tabla 16: Ubicación geográfica de la procedencia de la CCA</i>	49
<i>Tabla 17: Tabla de resultados a la compresión de morteros a los 7-14 y 28 días</i>	57
<i>Tabla 18: Ensayo de Compresión de mortero para seleccionar la R(a/c) del mortero de control</i>	58

<i>Tabla 19: Tabla comparativa de los resultados a compresión para 7 días.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 20: Tabla comparativa a la compresión del mortero a los 7 días.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 21: Tabla comparativa de los resultados a compresión para 7 días.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 22 Tabla comparativa a la compresión del mortero a los 14 días.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 23: Tabla comparativa de los resultados a compresión para 28 días.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 24: Tabla comparativa a la compresión del mortero a los 28 días.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 25: Cuadro resumen de pesos unitarios</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 26: Cuadro resumen de pesos unitarios</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 27: Tabla comparativa de análisis de costos. vs resistencia</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 28: Cuadro resumen de módulos de elasticidad.</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 29 : Granulometría del agregado fino – ensayo N° 01.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 30: Granulometría del agregado fino – Ensayo N° 02.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 31: Granulometría del agregado fino – Ensayo N° 03.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 32: Contenido de humedad del agregado fino</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 33: Peso específico y absorción del agregado fino.</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 34: Cálculo del factor f.</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 35: Peso unitario suelto seco del agregado fino</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 36: Peso unitario seco compactado del agregado fino.</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 37: Material fino contenido en los agregados.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 38: Resumen de las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 39: Ensayo a compresión uniaxial de los morteros para determinar la correcta relación agua –cemento.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 40: Ensayo de compresión en morteros de control.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 41: Ensayo de Compresión en mortero con 6% de adición de CCA</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 42: Ensayo de compresión en mortero con 8% de adición de CCA.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 43: Ensayo de compresión en mortero con 10% de adición de cca</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 44: Ensayo de Compresión en mortero con 10% de adición de cca</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 45: Determinación de los pesos unitarios del mortero tipo control.</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 46. Determinación de pesos unitarios del mortero al 6% de adición de cca.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 47. Determinación de pesos unitarios del mortero al 8 % de adición de cca....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 48. Determinación de pesos unitarios del mortero al 10% de adición de cca... </i>	<i>95</i>
<i>Tabla 49. Determinación de pesos unitarios del mortero al 12 % de adición de cca.. </i>	<i>96</i>
<i>Tabla 50: Ensayo de Compresión en morteros de control.</i>	<i>97</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Micrografía de la reacción de hidratación.</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2: Clasificación de los materiales puzolánicos.</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3: Micrografía de la cáscara de arroz realizada por microscopía electrónica de barrido.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 4: Perú: Producción nacional de arroz en cáscara (2001-2016).....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 5: Perú: Principales regiones productoras de arroz en cáscara.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6: Ubicación geográfica del lugar donde se desarrolló la investigación.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 7: Ubicación geográfica de la cantera del río Chonta (Sector de Otuzco).....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 8: Ubicación satelital del horno de calcinación para la obtención de CCA. ...</i>	<i>49</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

<i>Gráfico N° 1: Comparación de los $f'c$ de los morteros con 6,8,10 y 12 % de CCA y MP respectivamente.....</i>	<i>61</i>
<i>Gráfico N° 2: Comparación de los $f'c$ de los morteros con 6,8,10 y 12 % de CCA y patrón respectivamente.....</i>	<i>63</i>
<i>Gráfico N° 3 Comparación de los $F'c$ de los morteros con 6,8,10 y 12 % de CCA y patrón respectivamente.....</i>	<i>65</i>
<i>Gráfico N° 4: Promedio de las resistencias a compresión a diferentes edades.....</i>	<i>66</i>
<i>Gráfico N° 5: Curva: Resistencia a la compresión vs. edad del mortero cemento - arena.....</i>	<i>66</i>
<i>Gráfico N° 6: Pesos unitarios del mortero fresco y endurecido.</i>	<i>68</i>
<i>Gráfico N° 7: Costo vs resistencia a compresión del mortero patrón vs el con cca....</i>	<i>69</i>
<i>Gráfico N° 8: Comparación de módulos de elasticidad.....</i>	<i>70</i>

ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen N° 1: Preparación de los agregados.....</i>	<i>158</i>
<i>Imagen N° 2: Tamizando el agregado fino.....</i>	<i>158</i>
<i>Imagen N° 3: Agregado fino saturado superficialmente seco, frasco lleno con muestra y agua hasta la marca de 500cm³.</i>	<i>158</i>
<i>Imagen N° 4: Secado de las muestras en la estufa.</i>	<i>159</i>
<i>Imagen N° 5: Secado de las muestras en la estufa.</i>	<i>159</i>

<i>Imagen N° 6: Peso unitario seco compactado del agregado fino.....</i>	<i>159</i>
<i>Imagen N° 7: Material fino contenido en los agregados</i>	<i>159</i>
<i>Imagen N° 8: Molienda de la CCA en la máquina de los ángeles.</i>	<i>159</i>
<i>Imagen N° 9: Muestra de la CCA después de la molienda en la máquina de los ángeles.....</i>	<i>159</i>
<i>Imagen N° 10: Peso unitario seco compactado del agregado fino.....</i>	<i>160</i>
<i>Imagen N° 11: Material fino contenido en los agregados</i>	<i>160</i>
<i>Imagen N° 12: Fotografía de la elaboración de los morteros de control.....</i>	<i>160</i>
<i>Imagen N° 13: Fotografía del pesaje del mortero en estado seco</i>	<i>160</i>
<i>Imagen N° 14 Fotografía de los morteros de control antes de ser curados</i>	<i>160</i>
<i>Imagen N° 15 Curados los morteros de control.</i>	<i>160</i>
<i>Imagen N° 16: Preparación de los moldes para la elaboración de los morteros con Ceniza de cáscara de arroz.....</i>	<i>161</i>
<i>Imagen N° 17: Pesaje de la Ceniza de cáscara de arroz para adicionar en reemplazo del cemento</i>	<i>161</i>
<i>Imagen N° 18: Preparación de la mezcla para la elaboración de los morteros con incorporación de CCA.....</i>	<i>161</i>
<i>Imagen N° 19: Preparación de los morteros con incorporación de CCA.....</i>	<i>161</i>
<i>Imagen N° 20: Pesaje de los morteros frescos con adición de CCA</i>	<i>162</i>
<i>Imagen N° 21: Fotografía de los morteros elaborados en estado fresco</i>	<i>162</i>
<i>Imagen N° 22: Fotografía de los morteros elaborados en estado endurecido.....</i>	<i>162</i>
<i>Imagen N° 23: Fotografía de la codificación de los morteros elaborados.....</i>	<i>162</i>
<i>Imagen N° 24: Curado de los morteros con y sin adición de CCA</i>	<i>163</i>
<i>Imagen N° 25: Pesaje de los morteros antes de ser ensayados.....</i>	<i>163</i>
<i>Imagen N° 26: Instalación del deformímetro digital.</i>	<i>163</i>
<i>Imagen N° 27: Ensayo a compresión de especímenes de mortero con adición de cca.....</i>	<i>163</i>
<i>Imagen N° 28: Fotografía de los ensayos de los morteros de control.....</i>	<i>163</i>
<i>Imagen N° 29: Fotografía del mortero después de ser ensayado.</i>	<i>163</i>

RESUMEN

Ésta investigación tuvo como objetivo verificar la influencia de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) en los morteros cemento-arena, específicamente relacionado en el comportamiento mecánico sometido a cargas axiales. Se realizaron los ensayos a los morteros Cemento-Arena que contenían ceniza de cascara de arroz en reemplazo porcentual del 6,8,10 y 12 % del peso del cemento; frente al mortero de control (NTP 399.610-2013 o la ASTM C 270-2014: mortero P2 tipo S en proporciones 1:4 (cemento – arena)), como una alternativa tanto para el uso de aditivos como para optimizar costos en la elaboración de los morteros cemento - arena. Con ese fin se preparó las probetas de mortero con adición de ceniza de cáscara de arroz. Posteriormente dichos morteros fueron sometidos a ensayos mecánicos de compresión siendo ensayados 30 probetas de morteros de control, 30 probetas para cada mortero con CCA en reemplazo porcentual del 6%, 8%, 10% y 12% del peso del cemento respectivamente. Los resultados de los ensayos a compresión a los 28 días determinaron que: El mortero con reemplazo porcentual del 6 % con respecto al mortero de control, se encuentra al 130.82% de su resistencia, superando en 30.82 % a la resistencia de control. El mortero con reemplazo porcentual del 8 %, con respecto al mortero de control, se encuentra al 117.48 % de su resistencia, superando en 17.48% a la resistencia de control. El mortero con reemplazo porcentual del 10 %, con respecto al mortero de control, se encuentra al 110.43 % de su resistencia, superando en 10.43% a la resistencia de control. El mortero con reemplazo porcentual del 12 %, con respecto al mortero de control, se encuentra al 106.71 % de su resistencia, superando en 6.71% a la resistencia de control.

Palabras Claves: Comportamiento mecánico, morteros cemento - arena, puzolana artificial, esfuerzo a compresión.

SUMMARY

This research aimed to verify the influence of rice husk ash (CCA) on cement-sand mortars, specifically related to mechanical behavior subjected to axial loads. The tests were carried out on the Cement-Sand mortars containing rice husk ash as a percentage replacement of 6,8,10 and 12% of the cement weight; in front of the control mortar (NTP 399.610-2013 or ASTM C 270-2014: P2 type S mortar in 1: 4 proportions (cement - sand)), as an alternative both for the use of additives and to optimize processing costs of cement mortars - sand. To that end the mortar specimens were prepared with the addition of rice husk ash. Subsequently, said mortars were subjected to mechanical compression tests and 30 test mortar specimens were tested, 30 specimens for each mortar with CCA in percentage replacement of 6%, 8%, 10% and 12% of the cement weight respectively. The results of the compression tests at 28 days determined that: The mortar with percentage replacement of 6% with respect to the control mortar is 130.82% of its resistance, surpassing the control resistance by 30.82%. The mortar with percentage replacement of 8%, with respect to the control mortar, is 117.48% of its resistance, exceeding by 17.48% the control resistance. The mortar with 10% percentage replacement, with respect to the control mortar, is 110.43% of its resistance, exceeding the control resistance by 10.43%. The mortar with percentage replacement of 12%, with respect to the control mortar, is 106.71% of its resistance, exceeding 6.71% of the control resistance.

Key words: Mechanical behavior, cement - sand mortars, artificial pozzolana, compressive stress

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

El uso del mortero es común en la construcción de obras civiles y para su elaboración se requiere el uso de adiciones de distintas naturalezas, de tal manera que se obtenga un mortero de mejor calidad. Para mejorar algunas propiedades del mortero tanto en estado fresco como en estado endurecido se usan diversos tipos de aditivos y es entonces cuando surge la posibilidad de dejar su utilización y buscar nuevas alternativas naturales y de fácil acceso, siendo esta nueva alternativa la utilización de la puzolana artificial (ceniza de cáscara de arroz) que servirá como un sustituto porcentual del cemento al ser adicionado en la dosificación del mortero Cemento-Arena, cuya adición le daría mayor resistencia a la compresión y en consecuencia, mayor durabilidad y trabajabilidad, y no solo eso, sino que al ser un material de desperdicio, su utilización en pequeñas cantidades en la dosificación del mortero resulta ser adecuada, de tal manera que ayudaría a reducir su impacto ambiental en zonas de exposición. Es por ello que la ceniza de cáscara de arroz ha llamado la atención a los investigadores del cemento, ya que esta puzolana contiene un alto contenido de dióxido de silicio, una elevada área superficial y una baja densidad, menor que la de un cemento Pórtland cuyo valor es de 3,0 a 3,2 g/cm³ y todo esto nos da un índice de que se trata de una puzolana bastante activa.

La actividad puzolánica de la ceniza es excelente y proporciona una buena resistencia a la compresión y al mismo tiempo se dice que es una alternativa económica y eficaz para la construcción, sobre todo en países como el nuestro, donde las brechas económicas para la construcción de vivienda aún son muy notorias.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Según datos del Censo peruano INEI (2017, 2007-2017) en el Perú predominan las estructuras de albañilería representando el 51.9 % del total de las viviendas, y esto nos da a entender la necesidad del consumo de materiales que componen a las estructuras de albañilería.

El precio de los materiales de construcción es, en la mayoría de los casos el que incide en el alto costo total de una vivienda. Este hecho afecta negativamente en la posibilidad de acceder a una vivienda por parte de la población de bajos ingresos. La única forma de bajar los costos es mediante la autoconstrucción, que se da sin ninguna asesoría técnica,

con graves deficiencias constructivas, por la falta de medios económicos el término de la construcción se prolonga de 30 años o más. (Villegas Martínez, 2012)

A lo largo de las últimas décadas se ha dado un importante desarrollo en la tecnología del concreto. El mortero, por su parte, no ha experimentado el mismo grado de desarrollo práctico, o por lo menos ha sido considerado injustamente como de 'clase inferior', a pesar de su indiscutible utilidad y de su universalidad de usos en las obras. (Salamanca Correa, 2001). Sabiendo que en un muro de mampostería el mortero representa entre un 10 y un 20% del volumen total del material; no obstante, su efecto en el comportamiento de la pared es mucho mayor de lo que indica tal porcentaje. Por esta razón se considera de fundamental importancia el capítulo de la mampostería dentro del tema de los morteros. (Salamanca Correa, 2001). Su función se encuentra subordinada a condiciones especiales del sistema constructivo; el mortero tiene que absorber esfuerzos de tensión y compresión, siendo necesario que conserve ciertas propiedades que se evalúan en dos etapas diferentes de acuerdo con su estado físico (fresco o endurecido) (Gutiérrez de López, 2003)

El mortero de pega una vez endurecido debe resistir el peso de los mampuestos superiores en el caso de un muro de cerramiento o, incluso, soportar cargas elevadas cuando se trata de un muro portante; por lo tanto, debe ser resistente a la compresión, propiedad a la que se recurre como criterio para la selección del tipo de mortero a emplear y como parámetro de control de calidad del sistema (Drysdale, Hamid, & Baker, 1994). Por tal motivo la resistencia a compresión de los morteros es de suma importancia en los muros portantes.

En consecuencia, los constructores buscan no solo reducir el tiempo de ejecución, el costo final de las viviendas y la reutilización de materias y recursos; sino más bien buscar mejoras en su comportamiento mecánico, en este caso; en su resistencia a la compresión. Por lo que se hace necesario el empleo de nuevas puzolanas artificiales que brinden soluciones a todos estos requerimientos.

La ceniza de cáscara de arroz es considerada como una puzolana artificial que puede ser utilizada como una adición mineral de los cementos portland adicionados. El empleo de adiciones minerales activas en la industria del cemento es práctica común que se viene desarrollando aceleradamente en gran parte del mundo, en razón de las regulaciones ambientales y la evolución del mercado y la normativa internacional. (Vásquez, R. y Vigil, P, 2000)

Sería conveniente poder proveer al mercado nacional de productos como el cemento con adición de ceniza de cáscara de arroz. Las ventajas de incorporar adiciones involucran aspectos importantes como el ahorro de energía no renovable, la protección y conservación del medio ambiente y la mejora de las propiedades del cemento y el concreto. (Vásquez, R. y Vigil, P, 2000)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la influencia del reemplazo porcentual de la puzolana artificial en la resistencia a compresión, de los morteros cemento - arena?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta tesis está justificada de la siguiente manera:

La importancia de la investigación es determinar el comportamiento mecánico a compresión de los morteros cemento – arena, para tal fin se realizó un estudio comparativo entre el mortero con reemplazo porcentual del 6, 8,10 y 12% del peso del cemento y el mortero sin reemplazo porcentual de puzolana artificial.

Este trabajo de investigación se realiza porque se puede verificar comparativamente la influencia de la puzolana a compresión en los morteros cemento - arena.

El trabajo de investigación sirve para profundizar en el estudio de la influencia de la puzolana artificial (CCA) en los morteros cemento – arena y así optimizar la utilización de materiales en cuanto a la elaboración de morteros para lograr un mejor comportamiento mecánico a la compresión. La optimización se realiza reduciendo de manera porcentual la utilización del cemento en cuanto a la elaboración de morteros adicionando puzolana artificial.

1.4. HIPÓTESIS GENERAL

La influencia de la puzolana artificial en reemplazo porcentual del 6, 8,10 y 12% del peso del cemento, aumenta la resistencia a compresión en los morteros cemento - arena.

1.5. VARIABLES

1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Reemplazo porcentual de la Puzolana artificial (ceniza de cáscara de arroz)

1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Resistencia a la compresión del mortero cemento – arena.

1.6. ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. ALCANCES:

El presente trabajo de tesis se desarrolló dentro de la carrera profesional de la ingeniería civil, específicamente en la rama de la tecnología de materiales de construcción y estructuras, enfocándose en la influencia de la puzolana artificial en remplazo del 6%, 8%, 10% y 12% del cemento para la elaboración de morteros, con el objetivo de estudiar la influencia que ejerce en la resistencia a compresión.

Mediante los resultados obtenidos se da respaldando a la validez del uso de esta puzolana en la elaboración de morteros.

La investigación se efectuó a nivel teórico y experimental limitándose únicamente en determinar la influencia de la puzolana artificial (CCA) en la elaboración de mortero cemento – arena y así determinar la evolución de la resistencia a diferentes edades (7, 14 y 28 días) elaborándose 50 especímenes por edad (incluido el mortero patrón) y haciendo un total de 150 especímenes. Con la finalidad de ver su comportamiento si es favorable o desfavorable, para finalmente sacar conclusiones que permitan hacer un uso adecuado de la utilización de la puzolana en reemplazo porcentual del peso del cemento en los morteros cemento - arena.

1.6.2. DELIMITACIONES

- Se utilizó los agregados de la cantera (Otuzco – Baños del Inca), por lo que los resultados que se obtuvieron están limitados únicamente a sus propiedades.
- Las mezclas para la elaboración de morteros se realizaron utilizando solamente un tipo de puzolana (Ceniza de cáscara de arroz), por lo que los resultados solo serán válidos para dicha puzolana.
- No se les realizó ensayos de laboratorio tanto al cemento como al agua. Se trabajó con los datos brindados por los fabricantes y por investigaciones ya realizadas.
- Los resultados obtenidos están limitados a la utilización del cemento portland tipo I de Pacasmayo.
- La determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, la elaboración y prueba a compresión de los especímenes de mortero, fueron realizados

en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Días” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de la puzolana artificial en la resistencia a compresión de los morteros cemento - arena.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el esfuerzo a compresión de los morteros con y sin reemplazo porcentual de la puzolana artificial.
- Determinar la composición química de la puzolana artificial (CCA).
- Determinar los pesos unitarios de los morteros tanto en estado frescos como endurecidos.
- Determinar los costos por metro cúbico de mortero.
- Determinar los módulos de elasticidad usando las fórmulas del ACI 318M

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS:

2.1.1. INTERNACIONALES.

Martínez, R.; Miranda, J.; Narváez, L.; De la Garza, A. & Narváez, L. (2013). *Estudio de una puzolana natural como sustituto parcial del cemento en morteros contaminados con sulfatos, instituto tecnológico de saltillo.*

Este trabajo muestra el empleo de una puzolana natural proveniente del estado de Guanajuato, México, como aditivo a morteros de cemento en sustitución parcial del contenido del cemento.

La investigación se llevó a cabo utilizando muestras de mortero preparadas con una relación de cemento/ agua/ arena de 1.0 /0.5 /3.0, a las cuales les fue adicionado diferentes porcentajes de puzolana natural (0, 15, 20 y 25%) en relación al peso del cemento. Todos los morteros fueron contaminados por inmersión en una solución de sulfato de sodio al 5% durante 6 meses. La cinética de corrosión de las varillas embebidas en el mortero fue evaluada mediante técnicas electroquímicas: potencial de corrosión (E_{corr}), resistencia a la polarización lineal (R_p), intensidad de corrosión (i_{corr}) y curvas de polarización (C_p) durante el tiempo que duró el ensayo. El deterioro del mortero por acción de los sulfatos fue determinado mediante ensayos mecánicos.

Los resultados muestran que la sustitución de diferentes porcentajes de cemento por puzolana no altera la cinética de corrosión de las varillas embebidas en el mortero cuando estas se encuentran contaminadas con sulfatos, estos resultados se comparan con morteros que no contienen puzolana agregada; por otro lado, los ensayos de resistencia a la compresión en los morteros expuestos a un tiempo de 6 meses son muy similares a los morteros de referencia aproximadamente de 20 MPa lo que indica que después de este tiempo, el mortero no sufría aun daños.

Los resultados de este estudio muestran la factibilidad del empleo de la puzolana natural, como aditivo durante el mezclado del concreto hasta porcentajes de 25% en sustitución del cemento, sin que se vean alteradas las condiciones de alcalinidad.

Cabrera, J. (1995). *La Adherencia en los Morteros de Albañilería*. Investigador de materiales de construcción. centro técnico para el desarrollo de los materiales de construcción- cuba.

- Se hace un estudio para determinar la resistencia a la adherencia que alcanzan los morteros de albañilería a los 28 días. Para ello se prepararon dosificaciones de morteros con 4 tipos de cementos, 2 tipos de arenas y 4 tipos de agregados, lográndose realizar 23 dosificaciones.
- Los resultados demuestran la factibilidad de emplear dicho método para determinar la resistencia a la adherencia. Se obtuvieron valores de hasta 0,7 MPa a los 28 días.

Serrano Falcó, TS.; Borrachero Rosado, MV.; Monzó Balbuena, JM. & Paya Bernabeu, JJ. (2012). *Morteros aligerados con cascarilla de arroz: diseño de mezclas y evaluación de propiedades*. DYNA. Revista de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.

En el presente trabajo se analizó la posibilidad de utilizar la cascarilla de arroz con y sin pretratamientos, como una adición en la fabricación de morteros ligeros. Se estudiaron diversos pretratamientos de la cascarilla, tales como el lavado con agua destilada, baño en disolución ácida durante 24 horas, baño en disolución básica durante 24 h, así como combinaciones y variaciones de los anteriores pretratamientos. Se determinaron propiedades como la densidad, la resistencia a flexión y la resistencia a compresión de los morteros realizados. Finalmente se sometieron a análisis de microscopía electrónica tres de las muestras más representativas. Los resultados mostraron que se obtuvieron morteros de muy baja densidad y elevada porosidad que los convierten en candidatos para elaborar materiales de construcción para aislamiento térmico y acústico, pero no para fabricar elementos portantes debido a su baja resistencia mecánica. Se concluye que el tratamiento químico de la cascarilla con reactivos alcalinos y la adición de cloruro cálcico como acelerante del fraguado, son dos propuestas efectivas para la reutilización de estos residuos en morteros aligerados.

2.1.2. NACIONALES

Villegas Martínez, C.; Arrieta Freyre, J. (2012). Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo, tesis para optar el grado de maestro en tecnología de la construcción.

La presente tesis se ha desarrollado en el marco de un Proyecto de investigación llevado a cabo por investigadores de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) Perú y la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), España.

El estudio realizado tuvo como objetivo verificar la utilización de puzolanas en la producción de morteros y concretos para revestimientos y fabricación de componentes constructivos con base cementicia, como una solución a la urgente necesidad de vivienda en los países en desarrollo. Los programas de gobierno no alcanzan a cubrir ni siquiera el crecimiento del déficit y las soluciones tecnológicas que utilizan son económicamente poco accesibles a los grupos más desfavorecidos.

Con ese fin se identificaron las puzolanas existentes en localidades previamente seleccionadas, se caracterizaron las muestras, estudiaron diferentes dosificaciones de mezclas, preparándose probetas con adición de diferentes porcentajes de puzolana, las que fueron sometidas a ensayos mecánicos, ciñéndose en todo el proceso a las normas técnicas vigentes.

Los resultados alcanzados muestran que la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) es una puzolana artificial que por sus características puede reemplazar ventajosamente un porcentaje de cemento en la producción de componentes y preparación de morteros para la construcción de viviendas de bajo costo y revestimientos, respectivamente.

San Bartolomé, A.; Morante, A. (S.f.). Estudio de la adherencia mortero - ladrillo de concreto vibrado en tres técnicas de construcción.

Esta investigación tuvo como objetivo principal analizar la adherencia en la interface mortero – ladrillo de concreto vibrado y, además, enriquecer nuestra Norma E.070, proporcionando parámetros de diseño y construcción para este tipo de albañilería, construida con ladrillos de reciente fabricación industrial en nuestro medio.

Con los propósitos indicados, se utilizaron dos técnicas de construcción adicionales a la recomendada por el fabricante. Para medir experimentalmente la adherencia mortero-ladrillo, se utilizó la prueba de compresión diagonal en muretes de albañilería. Sin embargo, como las técnicas utilizadas podrían afectar a la resistencia a compresión también se ensayaron a compresión axial pilas de albañilería.

2.1.3. LOCALES:

Rabanal Altamirano, O. (2017). “Resistencia a compresión de un mortero cemento-arena (1:3 y 1:4) al reemplazar distintos porcentajes de arena de río por arena de duna (10 y 20%).”

La presente tesis logró comparar la resistencia a compresión de un mortero cemento-arena (1:3 y 1:4) al reemplazar distintos porcentajes de arena de río por arena de duna (10 y 20%). Para esto se ha analizado las propiedades físicas de las arenas de río y duna como son contenido de humedad ($W = 5.90\%$ para la arena de río y $W = 1.03\%$ para la arena de duna), granulometría ($MF = 2.33$ para la arena de río y $MF =$ para la arena de duna), peso unitario suelto y compactado ($PUSS = 1.70$ y $PUCS = 1.82 \text{ g/cm}^3$ para la arena de río y $PUSS = 1.38 \text{ g/cm}^3$ y $PUCS = 1.57 \text{ g/cm}^3$ para la arena de duna), peso específico y porcentaje de absorción que sirvió para diseñar el mortero, adicionalmente se realizó un estudio químico de sales agresivas a la arena de duna para determinar la cantidad de cloruros y sulfatos que contiene; consecuentemente se realizaron las probetas de mortero y se ensayaron en resistencia a compresión a los 3, 7 y 28 días de curado. Con la investigación se determinó: para la dosificación cemento-arena 1:3 con reemplazo del 10% de arena de duna la resistencia disminuye en 6.88% y con reemplazo del 20% de arena de duna la resistencia disminuye en 7.70%; para la dosificación cemento-arena 1:4 con reemplazo del 10% de arena de duna la resistencia disminuye en 3.13% y con reemplazo del 20% de arena de duna la resistencia disminuye en 9.20%; determinándose que la proporción 1:4 posee mejores características.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. MORTEROS.

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610. (NORMA TÉCNICA E.070 , 2006)

En el sentido de la palabra, el mortero puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento portland y/o otros cementantes), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse presenta propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del concreto y es ampliamente utilizado para pegar piezas de mampostería en la construcción de muros, o para recubrirlos, en cuyo caso se le conoce como pañete, repello o revoque. (Sanchez de Guzmán, 2001).

2.2.1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS MORTEROS PARA FINES ESTRUCTURALES.

Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes. Los componentes del mortero, tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la siguiente Tabla N° 1. (NORMA TÉCNICA E.070 , 2006)

Tabla 1: Tipos De Mortero

TIPO	COMPONENTES			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	muros No Portantes

a) Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos. b) De no contar con cal hidratada normalizada, especificada en el Artículo 6 (6.2a), se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 1.

Fuente: (NORMA TÉCNICA E.070)

Es necesario señalar que la norma ASTM C-270 especifica 2 tipos de mortero (M y S) para la construcción de los muros portantes, de manera que el volumen de arena este comprendido entre 2 ¼ y 3 veces de los volúmenes de los aglomerantes (cemento y cal). Como se observa en la Tabla N° 2.

Tabla 2. Proporción para morteros en volumen según ASTM C -270.

TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA
M	1	¼	2.8 a 3.8
S	1	¼ a ½	2.8 a 4.5

Fuente: ASTM C-270

Escogemos el mortero para muros portantes (P2- con relación de 1- 4), TIPO S (según la ASTM C – 270). Y no utilizando la cal hidratada, pero respetando la tabla N°01 de la NORMA TÉCNICA E:070).

Y también considerando la siguiente tabla N° 03 de la NTP 399.610, es que escogemos la resistencia a la compresión promedio mínimo a los 28 días de los morteros para muros portantes P2 tipo S. ver tabla N° 03.

Tabla 3: Especificación por propiedades.

Mortero	Tipo	Resistencia a la compresión promedio a los 28 días, min. Mpa (lb/pulg ²)	Retención de agua min, %	contenido de aire, máx % B	Índice de agregado (medido en la condición húmeda suelta)
Cemento - cal	M	17,2 (2 500)	75	12	No menos que 2 ¼ y no más que 3 ½ veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementosos
	S	12,4 (1 800)	75	12	
	N	5,2 (750)	75	14 ^c	
	O	2,4 (350)	75	14 ^c	
Mortero Cemento	M	17,2 (2 500)	75	12	
	S	12,4 (1 800)	75	12	
	N	5,2 (750)	75	14 ^c	
	O	2,4 (350)	75	14 ^c	
Cemento de albañilería	M	17,2 (2 500)	75	18	
	S	12,4 (1 800)	75	18	
	N	5,2 (750)	75	20 ^D	
	O	2,4 (350)	75	20 ^D	

Fuente: (NTP 399.610, 2003)

Por lo tanto, se escogió al mortero para muros portantes (P2-con relación 1-4) tipo S, con una resistencia a la compresión promedio a los 28 días de 12.4 (Mpa=126.44 kg/ cm²)

2.2.2. PROPIEDADES DEL MORTERO.

2.2.2.1. EN ESTADO FRESCO.

2.2.2.1.1. MANEJABILIDAD:

Al igual que en el concreto, es una medida de la facilidad de colocación de la mezcla, en este caso en las unidades de mampostería o en revestimientos. La manejabilidad está relacionada con la consistencia, la cual se refiere al estado de fluidez del mortero, es decir, que tan dura(seca) o blanda (fluida) es la mezcla cuando se encuentra en estado plástico. (Sanchez de Guzmán, 2001)

2.2.2.1.2. RETENCIÓN DE AGUA:

Esta propiedad es una medida de la habilidad del mortero para mantener su plasticidad cuando quede en contacto con una superficie absorbente. Como una pieza de mampostería. Como ya se vio. La retención de agua puede ser mejorada mediante la adición de cal, dada su capacidad plastificante, aunque no necesariamente, ya que hoy en día se tienen otras alternativas igualmente satisfactorias como son: mayormente contenidos de finos. (Sanchez de Guzmán, 2001)

2.2.2.2. ESTADO ENDURECIDO:

2.2.2.2.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Una vez aplicado en obra, el mortero debe de actuar como unión resistente. Se requiere una alta resistencia a la compresión cuando el mortero deba soportar cargas altas y sucesivas. Siendo ésta un indicio de las resistencias a tensiones de corte y a tensiones de tracción. (Sánchez de Guzmán, 1997).

Hay dos leyes fundamentales que se aplican a la resistencia de un mortero compuesto del mismo cemento con diferentes proporciones y tamaños de arena, la primera dice: con un mismo agregado, el mortero más resistente e impermeable es aquel que tiene mayor porcentaje de cemento en un volumen dado de mortero: y la segunda: con el mismo porcentaje de cemento en un volumen de mortero, el más resistente y generalmente más impermeable es aquel que tenga la mayor densidad, sea aquel que en una unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos. (Sánchez de Guzmán, 1997).

La resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland, se determina llevando a la rotura especímenes de 50 mm de lado. (NTP-334-051, 1998).

Resistencias mecánicas: especialmente a la compresión. Depende de la relación A/C y de la adición usada, y muy especialmente de la granulometría de la arena, la cual se establece mediante el módulo de finura. La arcilla disminuye esas resistencias, por lo cual es indispensable controlar su inclusión a través de las arenas sucias. (Salamanca Correa, 2001)

2.2.2.2. DURABILIDAD.

Al igual que en el concreto, la durabilidad del mortero es la resistencia a los agentes externos tales como las bajas temperaturas, la penetración de agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. En general, se cree que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad; sin embargo, el uso de agentes inclusores de aire es de particular importancia en ambientes húmedos, ambientes marinos y en general en condiciones de ambiente agresivo. (Sánchez de Guzmán, 1997).

2.2.2.3. APARIENCIA.

Un mortero utilizado para enlucido tiene que tener un buen aspecto ya que es utilizado en la parte estética de la construcción. La plasticidad del mortero, la selección y la dosificación adecuada de sus componentes son muy importantes para el acabado de las superficies enlucidas. (Arroyo Cabezas, 2010).

2.2.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD.

Una ecuación de amplio uso para calcular el Módulo de Elasticidad, dado en el ACI 318M-02, relaciona el Módulo de Elasticidad con la resistencia a la compresión, f'_c [kg/cm²], y el peso unitario del hormigón, W_c [kg/m³]. Esta ecuación es satisfactoria para valores de W_c entre 1500 y 2500 kg/m³. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006)

$$Ec[kg/cm^2] = W_c^{1.5} \times 0.14 \sqrt{f'_c} \dots \dots \dots \text{ecuación N}^\circ 01$$

Para hormigón de peso normal el módulo de elasticidad E_c se puede considerar como:

$$Ec[kg/cm^2] = 15000 \sqrt{f'_c} \dots \dots \dots \text{ecuación N}^\circ 02$$

2.2.4. PUZOLANAS (ASTM C 618 / N.T.P. 334.090)

2.2.4.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS SOBRE LAS PUZOLANAS.

En la historia de la civilización humana el descubrimiento de los materiales y de las acciones cementantes hidráulicas fue posterior al descubrimiento del fuego y debió ser poco posterior al descubrimiento de la cerámica. Tal descubrimiento, debió pasar de egipcios a griegos y romanos. Por razones de puro azar geográfico y geológico, los griegos y romanos, primeros en conocer “la cal”, pudieron mezclarla con materiales naturales de origen volcánico que tenían a la mano. La observación debió hacer el resto, y de la comparación de la resistencia y del comportamiento general de los conglomerados hechos con cal y con materiales volcánicos y no volcánicos, surgió la nueva técnica de mezclar los primeros, ya como materiales activos, con la cal, en polvo y en seco o en húmedo, para obtener los que han pasado a la historia como “cementos y morteros romanos”, con base en cal y puzolana, o cal, puzolana y arena, respectivamente. En el siglo I d.c. Antonio Vitruvio relata, que los romanos utilizaron la puzolana como aditivo mineral en la elaboración de sus concretos y morteros, ésta fue extraída de un pueblo llamado Puzol (Pozzuoli) al pie del Vesubio, era una piedra volcánica, porosa y ligera. Así también, utilizaron aditivos naturales como leche, sangre y grasa animal para mejorar la trabajabilidad de las mezclas en concretos y morteros. De las obras antiguas realizadas con puzolanas y que hoy son inestimables reliquias de la civilización romana pueden citarse: panteones, coliseos, estadios, basílicas, acueductos, cisternas, puentes, puertos y diversas estructuras que han perdurado.(Salazar Jaramillo, 2001).

Actualmente en el sector de la construcción del Perú se produce cementos puzolánicos, pero no utiliza puzolanas naturales como cascarilla de arroz. En el ámbito internacional existen investigaciones similares, en especial con caña de azúcar, bagazo y paja de caña, con resultados relevantes, pero no se ha encontrado experiencias de aplicación en componentes prefabricados y morteros para la construcción de viviendas de bajo costo.

2.2.4.2. DEFINICIÓN:

La norma ASTM C 618 y N.T.P. 334.090 define a la puzolana de la siguiente manera, Es un material silíceo o sílico-aluminoso, que finamente dividido y en presencia de agua, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas (NTP.334.090, 2013).

Materia esencialmente silicosa que finamente dividida no posee ninguna propiedad hidráulica, pero posee constituyentes (sílice - alúmina) capaces, a la temperatura ordinaria, de fijar el hidróxido de cal para dar compuestos estables con propiedades hidráulicas. (Salazar Jaramillo, 2001).

2.2.4.3. PROPIEDADES DE LAS PUZOLANAS.

Las propiedades técnicas de los materiales con adiciones puzolánicas, se derivan, principalmente, de tres características de la reacción puzolánica:

- *La primera*, es una reacción lenta al contrario que la reacción de hidratación del cemento que es rápida, por tanto, la velocidad de liberación del calor y el desarrollo de resistencias serán procesos más lentos. (Juárez Quevedo, 2012)
- *La segunda*, es una reacción que consume Hidróxido de Calcio Ca(OH)_2 (producida por la hidratación del cemento) en vez de generarlo, lo que es importante para la durabilidad de las pastas hidratadas en ambientes ácidos. (Juárez Quevedo, 2012)
- *La tercera*, es que al producirse en un tiempo posterior los productos de reacción rellenan, de forma muy eficiente, los espacios capilares que quedan después de la hidratación de los componentes del cemento, así se mejora la impermeabilidad y la resistencia mecánicas del sistema (menor porosidad). (Juárez Quevedo, 2012)

2.2.4.1. ESTUDIO DE LA REACTIVIDAD PUZOLÁNICA.

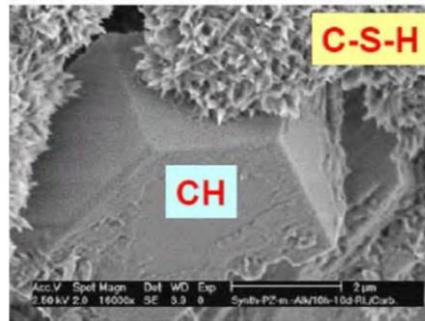
“La reacción puzolánica es principalmente la producida entre el óxido de Silicio o sílice (SiO_2), la Cal o Hidróxido de Calcio Ca(OH)_2 , para producir Silicatos de Calcio Hidratados (CSH). Primero se expondrá la reacción de hidratación del cemento Portland en la cual se produce Ca(OH)_2 y luego la reacción de la portlandita con las puzolanas.



En esta ecuación el $\text{SiO}_2 \ 2 \ \text{CaO}$, $\text{SiO}_2 \ 3 \ \text{CaO}$ (Silicato bicálcico y tricálcico) son los componentes principales del cemento portland y CSH (Silicato de Calcio hidratado) y CH (Hidróxido de Calcio, CaOH) son los productos de la reacción. Mientras que el (CSH) podría definirse como el “pegamento” del cemento y principal responsable de su resistencia e impermeabilidad, el (CH) no tiene valor cementante y se disuelve fácilmente en medios agresivos.

El (CSH) posee una estructura altamente amorfa, con gran cantidad de ramificaciones que al entrecruzarse unas con otras forman un conjunto sólido, salpicado por partículas de (CH), cristalinas, y que suponen puntos de ruptura del entramado amorfo, creando puntos débiles en la estructura global.

Figura 1: Micrografía de la reacción de hidratación.



Fuente: (Villegas Martínez, 2012)

Pero esta red no ocupa todo el volumen de la mezcla, notándose la presencia de partículas del (CH), pero además existen espacios libres donde la red no puede llegar debido al relativo gran tamaño de las partículas, dejando una serie de espacios que contienen moléculas de agua. Debido a la diferencia de densidad esta agua tiende a salir hacia la superficie, formando en su camino los denominados poros capilares, que terminan debilitando la estructura global, al igual que las partículas de (CH).

Por su parte la reacción puzolánica tendría la siguiente forma:



Es decir, no se produce Cal, sino que la consume, siendo el reciente CHS formando su principal producto de reacción. Por tanto, si se adiciona cierta cantidad controlada de puzolana dentro del cemento portland ésta reaccionará con el (CH) producto de la hidratación del cemento Portland provocando la reducción de fases no deseadas y transformándolas en otras que contribuirán al aumento de su resistencia.

Además, dependiendo de la molienda éstas presentan grano muy pequeño originando que éstas partículas minúsculas se introducen en la red creada por el cemento, situándose entre sus granos y desarrollando sus propios filamentos de gel, y promoviendo una mayor compacidad de la mezcla que da como resultado una menor porosidad y por tanto una mayor resistencia e impermeabilidad.” (Villegas Martínez, 2012).

2.2.4.2. VENTAJAS DE LAS PUZOLANAS EN LOS CEMENTOS PUZOLÁNICOS.

En general, las ventajas de todo orden que pueden obtenerse de los cementos puzolánicos son las señaladas en la tabla No. 4

Tabla 4: Ventajas de las puzolanas en los cementos puzolánicos

A. En la resistencia Mecánica		E. En la plasticidad	
A.1 A largo plazo al prolongar el periodo de endurecimiento		E.1 Rebajando la relación a/c	
A.1.1 A tracción		E.2 Reduciendo la segregación	
A.1.2 A compresión		E.3. Evitando la exudación y el sangrado	
A.1.3 Mejor relación tracción- compresión			
B. En la estabilidad		F. En la impermeabilidad	
B.1 Frente a la expansión por cal libre		F.1 Reduciendo la porosidad	
B.2 Frente a la expansión por sulfatos		F.2 Evitando la formación de eflorescencias	
B.3 Frente a la expansión por la reacción álcalis - agregado			
B.4 Frente a la retracción hidráulica de secado, por la menor relación a/c		F.3 Produciendo la mayor cantidad de Tobermorita	
B.5 Frente a la retracción termina por enfriamiento			
B.6 Frente a la figuración			
C. En la durabilidad		G. En la adherencia	
C.1 Frente a ataques por aguas puras y ácidas			
C.2 Frente a ataques por aguas de mar		G.1 Del agregado de la pasta	
C.3 Frente a ataques por agua de mar			
C.4 Frente a ataques por gases de descomposición y fermentación de materias orgánicas		G.2 Del mortero a las armaduras	
C.5 Frente a la desintegración por la reacción álcalis - agregado			
D. En el rendimiento y la economía		H. En el comportamiento térmico	
D.1 Al corresponder a los cementos puzolánicos mayor volumen que otros conglomerantes a igualdad de peso		H.1 Al liberar menor calor de hidratación	
D.2 Al ser los cementos puzolánicos, en general conglomerantes más baratos		H.2 Al producir menor elevación de temperatura	

Fuente: (Salazar Jaramillo, 2001)

2.2.4.3. CLASIFICACIÓN DE LAS PUZOLANAS.

La norma ASTM C 618 y N.T.P. 334.090 define a la puzolana de la siguiente manera, “Es un material silíceo o sílico-aluminoso, que finamente dividido y en presencia de agua, **reacciona químicamente con el hidróxido de calcio** para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas”. (NTP.334.090, 2013)

las puzolanas, según su origen, se clasifican en dos grandes grupos el de las naturales y el de las artificiales, aunque puede existir en grupo intermedio constituido por puzolanas naturales que se someten a tratamientos térmicos de activación, análogos a los que se aplican para obtener puzolanas artificiales, con objeto de incrementar su hidráulica. (Salazar Jaramillo, 2001).

Según la NTP 334.104 y ASTM C 618 (Cementos. Adiciones minerales del concreto: puzolana natural cruda o calcinada y ceniza volante. Especificaciones). Definen tres clases de cenizas volantes: (ASTM C618, 2012)

- **Clase N:** Puzolanas naturales crudas o calcinadas, tal como las diatomitas; tufos y cenizas volcánicas, calcinadas o sin calcinar; y materiales que requieren de calcinación para inducir propiedades satisfactorias.
- **Clase F:** Ceniza volante producida por la calcinación de carbón antracítico o bituminoso. Cenizas que poseen propiedades puzolánicas.
- **Clase C:** Ceniza volante producida por la calcinación de carbón sub-bituminoso o lignito. Esta clase de ceniza, además de tener propiedades puzolánicas, también tiene propiedades cementicias.

Tabla 5: Requisitos químicos de las puzolanas

Composición Química	Clase de adición mineral.		
	N	F	C
-Dióxido de silicio + óxido de aluminio + óxido de hierro, mín., %	70.0	70.0	50.0
-Trióxido de azufre (SO ₃), máx., %	4.0	5.0	5.0
-Contenido de humedad, máx., %	3.0	3.0	3.0
-Pérdida por calcinación, máx., %	10.0	6.0	6.0

Se puede emplear puzolana de Clase F con contenidos de hasta 12 % de pérdida por calcinación si cuenta con registros de performance o resultados de ensayos de laboratorio aceptables.

FUENTE: (ASTM C618, 2012)

2.2.4.3.1. PUZOLANAS NATURALES

Los materiales denominados puzolanas naturales pueden tener dos orígenes distintos, uno puramente mineral y otro orgánico. Las puzolanas naturales de origen mineral son productos de transformación del polvo y “cenizas” volcánicas que, como materiales piroclásticos incoherentes procedentes de erupciones explosivas, ricos en vidrio y en estado especial de reactividad, son aptos para sufrir acciones endógenas (zeolitización y cementación) o exógenas (agilización), de las cuales las primeras son favorables y las segundas desfavorables. Por una continuada acción atmosférica (meteorización) se convirtieron en tobas, esto es en rocas volcánicas, más o menos consolidadas y compactas, cristalinas, líticas o vítreas, según su naturaleza. Las puzolanas naturales de origen orgánico son rocas sedimentarias abundantes en sílice hidratada y formadas en yacimientos o depósitos que en su origen fueron submarinos, por acumulación de esqueletos y caparazones silíceos de animales (infusorios radiolarios) o plantas (algas diatomeas).

Los materiales puzolánicos naturales están constituidos principalmente por rocas eruptivas y en particular efusivas y volcánicas, y dentro de éstas, por extrusivas, salvo las de naturaleza orgánica que son de origen y formación sedimentaria. (Salazar Jaramillo, 2001).

-Cenizas volcánicas, se forman por erupciones de carácter explosivo, en pequeñas partículas que son templadas a temperatura ambiente, originando la formación del estado vítreo. (Vásquez A, 2006)

-Tufos o tobas volcánicas (zeolitas), producto de la acción hidrotermal sobre las cenizas volcánicas y de su posterior cementación diagenética. (Vásquez A, 2006)

-Tierras de diatomeas (diatomitas), puzolanas de origen orgánico. Depósitos de caparazones silíceos de microscópicas algas acuáticas unicelulares (diatomeas). (Vásquez A, 2006)

2.2.4.3.2. PUZOLANAS ARTIFICIALES.

“Se definen éstas como materiales que deben su condición de tales a un tratamiento térmico adecuado. Dentro de esta condición cabe distinguir dos grupos uno, el formado por materiales naturales silicatados de naturaleza arcillosa y esquistosa, que adquieren el carácter puzolánico por sometimiento a procesos térmicos “ex profeso”, y otro el constituido por subproductos de determinadas operaciones industriales, que, en

virtud de su naturaleza y de las transformaciones sufridas en las mismas, adquieren las propiedades puzolánicas.

Al primero de estos grupos pueden asimilarse, por su analogía, las puzolanas designadas como mixtas o intermedias, o semiartificiales, es decir, aquellas que, naturales por su origen, se mejoran por un posterior tratamiento. Representantes típicos de este grupo son el polvo de ladrillo obtenido de productos de desecho de la cerámica de alfarería y las bauxitas naturales.

En el segundo grupo encajan los residuos de las bauxitas utilizadas para la obtención del aluminio, materiales a los que los alemanes designan como “Si-Stoff” (silicalita o amorfita) y el polvo de chimeneas de altos hornos. También pueden incluirse en este grupo, aunque presentan bastantes concomitancias con las escorias, las cenizas volantes y de parrilla de las centrales termoeléctricas y las cenizas de lignitos. Por extensión, las mismas escorias siderúrgicas podrían acoplarse en el grupo.” (Salazar Jaramillo, 2001)

❖ **Cenizas volantes:**

subproducto de centrales termoeléctricas que utilizan carbón pulverizado como combustible. Se separan de los gases de combustión por precipitación mecánica o electrostática. Polvo fino constituido esencialmente de partículas esféricas ($\emptyset \sim 1$ a $100 \mu\text{m}$). (Vásquez A, 2006)

❖ **Arcillas activadas térmicamente:**

las arcillas naturales no presentan actividad puzolánica a menos que su estructura cristalina sea destruida mediante un tratamiento térmico a temperaturas del orden de 600 a 900°C . (Vásquez A, 2006).

❖ **Microsílice (silica fume):**

Subproducto de la reducción del cuarzo de alta pureza con carbón en hornos de arco eléctrico para la producción de silicio o aleaciones de ferrosilicio. El material que es extremadamente fino es colectado por filtración de los gases de escape del horno, en filtros de mangas. (Vásquez A, 2006)

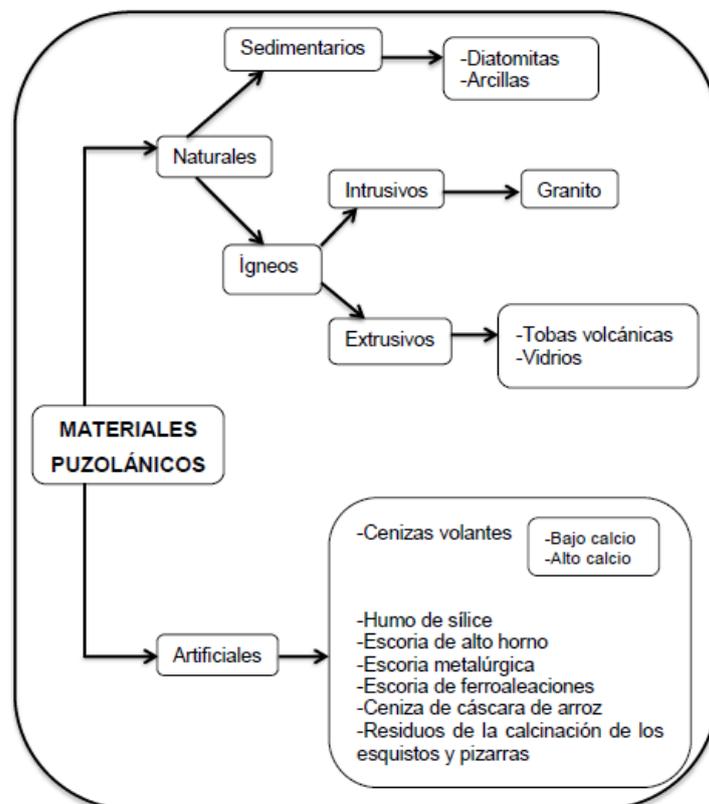
❖ **Cenizas de cáscara de arroz:**

producida por la calcinación controlada de la cáscara de arroz (% ceniza ~ 20 % peso de la cáscara), de forma general se puede indicar algunas características de estas cenizas que consisten básicamente en:

- Sílice amorfa (>90 %) - Estructura celular de gran área superficial (50 a $60 \text{ m}^2/\text{g}$)
- Posee gran actividad puzolánica. (Vásquez A, 2006)

En la siguiente figura se observa la clasificación de las puzolanas de una manera más didáctica:

Figura 2: Clasificación de los materiales puzolánicos.



Fuente: (Juárez Quevedo, 2012)

2.2.4.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ.

Tabla 6: Composición química de la cáscara de arroz

Composición (%)	Ceniza calcinada a:		
	350°C	400°C	900°C
Al ₂ O ₃	0.08	0.07	0.2
CaO	0.20	0.23	0.26
Fe ₂ O ₃	0.09	0.08	0.08
MgO	0.28	0.28	0.32
K ₂ O	3.09	3.08	2.80
Na ₂ O	0.29	0.29	0.39
SiO ₂	91.78	92.92	93.80
Carbón	5.69	4.72	0.39

En las muestras obtenidas a 800 y 900°C se observan picos de difracción correspondientes a la presencia de sílice cristalina, no reactiva.

Fuente: (Vásquez, R. y Vigil, P, 2000)

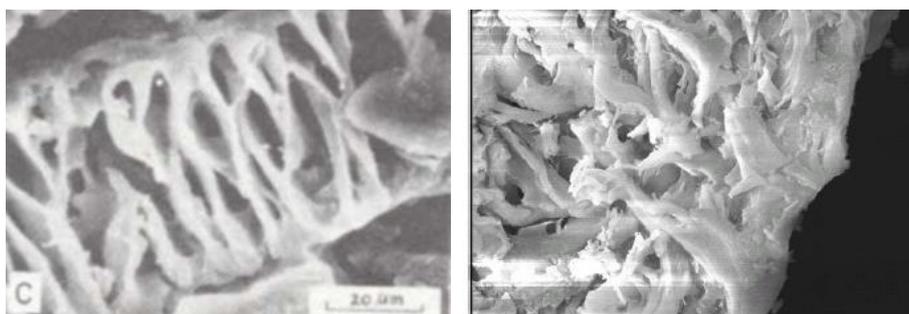
Se cree que la sílice en la cáscara de arroz existe en forma opalina (una forma amorfa e hidratada de sílice). Aparentemente la sílice es tomada del suelo y transportada a la planta de arroz como ácido monosilícico, el cual llega a concentrarse en las cáscaras por evaporación y finalmente polimeriza a la forma de membrana sílico-celulosa. (Vásquez, R. y Vigil, P, 2000)

La calcinación controlada de la cáscara de arroz proporciona una ceniza consistente en sílice amorfa con un alto contenido de SiO₂ y una elevada área superficial. La actividad puzolánica de la ceniza es excelente y proporciona una buena resistencia a la compresión. La ceniza más reactiva y amorfa es aquella obtenida a 400°C. Por lo tanto, podemos considerar la temperatura de 400°C como la temperatura óptima de calcinación. A temperaturas superiores a 700°C se produce la Cristalización de la sílice (amorfa) de la ceniza con formación de cristobalita y tridimita. (Vásquez, R. y Vigil, P, 2000).

Las cenizas de cáscara de arroz son muy suaves y fácilmente pulverizables a un tamaño de partícula inferior a 45 micras. A diferencia del humo de sílice, las partículas son angulares y con una textura altamente celular, de ahí que su área superficial (reactividad) no viene reflejada por la distribución granulométrica, sino que dependerá de la porosidad interna de las partículas.

La ceniza de cáscara de arroz cumple también con el requisito del índice de actividad puzolánica acelerada con cemento Pórtland. Este ensayo corresponde a la (NTP-334.087, 1999). Se ha empleado esta norma en razón que la ceniza de cáscara de arroz es una puzolana artificial que, con respeto a su aporte a las resistencias de los cementos adicionados, se comporta de manera similar a la Microsílice.(Vásquez, R. y Vigil, P, 2000).

Figura 3: Micrografía de la cáscara de arroz realizada por microscopía electrónica de barrido



2.2.4.1. IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD AL UTILIZAR LA CENIZA DE LA CÁSCARA DE ARROZ.

La ceniza de cáscara de arroz es una puzolana de origen industrial que se puede utilizar como una adición mineral en el mortero. El empleo de esta adición mineral activa en la industria del cemento y del mortero se viene desarrollando aceleradamente en gran parte del mundo en razón de las regulaciones ambientales y la evolución del mercado y la normativa internacional. Las ventajas de incorporar esta adición generan el ahorro de energía no renovable, debido a que se utilizaría menos cemento y por consiguiente menor energía, ayudando a la protección y conservación del medio ambiente y su uso mejora las propiedades del cemento y la durabilidad del mortero.

La cáscara de arroz constituye un sub producto del proceso agroindustrial, que se le puede considerar como material de desecho, resultando factible el aprovechamiento de este residuo. (Villegas Martínez, 2012).

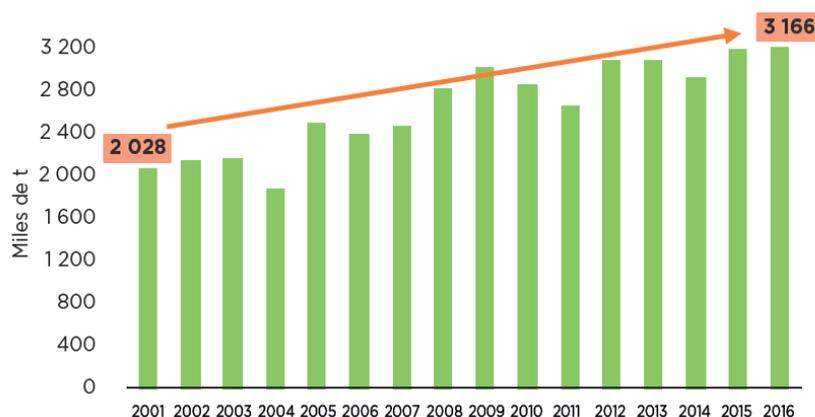
En la fabricación del cemento se requiere de un alto gasto energético, ya que para su fabricación las temperaturas requeridas están en el orden de 1450°C, mientras que para la quema de las cenizas de cáscara de arroz se requiere aproximadamente 650 °C.

Al quemarse la paja de arroz, los gases producidos son principalmente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y otros en trazas como: óxido nitroso (N₂O), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y agua, en menos volumen que en la fabricación en comparación con la del cemento. (Villegas Martínez, 2012)

2.2.4.2. PRODUCCIÓN DE ARROZ A NIVEL NACIONAL.

La producción del arroz cáscara creció a un ritmo de 3.1% anual del 2001 al 2016. Es así que, en el 2001 produjeron 2,028 millones de t hasta que en el 2016 alcanzaron los 3, 166 millones de t. En estos 16 años se observó una tendencia ascendente en la producción nacional (como se observa en la figura N° 4), a excepción en el 2004, año en que se obtuvo la más baja producción, pues solo alcanzaron 1,84 millones de t. El incremento de la producción entre el 2001 y 2016 fue impulsado por un mayor crecimiento de la superficie cosechada (2,2% por año) y el incremento del rendimiento (0,8 al año). (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017).

Figura 4: Perú: Producción nacional de arroz en cáscara (2001-2016)



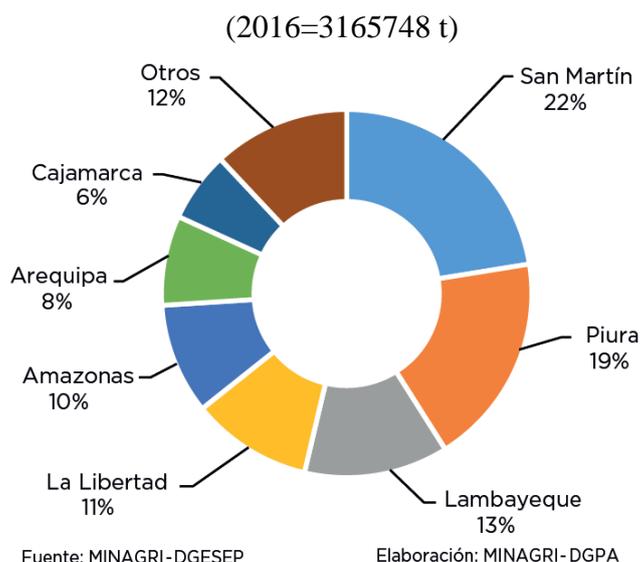
Fuente: (Ministerio de Agricultura y Riego)

En el 2016 la superficie cosechada de arroz cáscara ascendió a 419 563 ha, cantidad superior en 5% respecto al 2015 (399 501 ha), la cual permitió alcanzar una producción nacional de 3,17 millones de t. este volumen fue mayor en 15 000 t frente a lo que se produjo en el 2015 (3,15 millones de t). (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017)

- **Principales regiones productoras.**

La principal región productora de arroz cáscara en el 2016 fue San Martín con un 22% de participación (como se observa en el figura N° 5) le siguieron las regiones de Piura (19%), Lambayeque (13%), la libertad (11%) y Amazonas (10%) (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017).

Figura 5: Perú: Principales regiones productoras de arroz en cáscara



Fuente: (Ministerio de Agricultura y Riego).

Siendo la cáscara de arroz el 20% del peso total. (Vásquez, R. y Vigil, P, 2000)

En el Perú, la mayor producción de arroz se produjo en el año 2016, donde se obtuvo 3 165 748 toneladas con un crecimiento del 3.1 % anual, de haberse obtenido la ceniza de la cáscara de arroz, la cual representa el 20% en peso de la cáscara, se hubieran tenido un total de 633 149.6 toneladas de ceniza. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017).

- **Transformación o molienda de arroz en cáscara.**

El arroz cáscara no es el producto final que llega a los mercados mayoristas y al consumidor final, éste debe pasar un proceso de pilado y pulido para obtener el arroz blanco. Es así, que el productor transporta el arroz cáscara a los molinos para pasar la transformación.

A nivel nacional, en el año 2011 se contó con 591 molinos, la mayoría de los cuales se encuentra en la región Piura (103 molinos). Sin embargo, en el 2016, el número de molinos aumentó en 8%, alcanzándose la cantidad de 636 molinos en el país (como se observa en la tabla N° 7). El año 2016, las regiones que tuvieron mayor cantidad de molinos fueron las siguientes: Piura (108), Lambayeque (98), Arequipa (76) y la Libertad (71). (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017)

Tabla 7: Número de molinos a nivel nacional (2011-2016)

REGIÓN	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Piura	103	108	109	107	108	108
Lambayeque	72	88	91	92	95	98
Arequipa	73	78	76	76	76	76
La Libertad	64	72	75	73	71	71
San Martín	59	58	58	56	56	56
Amazonas	52	55	55	55	55	55
Cajamarca	44	36	36	36	36	36
Loreto	25	33	32	31	31	31
Madre de Dios	29	26	26	27	28	28
Ucayali	18	18	21	22	22	22
Tumbes	17	17	17	17	17	17
Huánuco	14	14	15	12	13	13
Junín	12	11	11	10	10	10
Cusco	5	5	8	8	8	8
Ancash	4	5	7	7	7	7
TOTAL	591	624	637	629	633	636

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Riego).

2.2.5. MATERIALES CONSTITUTIVOS DEL MORTERO.

gran parte de las características de las mezclas de mortero o de concreto, tanto en estado plástico como en estado endurecido, dependen de las características y propiedades de los agregados, las cuales deben ser estudiadas para obtener morteros o concretos de buena calidad y económicos. (Rivera López, s.f.)

2.2.5.1. CEMENTO

Cemento portland: Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker de portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de la forma de sulfato de calcio como una adición durante la molienda (NTP 334.001., 2001).

En el caso del cemento es importante conocer:

- Tipo y marca del cemento seleccionado.
- Peso específico del cemento.
- Peso específico del material puzolánico (cemento adicionado) si se trata de un cemento combinado.
- Superficie específica del cemento. Igualmente, la de los materiales puzolánicos si ellos son empleados.

La tabla siguiente da valores determinados en el laboratorio de ensayo de materiales de la universidad nacional de ingeniería. Ellos podrán emplearse en aquellos casos en que no se conozca los proporcionados por el fabricante.

Tabla 8: Cementos en el Perú

Marca	Tipo	Peso específico	Superficie específica (cm ² /gr)
Sol	I	3.11	3500
Atlas	IP	2.97	5000
Andino	I	3.12	3300
Andino	II	3.17	3300
Andino	V	3.15	3300
Pacasmayo	I	3.11	3100
Yura	IP	3.06	3600
Yura	IPM	3.09	3500
Rumí	IPM	3800

Fuente: (Rivva Lopez, 2014)

- Los valores de esta tabla han sido determinados en el laboratorio de ensayo de materiales de la facultad de ingeniería civil de la universidad nacional de ingeniería.

- A la fecha se tiene que incorporar a esta tabla las proporciones de los cementos que recientemente hayan entrado en el mercado peruano. Así como también es importante actualizar las propiedades mencionadas. (Rivva Lopez, 2014)
- Estos valores pueden ser empelados en aquellos casos en que no se conoce la información dada por el fabricante.

2.2.5.1.1. FABRICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND.

El proceso de fabricación del cemento consiste en moler finamente la materia prima, mezclarla minuciosamente en una cierta proporción y calcinarla en un horno rotatorio de gran dimensión, a una temperatura de 1300 a 1400 C°, a la cual el material se sintetiza y se funde parcialmente, formando bolas conocidas como clinker. El clinker se enfría y a continuación, se adiciona un poco de yeso y en los últimos tiempos, material puzolánico, que se tritura hasta obtener un polvo fino; el producto comercial resultante es el cemento Portland, utilizado a gran escala en todo el mundo. (Rivera López, s.f.)

2.2.5.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO PORTLAND

Se ha visto que las materias primas utilizadas en la fabricación de cemento Portland consisten principalmente de cal, sílice, alúmina e hierro (tabla No. 9).

Tabla 9: Límites de composición aproximados para cemento portland (Tipo 1).

ÓXIDO	CONTENIDO (%)
<i>CaO</i>	60-67
<i>SiO₂</i>	17-25
<i>Al₂O₃</i>	3-8
<i>Fe₂O₃</i>	0.5-6.0
<i>MgO</i>	0.1-4.0
<i>Alcalis</i>	0.2-1.3
<i>SO₃</i>	1-3

Fuente: (Rivera López, s.f.)

Estos compuestos interactúan en el horno, para formar una serie de productos más complejos, hasta alcanzar un estado de equilibrio químico, con la excepción de un pequeño residuo de cal no combinada (CaO), que no ha tenido suficiente tiempo para reaccionar. Sin embargo, el equilibrio no se mantiene durante el enfriamiento, y la velocidad de éste afecta el grado de cristalización y la cantidad de material amorfo,

conocido como vidrio, difieren considerablemente de las de compuestos cristalinos de una composición química nominal similar. Otra complicación aparece debido a la interacción de la parte líquida del clinker con los compuestos cristalinos ya presentes. (Rivera López, s.f.)

2.2.5.1.3. LOS COMPUESTOS PRINCIPALES

Luego del proceso de formación del clinker y molienda final, se obtienen los siguientes compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado y que detallaremos con su fórmula química, abreviatura y nombre corriente (Pasquel Carbajal, 1998).

- a) Silicato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{S} \rightarrow \text{Alita}$.-: Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.
- b) Silicato Dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{S} \rightarrow \text{Belita}$).- : Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.
- c) Aluminato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{A}$).- : Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% - 6%) para controlarlo.
- d) Alumino-Ferrito Tetracálcico ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{AF} \rightarrow \text{Celita}$). Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido. (Pasquel Carbajal, 1998)

Normalmente se acepta que los porcentajes límites de los compuestos principales están dentro de los siguientes valores indicados en la siguiente tabla N° 10:

Tabla 10: Porcentaje límites de los compuestos principales.

C3S.....	30% a 60%
C2S.....	15% a 37%
C3A.....	7% a 15%
C4AF.....	8% a 10%

Fuente: (Rivva López, 2000)

2.2.5.1.4. MECANISMOS DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO.

Se denomina hidratación al conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados. (Pasquel Carbajal, 1998)

Dependiendo de la temperatura, el tiempo, y la relación entre la cantidad de agua y cemento que reaccionan, se pueden definir los siguientes estados que se han establecido de manera arbitraria para distinguir las etapas del proceso de hidratación:

a) Plástico.

Unión del agua y el polvo de cemento formando una pasta moldeable.

Cuanto menor es la relación Agua/Cemento, mayor es la concentración de partículas de cemento en la pasta compactada y por ende la estructura de los productos de hidratación son mucho más resistente. (dura entre 40 y 120 minutos).

b) Fraguado Inicial.

Condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse. Es la etapa en que se evidencia el proceso exotérmico donde se genera el ya mencionado calor de hidratación, que es consecuencia de las reacciones químicas descritas. (este periodo dura alrededor de 3 horas)

c) Fraguado Final.

Se obtiene al término de la etapa de fraguado inicial, caracterizándose por endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura del gel está constituida por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas.

d) Endurecimiento.

Se produce a partir del fraguado final y es el estado en que se mantienen e incrementan con el tiempo las características resistentes. La reacción predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio, y en teoría continúa de manera indefinida.

Es el estado final de la pasta, en que se evidencian totalmente las influencias de la composición del cemento. Los sólidos de hidratación manifiestan su muy baja solubilidad por lo que el endurecimiento es factible aún bajo agua. (Pasquel Carbajal, 1998).

2.2.5.2. AGUA.

El agua es un elemento fundamental en la preparación del mortero, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del mortero endurecido. (Abanto Castillo, 1993)

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088 y ser de preferencia potable. (Rivva Lopez, 2014). Considerando aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidas dentro de los siguientes límites:

- a) El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3 mg/l (3ppm).
- b) El contenido de residuo insoluble no será mayor de 5 g/l (5000 ppm).
- c) El pH estará comprendido entre 5.5 y 8.0.
- d) El contenido de sulfatos, expresado como ion SO_4 , será menor de 0.6 g/l (600 ppm).
- e) El contenido de cloruros, expresado como ion Cl , será menor de 1 g/l (1000 ppm).
- f) El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en $NaHCO_3$, será menor de 1 g/l (1000 ppm).
- g) Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de hierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm. (Rivva López, 2000)

2.2.5.2.1. AGUA DE MEZCLA.

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- a. reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- b. actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- c. procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. (Pasquel Carbajal, 1998).

Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, contribución a la corrosión del acero, etc. (Pasquel Carbajal, 1998)

2.2.5.2.2. AGUA PARA CURADO.

En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para curado, y por otro lado en las obras es usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto. No obstante, lo mencionado, si revisamos lo ya evaluado con respecto al mecanismo de hidratación del cemento y la estructura de la pasta, podemos concluir, que el agua adicional que puede contribuir a hidratar el concreto proveniente del curado, representa una fracción solamente del agua total (alrededor de la quinta parte en volumen absoluto), por lo que las limitaciones para el caso del agua de curado pueden ser menos exigentes que en el caso del agua de mezcla, pudiendo aceptarse reducirlas a la mitad en la mayoría de los casos. (Pasquel Carbajal, 1998)

2.2.5.2.3. UTILIZACIÓN DE AGUAS NO POTABLES

Se utilizarán aguas no potables sólo sí.

- a) Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo, o a elementos embebidos.
- b) La selección de las proporciones finales del concreto se basa en resultados de ensayos de resistencia en compresión en los que se ha utilizado en la preparación del concreto agua de la fuente elegida.
- c) Los cubos de prueba de mortero, preparados con agua no potable y ensayados de acuerdo a la norma ASTM C 109, tienen a los 7 y 28 días resistencias en compresión no menores del 90% y la de muestras similares preparadas con agua potable. (Rivva Lopez, 2014)

El tiempo de fraguado no es necesariamente un ensayo satisfactorio para establecer la calidad del agua empleada ni los efectos de la misma sobre el concreto endurecido, sin embargo, la norma NTP 339.084 acepta que los tiempos de fraguado inicial y final de la pasta preparada con el agua en estudio podrán ser hasta el 25% mayores o menores, respectivamente, que los correspondientes a las pastas que contienen el agua de referencia.

2.2.5.3. AGREGADO

El agregado que se usa en el mortero es arena, la forma más generalizada de clasificar los agregados es según su tamaño, el cual varía desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros en sección transversal. Esta distribución del tamaño de las partículas en lo que se conoce con el nombre de granulometría. La fracción fina de este material, cuyas partículas tienen un diámetro inferior a 4.76 mm y no menor de 0.075 mm, es lo que comúnmente se llama arena y la fracción gruesa, o sea aquellas partículas que tienen un diámetro superior a 4.76 mm, es la que normalmente se denomina agregado grueso o simplemente grava (De Guzmán, 2001).

2.2.5.3.1. AGREGADO FINO. NTP 400.037. (NTP 400.011, 2008)

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz de 3/8" y queda retenido en el tamiz N°200. El más usual de los agregados finos es la arena, definida como el producto resultante de la desintegración natural de las rocas. (Rivva López, 2000).

El agregado para uso en mortero de albañilería consistirá en arena natural o arena manufacturada. (ASTM C 144-03, 2003)

2.2.5.3.2. CANTERA

Teniendo en cuenta lo establecido por las NTP la cantera de donde se ha adquirido el agregado fino para la elaboración de los morteros han sido del centro poblado de Otuzco, dichos agregados son de origen pluvial.

2.2.5.3.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA MORTEROS.

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación. (Pasquel Carbajal, 1998)

Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas standard que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas. (Pasquel Carbajal, 1998)

Los materiales a usar son:

- Agregado fino de la cantera de Otuzco y agua potable de la ciudad universitaria
- Equipo: juego de tamices conformados por N° 3/8-4-8-16-30-50-100-200
- Balanza - Máquina de los ángeles.

a) ANALISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.011 /NTP 400.037)

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados. (NTP 400.011, 2008)

La fracción fina de los suelos gruesos, cuyas partículas tienen un tamaño inferior a 4,76 mm (tamiz No. 4) y no menor de 0,075 mm o 75µm (tamiz No. 200), es lo que comúnmente se denomina AGREGADO FINO; y la fracción gruesa, o sea aquellas partículas que tienen un tamaño superior a 4,76 mm (tamiz No. 4), es lo que normalmente se llama agregado grueso. (Rivera López, s.f.)

El agregado para ser utilizado en mortero de albañilería debe ser granulado dentro de los siguientes límites, dependiendo de si se utiliza arena natural o artificial: (ASTM C 144-03, 2003).ver la siguiente tabla N° 11.

Tabla 11: Límites granulométricos para el agregado para mortero de albañilería

Tamaño De Tamiz	Porcentaje que pasa	
	Arena Natural	Arena manufacturada
4.75mm N° 4	(100) %	(100) %
2.36 mm N° 8	(95 – 100) %	(95 – 100) %
1.18mm N° 16	(70 – 100) %	(70 – 100) %
600 µm N° 30	(40 – 75) %	(40 – 75) %
300 µm N° 50	(10 – 35) %	(20 – 40) %
150 µm N° 100	(2 – 15) %	(10 – 25) %
75 um N° 200	(0 – 5)%	(0 – 10)%

Fuente: (ASTM C 144-03, 2003)

No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas. El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5. (NORMA TÉCNICA E.070 , 2006)

Agregado fino: La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g mínimo. (NTP 400.012, 2001)

La cantidad de sustancias deletéreas del agregado fino no deberá exceder de los límites establecidos en la Tabla N° 12:

Tabla 12: Límites para sustancias deletéreas en el agregado fino

Ensayo	Porcentaje del total de la muestra(máx.)
-Terrones de arcilla y partículas friables	3,0%
Material más fino que la malla normalizada 75um (N°.200):	
-concreto sujeto a abrasión	3,0%
-Otros concretos	5,0%
Carbón y lignito:	
Cuando la apariencia de la superficie del concreto es	
-importante.	0.5%
-Otros concretos	1.0%
Impurezas orgánicas	El agregado fino que no demuestre presencia noci de materia orgánica, cuando se determine conform NTP 400.013, se deberá considerar satisfactorio. agregado fino que no cumple con el ensayo anteri podrá ser utilizado si al determinarse el efecto de impurezas orgánicas sobre la resistencia de morter (NTP 400.024) la resistencia relativa a los 7 días es menor del 95%

Fuente: (NTP 400.037, 2014)

El uso de un agregado fino que no cumpla con la prueba colorimétrica podrá ser utilizado cuando se compruebe el efecto de impurezas orgánicas en la resistencia del mortero, la resistencia relativa a la edad de 07 días, no deberá ser menor del 95 %, de acuerdo a lo estipulado en la NTP 400.024. (NTP 400.037, 2014).

- **Curvas granulométricas.**

Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados. (NTP 400.011, 2008).

- **Módulo de finura.**

Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100. (NTP 400.011, 2008).

$$MF = \frac{\sum_{\text{tamiz}} [\%Ret. Acum. (N^{\circ} 100,50,30,16,8,4,3/8'')]}{100} \dots \text{Ecuación N}^{\circ} 05$$

Para las arenas de mortero el módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5. (NORMA TÉCNICA E.070 , 2006)

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia. (Abanto Castillo, 1993).

- **Tamaño máximo nominal**

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre 5 % y 10 %. (NTP 400.037, 2014)

b) SUELO FINO O MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200. (NTP 400.018)

El suelo fino (material que pasa el tamiz No. 200(75µm)) puede estar presente como polvo o puede estar recubriendo las partículas del agregado, aún cuando delgadas capas de limo o arcilla cubran las partículas, puede haber peligro porque debilitan la adherencia entre la pasta de cemento y las partículas del agregado, perjudicando la resistencia y la durabilidad de las mezclas. Si están presentes algunos tipos de limos y arcillas en cantidades excesivas, el agua necesaria en la mezcla puede aumentar considerablemente.

la cantidad de suelo fino presente en el agregado se puede determinar por el método de lavado; el ensayo consiste en tomar el material seco hasta masa constante, lo colocamos en un recipiente y agregamos agua limpia de tal forma que todo el material quede recubierto, se agita la muestra energéticamente para que el suelo fino quede en suspensión en el agua, luego se hace pasar el agua a través del tamiz No.200 (75µm). Se repite la operación en el suficiente número de veces hasta que el agua salga limpia, posteriormente se seca el material que quedó en el recipiente más el que retuvo el tamiz y se determina su masa. (Rivera López, s.f.)

el tamaño mínimo de muestra será tal como se describe en los apartados aplicables de la NTP. De lo contrario, el tamaño de la muestra de ensayo, después del secado, será de conformidad con lo siguiente:

Tabla 13: Cantidad mínima de muestra.

Tamaño máximo nominal del agregado	Cantidad mínima, g
4,75 mm (No. 4) o más pequeño	300
9,5mm (3/8 pulg)	1000
19 mm (3/4 pulg)	2500
37.5 mm(1 ½ pulg) o más grande	5000

Fuente: (NTP 400.018, 2002)

Calcular la cantidad de material que pasa el tamiz normalizado de 75 µm (N°200) por vía húmeda tal como sigue:

$$A = 100 \times \frac{B - C}{B} \quad \dots \dots \dots \text{Ecuación N° 06}$$

De donde:

A= Porcentaje que pasa la malla N°200

B= Peso seco original de la muestra, g.

C= Peso seco de la muestra después del lavado, g

(NTP 400.018, 2002)

Se acostumbra limitarlos entre el 3% al 5%, aunque valores superiores hasta del orden del 7% no necesariamente causarán un efecto pernicioso notable que no pueda contrarrestarse mejorando el diseño de mezclas, bajando la relación a/c y/u optimizando granulometría. (Pasquel Carbajal, 1998)

c) ABSORCIÓN. (NTP 400.022)

Es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca. (NTP 400.022, 2013). La capacidad de absorción de un agregado está dada por la cantidad de agua que él necesita para pasar del estado seco (S) al estado saturado superficialmente seco (SSS). Normalmente se expresa en porcentaje. (Rivva López, 1992)

d) PESO ESPECÍFICO (NTP 400.022)

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas.

Hay que tomar en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. Su valor para agregados normales oscila entre 2,500 y 2,750 kg/m³. (Pasquel Carbajal, 1998)

El peso específico de los agregados, que se expresa también como densidad, adquiere importancia en la construcción cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite, además, el peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en que es recomendable efectuar pruebas adicionales. (Rivva López, 2000)

Aplicado a agregados el concepto de peso específico se refiere a la densidad de las partículas individuales y no a la masa del agregado como un todo. (Rivva López, 2000).

La Norma ASTM C 128 considera tres formas de expresión de la gravedad específica.

- Peso específico de masa; el cual es definido por la norma ASTM E12 como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas. (Rivva López, 2000)
- Peso específico de masa saturado superficialmente seco; el cual es definido como el mismo que el peso específico de masa, excepto que ésta incluye el agua en los poros permeables. (Rivva López, 2000)
- Peso específico aparente; el cual es definido como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable. (Rivva López, 2000).

Procedimiento:

1. Después de homogeneizar y eliminar el material de tamaño máximo que el tamiz N°4 (4.75mm) se selecciona por cuarteo una muestra aproximada de 5000g que se lo seca en un horno a temperatura 100-110°C.

2. Luego sacar la muestra y enfriar al aire libre a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Luego una vez fría se lo pesa repitiendo el secado hasta lograr peso constante, una vez alcanzado el peso constante se lo cubre la muestra completamente con agua y se la deja así sumergida durante 24 ± 4 horas.
3. Después del periodo de la inmersión se decanta cuidadosamente para evitar la pérdida de los finos, extendemos la muestra sobre una bandeja plana y dirija sobre ella una corriente de aire caliente moderada para y continúe el secado hasta que las partículas puedan fluir libremente.
4. Para fijar este punto se tiene que observar que ya se está acercando a esta condición, se sujeta firmemente el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana, no obstante, echando en su interior a través de un embudo y sin apelmazar, una cantidad de muestra suficiente, que se apisona ligeramente con 25 golpes de la varilla, levantando a continuación, con cuidado, verticalmente el molde. Si la superficie de las partículas conserva aún exceso de humedad, el cono de agregado mantendrá su forma original por lo que se continuará agitando y secando la muestra, realizando frecuentemente la prueba del cono hasta que se produzca un primer desmoronamiento superficial, indicativo de que finalmente ha alcanzado el agregado la condición de superficie seca.
5. Inmediatamente se introducen en el picnómetro(matraz) 500 g del agregado fino, y se lo añade agua hasta aproximadamente un 90 por ciento de su capacidad; para poder eliminar el aire atrapado en el agregado fino, para esto se rueda el matraz sobre una superficie plana, agregue después agua hasta poder alcanzar la medida calibrada del matraz, mantener la temperatura a 21°C a 25°C durante 1 hora, luego determinar su peso total (picnómetro, muestra y agua) con una aproximación de 0.1g.
6. Se saca el agregado fino del matraz y se deseca en el horno a $100-110^{\circ}\text{C}$, hasta peso constante; se enfría al aire a temperatura ambiente durante $1 \pm 1/2$ horas y se determina finalmente su peso seco.
7. Pese el picnómetro lleno de agua hasta su capacidad de calibración, a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
8. Luego calculamos el peso específico del agregado de la siguiente forma:
A= peso al aire de la muestra desecada, en gramos. (dato del paso 6)
B= peso del picnómetro aforado lleno de agua, en gramos.
C= peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua, en gramos.
S= peso de la muestra saturada, con superficie seca en g (500g).

Se calculan los pesos específicos aparente, saturado superficialmente seca, así como la absorción, por las siguientes expresiones.

$$\text{Peso específico de la masa SSS} = \frac{500}{B + 500 - C} \dots\dots \text{Ecuación N° 07}$$

$$\text{Peso específico de la masa seca} = \frac{A}{B + 500 - C} \dots\dots \text{Ecuación N° 08}$$

9. Determine la humedad de absorción del agregado fino; pese inmediatamente 500.0 g del agregado fino SSS, y séquelo hasta obtener un peso constante a temperatura de 100 °C a 110 °C. Déjelo que se enfríe y péselo con una aproximación de 0.1 g. Calcule el porcentaje de absorción como sigue:

$$\text{Porcentaje de absorción, \%} = \frac{(500 - A)}{A} \times 100 \dots\dots \text{Ecuación N° 09}$$

Dónde: A = peso en el aire del material secado al horno, en g.

e) **CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185)**

Es la cantidad total de agua que un agregado tiene y se determina por la diferencia entre su peso y su peso seco: (Rivva López, 1992)

Según la *norma ASTM C566*, sobre contenido total de humedad del agregado por medio de secado, establece:

1. Seleccione una muestra representativa del agregado por separación o por medio de cuarteo, de no menos de los pesos indicados por ASTM C566.
2. Pese la muestra húmeda con precisión del 0.1 %.
3. Seque completamente la muestra hasta obtener un peso constante. Si se usa un horno ventilado, la temperatura debe ser de 110 °C ± 5°C. Si se usa un platillo caliente o una lámpara calorífica, se debe agitar la muestra constantemente para evitar sobrecalentamiento localizado.
4. Deje que la muestra seca se enfríe y pésela con aproximación de 0.1 %.
5. Calcule P, el contenido total de humedad (%) de la muestra como sigue:

$$P = \frac{(W - D)}{D} \times 100 \dots \text{Ecuación N° 10}$$

Donde:

W = peso de la muestra húmeda original, g.

D = peso de la muestra seca, g.

6. La humedad superficial (agua libre) es la diferencia entre el contenido total de humedad y la absorción conocida del agregado.

f) PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (NTP 400.017/ASTM C29).

Este método de ensayo permite determinar la densidad aparente ("peso unitario") de un árido tanto en su condición compactada o suelta (ASTM C29, 1997)

Establecer el método para determinar el peso unitario y el porcentaje de los vacíos de los agregados, ya sean finos, gruesos o una mezcla de ambos. (NTP 400.017)

Procedimiento de ensayo: El método de ensayo se encuentra especificado en la norma ASTM C29-91A. para obtener las masas unitarias sueltas, en un molde metálico se coloca la arena seca hasta el borde y se pesa. Conociendo el volumen del molde se calcula la masa unitaria suelta. Para la masa unitaria compactada, se coloca el material en tres capas iguales y en cada capa se apisona veinticinco veces con una varilla de metal y de igual manera se pesa para obtener la masa unitaria compactada. (Arroyo Cabezas, 2010)

- **Procedimiento suelto**

Llene el recipiente hasta rebalsar con una pala o poruña, descargando los áridos desde una altura que no exceda las 2 pulg (50 mm) sobre la parte superior del recipiente. Evite al máximo la segregación de las partículas de la muestra. Nivele la superficie de los áridos con los dedos o con una regla de manera que las proyecciones de las piezas grandes de los áridos gruesos rellenen equilibradamente los espacios más grandes que aparecen bajo la superficie del recipiente. Determine la masa del recipiente con su contenido y la masa del recipiente solo, e informe los valores aproximados a la 0,1 lb (0,05 kg) más cercana.

- **Procedimiento asentado**

Llene el recipiente con tres capas aproximadamente iguales de áridos. Compacte cada capa colocando el recipiente sobre una base firme, como un piso de hormigón de cemento,

levantando los lados opuestos alternadamente unas 2 pulg (50 mm), y permitiendo que el recipiente caiga con un golpe seco. Mediante este procedimiento, las partículas de los áridos se acomodarán en una condición densamente compactada. Compacte cada capa dejando caer el recipiente 50 veces en la forma descrita, 25 veces en cada lado. Nivele la superficie de los áridos con los dedos o con una regla de manera que las proyecciones de las piezas grandes de los áridos gruesos rellenen equilibradamente los espacios más grandes que aparecen bajo la superficie del recipiente. Determine la masa del recipiente con su contenido, y la masa del recipiente solo, e informe los valores aproximados a la 0,1 lb (0,05 kg) más cercana. (ASTM C29, 1997)

El contenido de vacíos de los agregados típicos, variará entre el 30% al 50%. Los vacíos en los agregados se pueden determinar (valor relativo, ya que depende del acomodo de las partículas) a partir de la relación: (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006)

$$\% \text{ Vacíos} = \left(1 - \frac{M}{S \times 62.3} \right) \times 100 \dots \text{Ecuación N° 11}$$

Donde:

S = gravedad específica de la masa (densidad relativa - adimensional), o como densidad en gr/cm³.

M = peso unitario del agregado compactado o varillado.

Para una densidad del agua = 1 gr/cm³ = 1000 kg/m³ = 133.53 onzas/galón = 62.3 lb/ft³ = 0.04 lb/pulg³ (en condiciones de 1 Atm. de presión y 4 °C de temperatura).

Una manera indirecta de estimar la porosidad de las partículas de agregados, es mediante la determinación de la absorción, que da un orden de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real, ya que como hemos indicado en el párrafo anterior, nunca llegan a saturarse completamente todos los poros de las partículas.

Los valores usuales en agregados normales pueden oscilar entre 0% y 15% aunque por lo general el rango común es del 1% al 5%. En agregados ligeros, se pueden tener porosidades del orden del 15% al 50%. (Pasquel Carbajal, 1998).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

A. Mortero:

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610. (NORMA TECNICA PERUANA E 0.70, ALBAÑILERIA, 2006).

B. Puzolana:

Materia esencialmente silicosa que finamente dividida no posee ninguna propiedad hidráulica, pero posee constituyentes (sílice - alúmina) capaces, a la temperatura ordinaria, de fijar el hidróxido de cal para dar compuestos estables con propiedades hidráulicas. (Salazar Jaramillo, 2001)

Son materiales naturales o artificiales que contienen sílice reactiva y/o aluminio, que tienen poca o ninguna calidad aglomerante que, mezcladas con cal en presencia de agua, fraguan y endurecen como un cemento. (Loayza, P. 2014).

C. Actividad Puzolánica:

Capacidad de la adición para combinarse con el hidróxido de calcio producido durante la hidratación del clinker de cemento portland formando compuesto que son también cementantes. (Juárez, B. 2012).

D. Adición:

Material mineral que es incorporado al cemento, concreto o mortero en diferentes proporciones, a fin de mejorar o transformar sus propiedades. (Juárez, B. 2012).

E. SiO₂ (óxido de Silicio o sílice):

La composición química de la ceniza puede considerarse absolutamente normal de acuerdo con la bibliografía consultada, destacando un apreciable contenido de sílice de cuyas características mineralógicas y cristalográficas dependerá la mayor o menor actividad para combinarse con cal y formar silicatos cálcicos hidratados (podría definirse como el “pegamento” del cemento y principal responsable de su resistencia e impermeabilidad). (Salas, Castillo, Sanchez de Rojas, & Veras, 1986)

F. Amasada:

Cantidad de mortero u hormigón preparado de una sola vez. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006).

G. Absorción:

Es el proceso por el cual el hormigón ejerce atracción sobre los fluidos con los que está en contacto, de modo que las moléculas de estos penetren en él, llenando sus poros y capilares permeables. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006).

H. Adsorción:

Es la retención, adhesión o concentración en la superficie de un sólido, de sustancias disueltas o dispersas de un fluido. Por lo general, cuando un sólido (hormigón) se halla en contacto con una disolución, la sustancia disuelta tiende a concentrarse en la superficie de contacto. Lo mismo ocurre con los gases que llevan alguna sustancia en suspensión. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006).

I. Aglomerante:

Aglutinante, ligante. Material que posee la propiedad de aglutinar partículas sólidas para formar una masa coherente. (Sánchez Sabogal, 2005).

J. Conglomerante:

Material capaz de unir partículas de materiales inertes y dar cohesión al conjunto, por efecto de transformaciones físico-químicas en su masa. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006).

K. Escarificar:

Acción de desprender la costra superficial del hormigón o del mortero, parcial o totalmente, por un procedimiento mecánico. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006).

L. Falso fraguado:

Fenómeno que se produce durante y después del mezclado y que se caracteriza con un espesamiento de la pasta o mortero sin desprendimiento apreciable de calor. Un mezclado prolongado restituye al material su plasticidad. (Rivva López, 2000).

M. Homogeneidad y Uniformidad:

Homogeneidad es la cualidad que tiene un hormigón para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa (en una sola amasada). Y uniformidad se le llama cuando esta característica se da en varias amasadas. (Recuperado de: <http://html.rincondelvago.com/propiedades-del-hormigon-fresco.html>, el 24/11/14).

N. Juntas frías:

Una junta o discontinuidad resultante de un retraso en el vaciado lo suficientemente largo para evitar la unión entre los materiales de dos capas sucesivas de hormigón o motero. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006).

O. Óxido de magnesio:

Es la cantidad de magnesio contenido en el cemento y determinada como óxido de magnesio, el cual influye en cambios volumétricos de los morteros y concretos. (Rivva López, 2000).

P. Rango:

El Rango, Recorrido o Amplitud de un conjunto de mediciones, es la diferencia entre el valor mayor (máximo) y el valor menor (mínimo). Cuanto más grande es el rango, mayor será la dispersión de los datos de una distribución. (Dicovski Riobóo, 2012).

Q. Varianza:

La varianza es el desvío estándar elevado al cuadrado y se simboliza con S^2 cuando es de una muestra, o σ^2 cuando es poblacional. Esta es una medida que se usa en muchas pruebas de Hipótesis estadísticas; pero para fines descriptivos se prefiere usar el desvío estándar en vez de la varianza, que suele ser un valor mayor y difícil de interpretar. (Dicovski Riobóo, 2012)

Es el parámetro estadístico de dispersión que mide el grado de variabilidad que sintetiza el grado de homogeneidad o heterogeneidad de las diferencias individuales entre los casos de una muestra (o varias muestras) respecto de una o varias variables numéricas continuas o cuantitativas.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. RECURSOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.

3.1.1. RECURSOS HUMANOS:

- Tesista: Bach. Ing. Gustavo Iván Ramirez Huamán.
- Asesor: Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo

3.1.2. RECURSOS MATERIALES:

- Agregado fino (arena) de río, para mortero.
- Cemento Portland Tipo I – Pacasmayo.
- Agua de la Universidad Nacional de Cajamarca – UNC.
- Puzolana artificial (ceniza de cáscara de arroz).

3.1.3. MAQUINARIA UTILIZADA:

- Máquina de Abrasión de Los Ángeles.
- Máquina Universal para Compresión.

3.1.4. EQUIPO UTILIZADO:

- Balanzas, tamices, horno, taras (depósitos de diferentes tamaños de aluminio).
- Tanque contenedor de agua para ensayo de peso específico del agregado.
- Moldes cúbicos de vidrio, varilla de acero, placa de vidrio, espátula, cucharón, badilejo, combo o mazo de goma.
- Computadora, cámara fotográfica.
- Deformímetro.
- Cono y pisón para arena, fiola de 500 ml, probeta graduada.
- Tanque de curado para especímenes de concreto.
- Cronómetro o reloj.

3.1.5. HERRAMIENTAS UTILIZADAS:

- Palanas, picos, martillo, wincha, vernier, regla, buggies.

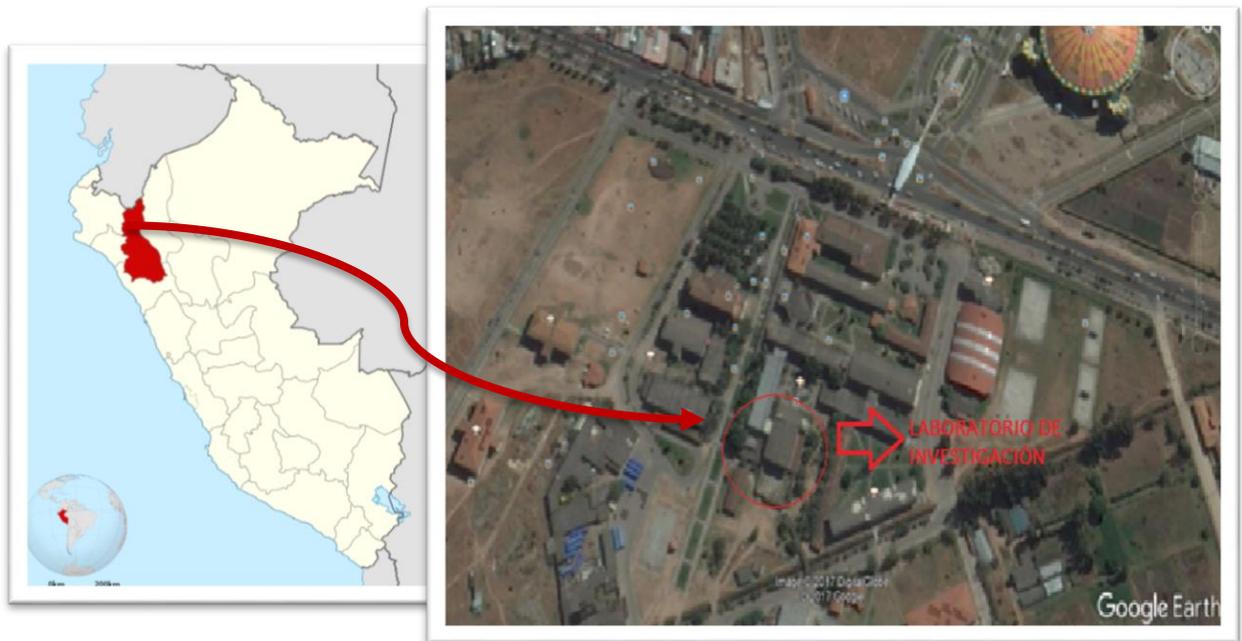
3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA O ESPACIAL DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación fue realizada en la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), ubicada en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca, Norte del Perú en la Av. Atahualpa N° 1050.

Tabla 14: Ubicación Geográfica de la investigación.

Laboratorio de Ensayo de Materiales "Carlos Esparza Díaz"	Coordenadas geográficas (Grados, minutos, segundos)		Coordenadas UTM		
	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	Este	Norte	Altitud msnm
Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, edificio 1 C	7°10'0.83" S	78°29'44.98" O	776 618	9 206 975	2687

Figura 6: Ubicación geográfica del lugar donde se desarrolló la investigación.



Fuente: Google Earth (2018)

3.3. UBICACIÓN TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se realizó a partir del tiempo de enero – marzo del año 2018

3.4. METODOLOGÍA A SEGUIR EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

Cada ensayo que se realizó para poder determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados finos (arena para mortero), se realizó siguiendo el procedimiento indicado en el capítulo II siguiendo las normas establecidas.

3.4.1. PARÁMETROS FIJOS EN LA PRODUCCIÓN DEL MORTERO.

➤ **Condiciones del laboratorio:**

Todas las propiedades físico – mecánicas de los agregados fueron elaborados en el laboratorio de ensayo de materiales de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC).

➤ **Agregado fino para el mortero:**

El agregado fino (arena) fueron extraídos del río Chonta, sector de Otuzco.

➤ **Cemento:**

El cemento que se usó para la elaboración de todas las mezclas de mortero es de origen local, cemento Portland Tipo I de la Empresa Pacasmayo, elaborado con base en la norma NTP 334.009 / ASTM C150.

➤ **Agua:**

Para esta investigación se utilizó el agua extraída en el Campus de la Universidad Nacional de Cajamarca – UNC.

➤ **Puzolana artificial:**

El tipo de puzolana artificial que se usó para la elaboración de morteros es la ceniza de la cáscara de arroz (CCA).

3.4.2. PARÁMETROS VARIABLES EN LA PRODUCCIÓN DEL MORTERO.

- Contenido de humedad de los agregados.
- Temperatura del agua de curado.
- Temperatura del ambiente.
- Humedad relativa del ambiente y Precipitaciones.

3.4.3. CANTERA

3.4.3.1. ELECCIÓN Y UBICACIÓN DE LA CANTERA PARA EL DESARROLLO DEL PRESENTE TRABAJO.

La determinación de las propiedades físico – mecánicas del agregado fino y la elaboración de las mezclas y las pruebas del mortero tanto en estado fresco como endurecido se realizaron en el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería ubicado en el Edificio 1C de la Universidad Nacional de Cajamarca. Dichos ensayos fueron realizados por el tesista.

Los agregados finos fueron extraídos del río Chonta, del sector de Otuzco, ubicado con Coordenadas UTM.

Figura 7: Ubicación geográfica de la cantera del río Chonta (Sector de Otuzco)



Fuente: Google Earth (2018)

3.4.3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 15: Ubicación geográfica de la investigación

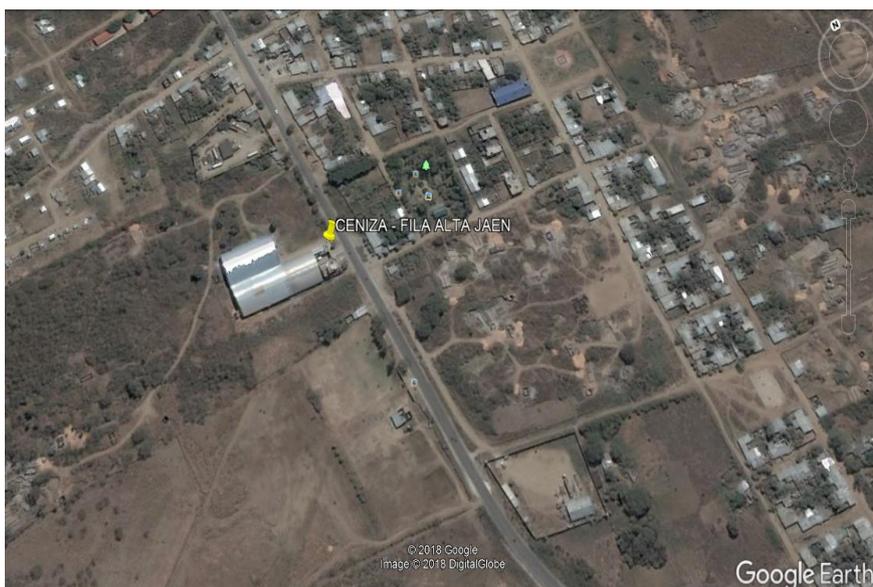
Coordenadas geográficas (Grados, minutos, segundos)		Coordenadas UTM		Elevación
Latitud	Longitud	Este	Norte	
7°07'20.99"S	78°26'59.15"O	781700.00m	9211923.21m	2722 msnm

3.4.4. OBTENCIÓN DE LAS CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ (CCA)

3.4.4.1. UBICACIÓN SATELITAL DEL HORNO DE CALCINACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE LA CENIZA.

Toda la ceniza fue obtenida por calcinación en horno en la ciudad de Fila Alta en la provincia de Jaén departamento de Cajamarca.

Figura 8: Ubicación satelital del horno de calcinación para la obtención de CCA.



Fuente: Google Earth (2018).

3.4.4.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL HORNO DE CALCINACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE LA CENIZA.

Tabla 16: Ubicación geográfica de la procedencia de la CCA

Coordenadas geográficas (Grados, minutos, segundos)		Coordenadas geográficas (Grados decimales)		Coordenadas UTM	
Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)
5°44'38.34"S	78°47'30.32"O	5.743983°	78.791757°	744556.35	9364624.12

3.4.4.3. METODOLOGÍA.

Después de haber obtenido las cenizas de la cáscara, y después de haber sido trasladado a la ciudad universitaria fue sometido a un proceso de trituración en la máquina de los ángeles a un promedio de 5000 revoluciones, con la finalidad de obtener un material fino que se pueda tamizar por el tamiz N°200(75µm).

La finura, la densidad y la forma de las partículas influyen asimismo en la exigencia y en la retención de agua, por lo cual (y por lo señalado acerca de las fracciones granulométricas) conviene moler las cenizas, con lo que se cambia favorablemente el tamaño, la forma y la superficie de las partículas. (Calleja, 1983)

3.4.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación fue experimental, ya que las variables que se utilizaron fueron controladas para comprobar los efectos que producen. Con un solo factor de control modificable, el reemplazo porcentual del Cemento por la ceniza de cáscara de arroz(CCA).

3.4.6. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación fue aplicada de la siguiente manera:

Primero: con un nivel descriptivo. Segundo: con un nivel comparativo y finalmente explicativo.

Por la naturaleza de las variables fue una investigación de diseño experimental.

3.4.1. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE MEZCLA DE MORTEROS.

Para el diseño de los morteros cemento – arena se ha tenido en cuenta la Norma Técnica E.070, donde clasifica a los morteros en morteros para muros portantes(P) y muros no portantes (NP), indicando además las proporciones volumétricas para cada tipo de morteros (ver tabla N°01). Escogiendo para esta tesis el mortero para muros portantes P2 con relación de a/c=1/4.

Pero es de suma importancia mencionar que la norma ASTM C-270 indica que hay 2 tipos de morteros (M y S) para la construcción de muros portantes (ver tabla N°2) y también considerando la NTP 399.610 es que se logra identificar a la resistencia a la compresión mínima a los 28 días al tipo de mortero escogido (ver tabla N°03).

Por lo tanto, escogemos un mortero para muros portantes (**P2- con relación de 1- 4) tipo S** (según la ASTM C – 270). Y no utilizando la cal hidratada, pero respetando la tabla N°01 de la NORMA TÉCNICA E:070) y también considerando la tabla N° 03 de la NTP 399.610, es que escogemos la resistencia a la compresión promedio mínimo a los 28 días de 12.4 (Mpa=126.44 kg/cm²) de los morteros para muros portantes P2 tipo S.

Se realizó el diseño de mezclas utilizando cemento Pacasmayo Tipo I, propiedades encontradas de los agregados de la cantera Otuzco, agua potable de la ciudad universitaria (UNC) y puzolana artificial (CCA). En primer lugar, se realizó el diseño de mezcla partiendo de la relación cemento – arena: 1-4, posteriormente se elaboró una mezcla para el ajuste de la relación a/c. Teniendo las proporciones de la mezcla ya corregida se diseñó una mezcla patrón, asimismo se realizó mezclas sustituyendo puzolana artificial de manera porcentual al cemento.

Los pasos para obtener el proporcionamiento de los componentes del mortero (Diseño) es el siguiente:

A1. Características físicas de los materiales.

Es importante determinar esta parte de los materiales para poder determinar las dosificaciones de cada material que constituyen al mortero

A2. Determinación de la proporción (Mortero Tipo S).

- Se determina el tipo de mortero que se va a usar y con ello la dosificación en volumen del Cemento – Arena. Expresado en pie^3
- Se determinó una relación agua/cemento(Ra/c=0.875): esta Ra/c se obtuvo después de varios ensayos adicionando agua al mortero hasta poder llegar a una consistencia trabajable y que al mismo tiempo esté dentro de la resistencia exigida por el tipo de mortero escogido. Se trabajó de esta manera para hallar la Ra/c por falta de equipos como es la Mesa de Flujo para poder determinar la fluidez de los morteros.

A3. Peso seco de los materiales por 1 bolsa de cemento

Es necesario calcular este peso para una bolsa de cemento (42.5 kg). Esto se realiza a partir de la Relación Agua/Cemento. Primero se calcula el peso del cemento, luego de la arena y con la Ra/c se determina la cantidad de agua expresada en litros.

Cemento –arena = 1-4, entonces

peso del cemento: 42.5Kg.

$$\text{Peso Af} = 4(\text{pies})^3 * \left(\frac{1\text{m}^3}{35.315 \text{pies}^3} \right) * P \text{ unit. suelto seco ... ecuación N°12}$$

cálculo del agua:

$$\frac{A}{C} = 0.875 \dots \frac{A}{42.50} = 0.875 \dots A = 42.5 * 0.875 \dots \text{ecuación N°13}$$

A4. Volúmenes absolutos de los materiales sin aire atrapado.

En seguida, se calcula el volumen absoluto de los diversos materiales integrantes de la mezcla, sin considerar el aire para luego sumarlos (suma de volúmenes absolutos):

$$\text{Cemento (m}^3\text{)} = \left(\frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\text{Peso específico del cemento (kg/m}^3\text{)}} \right) \dots \dots \text{ecuación N°14}$$

$$\text{Arena (m}^3\text{)} = \left(\frac{\text{Peso de arena (kg)}}{\text{Peso específico de la arena (kg/m}^3\text{)}} \right) \dots \dots \text{ecuación N°15}$$

$$\text{Agua (m}^3\text{)} = \left(\frac{\text{Peso cemento(kg)} * \text{relación a/c}}{\text{Peso específico del agua (kg/m}^3\text{)}} \right) \dots \dots \text{ecuación N°16}$$

Luego como el contenido de aire en 1m³ de mortero se consideró 3%, entonces el volumen del mortero sin aire atrapado se calculó de la siguiente manera:

$$\text{volumen del mortero sin aire atrapado} = 1\text{m}^3 - \left(\frac{3}{100} \right)$$

A6. Factor cemento o número de bolsas de cemento por m³ de mortero

$$\text{factor cemento} = \left(\frac{\text{Vol. absoluto total}}{\text{Vol. absoluto de la colada}} \right) \dots \dots \text{ecuación N°17}$$

A7. Cantidad de material por m³.

Para este paso es necesario utilizar la fórmula siguiente:

$$\text{Cemento} = 42.5 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{bolsa}} \right) * Fc \left(\frac{\text{bolsas}}{\text{m}^3} \right) \dots \dots \text{ecuación N°18}$$

$$\text{Arena} = \text{Peso seco de la arena} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{bolsa}} \right) * Fc \left(\frac{\text{bolsas}}{\text{m}^3} \right) \dots \dots \text{ecuación N°19}$$

$$\text{Agua} = \text{Agua añadida} \left(\frac{\text{litros}}{\text{bolsa}} \right) * Fc \left(\frac{\text{bolsas}}{\text{m}^3} \right) \dots \dots \text{ecuación N°20}$$

A8. Materiales corregidos por humedad m³

Hasta este punto del ejercicio no se ha tomado en cuenta que el agregado cuenta además con un porcentaje de absorción por lo que el agua que se ha calculado no sería suficiente

para una buena hidratación ya que parte de ella va a ser absorbida por la arena. Se hace necesario entonces corregir el agua del diseño de la siguiente manera:

$$\text{Arena} = \text{Arena seca} * \left(1 + \frac{W\%}{100}\right) \dots \text{ecuación N}^\circ 21$$

$$\text{Agua} = \text{Agua} - \left(\frac{W\% - \text{Abs}\%}{100}\right) * \text{Arena}(\text{kg}) \dots \text{ecuación N}^\circ 22$$

9. Proporciones en volumen y peso

Material	Proporción en volumen	proporción en peso
Cemento	1	1
Arena	4.00	4.12
agua	37.9 lt/bolsa	37.9

9. Cálculo de los pesos de los materiales por tanda de la muestra patrón.

Al tener el cubo 50 mm en cada arista (ancho, largo, profundidad), se concluye que su volumen es de 125 cm^3 o 0.000125 m^3 . Cada molde consta de 3 cubos por lo tanto se necesitan 0.000375 m^3 por molde. Como se realizan pruebas a los 7, 14 y 28 días se necesitarán 3 moldes.

Al haber calculado los pesos de cada material para 1 m^3 , lo único que se tiene que hacer es establecer la siguiente relación:

- Cálculo del cemento por tanda:

$$\left(\frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{1(\text{m}^3)}\right) (\text{m}^3) = \left(\frac{\text{nuevo Peso del Cemento por tanda (kg)}}{0.000375 (\text{m}^3)}\right) \dots \text{ecuación N}^\circ 23$$

- Cálculo de la arena por tanda:

$$\left(\frac{\text{Peso de la arena (kg)}}{1(\text{m}^3)}\right) (\text{m}^3) = \left(\frac{\text{Nuevo Peso de la arena por tanda (kg)}}{0.000375 (\text{m}^3)}\right) \dots \text{ecuación N}^\circ 24$$

- Cálculo del Agua por tanda:

$$\left(\frac{\text{Peso del agua (litros)}}{1(\text{m}^3)}\right) (\text{m}^3) = \left(\frac{\text{Nuevo Peso del agua por tanda (kg)}}{0.000375 (\text{m}^3)}\right) \dots \text{ecuación N}^\circ 25$$

9. Cálculo de los pesos de los materiales por tanda del mortero con incorporación porcentual de CCA.

Teniendo el peso del cemento por tanda lo que se tendría que hacer a continuación es determinar el peso de los morteros cemento – arena con incorporación porcentual de ceniza de cascara de arroz.

- Mortero cemento – arena al 6% de ceniza de cascara de arroz.:
Se halla el 6% del peso del cemento por tanda y se lo saca esa cantidad de cemento para que luego en su lugar se sustituya ceniza de cascara de arroz(CCA)

$$P_{CCA} (kg) = 6\% * (\text{Peso del cemento por tanda}(kg))$$

- Mortero cemento – arena al 8% de ceniza de cascara de arroz.:
Se halla el
8% del peso del cemento por tanda y se lo saca esa cantidad de cemento para que luego en su lugar se sustituya ceniza de cascara de arroz(CCA)

$$P_{CCA} (kg) = 8\% * (\text{Peso del cemento por tanda}(kg))$$

- Mortero cemento – arena al 10% de ceniza de cascara de arroz.:
Se halla el 10% del peso del cemento por tanda y se lo saca esa cantidad de cemento para que luego en su lugar se sustituya ceniza de cascara de arroz(CCA)

$$P_{CCA} (kg) = 10\% * (\text{Peso del cemento por tanda}(kg))$$

- Mortero cemento – arena al 12% de ceniza de cascara de arroz.:
Se halla el 12% del peso del cemento por tanda y se lo saca esa cantidad de cemento para que luego en su lugar se sustituya ceniza de cascara de arroz(CCA)

$$P_{CCA} (kg) = 12\% * (\text{Peso del cemento por tanda}(kg))$$

3.4.2. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.

3.4.2.1. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE EXTRACCIÓN DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ (CCA).

Para la elaboración de la presente tesis, el material utilizado para la fabricación de mortero fue de la ciudad de Fila Alta en la provincia de Jaén departamento de Cajamarca. Toda la ceniza fue obtenida por calcinación en horno.

3.4.2.2. MOLIENDA Y TAMIZADO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ(CCA).

Para iniciar la molienda, se tuvo que tamizar primeramente por el tamiz N° 16 para seleccionar la CCA, para que de esa manera facilite dicha operación de la trituración en la máquina de los ángeles y por ende en su tamizado; ya que al final se tuvo que tamizar por el tamiz N° 200.

3.4.2.3. ELABORACIÓN DE LOS MORTEROS CEMENTO - ARENA CON REEMPLAZO PORCENTUAL DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ(CCA)

Para la elaboración de las unidades de morteros fue necesario conocer las propiedades de los agregados finos y la proporción usada según la NTP descrita en dicha tesis, es decir, la cantidad de agua, la cantidad de agregado y cemento utilizado.

Por lo tanto, de acuerdo a lo descrito en el ítem 2.2.1.1 se escogió al mortero para muros portantes (P2-con relación 1-4) TIPO S, con una resistencia a la compresión promedio a los 28 días de 12.4 (Mpa=126.44 kg/cm²)

Determinando la relación a/c=0.875 y realizando 30 probetas como muestra patrón. Se procede a preparar probetas con reemplazo porcentual de diferentes porcentajes de puzolana siendo éstas al 6%, 8%, 10% y 12% del peso del cemento, las que serán sometidas a ensayos mecánicos, siguiendo en todo proceso las normas vigentes, dicha puzolana de origen artificial es la ceniza de cascarilla de arroz.

El diseño del mortero se realizó analíticamente, con los datos obtenidos de la granulometría de la arena de la cantera de Otuzco, cemento portland tipo I y agua.

3.4.3. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE DATOS.

El procesamiento de los resultados y gráficos de los valores obtenidos en los ensayos se realizó con Excel 2016.

3.5. POBLACIÓN DE INVESTIGACIÓN.

Todas las mezclas de morteros cemento - arena, elaboradas con y sin adición porcentual de la puzolana artificial (CCA) en reemplazo del cemento portland tipo I.

3.6. MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

Se considera como muestra a las probetas de ensayo.

Muestras de morteros a ensayar				
Ensayo	7 días	14 días	28 días	Total
Mezcla Patrón de mortero cemento - arena	10 testigos	10 testigos	10 testigos	30 testigos
Morteros con incorporación del 6% de CCA en reemplazo porcentual del cemento portland tipo I	10 testigos	10 testigos	10 testigos	30 testigos
Morteros con incorporación del 8% de CCA en reemplazo porcentual del cemento portland tipo I	10 testigos	10 testigos	10 testigos	30 testigos
Morteros con incorporación del 10% de CCA en reemplazo porcentual del cemento portland tipo I	10 testigos	10 testigos	10 testigos	30 testigos
Morteros con incorporación del 12% de CCA en reemplazo porcentual del cemento portland tipo I	10 testigos	10 testigos	10 testigos	30 testigos
Total	50 testigos a ensayar para 7 días	50 testigos a ensayar para 14 días	50 testigos a ensayar para 28 días	150 testigos

3.7. UNIDAD DE ANÁLISIS

Espécimen (probeta) de morteros cemento - arena, con la adición porcentual de la puzolana CCA en reemplazo del cemento portland tipo I.

3.8. UNIDAD DE OBSERVACIÓN.

Resistencia a la compresión de cada Espécimen de mortero cemento - arena, con la adición porcentual de la puzolana en reemplazo del cemento portland tipo I

3.9. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Para esta etapa de la investigación, el tratamiento y análisis de los datos se realizó haciendo uso de la estadística descriptiva.

El uso de la estadística descriptiva nos ayuda a usar técnicas matemáticas para organizar, presentar y describir un conjunto de datos con el propósito de facilitar el uso, generalmente con el apoyo de tablas, medidas numéricas o gráficas. Además, calcular parámetros estadísticos.

La presentación de resultados se hará haciendo uso de Tablas, Gráficos y Porcentajes; de los cuales se sacarán algunos comentarios en función de los objetivos e hipótesis planteadas.

Para el desarrollo del proceso indicado anteriormente se trabajó con Microsoft Office Excel 2016.

Tabla 17: Tabla de resultados a la compresión de morteros a los 7-14 y 28 días.

Resumen $f'c$ en (kg/cm²) de MP y CCA			
Mortero	$f'c$(kg/cm²) 7 días	$f'c$(kg/cm²) 14 días	$f'c$(kg/cm²) 28 días
MP	98.17	114.41	128.39
6%	112.38	147.33	167.97
8%	106.73	129.64	150.83
10%	102.22	126.26	141.79
12%	95.43	120.94	137.01

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1. ENSAYO DE LOS MORTEROS.

Escogiendo el mortero para muros portantes (P2-con relación 1-4) TIPO S, con una resistencia a la compresión promedio a los 28 días de 12.4 (Mpa=126.44 kg/cm²). se procede a encontrar la relación A/C, mediante la elaboración de morteros a diferente relación A/C, hasta encontrar la resistencia del mortero tipo S indicada en la NTP 399.610, los resultados de los ensayos realizados están descritos en la tabla N° 18

Tabla 18: Ensayo de Compresión de mortero para seleccionar la R(a/c) del mortero de control.

Resumen comparativo de los f'c a diferente relación agua - cemento(R a/c)				
A/C	0.850	0.875	0.900	0.925
PROBETA	f'c-Obt. (kg/cm ²)			
M(1-1)	106.38	99.28	91.81	90.47
M(1-2)	107.60	94.47	92.51	87.82
M(1-3)	110.25	105.56	96.10	84.19
M(2-1)	108.09	105.19	92.79	77.01
M(2-2)	118.61	99.32	97.28	74.07
M(2-3)	108.66	97.03	94.47	82.35
Prom. f'c-a los 7 días. (kg/cm ²)	109.93	100.14	94.16	82.65
f'c- proyectado a los 28 días. (kg/cm ²)	157.04	143.06	134.51	118.07

Interpretación: En los resultados de la tabla N° 18, se aprecia que el mortero cuya relación A/C= 0.875 es el que tiene una resistencia que está dentro de la clasificación de los morteros tipo S y también tiene una consistencia plástica y fácil de trabajar. Por lo tanto, la relación A/C que se escoge para el diseño de estudio es el del A/C= **0.875**

Una vez que se identificó la relación A/C= 0.875 se procedió a la elaboración de los morteros propuestos, tanto como para la muestra patrón como para los que van a ser adicionados al 6, 8, 10 y 12% de la CCA, a los cuales se procederá a determinar su influencia en la resistencia a compresión.

4.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.

- Cemento Portland Pacasmayo Tipo I.
- según Norma Técnica ASTM C-150: Peso específico = 3.08 g/cm³.
- Peso específico de masa de la arena (ASTM C 128 / NTP 400.022:2013) = 2.590 gr/cm³.
- Módulo de finura de la arena = 2.49
- Absorción de la arena (ASTM C 128 / NTP 400.022:2013) = 1.63%.
- Peso unitario suelto de la arena (ASTM C 29 / NTP 400.017:2011, revisada el 2016) = 1528 Kg/m³.
- El agua utilizada cumple con la Norma Técnica NTP 339.088:2014.

4.1.2. DISEÑO DE MORTERO.

Escogemos el mortero para muros portantes (P2- con relación de 1- 4), TIPO S (según la ASTM C – 270). Y no utilizando la cal hidratada, pero respetando la tabla N°01 de la NORMA TÉCNICA E:070).

Y también considerando la siguiente tabla N° 03 de la NTP 399.610, es que escogemos la resistencia a la compresión promedio mínimo a los 28 días de los morteros para muros portantes P2 tipo S.

4.1.3. ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS A COMPRESIÓN.

Con la finalidad de conocer la resistencia a la compresión del mortero de control y de la adición de las puzolanas artificiales se elaboraron especímenes en probetas en moldes cúbicos de 5 cm para la realización de los ensayos de compresión en el mortero endurecido. Estos especímenes han sido ensayos de acuerdo con la Normas Técnicas ASTM C-109

4.1.3.1. ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS PARA 7 DÍAS.

Tabla 19: Tabla comparativa de los resultados a compresión para 7 días.

RESISTENCIA MÁXIMA CORREGIDA A LOS 7 DÍAS						
CÓDIGO	f'c kg/cm ²	CÓDIGO	6% kg/cm ²	8% kg/cm ²	10% kg/cm ²	12% kg/cm ²
MP(1-1) =	102.86	M % (1-1)	112.49	109.71	104.63	94.46
MP(1-2) =	99.20	M % (1-2)	113.08	106.78	108.23	97.85
MP(1-3) =	101.33	M % (1-3)	111.82	109.08	102.40	98.62
MP(2-1) =	99.06	M % (2-1)	112.52	111.59	103.36	96.40
MP(2-2) =	102.84	M % (2-2)	115.51	111.37	104.83	98.13
MP(2-3) =	99.28	M % (2-3)	115.24	107.03	106.40	98.38
MP(2-4) =	99.44	M % (3-1)	117.01	107.42	100.10	96.38
MP(3-1) =	98.55	M % (3-2)	112.96	110.74	104.69	94.16
MP(3-2) =	103.14	M % (3-3)	116.53	106.69	105.60	99.18
MP(3-3) =	97.07	M % (4-1)	115.37	106.95	104.06	98.70
Promedio f'c- Obt. (kg/cm ²)	100.28 kg/cm ²	Promedio f'c- Obt. (kg/cm ²)	114.25 kg/cm ²	108.74 kg/cm ²	104.43 kg/cm ²	97.22 kg/cm ²
Desv. Est. :	2.11 kg/cm ²	Desv. Est. :	1.88 kg/cm ²	2.00 kg/cm ²	2.21 kg/cm ²	1.79 kg/cm ²
Coefficiente de Var.:	2.11 %	Coefficiente de Var.:	1.64 %	1.84 %	2.12 %	1.84 %
Resistencia final máxima corregida	98.17 kg/cm²	Resistencia final máxima corregida	112.38 kg/cm²	106.73 kg/cm²	102.22 kg/cm²	95.43 kg/cm²

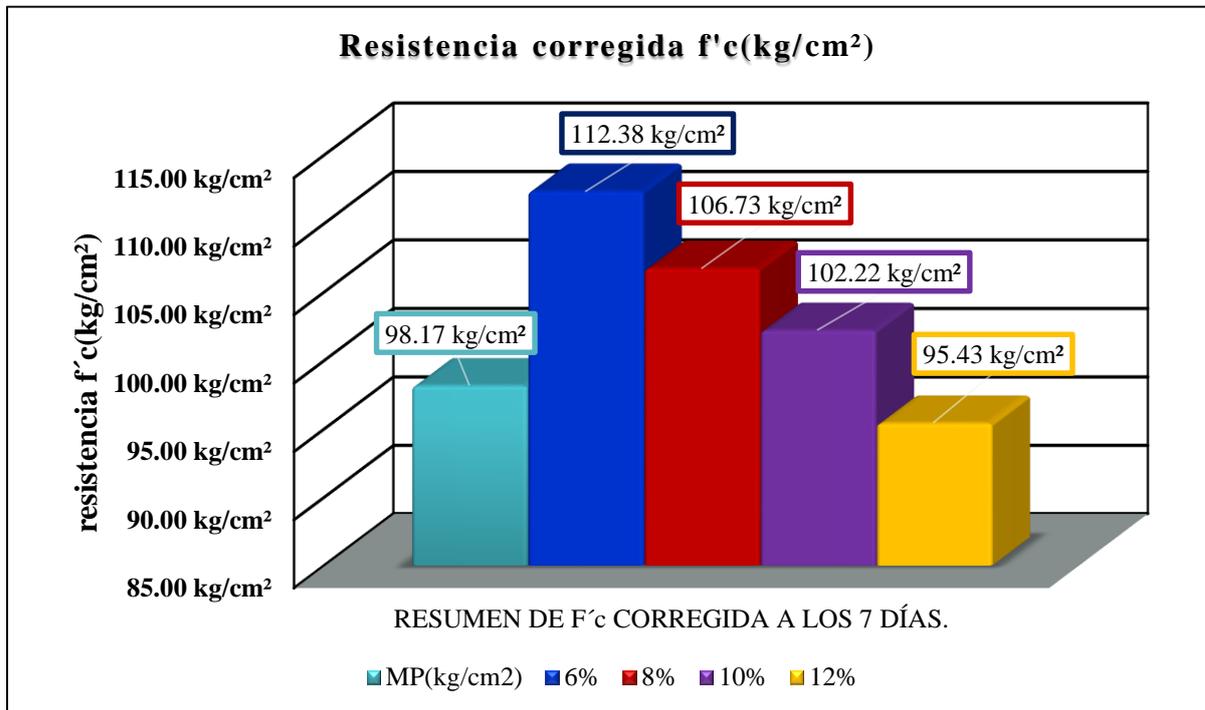
A. Resumen de tabla comparativa de los resultados de la muestra de control y los adicionados con CCA al 6,8,10 y 12% a los 7 días.

Tabla 20: Tabla comparativa a la compresión del mortero a los 7 días.

Edad	Resumen f'c obtenido en laboratorio a los 7 días.		Resumen f'c en % entre MP y CCA a los 7 días	
	Mezcla MP(kg/cm ²)	Mezcla con CCA(kg/cm ²)	Mezcla MP (%)	Mezcla con CCA (%)
6%	98.17	112.38	100.00 %	114.48 %
8%	98.17	106.73	100.00 %	108.73 %
10%	98.17	102.22	100.00 %	104.13 %
12%	98.17	95.43	100.00 %	97.22 %

Fuente: elaboración propia.

Gráfico N° 1: Comparación de los $f'c$ de los morteros con 6,8,10 y 12 % de CCA y MP respectivamente.



Fuente: Elaboración propia.

Discusión: Respecto de la sustitución porcentual de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, se tiene el resumen de los resultados en la tabla comparativa, tabla N°20 y se concluye lo siguiente.

- El mortero con reemplazo porcentual del 6 % de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, con respecto al mortero de control, cuya dosificación es de 1:4, a los 7 días se encuentra al 114.48% de su resistencia superando en 14.48% a la resistencia de control.
- Respecto a la adición del 8 % de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, a los 7 días se encuentra al 108.73% de su resistencia superando en 8.57% a la resistencia de control.
- Respecto a la adición del 10 % de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, a los 7 días se encuentra al 104.13% de su resistencia superando en 4.05% a la resistencia de control.
- Respecto a la adición del 12 % de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, a los 7 días se encuentra al 97.22% de su resistencia encontrándose al 2.73% por debajo de la resistencia de control.

4.1.3.2. ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS PARA 14 DÍAS.

Tabla 21: Tabla comparativa de los resultados a compresión para 7 días

RESISTENCIA MÁXIMA CORREGIDA A LOS 14 DÍAS						
CÓDIGO	f _c kg/cm ²	CÓDIGO	6% kg/cm ²	8% kg/cm ²	10% kg/cm ²	12% kg/cm ²
MP(4-1) =	115.63	M % (4-2)	148.89	140.02	129.97	126.11
MP(4-2) =	115.91	M % (4-3)	145.63	141.46	130.76	126.67
MP(4-3) =	117.93	M % (5-1)	146.78	137.14	127.82	122.71
MP(5-1) =	115.23	M % (5-2)	150.53	135.96	126.95	122.96
MP(5-2) =	115.26	M % (5-3)	150.66	136.10	126.78	125.64
MP(5-3) =	118.03	M % (6-1)	149.70	137.20	128.69	123.09
MP(6-1) =	117.44	M % (6-2)	149.66	136.15	127.04	121.05
MP(6-2) =	117.78	M % (6-3)	148.11	134.79	128.14	121.45
MP(6-3) =	112.42	M % (7-1)	151.11	134.09	125.86	122.59
MP(7-1) =	115.79	M % (7-2)	149.97	136.76	126.41	119.80
Promedio f _c - Obt. (kg/cm ²)	116.14 kg/cm ²	Promedio f _c - Obt. (kg/cm ²)	149.11 kg/cm ²	136.97 kg/cm ²	127.84 kg/cm ²	123.21 kg/cm ²
Desv. Est. :	1.73 kg/cm ²	Desv. Est. :	1.78 kg/cm ²	2.24 kg/cm ²	1.58 kg/cm ²	2.27 kg/cm ²
Coficiente de Var.:	1.49 %	Coficiente de Var.:	1.19 %	1.63 %	1.23 %	1.84 %
Resistencia final máxima corregida	114.41 kg/cm ²	Resistencia final máxima corregida	147.33 kg/cm ²	134.73 kg/cm ²	126.26 kg/cm ²	120.94 kg/cm ²

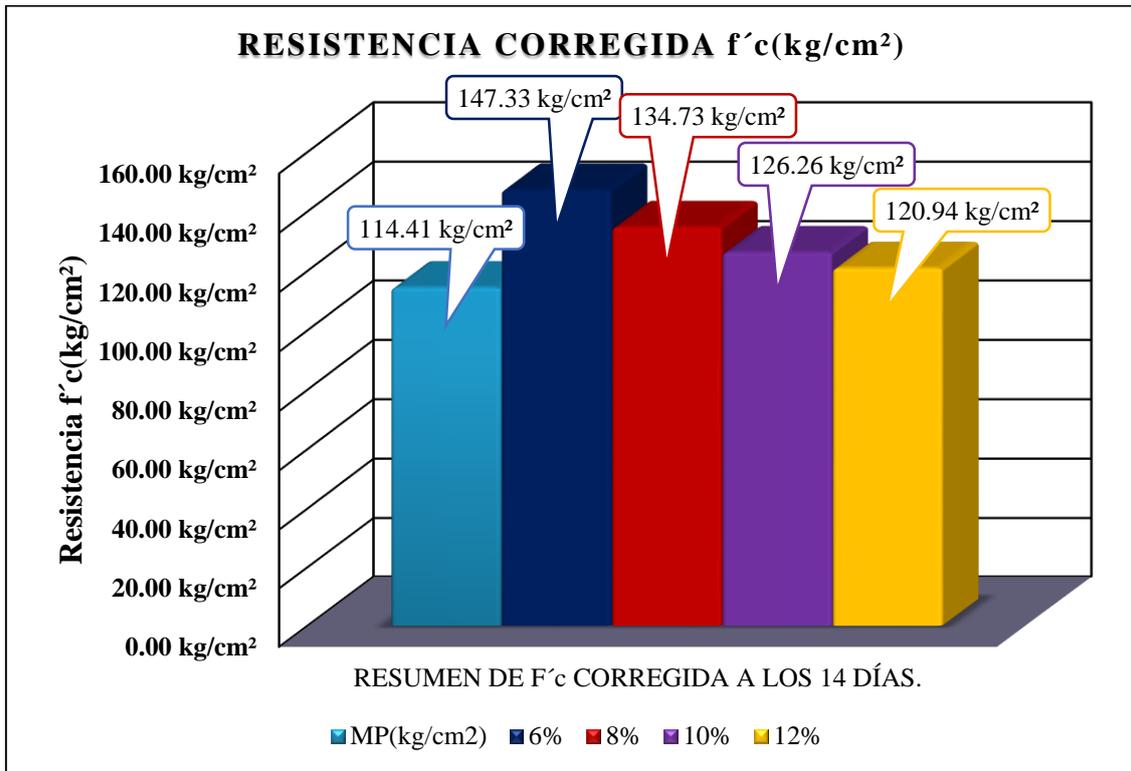
A. Estudio comparativo de los resultados de la muestra de control y los adicionados con CCA al 6,8,10 y 12% a los 14 días.

Tabla 22 Tabla comparativa a la compresión del mortero a los 14 días.

resumen f _c obtenido en laboratorio a los 14 días.			resumen f _c en % entre MP y CCA a los 14 días	
Edad	Mezcla MP(kg/cm ²)	Mezcla con CCA(kg/cm ²)	Mezcla MP (%)	Mezcla con CCA (%)
6%	114.41	147.33	100.00 %	128.78 %
8%	114.41	134.73	100.00 %	117.76 %
10%	114.41	126.26	100.00 %	110.36 %
12%	114.41	120.94	100.00 %	105.71 %

Fuente: elaboración propia.

Gráfico N° 2: Comparación de los $f'c$ de los morteros con 6,8,10 y 12 % de CCA y patrón respectivamente.



Fuente: Elaboración propia.

Discusión: Respecto de la sustitución porcentual de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, se tiene el resumen de los resultados en la tabla comparativa, tabla N°22 y se concluye lo siguiente:

- El mortero con reemplazo porcentual del 6 % de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, con respecto al mortero de control, cuya dosificación es de 1:4, a los 14 días se encuentra al 128.78% de su resistencia superando en 28.78 % a la resistencia de control.
- Respecto a la adición del 8 % de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, a los 14 días se encuentra al 117.76 % de su resistencia superando en 17.76% a la resistencia de control.
- Respecto a la adición del 10 % de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, a los 14 días se encuentra al 110.36 % de su resistencia superando en 11.86% a la resistencia de control.
- Respecto a la adición del 12 % de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, a los 14 días se encuentra al 105.71 % de su resistencia superando en 5.71% a la resistencia de control.

4.1.3.3. ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS PARA 28 DÍAS.

Tabla 23: Tabla comparativa de los resultados a compresión para 28 días

RESISTENCIA MÁXIMA CORREGIDA A LOS 28 DÍAS						
CÓDIGO	f ^c kg/cm ²	CÓDIGO	6%	8%	10%	12%
MP(7-2) =	136.16	M % (7-3)	173.18	157.21	140.63	136.56
MP(7-3) =	130.65	M % (8-1)	163.32	154.16	144.20	138.26
MP(8-1) =	134.84	M % (8-2)	175.31	150.48	146.23	136.27
MP(8-2) =	132.97	M % (8-3)	170.66	152.21	142.76	138.86
MP(8-3) =	127.08	M % (9-1)	171.33	152.05	147.05	139.46
MP(9-1) =	131.18	M % (9-2)	172.97	150.01	145.42	140.55
MP(9-2) =	132.75	M % (9-3)	167.91	153.63	144.96	137.49
MP(9-3) =	132.33	M % (10-1)	173.99	157.48	143.26	143.12
MP(10-1) =	128.26	M % (10-2)	172.74	152.14	143.41	143.17
MP(10-2) =	127.82	M % (10-3)	173.66	154.16	141.01	142.23
Promedio f ^c - Obt. (kg/cm ²)	131.40 kg/cm ²	Promedio f ^c - Obt. (kg/cm ²)	171.51 kg/cm ²	153.35 kg/cm ²	143.89 kg/cm ²	139.60 kg/cm ²
Desv. Est. :	3.01 kg/cm ²	Desv. Est. :	3.53 kg/cm ²	2.52 kg/cm ²	2.10 kg/cm ²	2.58 kg/cm ²
Coefficiente de Var.:	2.29 %	Coefficiente de Var.:	2.06 %	1.64 %	1.46 %	1.85 %
Resistencia final máxima corregida	128.39 kg/cm²	Resistencia final máxima corregida	167.97 kg/cm²	150.83 kg/cm²	141.79 kg/cm²	137.01 kg/cm²

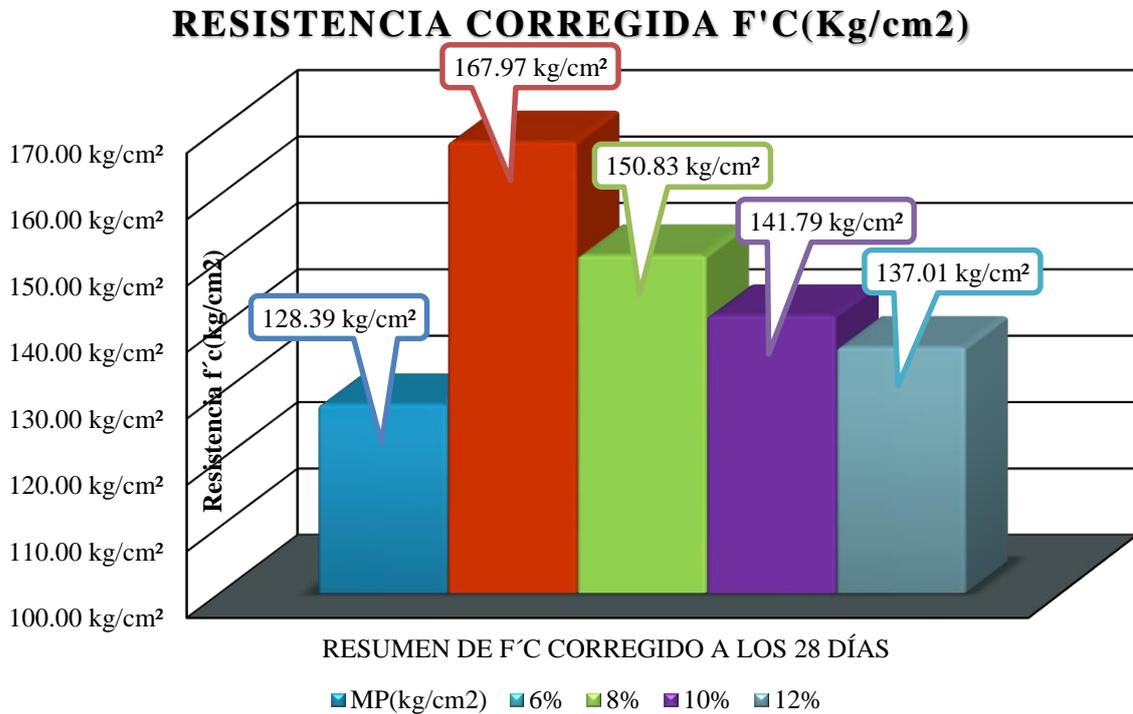
A. estudio comparativo de los resultados de la muestra de control y los adicionados con CCA al 6,8,10 y 12% a los 28 días.

Tabla 24: Tabla comparativa a la compresión del mortero a los 28 días.

Edad	resumen f ^c obtenido en laboratorio a los 28 días.		resumen f ^c en % entre MP y CCA a los 28 días	
	Mezcla MP(kg/cm ²)	Mezcla con CCA(kg/cm ²)	Mezcla MP (%)	Mezcla con CCA (%)
6%	128.39	167.97	100.00 %	130.82 %
8%	128.39	150.83	100.00 %	117.48 %
10%	128.39	141.79	100.00 %	110.43 %
12%	128.39	137.01	100.00 %	106.71 %

Fuente: elaboración propia.

Gráfico N° 3 Comparación de los F'c de los morteros con 6,8,10 y 12 % de CCA y patrón respectivamente.



Fuente: Elaboración Propia.

Discusión: Respecto de la sustitución porcentual de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, se tiene el resumen de los resultados en la tabla comparativa, tabla N°24 y se concluye lo siguiente.

- El mortero con reemplazo porcentual del 6 % de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, con respecto al mortero de control, cuya dosificación es de 1:4, a los 28 días se encuentra al **130.82%** de su resistencia superando en **30.82 %** a la resistencia de control.
- Respecto a la adición del 8 % de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, a los 28 días se encuentra al **117.48 %** de su resistencia superando en **17.48%** a la resistencia de control.
- Respecto a la adición del 10 % de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, a los 28 días se encuentra al **110.43 %** de su resistencia superando en **10.43%** a la resistencia de control.
- Respecto a la adición del 12 % de la ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento, a los 28 días se encuentra al **106.71 %** de su resistencia superando en **6.71%** a la resistencia de control.

Gráfico N° 4: Promedio de las resistencias a compresión a diferentes edades.

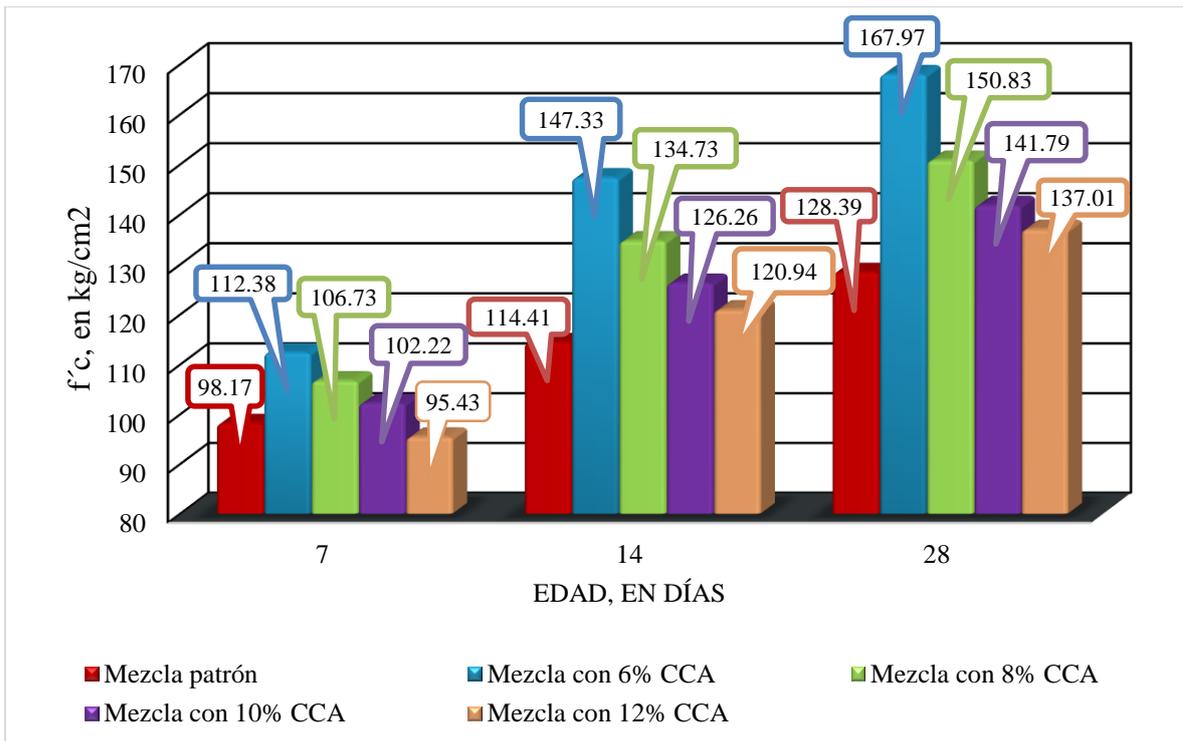
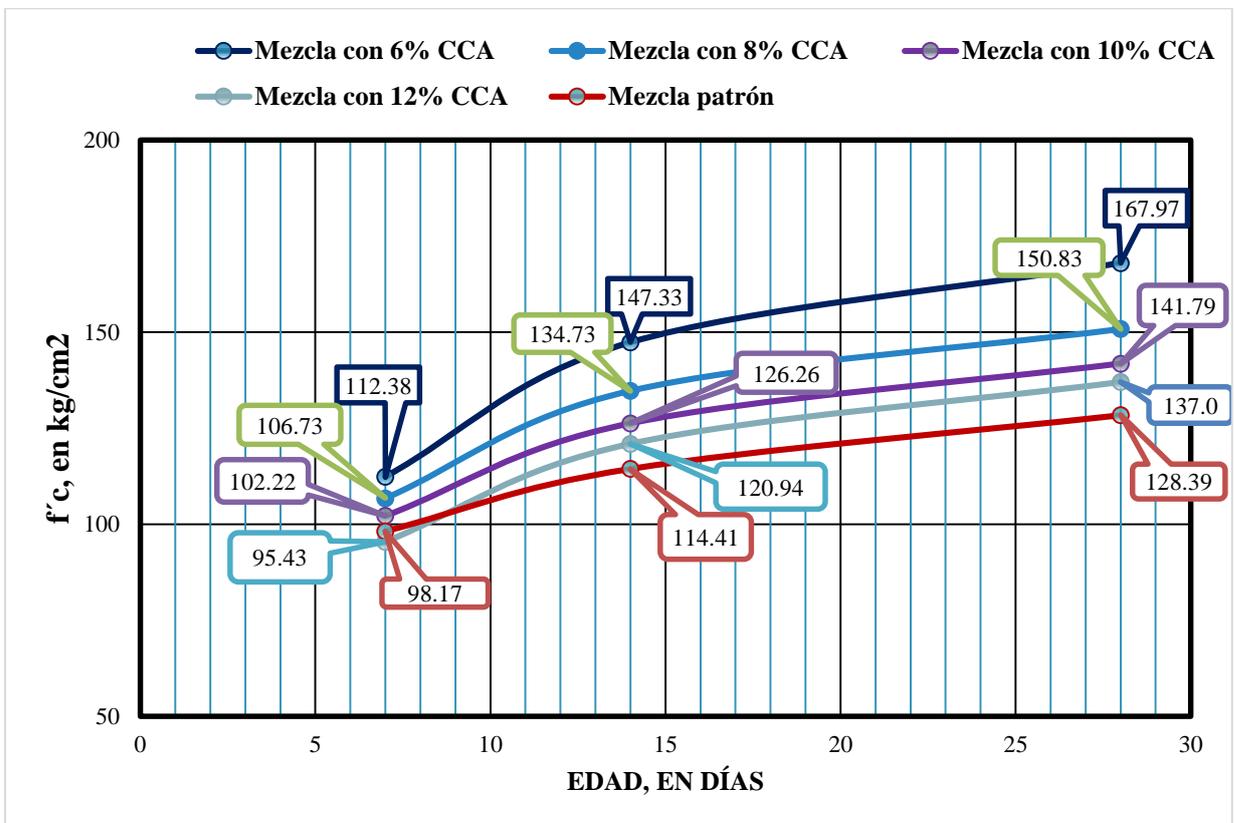


Gráfico N° 5: Curva: Resistencia a la compresión vs. edad del mortero cemento - arena



Fuente: elaboración propia.

Discusión:

- El esfuerzo a la compresión aumenta al 6% significativamente con respecto al 12% de adición de CCA como se observa en el Grafico No 05, esta tendencia depende de la incorporación porcentual de la CCA.
 - Esto se debe a que la superficie específica del mortero incorporado con ceniza de cáscara de arroz es mayor mientras más es el porcentaje de reemplazo de la CCA y al mismo tiempo la densidad del mortero con reemplazo porcentual de la CCA disminuye en cuanto mayor es el porcentaje de reemplazo, debido a la menor densidad de la ceniza de cáscara de arroz.
- Los resultados obtenidos demuestran que la puzolana artificial (CCA) posee una gran actividad puzolánica, la sílice amorfa de la ceniza de cáscara de arroz es suficiente para fijar químicamente el hidróxido de calcio liberado en la hidratación del cemento, aportando en consecuencia mayores resistencias al mortero elaborado con incorporación de ceniza de cáscara de arroz.

4.1.4. DETERMINACIÓN DE ÓXIDOS NO METÁLICOS DE UNA MUESTRA DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ (PUZOLANA ARTIFICIAL).

Tabla 25: Cuadro resumen de pesos unitarios

Composición química de una muestra de una puzolana artificial.	
Composición	Resultado de % en peso
<i>SiO₂</i>	74.10
<i>Al₂O₃</i>	16.20
<i>Fe₂O₃</i>	2.06
<i>CaO</i>	3.2
<i>MgO</i>	0.72
<i>Na₂O</i>	1.30
<i>K₂O</i>	1.18
<i>PPI</i>	1.24
TOTAL	100

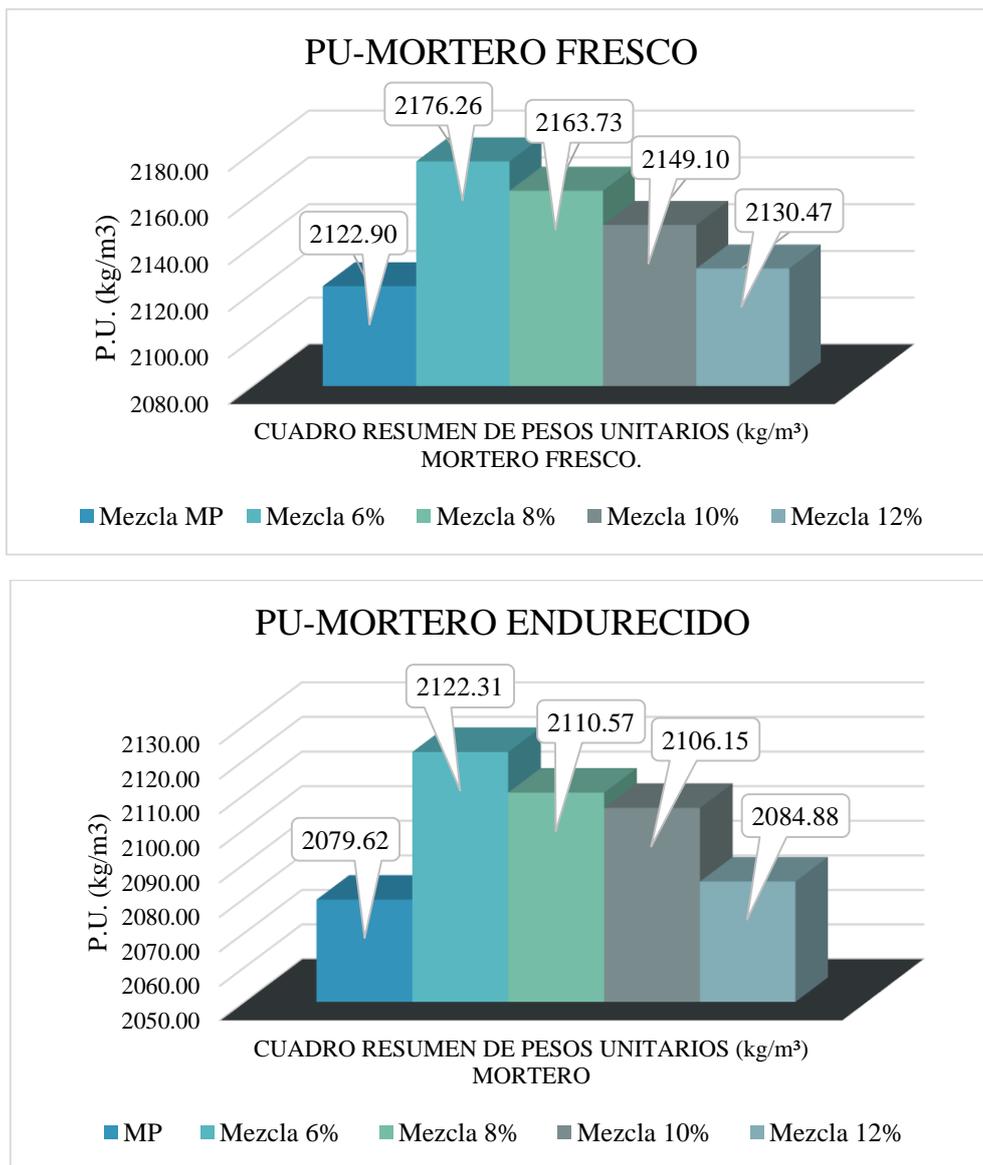
Comentario: Según los datos mostrados se observa que el contenido de *SiO₂* en la CCA representa un 74.10%. esto nos indica que la puzolana artificial (CCA) posee una gran actividad puzolánica, la sílice amorfa de la ceniza de cáscara de arroz es suficiente para fijar químicamente el hidróxido de calcio liberado en la hidratación del cemento y así brindar mayores resistencias a compresión al mortero cemento – arena.

4.1.5. RESUMEN COMPARATIVO DEL PESO UNITARIO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO DEL MORTERO.

Tabla 26: Cuadro resumen de pesos unitarios

Pesos unitarios (kg/m ³) mortero fresco y endurecido					
Mezcla	Mezcla MP-	Mezcla 6%	Mezcla 8%	Mezcla 10%	Mezcla 12%
Mortero fresco	2122.90	2176.26	2163.73	2149.10	2130.47
Mortero endurecido	2079.62	2122.31	2110.57	2106.15	2084.88

Gráfico N° 6: Pesos unitarios del mortero fresco y endurecido.



Comentario: Según el gráfico N°06 de barras mostrado se observa que el mortero sin CCA presenta menor peso unitario que los morteros con CCA. Esto nos indica que los morteros con CCA presenta menos poros capilares y tiene mayor compacidad que un mortero normal, lo que repercutiría en sus mayores resistencias obtenidas.

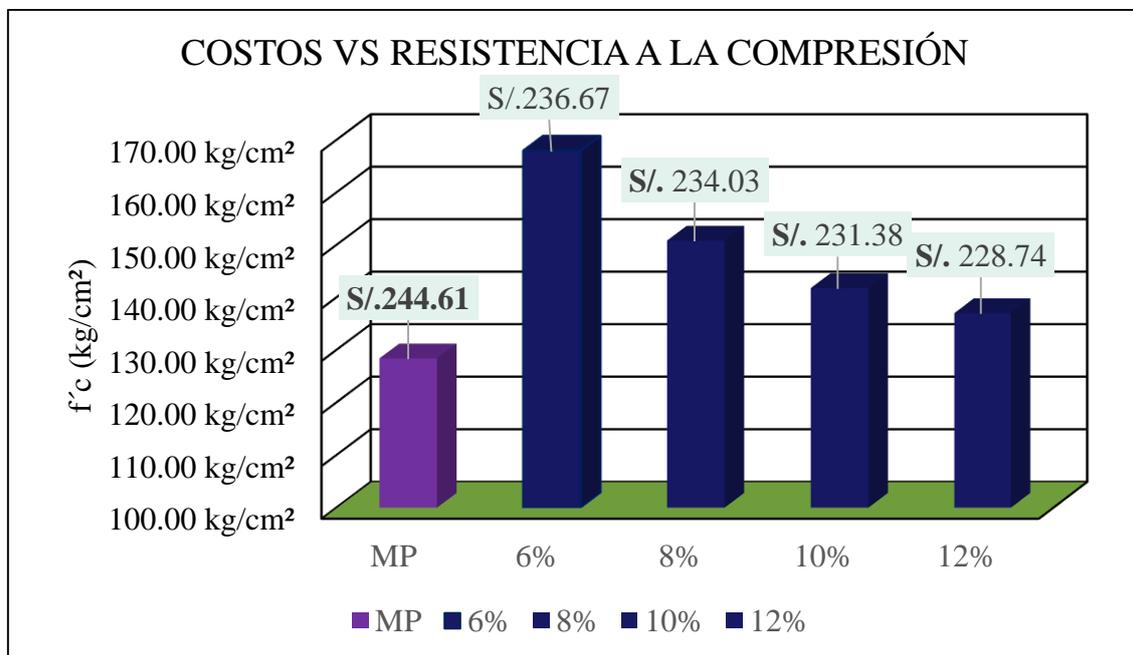
Respecto al peso unitario del mortero endurecido, este es menor que del mortero fresco para ambos tipos de mezcla y edades respectivas; este fenómeno se explica por la pérdida de agua presente en los poros capilares del mortero fresco la cual se evapora quedando dichos poros vacíos en los morteros endurecido.

4.1.6. RESUMEN DE ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS POR METRO CÚBICO.

Tabla 27: Tabla comparativa de análisis de costos. vs resistencia

COSTOS VS RESISTENCIA A LA COMPRESION		
% adición de puzolana	Precio del concreto S/.	Resistencia compresión (28 días) (Kg/cm ²)
MP	244.61	128.39 kg/cm ²
6%	236.67	167.97 kg/cm ²
8%	234.03	150.83 kg/cm ²
10%	231.38	141.79 kg/cm ²
12%	228.74	137.01 kg/cm ²

Gráfico N° 7: Costo vs resistencia a compresión del mortero patrón vs el con cca



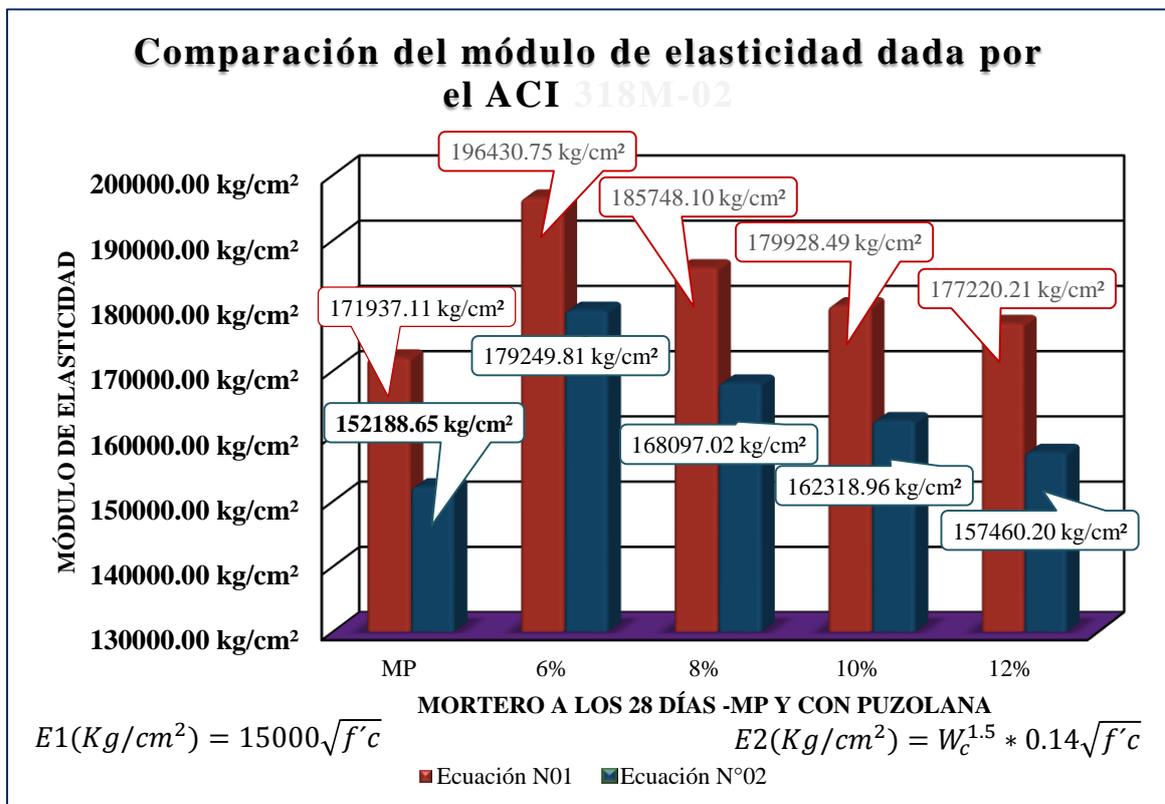
Comentario: se puede apreciar en la tabla N°27 y gráfico N° 07 que en la elaboración de mortero de 1m³ sin puzolana artificial (CCA) costaría S/. 244.61 mientras que elaborados con 6% de puzolana artificial (CCA) costaría S/236.67, lo que generaría un mortero más barato y además con un mayor beneficio – costo.

4.1.7. RESUMEN COMPARATIVO DE MÓDULOS DE ELASTICIDAD

Tabla 28: Cuadro resumen de módulos de elasticidad.

RESUMEN DE MÓDULOS DE ELASTICIDAD A LOS 28 DÍAS		
	$E_1[\text{kg/cm}^2] = 15000\sqrt{f'_c}$	$E_2[\text{kg/cm}^2] = W_c^{1.5} \times 0.14\sqrt{f'_c}$
MP	171937.11 kg/cm ²	152188.65 kg/cm ²
6%	196430.75 kg/cm ²	179249.81 kg/cm ²
8%	185748.10 kg/cm ²	168097.02 kg/cm ²
10%	179928.49 kg/cm ²	162318.96 kg/cm ²
12%	177220.21 kg/cm ²	157460.20 kg/cm ²

Gráfico N° 8: Comparación de módulos de elasticidad



Comentario: Se observa que éste valor (E) está en función directa de la resistencia del concreto (f'_c). Para su determinación se empleó 2 procedimientos por fórmula del ACI 318: (E1) donde sólo se emplea el f'_c . y el (E2), donde se emplea el peso unitario del mortero y su f'_c . Se ha considerado el valor de E1, ya que nos proporciona valores más cercanos a la realidad de acuerdo al f'_c del diseño MP (kg/cm²). Además, debido a que el otro método se basa en los pesos unitarios del mortero a los 28 días las cuales fueron determinadas mediante una balanza no tan precisa y de una u otra manera conlleva a error en las lecturas, arrojando valores para E no muy confiables.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES:

La influencia del reemplazo porcentual de la puzolana artificial al 6, 8, 10 y 12% del peso del cemento, aumentó la resistencia a compresión a los 28 días en los morteros cemento - arena.

- El mortero en reemplazo porcentual del 6 % con respecto al mortero de control, se encuentra al 130.82% de su resistencia, superando en 30.82 % a la resistencia de control indicando un incremento en la resistencia a la compresión del **39.58 kg/cm²**. El mortero en reemplazo porcentual del 8 %, con respecto al mortero de control, se encuentra al 117.48 % de su resistencia, superando en 17.48% a la resistencia de control % indicando un incremento en la resistencia a la compresión de **22.44 kg/cm²**. El mortero en reemplazo porcentual del 10 %, con respecto al mortero de control, se encuentra al 110.43 % de su resistencia, superando en 10.43% a la resistencia de control indicando un incremento en la resistencia a la compresión de **13.40 kg/cm²**. El mortero en reemplazo porcentual del 12 %, con respecto al mortero de control, se encuentra al 106.71 % de su resistencia, superando en 6.71% a la resistencia de control indicando una diferencia en la resistencia a la compresión de **8.62 kg/cm²**.
 - Se concluye que la puzolana artificial (CCA) influye en la resistencia a compresión en los morteros Cemento - Arena y está en función del porcentaje de la sustitución parcial del cemento, por lo tanto, podemos afirmar que al menor reemplazo porcentual de la puzolana (al 6%) influye más que al 12%. De tal manera que la influencia esperada de aumentar la resistencia axial se cumplió, permitiendo alcanzar mayor resistencia a temprana edad y también incrementando la resistencia de diseño a los 28 días.
- Según datos brindados por la ASTM C618 (2012), nos indica que las puzolanas deben de tener un 70% como mínimo de Dióxido de Silicio y los resultados obtenidos de la composición química demuestran que, la puzolana artificial (CCA) posee una gran actividad puzolánica, la sílice amorfa de la ceniza de cáscara de arroz (74.10%) es suficiente para fijar químicamente el hidróxido de calcio liberado en la hidratación del cemento, aportando en consecuencia mayores resistencias al mortero elaborado con incorporación de ceniza de cáscara de arroz.

- Respecto al peso unitario del mortero fresco, éste es mayor que del mortero endurecido para ambos tipos de mezcla y edades respectivas.
Se concluye que los morteros con CCA en estado endurecido presenta mayor peso unitario que el mortero sin CCA. Siendo los valores de sus pesos unitarios al 6, 8, 10 y 12%, de 2122.31 kg/cm³, 2110.57 kg/cm³, 2106.15 kg/cm³ y 2084.88 kg/cm³ respectivamente, frente al mortero sin CCA que tiene un peso unitario de 2079.62 kg/cm³.
- De acuerdo al análisis de costos unitarios, se concluyó que la elaboración de 1m³ de mortero sin puzolana artificial (CCA) costaría S/. 244.61 mientras que con 6% de puzolana artificial (CCA) costaría S/. 236.67, lo que generaría morteros cemento – más barato y además un mayor beneficio – costo. El análisis fue realizado para condiciones similares de resistencia a los 28 días de edad para ambos tipos de mezcla tanto para muestra patrón como para mortero adicionados porcentualmente al 6%,8%,10% y 12% de CCA.
- Para el caso del Módulo de Elasticidad (E) del mortero, se concluye que los resultados obtenidos fueron; considerando dicho valor a los 28 días de edad para las mezclas con CCA del 6%,8%,10% y 12% valores de 196430.75 kg/cm², 185748.10 kg/cm², 179928.49 kg/cm² y 177220.21 kg/cm² respectivamente y para el mortero sin CCA un valor de 171937.11 kg/cm²

Recomendaciones

- Se recomienda realizar futuras investigaciones, donde se haga un análisis de costo unitario completo al realizar ensayos a compresión en pilas y ensayos diagonales de los muretes de tal manera que se analice el ahorro en mano de obra, equipo y agua para curado entre otros.
- Se recomienda realizar futuras investigaciones, donde se realice ensayos que permita determinar y analizar su influencia en la adherencia entre el ladrillo y el mortero.
- Se recomienda hacer publicidad sobre este trabajo de investigación a entidades tanto públicas como privadas, con la finalidad de que se pueda hacer uso de esta puzolana artificial a fin de que las construcciones sean más resistentes, durables y económicas.
- Se recomienda el uso de la CCA al 6% del peso del cemento para incrementar considerablemente su resistencia a la carga axial.
- Si se requiere mantener la resistencia de diseño haciendo un ahorro del cemento se recomienda el uso de la CCA al 12% del peso del cemento.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Abanto, F. (1993). *Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas)*. Lima, Perú: San Marcos.
- Arroyo, J. A. (2010). *Morteros de larga vida: Diseño y Aplicación*. Tesis Ing. Civil. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito-Colegio de Ciencias e Ingeniería-El Politécnico.
- ASTM C 144-03. (2003). *Especificación estandar para agregado para mortero de mampostería*.
- ASTM C29. (1997). *Método de Ensayo Normalizado para determinar la densidad aparente ("peso unitario") e Índice de Huecos en los Áridos*
- ASTM C618. (2012). *Standard Specification For Coal Fly Ash And Raw Or Calcined Natural Pozzolan For Use In Concrete*. Usa : Astm.
- Calleja, J. (1983). *Adiciones y cementos con adiciones*. Madrid-España.
- Dicovski, L. M. (2012). *Estadística Básica para Ingenieros*. Estelí, Nicaragua: UNI Norte.
- Drysdale, R. G., Hamid, A. A., & Baker, R. L. (1994). *Masonry Structures: Behavior and Design*. Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para construcción: Morteros*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- INEI.2017. (2007-2017). *Instituto Nacional de Estadística e Informática. Encuesta Nacional de Hogares 2001-2015*.
- Juárez, B. (2012). *Trabajo de Graduación: La utilización de cáscara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Martínez, R., Miranda, J., Narváez, L., De la Garza, A., & Narváez, L. (2013). *Estudio de una puzolana natural como sustituto parcial del cemento en morteros contaminados con sulfatos*. México: Instituto Tecnológico de Saltillo.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2017). *Informe del Arroz*. Lima, Perú
- Norma Técnica E.070 . (2006). *Norma Técnica E.070 Albañilería*. Lima, Perú.
- NTP 399.610. (2003). *Unidades de Albañilería. Especificación*. Lima, Perú.
- NTP 400.011. (2008). *Agregados. Definición y clasificación de agregados*. Lima, Perú
- NTP 400.012. (2001). *Agregados. Análisis granulométrico del agregado*. Lima, Perú
- NTP 400.018. (2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N°200) por lavados en agregados*. Lima, Perú

- NTP 400.022. (2013). *Agregados. Método de ensayo normalizado para la*. Lima, Perú
- NTP 334.090. (2013). *cementos portland adicionados. requisitos. 5ª edición*. Lima - Perú.
- NTP-334.051. (1998). *Cementos. Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de Cemento Portland cubos de 50mm de lado*. Lima, Perú
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Lima, Perú: CIP.
- Portugal, P. (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño*. Lafayette.
- Quiroz, M. V., & Salamanca, L. E. (2006). *Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura de "Tecnología del Hormigón"*. Cochabamba, Bolivia: UMSS.
- Rivva, E. (2014). *Concreto Diseño de Mezclas*. Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia - ICG.
- Rivera, G. (s.f.). *Concreto Simple*. Cauca, Colombia: Universidad del Cauca.
- Rivva, E. (1992). *Tecnología del Concreto. Diseño de Mezclas*. Lima: UNI.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima: ICG.
- Rivva, E. (2004). *Control del Concreto en obra*. Lima, Perú: ICG.
- Salamanca, R. (2001). *La Tecnología de los Morteros*. Colombia: Universidad Militar "Nueva Granada".
- Salas, J., Castillo, P., Sanchez de Rojas, I., & Veras, J. (1986). *Equipo de Viviendas de Bajo Coste. Instituto E. Torroja (C.S.I.C.). Empleo de cenizas de cascara de arroz*. Madrid - España.
- Salazar, A. (2001). *Estudio y transformación de puzolanas naturales en productos de alta actividad para uso en la industria de la construcción*.
- Sánchez de Guzmán, D. (1997). *Tecnología y Propiedades*. Colombia: Asocreto.
- Sanchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá-Colombia: Bhandar editores.
- Sánchez, F. (2005). *Glosario de Ingeniería de Pavimentos*. Bogotá, Colombia: Universidad del Cauca.
- Vásquez A, R. (2006). *Jefe de control de calidad de Cementos Pacasmayo, curso de Materiales de Construcción, curso de posgrado UNI-FIC en Tecnología de la Construcción, Lima 2006*. Lima.
- Vásquez, R. y Vigil, P. (2000). *Las Cenizas de Cascara de Arroz, Adición Puzolánica en Cemento y Concreto*. autores: Dra. Rosaura Vásquez A. y Bach. Patricia Vigil.
- Villegas, C. (2012). *Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo*. Tesis Ing. Civil. Lima, Perú: UNI.

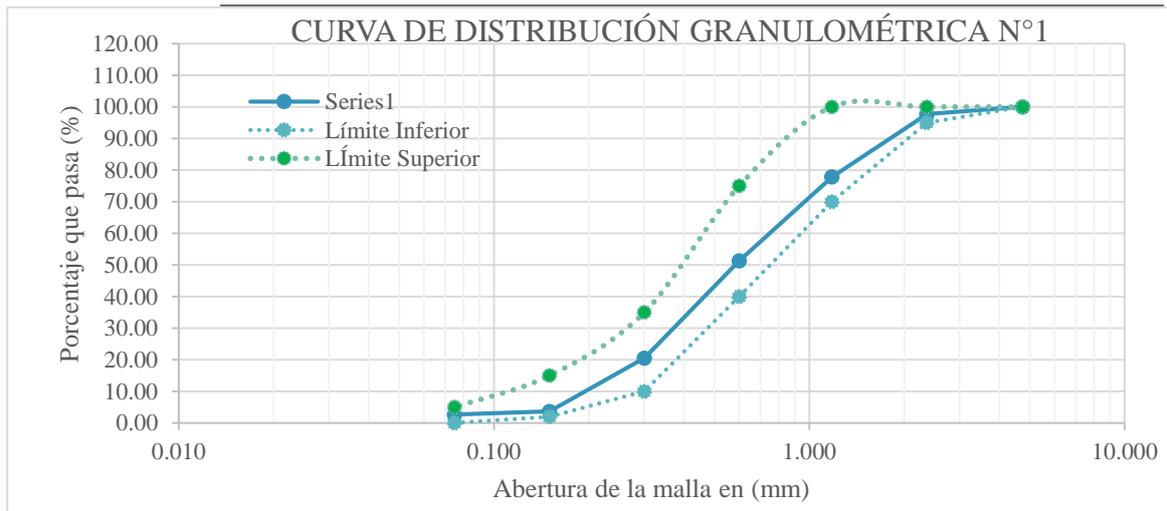
ANEXOS:

ANEXO N° 01: ENSAYO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO FINO.

A. Análisis granulométrico del agregado fino. NTP 400.012: 2013

Tabla 29 : Granulometría del agregado fino – ensayo N° 01.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM C136 / NTP 400.012					
Agregado fino procedente de la Cant. "Otuzco", Río Chonta - BI.					
con fecha de ensayo del 12/02/2018			ensayo N°01		
Peso Inicial (g) =		600.0			
Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Malla (")
4.750	0.0	0.00	0.00	100.00	N° 4
2.360	14.0	2.33	2.33	97.67	N° 8
1.180	119.0	19.83	22.17	77.83	N° 16
0.600	159.0	26.50	48.67	51.33	N° 30
0.300	185.0	30.83	79.50	20.50	N° 50
0.150	101.0	16.83	96.33	3.67	N° 100
0.075	6.0	1.00	97.33	2.67	N° 200
Cazoleta	16.0	2.67	100.00	0.00	
Suma	600.0	100.00			Total
Módulo de finura (mf) =			2.49		NC
D10 =	0.190		Cu =	4.00	NC
D30 =	0.370		Cc =	0.95	NC
D60 =	0.760				

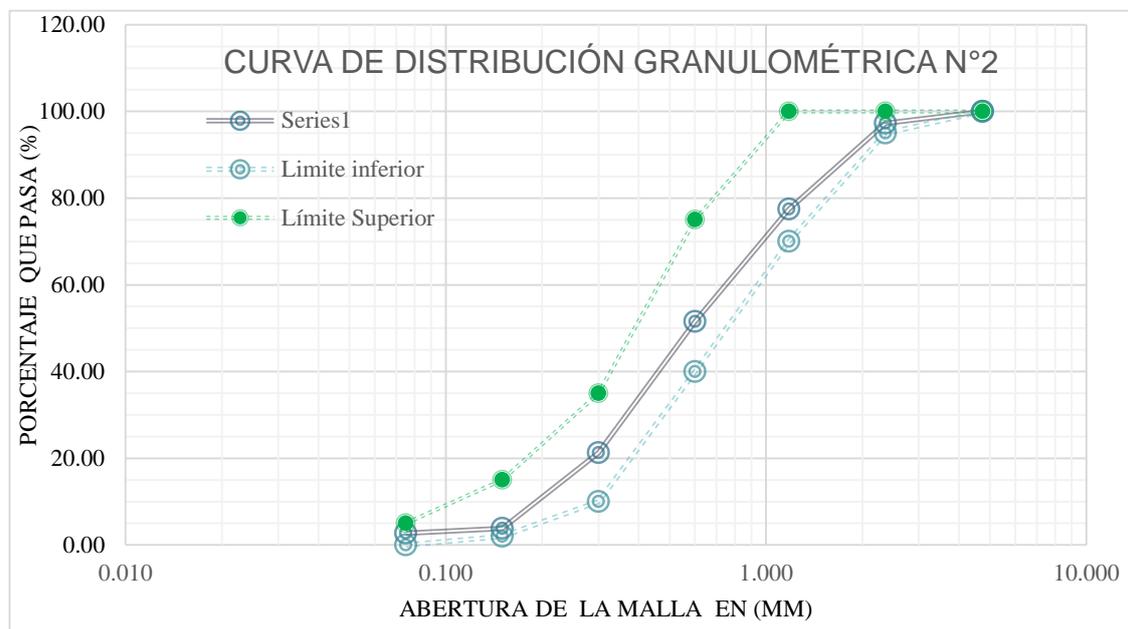


INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

Cc y Cu no cumplen, pero al NTP 400.037 Nos indica que se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá la resistencia requerida a satisfacción de las partes.

Tabla 30: Granulometría del agregado fino – Ensayo N° 02.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM C136 / NTP 400.012					
Agregado fino procedente de la Cant. "Otuzco", Río Chonta - BI.					
con fecha de ensayo del 12/02/2018			ensayo N°02		
Peso Inicial (g) = 625.0					
Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Malla (")
4.750	0.0	0.00	0.00	100.00	N° 4
2.360	17.0	2.72	2.72	97.28	N° 8
1.180	124.0	19.84	22.56	77.44	N° 16
0.600	162.0	25.92	48.48	51.52	N° 30
0.300	189.0	30.24	78.72	21.28	N° 50
0.150	109.0	17.44	96.16	3.84	N° 100
0.075	7.0	1.12	97.28	2.72	N° 200
Cazoleta	17.0	2.72	100.00	0.00	
Suma	625.0	100.00			Total
Módulo de finura (mf) =			2.49		<i>NC</i>
D10 =	0.190		Cu =	3.95	<i>NC</i>
D30 =	0.373		Cc =	0.98	<i>NC</i>
D60 =	0.750				

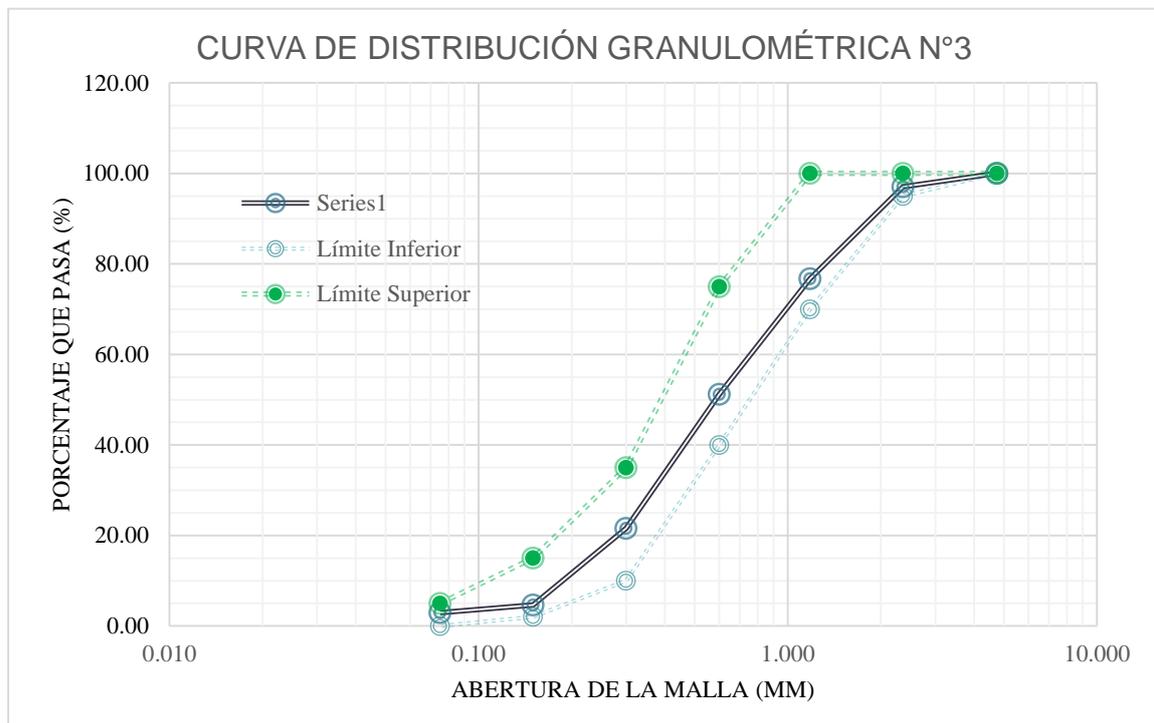


INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

Cc y Cu no cumplen, pero al NTP 400.037 Nos indica que se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá la resistencia requerida a satisfacción de las partes.

Tabla 31: Granulometría del agregado fino – Ensayo N° 03

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM C136 / NTP 400.012					
Agregado fino procedente de la Cant. "Otuzco", Río Chonta - BI.					
con fecha de ensayo del 12/02/2018			ENSAYO N°03		
Peso Inicial (g) = 650.0					
Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Malla (")
4.750	0.0	0.00	0.00	100.00	N° 4
2.360	19.0	2.92	2.92	97.08	N° 8
1.180	132.0	20.31	23.23	76.77	N° 16
0.600	166.0	25.54	48.77	51.23	N° 30
0.300	193.0	29.69	78.46	21.54	N° 50
0.150	110.0	16.92	95.38	4.62	N° 100
0.075	11.0	1.69	97.08	2.92	N° 200
Cazoleta	19.0	2.92	100.00	0.00	Total
Suma	650.0	100.00			
	Módulo de finura (mf) =		2.49		NC
D10 =	0.190		Cu =	4.105	NC
D30 =	0.365		Cc =	0.899	NC
D60 =	0.780				



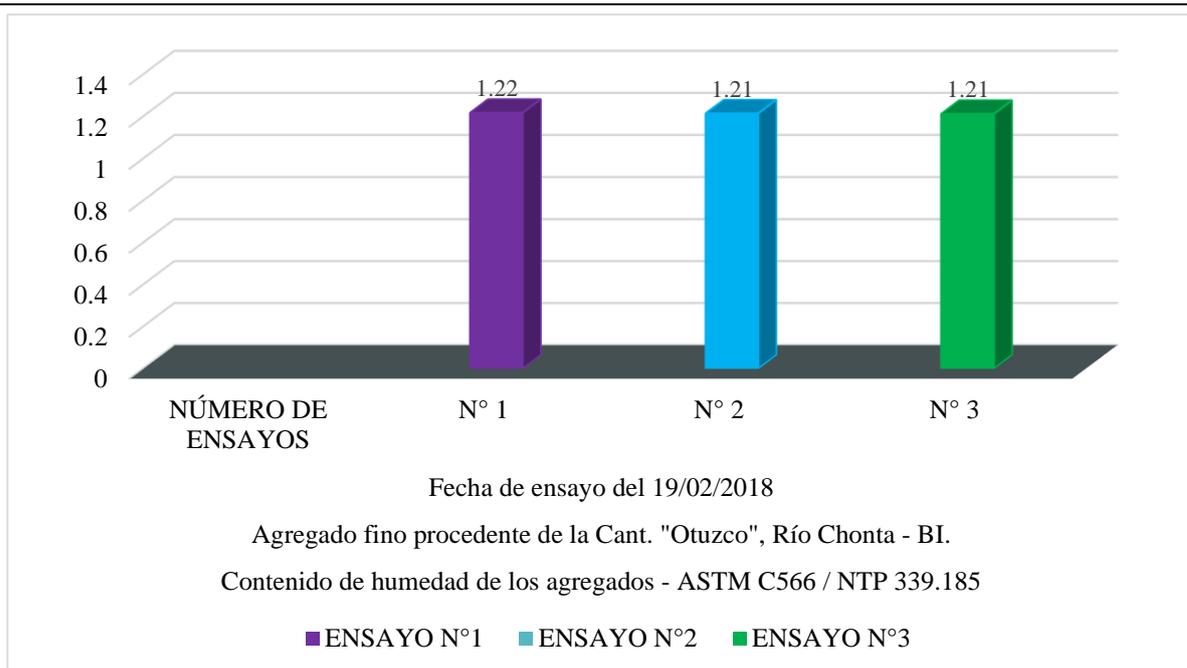
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

Cc y Cu no cumplen, pero al NTP 400.037 Nos indica que se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá la resistencia requerida a satisfacción de las partes.

**B. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO. NTP
339.185:2013**

Tabla 32: Contenido de humedad del agregado fino

Contenido de humedad de los agregados - ASTM C566 / NTP 339.185			
Agregado fino procedente de la Cant. "Otuzco", Río Chonta - BI.			
Fecha de ensayo del 19/02/2018			
ENSAYO N°	N° 1	N° 2	N° 3
PESO DE RECIPIENTE (g)	73.00	74.00	74.00
PESO M. HÚM.+RECIP. (g)	572.00	574.00	575.00
PESO M. SECA.+RECIP. (g)	566.00	568.00	569.00
PESO DEL AGUA (g)	6.00	6.00	6.00
PESO M. SECA (g)	493.00	494.00	495.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.22	1.21	1.21
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (%) =			1.21



DISCUSIÓN:

En el cuadro y gráfico adjuntos se observa que el contenido de humedad de la muestra obtenida es de 1.21%

C. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO. NTP 400.022:2013

Tabla 33: Peso específico y absorción del agregado fino.

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN - DE LOS AGREGADOS (AGREGADO FINO - ARENA)-ASTM C128 / NTP 400.022								
Agregado fino procedente de la Cant. "Otuzco", Río Chonta - BI.								
Fecha de ensayo del 19/02/2018								
Número de ensayo:				Nº: 1 - 2 y 3				
Nº de ensayo	Sat-Sup-Sec	PESOS (g)			Abs. (%)	Pesos Específicos		
		Fiola + Agua	Fiola + Agua + Arena	Seco		Masa	Sat-Sup-Sec	Aparente
1	500.0	645.0	956.0	492.0	1.63	2.60	2.65	2.72
2	500.0	645.0	955.0	493.0	1.42	2.59	2.63	2.69
3	500.0	646.0	955.0	491.0	1.83	2.57	2.62	2.70
PROMEDIOS =					1.63	2.59	2.63	2.70
Observaciones: El volumen de la fiola utilizada es de 500 cm ³ .								

D. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO. NTP 400.017:2011

Tabla 34: Cálculo del factor f.

FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (f) - ASTM C29 / NTP 400.017		
Agregado fino procedente de la Cant. "Otuzco", Río Chonta - BI.		
Fecha de ensayo del 15/02/2018		
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm³)	5301.44	= 0.00530144 m ³
PESO DEL RECIPIENTE (g)	4195.0	
PESO RECIP. + AGUA (g)	13974.0	
PESO DEL AGUA CONTENIDA EN RECIP. (g)	9779.0	
PESO UNITARIO DEL AGUA (kg/m³)	1000.00	
FACTOR DE CALIBRACIÓN (1/m³)	0.102	

Tabla 35: Peso unitario suelto seco del agregado fino

Peso unitario de los agregados - ASTM C29 / NTP 400.017					
Agregado fino procedente de la Cant. "Otuzco", Río Chonta - BI.					
Número de ensayo :	N° : 1 - 2 - 3 - 4 y 5				
ENSAYO N°	1	2	3	4	5
PESO DE RECIPIENTE (g)	4195	4195	4195	4195	4195
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	19130	19146	19140	19148	19132
PESO DEL MATERIAL (g)	14935	14951	14945	14953	14937
FACTOR (f)	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102
PESO UNIT. SUELTO (kg/m³)	1527.3	1528.9	1528.3	1529.1	1527.5
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO (kg/m³) =					1528

Tabla 36: Peso unitario seco compactado del agregado fino.

Peso unitario de los agregados - ASTM C29 / NTP 400.017					
Agregado fino procedente de la Cant. "Otuzco", Río Chonta - BI.					
NÚMERO DE ENSAYO :	N° : 1 - 2 - 3 - 4 y 5				
ENSAYO N°	1	2	3	4	5
PESO DE RECIPIENTE (g)	4195	4195	4195	4195	4195
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	20131	20148	20166	20168	20142
PESO DEL MATERIAL (g)	15936	15953	15971	15973	15947
FACTOR (f)	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102
PESO UNIT. COMPACT. (kg/m³)	1629.6	1631.4	1633.2	1633.4	1630.7
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO (kg/m³) =					1632

E. MATERIAL FINO CONTENIDO EN LOS AGREGADOS

Tabla 37: Material fino contenido en los agregados.

Material fino contenido en los agregados - ASTM C117 / NTP 400.018			
Agregado fino procedente de la Cant. "Otuzco", Río Chonta - BI.			
Fecha de ensayo del 19/02/2018			
NÚMERO DE ENSAYO : N° : 1 - 2 y 3			
IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Arena 01	500.0	480.0	4.00
Arena 02	500.0	476.0	4.80
Arena 03	500.0	477.0	4.60
promedio		=	4.47

comentario:

Según Pasquel Carbajal nos recomienda que debe de estar dentro de los límites del 3% al 5%, aunque valores superiores hasta del orden del 7% no necesariamente causarán un efecto pernicioso notable que no pueda contrarrestarse mejorando el diseño de mezclas, bajando la relación a/c y/u optimizando granulometría.

Tabla 38: Resumen de las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
MÓDULO DE FINEZA	2.488
PESO ESPECÍFICO DE MASA (g/cm³)	2.59
PESO ESPECÍFICO DE MASA S.S.S.(g/cm³)	2.63
PESO ESPECÍFICO APARANTE (g/cm³)	2.70
% HUMEDAD	1.21
% ABSORCIÓN	1.63
% MATERIAL < # 200 (× LAVADO)	4.47
OTROS:	
COEF. DE UNIFORMIDAD (Cu) :	4.02
COEF. DE CURVATURA (Cc) :	0.94
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m³) :	1528
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m³) :	1632

ANEXO N° 02: DISEÑO DEL MORTERO CEMENTO – ARENA.

Escogemos el mortero para muros portantes (P2- con relación de 1- 4), TIPO S (según la ASTM C – 270). Y no utilizando la cal hidratada, pero respetando la tabla N°01 de la NORMA TÉCNICA E:070).

Y también considerando la siguiente tabla N° 03 de la NTP 399.610, es que escogemos la resistencia a la compresión promedio mínimo a los 28 días de los morteros para muros portantes P2 tipo S.

Características Físicas

Módulo De Fineza	2.49
Peso Específico De Masa (G/Cm ³)	2.59
Peso Específico De Masa S.S.S.(G/Cm ³)	2.63
Peso Específico Aparente (G/Cm ³)	2.70
% Humedad	1.21
% Absorción	1.63
% Material < # 200 (× Lavado)	4.47
Otros:	
Coef. De Uniformidad (Cu) :	4.02
Coef. De Curvatura (Cc) :	0.94
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³) :	1528
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³) :	1632

DISEÑO DE MEZCLA DEL MORTERO 1:4

A1.Características de los materiales

CARACTERÍSTICAS	ARENA	CEMENTO
Peso Unitario suelto	1.528 g/cm ³	3.08g/cm ³
peso unitario compactado	1.632 g/cm ³	AGUA
peso específico de masa	2.590 g/cm ³	1g/cm ³
peso específico de masa s.s.s.	2.632 g/cm ³	
peso específico aparente	2.703 g/cm ³	
absorción	1.63 %	
contenido de humedad	1.21 %	
Módulo de Finura	2.49	

A2.Proporción (Mortero Tipo S)

Dosificación en Volumen	1:4 (cemento arena)
Relación a/c	0.875
Aire Atrapado	3.00 %

A3. Mortero en base a una bolsa de cemento

Volumen aparente en pie³

Cemento :	1.0 pie ³
Arena :	4.0 pie ³
Relación :	$\frac{A}{C} = 0.875$

A4. Peso seco de los materiales por 1 bolsa de cemento

Cemento = 42.50Kg

Arena = 4.0 pie³

$$4(\text{pies})^3 * \left(\frac{1\text{m}^3}{35.315 \text{pies}^3} \right) * \text{Peso unitario suelto seco}$$

$$4(\text{pies})^3 * \left(\frac{1\text{m}^3}{35.315 \text{pies}^3} \right) * 1528 \text{Kg/m}^3$$

173.09 Kg

Agua: = $\frac{A}{C} = 0.875 \dots \frac{A}{42.50} = 0.875 \dots A = 42.5 * 0.875$

37.19 lt

A5. Volúmenes absolutos de los materiales sin aire atrapado

Cemento = $\left(\frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\text{Peso específico del cemento (kg/m}^3\text{)}} \right)$

$\frac{42.50 \text{ Kg}}{3080 \text{ Kg/m}^3} = \underline{0.0138 \text{ m}^3}$

Arena = $\left(\frac{\text{Peso de arena (kg)}}{\text{Peso específico de la arena (kg/m}^3\text{)}} \right)$

$\frac{173.09 \text{ Kg}}{2590 \text{ Kg/m}^3} = \underline{0.0668 \text{ m}^3}$

Agua = $\left(\frac{\text{Peso cemento (kg)} * \text{relación a/c}}{\text{Peso específico del agua (kg/m}^3\text{)}} \right)$

$\left(\frac{42.5(\text{kg}) * 0.875}{1000(\text{kg/m}^3)} \right) = \underline{0.0372 \text{ m}^3}$

$$\text{Total} = 0.1178 \text{ m}^3$$

Nota: como el contenido de aire en 1m³ de mortero se consideró 3%, entonces el volumen del mortero sin aire atrapado se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Aire atrapado del:} \quad 3.00 \%$$

$$\text{volumen del mortero sin aire atrapado} \dots \dots \dots 1\text{m}^3 - \left(\frac{3}{100}\right) = \underline{0.970 \text{ m}^3}$$

A6. Factor cemento o número de bolsas de cemento por m³ de mortero

$$\text{Factor Cemento} = \left(\frac{\text{Vol. absoluto total}}{\text{Vol. absoluto de la colada}}\right) = \frac{0.970 \text{ m}^3}{0.1178 \text{ m}^3}$$

$$\underline{8.23 \text{ bolsas}}$$

A7. Cantidad de material por m³

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 42.5\left(\frac{\text{Kg}}{\text{bolsa}}\right) * Fc\left(\frac{\text{bolsas}}{\text{m}^3}\right) \\ &42.5\left(\frac{\text{Kg}}{\text{bolsa}}\right) * 8.23\left(\frac{\text{bolsas}}{\text{m}^3}\right) = \underline{349.87 \text{ Kg/m}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arena} &= \text{Peso seco de la arena}\left(\frac{\text{Kg}}{\text{bolsa}}\right) * Fc\left(\frac{\text{bolsas}}{\text{m}^3}\right) \\ &173.09\left(\frac{\text{Kg}}{\text{bolsa}}\right) * 8.23\left(\frac{\text{bolsas}}{\text{m}^3}\right) = \underline{1424.94 \text{ Kg/m}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua} &= \text{Agua añadida}\left(\frac{\text{litros}}{\text{bolsa}}\right) * Fc\left(\frac{\text{bolsas}}{\text{m}^3}\right) \\ &37.19\left(\frac{\text{litros}}{\text{bolsa}}\right) * 8.23\left(\frac{\text{bolsas}}{\text{m}^3}\right) = \underline{306.14 \text{ lt/m}^3} \end{aligned}$$

8. Materiales corregidos por humedad m³

$$\text{Cemento} = \underline{349.87 \text{ Kg/m}^3}$$

$$\begin{aligned} \text{arena} &= \text{Arena seca} * \left(1 + \frac{W\%}{100}\right) \\ &= 1424.94 * \left(1 + \frac{1.21}{100}\right) = \underline{1442.25 \text{ Kg/m}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua} &= \text{Agua} - \left(\frac{W\% - Abs\%}{100}\right) * \text{Arena}(kg) \\ &= 306.14 - \left(\frac{1.21 - 1.63}{100}\right) * 1424.94 = \underline{312.00 \text{ lt/m}^3} \end{aligned}$$

9. Proporciones en volumen y peso

materiales	Proporción en Volumen	Proporción en Peso
Cemento	1	1
Arena	4.00	4.12
agua	37.9 lt/bolsa	37.9

10. Materiales por tanda

Arista de los moldes =	5.00 cm
volumen =	0.000125 m ³
volumen para 37 especímenes =	0.00463 m ³

11. Proporción en peso de la muestra patrón

Materiales en Kg/m ³	Mat en Kg para 37 especímenes
Cemento 349.87 Kg/m ³ =	(Volumen tanda * Cemento(Kg)) 1.618 Kg (0.00463 * 349.87) =
arena 1442.25 Kg/m ³ =	(Volumen tanda * Arena(Kg)) 6.670 Kg (0.00463 * 1442.25) =
Agua 312.00 Kg/m ³ =	1.443 litros

12. Proporción en peso de la muestra patrón y con los de adición de cca

% en reemplazo del cemento	Muestra Patrón	6%	8%	10%	12%
CCA(gramos)=	-	97.09 gr	129.45 gr	161.81 gr	194.18 gr
CCA(Kg)=	-	0.097 Kg	0.129 Kg	0.162 Kg	0.194 Kg
Cemento	1.618 Kg	1.521 Kg	1.489 Kg	1.456 Kg	1.424 Kg
Arena	6.670 Kg	6.670 Kg	6.670 Kg	6.670 Kg	6.670 Kg
.Agua(litros)	1.443 litros	1.443 litros	1.443 litros	1.443 litros	1.443 litros

El diseño de los morteros se realizó analíticamente con los datos obtenidos de la granulometría de la arena de la cantera de Otuzco, cemento portland tipo I y agua.

Tabla 39: Ensayo a compresión uniaxial de los morteros para determinar la correcta relación agua –cemento.

Método Normalizado De Ensayo De Resistencia A Compresión De Morteros De Cemento Hidráulico (Utilizando Especímenes Cúbicos De 2in. o 50mm) ASTM C109/C109M											
A/C	=	1 :4			f'c estimado. (kg/cm ²) =				140.00 kg/cm ²		
A/C	Prob	lado 1 cm	lado 2 cm	Area cm ²	Días	Carg a Rot. (KN)	f'c-Obt. (kg/cm ²)	f'c- Obt. (%)	Prom- (%)/(f'c)	Prom. f'c-Obt. (kg/cm ²)	f'c a los 28 días= (f'c(7días)*100 %)/(70%)
0.850	M(1-1)	5.00	5.00	25.00	7 días	26.08	106.38	75.98	Promedio	78.52	157.04 kg/cm ²
	M(1-2)	5.00	5.00	25.00		26.38	107.60	76.86	f'c-OBT.		
	M(1-3)	5.00	5.00	25.00		27.03	110.25	78.75	(%)		
	M(2-1)	5.00	5.00	25.00		26.50	108.09	77.21	Promedio		
	M(2-2)	5.00	5.00	25.00		29.08	118.61	84.72	f'c-OBT.		
	M(2-3)	5.00	5.00	25.00		26.64	108.66	77.61	(kg/cm ²)		
0.875	M(1-1)	5.00	5.00	25.00	7 días	24.34	99.28	70.91	Promedio	71.53	143.06 kg/cm ²
	M(1-2)	5.00	5.00	25.00		23.16	94.47	67.48	f'c-OBT.		
	M(1-3)	5.00	5.00	25.00		25.88	105.56	75.40	(%)		
	M(2-1)	5.00	5.00	25.00		25.79	105.19	75.14	Promedio		
	M(2-2)	5.00	5.00	25.00		24.35	99.32	70.94	f'c-OBT.		
	M(2-3)	5.00	5.00	25.00		23.79	97.03	69.31	(kg/cm ²)		
0.900	M(1-1)	5.00	5.00	25.00	7 días	22.51	91.81	65.58	Promedio	67.26	134.51 kg/cm ²
	M(1-2)	5.00	5.00	25.00		22.68	92.51	66.08	f'c-OBT.		
	M(1-3)	5.00	5.00	25.00		23.56	96.10	68.64	(%)		
	M(2-1)	5.00	5.00	25.00		22.75	92.79	66.28	Promedio		
	M(2-2)	5.00	5.00	25.00		23.85	97.28	69.49	f'c-OBT.		
	M(2-3)	5.00	5.00	25.00		23.16	94.47	67.48	(kg/cm ²)		
0.925	M(1-1)	5.00	5.00	25.00	7 días	22.18	90.47	64.62	Promedio	59.04	118.07 kg/cm ²
	M(1-2)	5.00	5.00	25.00		21.53	87.82	62.73	f'c-OBT.		
	M(1-3)	5.00	5.00	25.00		20.64	84.19	60.13	(%)		
	M(2-1)	5.00	5.00	25.00		18.88	77.01	55.01	Promedio		
	M(2-2)	5.00	5.00	25.00		18.16	74.07	52.91	f'c-OBT.		
	M(2-3)	5.00	5.00	25.00		20.19	82.35	58.82	(kg/cm ²)		

ANEXO N° 03: ENSAYO MECÁNICO A COMPRESIÓN UNIAXIAL DE LOS TESTIGOS DE MORTEROS ELABORADOS.

A. Ensayos mecánicos a compresión del mortero patrón

Tabla 40: Ensayo de compresión en morteros de control.

MÉTODO NORMALIZADO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (UTILIZANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 2in. o 50mm) ASTM C109/C109M								
Ensayo de Compresión de mortero con 0 % de ceniza de cáscara de arroz				Dosificación			adición ceniza al 0%	
				CEMENTO	1.620 kg			1.620 kg
				ARENA	6.676 kg			6.676 kg
DOSIFICACIÓN 1 :4				CENIZA	0%		0.000 kg	
A/C		0.875		AGUA	1.444 lt			1.444 lt
Molde	Probeta	lado 1 cm	lado 2 cm	Area	DÍAS	Carga Rot. (KN)	f'c-OBT. (kg/cm ²)	Prom-(f'c)
M1	MP(1-1)	5.110	5.010	25.60	7 DÍAS	26.91	107.18	
	MP(1-2)	5.091	5.081	25.87		26.37	103.95	
	MP(1-3)	5.083	5.053	25.68		26.34	104.57	
M2	MP(2-1)	5.060	5.058	25.59	7 DÍAS	25.92	103.27	
	MP(2-2)	5.018	5.108	25.63		26.28	104.55	
	MP(2-3)	5.092	5.112	26.03		25.76	100.91	
	MP(2-4)	5.022	5.090	25.56		25.71	102.56	Promedio f'c-obt. (kg/cm ²)
M3	MP(3-1)	5.082	5.200	26.43		26.13	100.83	
	MP(3-2)	5.018	5.176	25.97		26.35	103.45	
	MP(3-3)	5.056	5.132	25.95		25.34	99.58	103.09
M4	MP(4-1)	5.061	5.134	25.98	14 DÍAS	30.84	121.03	
	MP(4-2)	5.034	5.092	25.63		30.37	120.81	
	MP(4-3)	5.162	5.108	26.37		31.88	123.29	
M5	MP(5-1)	5.120	5.072	25.97	14 DÍAS	30.90	121.33	
	MP(5-2)	5.084	5.078	25.82		30.52	120.55	
	MP(5-3)	5.074	5.026	25.50		30.34	121.32	
M6	MP(6-1)	5.006	5.128	25.67	14 DÍAS	29.86	118.61	Promedio f'c-obt. (kg/cm ²)
	MP(6-2)	5.118	5.098	26.09		30.97	121.04	
	MP(6-3)	5.000	5.028	25.14		28.83	116.94	
	MP(7-1)	5.084	5.068	25.77		30.75	121.70	120.66
M7	MP(7-2)	5.088	5.146	26.18	28 DÍAS	36.12	140.67	
	MP(7-3)	5.132	5.100	26.17		36.62	142.67	
	MP(8-1)	5.090	4.946	25.18		34.77	140.83	
M8	MP(8-2)	4.952	5.100	25.26	28 DÍAS	34.35	138.69	
	MP(8-3)	5.010	5.180	25.95		35.19	138.27	
	MP(9-1)	5.022	5.050	25.36		34.54	138.88	
M9	MP(9-2)	5.020	5.110	25.65	28 DÍAS	35.78	142.23	Promedio f'c-obt. (kg/cm ²)
	MP(9-3)	5.076	5.140	26.09		36.10	141.09	
	MP(10-1)	5.000	5.200	26.00		34.90	136.88	
M10	MP(10-2)	5.000	5.290	26.45		35.62	137.32	139.75

B. Ensayos mecánicos a compresión del mortero al 6% de adición de cca

Tabla 41: Ensayo de Compresión en mortero con 6% de adición de CCA

MÉTODO NORMALIZADO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (UTILIZANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 2in. o 50mm) ASTM C109/C109M								
Ensayo de Compresión de mortero con 6 % de ceniza de cáscara de arroz					Dosificación		adición ceniza al 6%	
					CEMENTO	1.620 kg	1.523 kg	
					ARENA	6.676 kg	6.676 kg	
Dosificación 1 :4					CENIZA		6%	0.097 kg
A/C	0.875				AGUA	1.444 lt	1.444 lt	
Molde	Probeta	lado 1 cm	lado 2 cm	Area	Días	Carga Rot. (KN)	f'c-Obt. (kg/cm ²)	Prom-(f'c)
M1	MP(1-1)	4.962	5.082	25.22	7 Días	28.91	116.90	Promedio f'c- obt. (kg/cm ²)
	MP(1-2)	5.052	5.100	25.77		29.51	116.79	
	MP(1-3)	5.068	5.180	26.25		29.95	116.33	
M2	MP(2-1)	5.100	4.976	25.38		28.45	114.32	
	MP(2-2)	4.844	4.982	24.13		28.15	118.94	
	MP(2-3)	4.962	5.000	24.81		29.91	122.93	
M3	MP(3-1)	5.000	5.192	25.96		30.49	119.76	
	MP(3-2)	5.082	5.198	26.42	30.91	119.32		
	MP(3-3)	5.052	5.188	26.21	31.51	122.59		
M4	MP(4-1)	5.030	5.186	26.09	30.74	120.16	118.81	
	MP(4-2)	5.068	5.172	26.21	40.18	156.31	Promedio f'c- obt. (kg/cm ²)	
	MP(4-3)	5.118	5.138	26.30	39.61	153.60		
M5	MP(5-1)	5.038	5.158	25.99	14 Días	39.51		155.04
	MP(5-2)	5.000	5.158	25.79		38.50		152.22
	MP(5-3)	4.952	5.168	25.59		39.18		156.11
M6	MP(6-1)	5.036	5.038	25.37	38.34	154.09		
	MP(6-2)	5.078	5.090	25.85	38.77	152.95		
	MP(6-3)	5.128	4.976	25.52	37.89	151.41		
M7	MP(7-1)	5.116	5.120	26.19	38.58	150.19		
	MP(7-2)	5.062	5.162	26.13	40.20	156.88		153.88
	MP(7-3)	5.100	5.058	25.80	47.03	185.91		
M8	MP(8-1)	5.100	5.110	26.06	28 Días	44.91	175.72	Promedio f'c- obt. (kg/cm ²)
	MP(8-2)	5.018	5.140	25.79		46.27	182.93	
	MP(8-3)	5.342	5.200	27.78		49.28	180.90	
M9	MP(9-1)	5.000	5.220	26.10	46.98	183.55		
	MP(9-2)	5.042	5.180	26.12	46.92	183.19		
	MP(9-3)	5.032	5.188	26.11	45.69	178.46		
M10	MP(10-1)	5.100	5.158	26.31	47.96	185.91		
	MP(10-2)	5.062	5.240	26.52	47.81	183.80		
	MP(10-3)	5.060	5.230	26.46	48.80	188.04	182.84	

C. Ensayos mecánicos a compresión del mortero al 8% de adición de cca

Tabla 42: Ensayo de compresión en mortero con 8% de adición de CCA

MÉTODO NORMALIZADO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (UTILIZANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 2in. o 50mm) ASTM C109/C109M								
Ensayo de Compresión de mortero con 8 % de ceniza de cáscara de arroz				Dosificación		adición ceniza al 8%		
				CEMENTO	1.620 kg	1.490 kg		
				ARENA	6.676 kg	6.676 kg		
Dosificación 1 :4				CENIZA		8%	0.130 kg	
A/C	0.875			AGUA	1.444 lt	1.444 lt		
Molde	Probeta	lado 1 cm	lado 2 cm	Area	Días	Carga Rot. (KN)	f'c-Obt. (kg/cm ²)	Prom-(f'c)
M1	MP(1-1)	5.038	5.072	25.55	7 Días	28.10	112.14	Promedio f'c- obt. (kg/cm ²)
	MP(1-2)	5.042	5.094	25.68		27.73	110.09	
	MP(1-3)	4.978	5.078	25.28		27.87	112.42	
M2	MP(2-1)	5.048	4.948	24.98		27.57	112.55	
	MP(2-2)	5.064	5.018	25.41		28.90	115.97	
	MP(2-3)	5.052	4.946	24.99		26.72	109.04	
M3	MP(3-1)	5.048	5.052	25.50		27.77	111.04	
	MP(3-2)	5.038	5.044	25.41	28.15	112.96		
	MP(3-3)	5.036	5.100	25.68	27.83	110.49		
M4	MP(4-1)	5.100	5.078	25.90	28.29	111.39	111.81	
	MP(4-2)	5.026	5.078	25.52	35.25	140.84		
	MP(4-3)	4.942	5.052	24.97	34.24	139.84		
M5	MP(5-1)	5.098	5.098	25.99	14 Días	34.64	135.91	Promedio f'c- obt. (kg/cm ²)
	MP(5-2)	4.942	5.100	25.20		34.69	140.35	
	MP(5-3)	4.980	5.038	25.09		33.86	137.62	
M6	MP(6-1)	5.068	5.072	25.70		34.35	136.26	
	MP(6-2)	5.000	5.058	25.29		35.27	142.21	
	MP(6-3)	5.052	5.052	25.52		34.23	136.76	
M7	MP(7-1)	5.058	5.038	25.48		34.33	137.38	
	MP(7-2)	5.012	5.018	25.15	35.14	142.47	138.96	
	MP(7-3)	5.000	5.100	25.50	40.81	163.19		
M8	MP(8-1)	5.042	5.050	25.46	28 Días	40.45	161.99	
	MP(8-2)	5.024	5.052	25.38		39.88	160.22	
	MP(8-3)	5.018	5.056	25.37		39.78	159.88	
M9	MP(9-1)	5.048	5.000	25.24		39.87	161.08	
	MP(9-2)	5.050	4.998	25.24		38.95	157.36	
	MP(9-3)	5.008	5.082	25.45		39.33	157.58	
M10	MP(10-1)	5.040	5.098	25.69		42.34	168.03	
	MP(10-2)	5.050	4.980	25.15	40.35	163.60		
	MP(10-3)	5.038	5.040	25.39	39.36	158.07	161.10	

D. Ensayos mecánicos a compresión del mortero al 10% de adición de cca

Tabla 43: Ensayo de compresión en mortero con 10% de adición de cca

MÉTODO NORMALIZADO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (UTILIZANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 2in. o 50mm) ASTM C109/C109M								
Ensayo de Compresión de mortero con 10 % de ceniza de cáscara de arroz				Dosificación		adición ceniza al 10%		
				CEMENTO	1.620 kg	1.458 kg		
				ARENA	6.676 kg	6.676 kg		
Dosificación 1 :4				CENIZA		10%	0.162 kg	
A/C	0.875			AGUA	1.444 lt	1.444 lt		
Molde	Probeta	lado 1 cm	lado 2 cm	Area	Días	Carga Rot. (KN)	f'c-Obt. (kg/cm ²)	Prom-(f'c)
M1	MP(1-1)	5.028	5.012	25.200	7 Días	26.37	106.70	Promedio f'c-obt. (kg/cm ²)
	MP(1-2)	5.000	5.054	25.270		27.19	109.72	
	MP(1-3)	5.038	5.022	25.301		26.25	105.80	
M2	MP(2-1)	5.046	5.098	25.725		26.87	106.51	
	MP(2-2)	5.012	5.160	25.862		27.49	108.39	
	MP(2-3)	5.040	5.108	25.744		27.50	108.92	
M3	MP(3-1)	5.058	5.056	25.573		25.67	102.36	
	MP(3-2)	5.052	5.092	25.725	26.27	104.13		
	MP(3-3)	5.026	5.042	25.341	26.85	108.04		
M4	MP(4-1)	5.048	5.020	25.341	26.40	106.23	106.680	
	MP(4-2)	5.036	5.098	25.674	34.16	135.68		
	MP(4-3)	5.020	5.042	25.311	34.14	137.54		
M5	MP(5-1)	4.942	5.052	24.967	14 Días	32.23	131.63	Promedio f'c-obt. (kg/cm ²)
	MP(5-2)	5.048	5.062	25.553		33.05	131.89	
	MP(5-3)	5.080	5.072	25.766		33.53	132.70	
M6	MP(6-1)	5.062	5.150	26.069	34.75	135.92		
	MP(6-2)	5.000	5.150	25.750	33.51	132.70		
	MP(6-3)	5.016	5.100	25.582	33.11	131.98		
M7	MP(7-1)	5.032	5.166	25.995	33.83	132.70		
	MP(7-2)	5.068	5.148	26.090	33.90	132.49	133.523	
	MP(7-3)	4.962	5.142	25.515	37.45	149.67		
M8	MP(8-1)	4.974	5.126	25.497	28 Días	37.62	150.46	Promedio f'c-obt. (kg/cm ²)
	MP(8-2)	5.050	5.130	25.907		39.60	155.87	
	MP(8-3)	5.118	5.040	25.795		37.45	148.04	
M9	MP(9-1)	5.020	5.040	25.301	38.28	154.28		
	MP(9-2)	5.038	5.030	25.341	37.47	150.78		
	MP(9-3)	5.018	5.010	25.140	37.53	152.22		
M10	MP(10-1)	5.042	5.088	25.654	37.52	149.14		
	MP(10-2)	5.030	5.082	25.562	36.35	145.00		
	MP(10-3)	5.000	5.070	25.350	36.58	147.14	150.260	

E. Ensayos mecánicos a compresión del mortero al 12% de adición de cca

Tabla 44: Ensayo de Compresión en mortero con 10% de adición de cca

MÉTODO NORMALIZADO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (UTILIZANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 2in. o 50mm) ASTM C109/C109M											
Ensayo de Compresión de mortero con 12 % de ceniza de cáscara de arroz					Dosificación		adición ceniza al 12%				
					CEMENTO	1.620 kg	1.425 kg				
					ARENA	6.676 kg	6.676 kg				
Dosificación					CENIZA		12%	0.194 kg			
A/C	0.875	1	:4						AGUA	1.444 lt	1.444 lt
Molde	Probeta	lado 1	lado 2	Area	DÍAS	Carga Rot. (KN)	f'c-Obt. (kg/cm ²)	Prom-(f'c)			
M1	MP(1-1)	5.050	5.192	26.220	7 Días	24.93	96.95	Promedio f'c- obt. (kg/cm ²)			
	MP(1-2)	4.980	5.092	25.358		24.47	98.40				
	MP(1-3)	4.982	5.094	25.378		24.67	99.12				
M2	MP(2-1)	5.048	5.038	25.432		25.08	100.56				
	MP(2-2)	5.030	5.030	25.301		24.89	100.31				
	MP(2-3)	4.962	5.064	25.128		24.57	99.71				
M3	MP(3-1)	4.962	5.072	25.167		24.66	99.91				
	MP(3-2)	5.088	5.070	25.796	24.13	95.38					
	MP(3-3)	4.920	5.068	24.935	24.65	100.81					
M4	MP(4-1)	5.034	5.028	25.311	24.66	99.35	99.051				
	MP(4-2)	5.020	5.022	25.210	32.27	130.52	14 Días	Promedio f'c- obt. (kg/cm ²)			
	MP(4-3)	4.980	5.200	25.896	33.15	130.53					
M5	MP(5-1)	5.080	5.022	25.512	32.08	128.22					
	MP(5-2)	5.070	5.070	25.705	32.15	127.54					
	MP(5-3)	5.022	5.058	25.401	32.79	131.63					
M6	MP(6-1)	4.980	5.000	24.900	31.35	128.38					
	MP(6-2)	5.058	4.900	24.784	31.42	129.27					
	MP(6-3)	5.038	4.920	24.787	31.10	127.94					
M7	MP(7-1)	5.100	5.048	25.745	32.42	128.41					
	MP(7-2)	4.920	5.082	25.003	30.64	124.96			128.741		
	MP(7-3)	4.940	5.210	25.737	36.28	143.74					
M8	MP(8-1)	5.000	5.158	25.790	36.12	142.81	28 Días	Promedio f'c- obt. (kg/cm ²)			
	MP(8-2)	5.000	5.148	25.740	36.26	143.65					
	MP(8-3)	4.982	5.162	25.717	36.12	143.22					
M9	MP(9-1)	5.032	5.062	25.472	36.36	145.56					
	MP(9-2)	5.010	5.120	25.651	36.97	146.97					
	MP(9-3)	5.000	5.210	26.050	37.53	146.91					
M10	MP(10-1)	4.992	5.078	25.349	36.56	147.07					
	MP(10-2)	5.020	5.110	25.652	36.35	144.49					
	MP(10-3)	5.050	5.070	25.604	36.88	146.88	145.129				

ANEXO N° 04: DETERMINACIÓN DE LOS PESOS UNITARIOS DE LOS MORTEROS.

A. Determinación de los pesos unitarios del Mortero de control

Tabla 45: Determinación de los pesos unitarios del mortero tipo control.

Probeta	Datos probeta fresca								Datos probetas endurecidas			
	P-Mol. (Kg) + Peso Moldes	P-Mol. + C°F (Kg)	Peso C°F (Kg)	Molde	Lado 1 Cm	Lado 2 Cm	Lado 3 Cm	Vol M ³	P.U. (Kg/M ³)	P-Mol. + C°F (Kg)	Peso C° (Kg)	P.U. (Kg/M ³)
M1	0.366	1.188	0.822	MP(1-1)	5.110	5.010	5.190	0.000133	2092.54	1.174	0.808	2056.90
				MP(1-2)	5.091	5.081	5.071	0.000131				
				MP(1-3)	5.083	5.053	5.014	0.000129				
M2	0.488	1.560	1.072	MP(2-1)	5.060	5.058	5.118	0.000131	2035.11	1.535	1.047	1987.65
				MP(2-2)	5.018	5.108	5.098	0.000131				
				MP(2-3)	5.092	5.112	5.166	0.000134				
				MP(2-4)	5.022	5.090	5.110	0.000131				
M3	0.362	1.208	0.846	MP(3-1)	5.082	5.200	5.128	0.000136	2099.48	1.190	0.828	2054.81
				MP(3-2)	5.018	5.176	5.154	0.000134				
				MP(3-3)	5.056	5.132	5.148	0.000134				
M4	0.366	1.216	0.850	MP(4-1)	5.061	5.134	5.122	0.000133	2143.91	1.200	0.834	2103.55
				MP(4-2)	5.034	5.092	5.132	0.000132				
				MP(4-3)	5.162	5.108	5.000	0.000132				
M5	0.390	1.236	0.846	MP(5-1)	5.120	5.072	5.054	0.000131	2165.28	1.217	0.827	2116.65
				MP(5-2)	5.084	5.078	5.056	0.000131				
				MP(5-3)	5.074	5.026	5.056	0.000129				
M6	0.362	1.208	0.846	MP(6-1)	5.006	5.128	5.124	0.000132	2155.92	1.189	0.827	2107.50
				MP(6-2)	5.118	5.098	5.092	0.000133				
				MP(6-3)	5.000	5.028	5.092	0.000128				
M7	0.354	1.188	0.834	MP(7-1)	5.084	5.068	5.058	0.000130	2104.79	1.173	0.819	2066.93
				MP(7-2)	5.088	5.146	5.066	0.000133				
				MP(7-3)	5.132	5.100	5.092	0.000133				
M8	0.318	1.140	0.822	MP(8-1)	5.090	4.946	5.008	0.000126	2151.20	1.122	0.804	2104.09
				MP(8-2)	4.952	5.100	5.000	0.000126				
				MP(8-3)	5.010	5.180	5.000	0.000130				
M9	0.364	1.208	0.844	MP(9-1)	5.022	5.050	5.138	0.000130	2147.00	1.193	0.829	2108.84
				MP(9-2)	5.020	5.110	5.080	0.000130				
				MP(9-3)	5.076	5.140	5.078	0.000132				
M10	0.344	1.206	0.862	MP(10-1)	5.000	5.200	5.120	0.000133	2133.83	1.188	0.844	2089.27
				MP(10-2)	5.000	5.290	5.120	0.000135				
				MP(10-3)	5.000	5.290	5.120	0.000135				
PESOS UNITARIOS DEL MORTERO FRESCO Y ENDURECIDO									2122.90	2079.62		

B. Determinación de los pesos unitarios del mortero al 6 % de adición de cca

Tabla 46. Determinación de pesos unitarios del mortero al 6% de adición de cca.

Probeta	Datos probeta fresca								Datos probeta endurecida				
	P-Mol. (Kg) Peso Moldes	P-Mol. + C°F (Kg)	Peso C°F (Kg)	Codigo De Cubo	Lado 1 Cm	Lado 2 Cm	Lado 3 Cm	Vol M³	P.U. (Kg/M³)	P-C/Prob De C° (Kg)	P-Mol. + C° (Kg)	Peso C° (Kg)	P.U. (Kg/M³)
M1	0.308	1.141	0.833	6%(1-1)	4.962	5.082	5.000	0.000126		0.269			
				6%(1-2)	5.052	5.100	5.008	0.000129	2162.98	0.272	1.121	0.813	2111.04
				6%(1-3)	5.068	5.180	4.952	0.000130		0.272			
M2	0.285	1.108	0.823	6%(2-1)	5.100	4.976	5.086	0.000129		0.274			
				6%(2-2)	4.844	4.982	5.100	0.000123	2167.95	0.262	1.090	0.805	2120.53
				6%(2-3)	4.962	5.000	5.138	0.000127		0.269			
M3	0.355	1.213	0.858	6%(3-1)	5.000	5.192	5.280	0.000137		0.276			
				6%(3-2)	5.082	5.198	5.054	0.000134	2124.67	0.283	1.194	0.839	2077.62
				6%(3-3)	5.052	5.188	5.084	0.000133		0.280			
M4	0.366	1.239	0.873	6%(4-1)	5.030	5.186	5.120	0.000134		0.280			
				6%(4-2)	5.068	5.172	5.138	0.000135	2162.43	0.286	1.217	0.851	2107.94
				6%(4-3)	5.118	5.138	5.152	0.000135		0.285			
M5	0.337	1.202	0.865	6%(5-1)	5.038	5.158	5.108	0.000133		0.285			
				6%(5-2)	5.000	5.158	5.130	0.000132	2182.27	0.283	1.185	0.848	2139.38
				6%(5-3)	4.952	5.168	5.132	0.000131		0.280			
M6	0.383	1.236	0.853	6%(6-1)	5.036	5.038	5.000	0.000127		0.269			
				6%(6-2)	5.078	5.090	5.050	0.000131	2196.83	0.279	1.211	0.828	2132.45
				6%(6-3)	5.128	4.976	5.130	0.000131		0.280			
M7	0.331	1.193	0.862	6%(7-1)	5.116	5.120	5.112	0.000134		0.286			
				6%(7-2)	5.062	5.162	5.058	0.000132	2216.75	0.278	1.171	0.840	2160.18
				6%(7-3)	5.100	5.058	4.760	0.000123		0.276			
M8	0.333	1.210	0.877	6%(8-1)	5.100	5.110	5.082	0.000132		0.282			
				6%(8-2)	5.018	5.140	5.080	0.000131	2164.70	0.280	1.195	0.862	2127.67
				6%(8-3)	5.342	5.200	5.100	0.000142		0.300			
M9	0.347	1.218	0.871	6%(9-1)	5.000	5.220	5.000	0.000131		0.277			
				6%(9-2)	5.042	5.180	5.070	0.000132	2196.28	0.281	1.187	0.840	2118.12
				6%(9-3)	5.032	5.188	5.120	0.000134		0.282			
M10	0.364	1.245	0.881	6%(10-1)	5.100	5.158	5.156	0.000136		0.289			
				6%(10-2)	5.062	5.240	5.062	0.000134	2187.75	0.285	1.221	0.857	2128.15
				6%(10-3)	5.060	5.230	5.018	0.000133		0.283			
Pesos Unitarios Del Mortero Fresco Y Endurecido									2176.26				2122.31

C. Determinación de los pesos unitarios del mortero al 8 % de adición de cca

Tabla 47. Determinación de pesos unitarios del mortero al 8 % de adición de cca.

Probeta	Datos probeta fresca							Datos prob endurecida					
	P-Mol. (Kg) Peso Moldes	P- Mol. + C°F (Kg)	Peso C°F (Kg)	Codigo De Cubo	Lado 1 Cm	Lado 2 Cm	Lado 3 Cm	Vol M³	P.U. (Kg/M³)	P- C/Prob De C° (Kg)	P- Mol. + C° (Kg)	Peso C° (Kg)	P.U. (Kg/M³)
M1	0.153	0.972	0.819	8%(1-1)	5.038	5.072	5.000	0.000128		0.262			
				8%(1-2)	5.042	5.094	5.018	0.000129	2131.98	0.269	0.951	0.798	2077.32
				8%(1-3)	4.978	5.078	5.044	0.000128		0.267			
M2	0.174	1.000	0.826	8%(2-1)	5.048	4.948	5.148	0.000129		0.269			
				8%(2-2)	5.064	5.018	5.116	0.000130	2143.66	0.271	0.981	0.807	2094.35
				8%(2-3)	5.052	4.946	5.072	0.000127		0.267			
M3	0.146	0.985	0.839	8%(3-1)	5.048	5.052	5.132	0.000131		0.276			
				8%(3-2)	5.038	5.044	5.124	0.000130	2134.59	0.269	0.965	0.819	2083.70
				8%(3-3)	5.036	5.100	5.138	0.000132		0.274			
M4	0.154	0.982	0.828	8%(4-1)	5.100	5.078	5.022	0.000130		0.270			
				8%(4-2)	5.026	5.078	5.020	0.000128	2157.58	0.272	0.963	0.809	2108.07
				8%(4-3)	4.942	5.052	5.030	0.000126		0.267			
M5	0.151	0.980	0.829	8%(5-1)	5.098	5.098	5.000	0.000130		0.272			
				8%(5-2)	4.942	5.100	5.000	0.000126	2173.48	0.269	0.962	0.811	2126.29
				8%(5-3)	4.980	5.038	5.000	0.000125		0.270			
M6	0.158	1.003	0.845	8%(6-1)	5.068	5.072	5.128	0.000132		0.279			
				8%(6-2)	5.000	5.058	5.130	0.000130	2157.16	0.274	0.981	0.823	2101.00
				8%(6-3)	5.052	5.052	5.100	0.000130		0.270			
M7	0.167	1.007	0.840	8%(7-1)	5.058	5.038	5.138	0.000131		0.274			
				8%(7-2)	5.012	5.018	5.090	0.000128	2169.67	0.274	0.987	0.820	2118.01
				8%(7-3)	5.000	5.100	5.028	0.000128		0.272			
M8	0.149	0.988	0.839	8%(8-1)	5.042	5.050	5.016	0.000128		0.271			
				8%(8-2)	5.024	5.052	5.050	0.000128	2177.61	0.272	0.968	0.819	2125.70
				8%(8-3)	5.018	5.056	5.100	0.000129		0.276			
M9	0.161	0.992	0.831	8%(9-1)	5.048	5.000	5.000	0.000126		0.270			
				8%(9-2)	5.050	4.998	5.002	0.000126	2188.55	0.270	0.971	0.810	2133.24
				8%(9-3)	5.008	5.082	5.000	0.000127		0.270			
M10	0.139	0.986	0.847	8%(10-1)	5.040	5.098	5.030	0.000129		0.275			
				8%(10-2)	5.050	4.980	5.040	0.000127	2203.02	0.275	0.961	0.822	2137.99
				8%(10-3)	5.038	5.040	5.060	0.000128		0.272			
Pesos Unitarios Del Mortero Fresco Y Endurecido								2163.730	2110.567				

D. Determinación de los pesos unitarios del mortero al 10 % de adición de cca

Tabla 48. Determinación de pesos unitarios del mortero al 10% de adición de cca.

Probeta	P-Mol. (Kg) Peso Moldes	P- Mol. + C°F (Kg)	Peso C°F (Kg)	Datos probeta fresca					Datos prob endurecida				
				Codigo De Cubo	Lado 1 Cm	Lado 2 Cm	Lado 3 Cm	Vol M³	P.U. (Kg/M³)	P- C/Prob De C° (Kg)	P- Mol. + C° (Kg)	Peso C° (Kg)	P.U. (Kg/M³)
M1	0.174	1.018	0.844	10%(1-1)	5.028	5.012	5.200	0.000131		0.276			
				10%(1-2)	5.000	5.054	5.188	0.000131	2145.11	0.276	1.002	0.828	2104.44
				10%(1-3)	5.038	5.022	5.190	0.000131		0.276			
M2	0.169	1.004	0.835	10%(2-1)	5.046	5.098	5.038	0.000130		0.272			
				10%(2-2)	5.012	5.160	5.022	0.000130	2150.95	0.275	0.989	0.820	2112.31
				10%(2-3)	5.040	5.108	5.000	0.000129		0.273			
M3	0.179	0.994	0.815	10%(3-1)	5.058	5.056	4.982	0.000127		0.265			
				10%(3-2)	5.052	5.092	5.040	0.000130	2123.70	0.268	0.978	0.799	2082.01
				10%(3-3)	5.026	5.042	5.000	0.000127		0.266			
M4	0.167	1.010	0.843	10%(4-1)	5.048	5.020	5.100	0.000129		0.274			
				10%(4-2)	5.036	5.098	5.098	0.000131	2169.04	0.277	0.991	0.824	2120.15
				10%(4-3)	5.020	5.042	5.078	0.000129		0.273			
M5	0.180	1.006	0.826	10%(5-1)	4.942	5.052	4.952	0.000124		0.265			
				10%(5-2)	5.048	5.062	4.958	0.000127	2178.52	0.269	0.989	0.809	2133.68
				10%(5-3)	5.080	5.072	5.000	0.000129		0.275			
M6	0.166	1.006	0.840	10%(6-1)	5.062	5.150	5.100	0.000133		0.277			
				10%(6-2)	5.000	5.150	5.098	0.000131	2131.00	0.277	0.991	0.825	2092.94
				10%(6-3)	5.016	5.100	5.080	0.000130		0.271			
M7	0.165	0.994	0.829	10%(7-1)	5.032	5.166	5.028	0.000131		0.273			
				10%(7-2)	5.068	5.148	5.000	0.000130	2132.60	0.274	0.979	0.814	2094.01
				10%(7-3)	4.962	5.142	5.000	0.000128		0.267			
M8	0.177	1.018	0.841	10%(8-1)	4.974	5.126	5.108	0.000130		0.272			
				10%(8-2)	5.050	5.130	5.082	0.000132	2137.52	0.276	1.001	0.824	2094.31
				10%(8-3)	5.118	5.040	5.100	0.000132		0.276			
M9	0.160	0.997	0.837	10%(9-1)	5.020	5.040	5.100	0.000129		0.275			
				10%(9-2)	5.038	5.030	5.100	0.000129	2165.93	0.274	0.978	0.818	2116.77
				10%(9-3)	5.018	5.010	5.098	0.000128		0.269			
M10	0.182	1.029	0.847	10%(10-1)	5.042	5.088	5.158	0.000132		0.279			
				10%(10-2)	5.020	5.082	5.140	0.000131	2156.66	0.277	1.011	0.829	2110.83
				10%(10-3)	5.000	5.070	5.100	0.000129		0.273			
Pesos Unitarios Del Mortero Fresco Y Endurecido								2149.10	2106.15				

E. Determinación de los pesos unitarios del mortero al 12 % de adición de cca

Tabla 49. Determinación de pesos unitarios del mortero al 12 % de adición de cca.

Probeta	Datos probeta fresca								Datos prob endurecida				
	P-Mol. (Kg) Peso Moldes	P-Mol. + C°F (Kg)	Peso C°F (Kg)	Codigo De Cubo	Lado 1	Lado 2	Lado 3	Vol	P.U. (Kg/M³)	P-C/Prob De C° (Kg)	P-Mol. + C° (Kg)	Peso C° (Kg)	P.U. (Kg/M³)
M1	0.166	0.997	0.831	12%(1-1)	5.050	5.192	5.026	0.000132	2145.12	0.274	0.976	0.810	2090.92
				12%(1-2)	4.980	5.092	5.038	0.000128		0.268			
				12%(1-3)	4.982	5.094	5.038	0.000128		0.268			
M2	0.176	1.009	0.833	12%(2-1)	5.048	5.038	5.200	0.000132	2130.18	0.274	0.991	0.815	2084.15
				12%(2-2)	5.030	5.030	5.142	0.000130		0.273			
				12%(2-3)	4.962	5.064	5.122	0.000129		0.268			
M3	0.168	1.006	0.838	12%(3-1)	4.962	5.072	5.138	0.000129	2147.09	0.270	0.988	0.820	2100.97
				12%(3-2)	5.088	5.070	5.176	0.000134		0.279			
				12%(3-3)	4.920	5.068	5.112	0.000127		0.271			
M4	0.166	0.987	0.821	12%(4-1)	5.034	5.028	5.048	0.000128	2116.20	0.265	0.970	0.804	2072.39
				12%(4-2)	5.020	5.022	5.082	0.000128		0.271			
				12%(4-3)	4.980	5.200	5.100	0.000132		0.268			
M5	0.164	0.984	0.820	12%(5-1)	5.080	5.022	5.052	0.000129	2114.82	0.267	0.969	0.805	2076.14
				12%(5-2)	5.070	5.070	5.070	0.000130		0.269			
				12%(5-3)	5.022	5.058	5.060	0.000129		0.269			
M6	0.161	0.972	0.811	12%(6-1)	4.980	5.000	4.920	0.000123	2172.29	0.264	0.959	0.798	2137.47
				12%(6-2)	5.058	4.900	5.050	0.000125		0.267			
				12%(6-3)	5.038	4.920	5.070	0.000126		0.267			
M7	0.164	0.999	0.835	12%(7-1)	5.100	5.048	5.078	0.000131	2068.30	0.275	0.982	0.818	2026.19
				12%(7-2)	4.920	5.082	5.070	0.000127		0.271			
				12%(7-3)	4.940	5.210	5.681	0.000146		0.272			
M8	0.162	1.019	0.857	12%(8-1)	5.000	5.158	5.148	0.000133	2091.18	0.279	1.000	0.838	2044.82
				12%(8-2)	5.000	5.148	5.600	0.000144		0.280			
				12%(8-3)	4.982	5.162	5.168	0.000133		0.279			
M9	0.158	0.998	0.840	12%(9-1)	5.032	5.062	5.078	0.000129	2160.34	0.272	0.980	0.822	2114.05
				12%(9-2)	5.010	5.120	5.038	0.000129		0.275			
				12%(9-3)	5.000	5.210	5.000	0.000130		0.275			
M10	0.151	0.978	0.827	12%(10-1)	4.992	5.078	5.000	0.000127	2159.13	0.268	0.956	0.805	2101.69
				12%(10-2)	5.020	5.110	5.000	0.000128		0.270			
				12%(10-3)	5.050	5.070	5.000	0.000128		0.267			
Pesos Unitarios Del Mortero Fresco Y Endurecido									2130.47	2084.88			

ANEXO N° 05: COSTO POR 1 M³ DE MORTERO FABRICADO PARA CADA DISEÑO DE MEZCLA

Tabla 50: Ensayo de Compresión en morteros de control.

tipo de mezcla	cemento			ceniza de cascara de arroz			arena m ³			Cost m ³ mortero
	cantidad en bolsas	P.Unit S/.	P.Parcial S/.	cantidad en Kg	P.Unit S/.	P.Parcial S/.	cantidad en m ³	P.Unit S/.	P.Parcial S/.	
MP	8.23		193.46	0.00		0.00		55	51.15	244.61
6%	7.74		181.85	20.99		3.67		55	51.15	236.67
8%	7.57	23.5	177.98	27.99	0.175	4.90	0.93	55	51.15	234.03
10%	7.41		174.11	34.99		6.12		55	51.15	231.38
12%	7.24		170.24	41.98		7.35		55	51.15	228.74

ANEXO N° 06: GRÁFICAS ESFUERZO – DEFORMACIÓN DE LOS MORTEROS

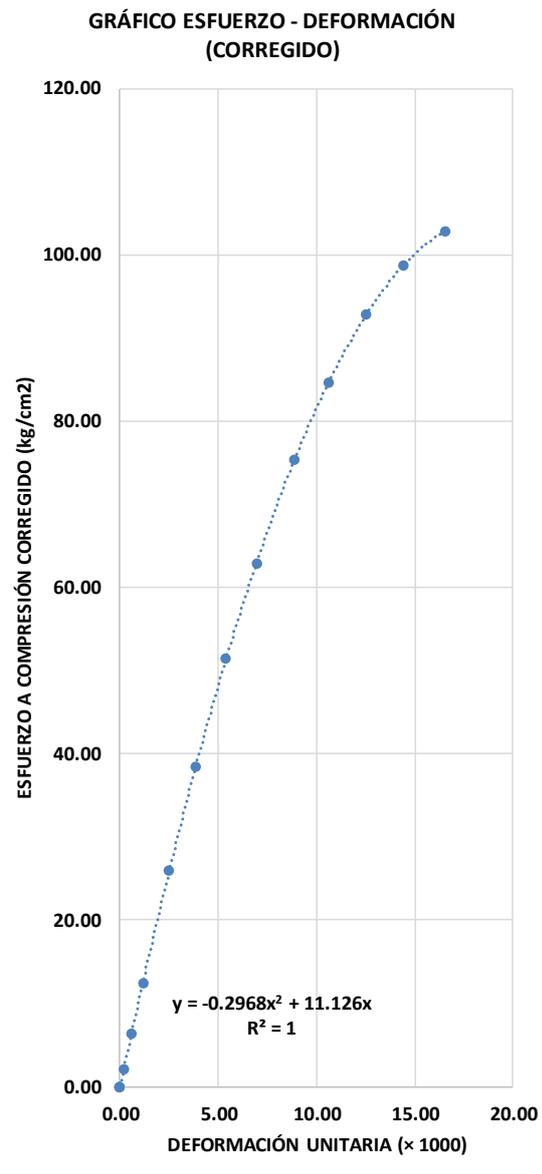
1. Ensayo de los morteros a compresión a los 7 días

A. Ensayo de los morteros a compresión a los 7 días – muestra patrón.

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

MORTERO DE CONTROL:	PROBETA: MP (1-1)	CEMENTO PORTLAND TIPO I-PACASMAYO
FECHA FABRIC.:	19/02/2018	
FECHA ENSAYO:	26/02/2018	AREA (cm ²): 25.601
EDAD: 7 DÍAS	1KN= 101.97 Kg	LONGITUD (mm): 51.9

CARGA (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.97	0.00
4.00	0.00	0.00	15.93	0.00
6.00	0.01	0.19	23.90	2.13
8.00	0.03	0.58	31.86	6.33
10.00	0.06	1.16	39.83	12.47
12.00	0.13	2.50	47.80	26.01
14.00	0.20	3.85	55.76	38.47
16.00	0.28	5.39	63.73	51.38
18.00	0.36	6.94	71.69	62.89
20.00	0.46	8.86	79.66	75.29
22.00	0.55	10.60	87.63	84.57
24.00	0.65	12.52	95.59	92.79
26.00	0.75	14.45	103.56	98.80
26.91	0.86	16.57	107.18	102.86

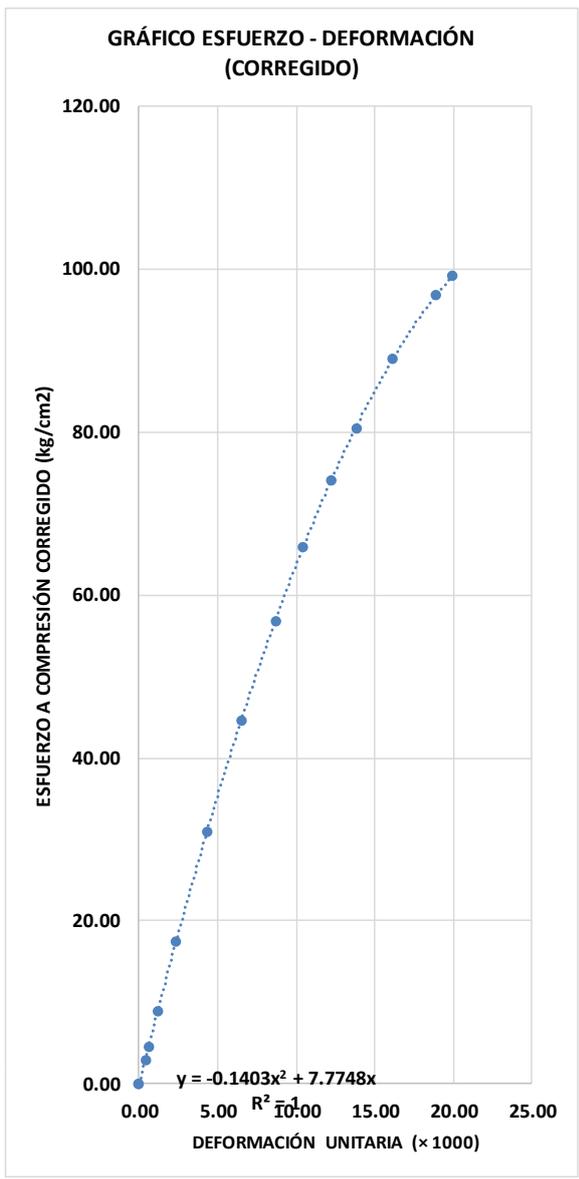


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.297x ² + 11.13x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.57
ESF. ROT (kg/cm ²):	107.183
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	152132.48
ESF. ROT CORREGIDO (kg/cm ²):	102.86

**ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO -
DEFORMACIÓN(CORREGIDO)**

MORTERO DE CONTROL.	PROBETA=MP (1-2)	CEMENTO PORTLAND TIPO I-PACASMAYO
FECHA DE FABRIC.:	19/02/2018	
FECHA DE ENSAYO:	26/02/2018	AREA (cm ²): 25.867
EDAD: 7 DÍAS	1KN= 101.97 Kg	LONGITUD (mm): 50.71

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.88	0.00
4.00	0.02	0.39	15.77	3.04
6.00	0.03	0.59	23.65	4.55
8.00	0.06	1.18	31.54	9.00
10.00	0.12	2.37	39.42	17.61
12.00	0.22	4.34	47.30	31.09
14.00	0.33	6.51	55.19	44.65
16.00	0.44	8.68	63.07	56.90
18.00	0.53	10.45	70.96	65.93
20.00	0.62	12.23	78.84	74.09
22.00	0.70	13.80	86.72	80.59
24.00	0.82	16.17	94.61	89.04
26.00	0.96	18.93	102.49	96.90
26.37	1.01	19.92	103.95	99.20

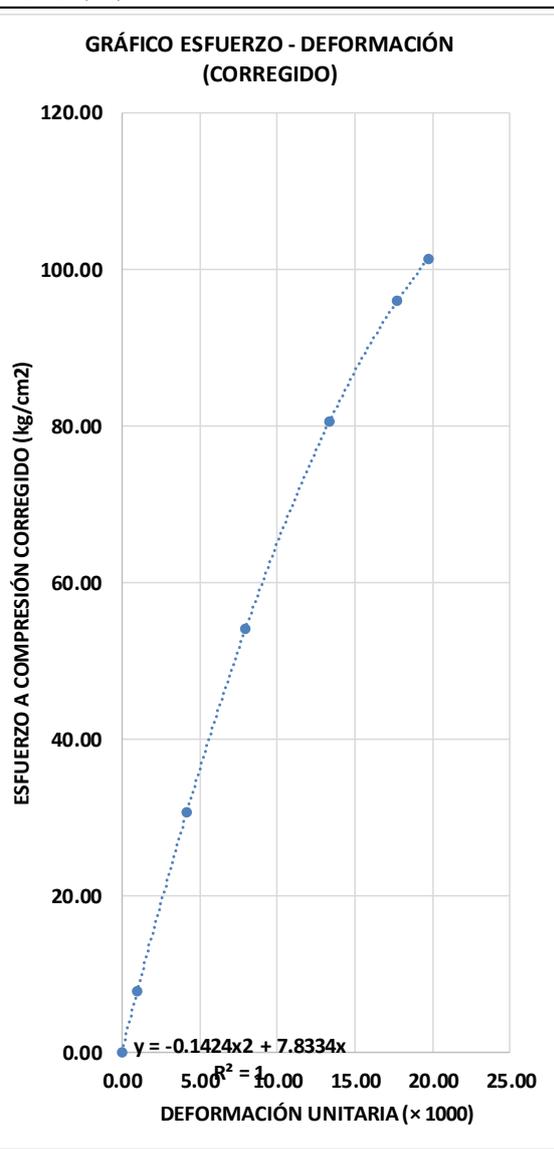


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.14x ² + 7.77x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	19.92
ESF. ROT (kg/cm ²):	103.95
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	149396.01
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm ²):	99.20

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

MORTERO DE CONTROL.	PROBETA= MP (1-3)	CEMENTO: PORTLAND TIPO I-PACASMAYO
FECHA FABRIC.:	19/02/2018	
FECHA ENSAYO:	26/02/2018	AREA (cm2): 25.684
EDAD: 7 DÍAS	1KN= 101.97 Kgf	LONGITUD (mm): 50.1

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.05	1.00	19.85	7.75
10.00	0.21	4.19	39.70	30.65
15.00	0.40	7.98	59.55	54.14
20.00	0.67	13.36	79.40	80.57
25.00	0.89	17.75	99.25	96.07
26.34	0.99	19.74	104.57	101.33

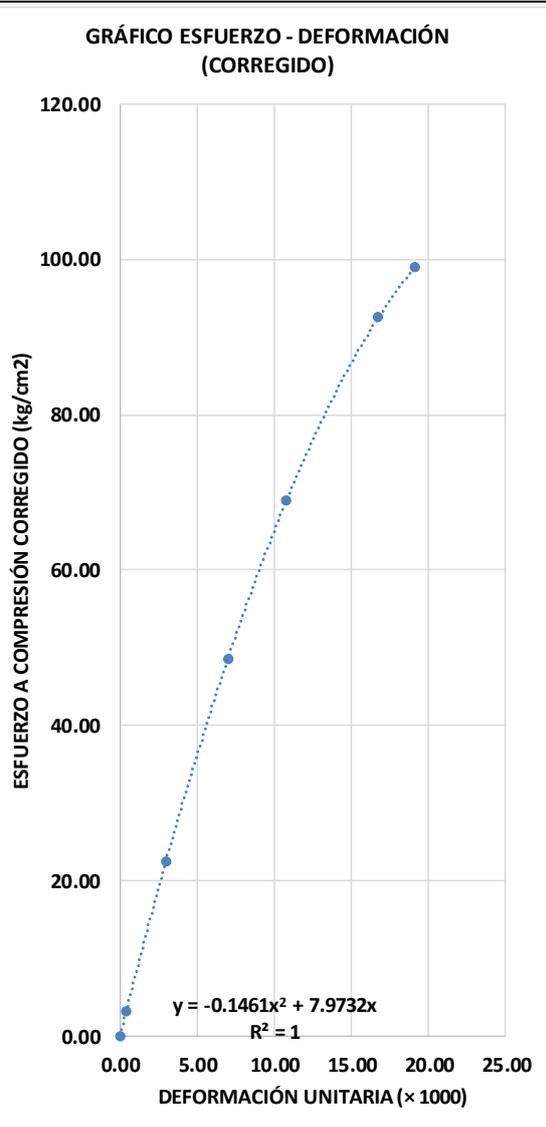


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.141x ² + 7.91x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	19.74
ESF. ROT (kg/cm ²):	104.57
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	150994.10
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm2):	101.33

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

MORTERO DE CONTROL.	PROBETA=MP (2-1)	CEMENTO: PORTLAND TIPO I-PACASMAYO
FECHA FABRIC.:	19/02/2018	
FECHA ENSAYO:	26/02/2018	AREA (cm2): 25.593
EDAD: 7 DÍAS	1KN= 101.97 Kgf	LONGITUD (mm): 50.18

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.02	0.40	19.92	3.15
10.00	0.15	2.99	39.84	22.53
15.00	0.35	6.97	59.76	48.50
20.00	0.54	10.76	79.68	68.88
25.00	0.84	16.74	99.61	92.53
25.92	0.96	19.13	103.27	99.06



EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.146x ² + 7.97x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	19.13
ESF. ROT (kg/cm ²):	103.27
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	149296.43
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm2):	99.06

B. Ensayo de los morteros a compresión a los 7 días – muestra con 6% de adición de Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
PROBETA= M6% (1-1)			MORTERO CON:	
			CCA(6% del peso de Cemento)	
FECHA FABRI:	26/02/2018		AREA (cm2):	25.217
FECHA ENSAYO:	05/03/2018		LONGITUD (mm):	50.000
EDAD:	7 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	0.00	0.00	8.09	0.00
4.0	0.07	1.40	16.17	15.81
6.0	0.08	1.60	24.26	17.97
8.00	0.09	1.80	32.35	20.11
10.00	0.12	2.40	40.44	26.38
12.00	0.18	3.60	48.52	38.26
14.00	0.25	5.00	56.61	51.02
16.00	0.31	6.20	64.70	61.02
18.00	0.37	7.40	72.79	70.14
20.00	0.44	8.80	80.87	79.68
22.00	0.51	10.20	88.96	88.03
24.00	0.58	11.60	97.05	95.20
26.00	0.68	13.60	105.14	103.39
28.91	0.88	17.60	116.90	112.49
27.43	1.05	21.00	110.92	112.62
26.77	1.14	22.80	108.25	109.85

EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.303x ² + 11.72x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	17.60
ESF. ROT (kg/cm ²):	116.90
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	159093.63
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm ²):	112.49

GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

ESFUERZO A COMPRESIÓN CORREGIDO (kg/cm²)

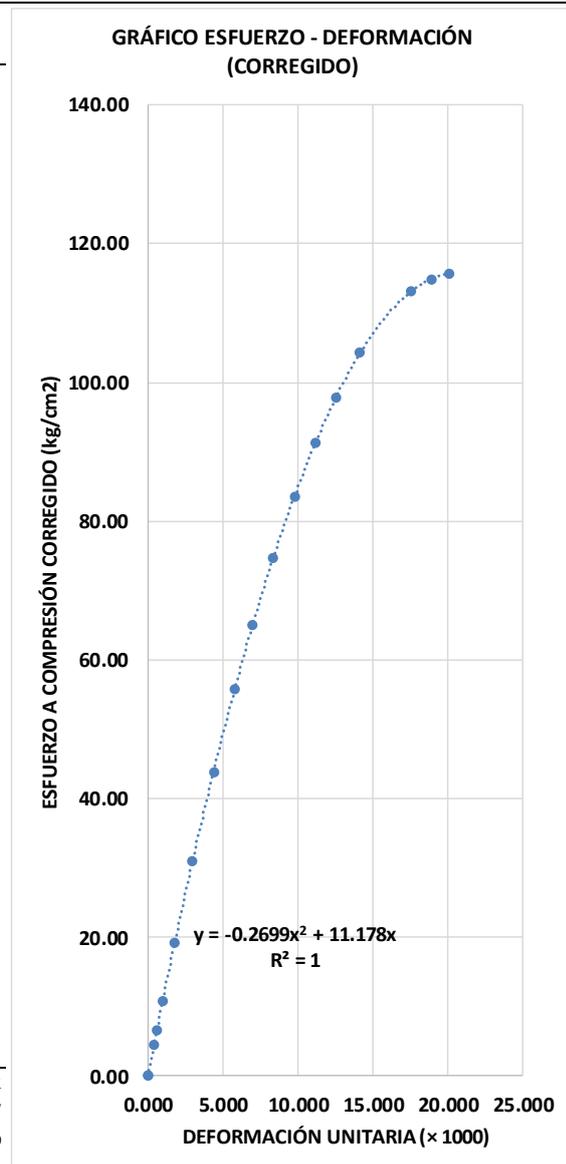
DEFORMACIÓN UNITARIA (× 1000)

$y = -0.3026x^2 + 11.717x$
 $R^2 = 1$

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA= M 6% (1-2)	MORTERO CON:	CCA (6% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.: 26/02/2018	AREA (cm2):	25.765
FECHA DE ENSAYO: 05/03/2018	LONGITUD (mm):	50.080
EDAD: 7 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
2.00	0.00	0.000	7.92	0.00
4.00	0.02	0.399	15.83	4.42
6.00	0.03	0.599	23.75	6.60
8.00	0.05	0.998	31.66	10.89
10.00	0.09	1.797	39.58	19.22
12.00	0.15	2.995	47.49	31.06
14.00	0.22	4.393	55.41	43.90
16.00	0.29	5.791	63.32	55.68
18.00	0.35	6.989	71.24	64.94
20.00	0.42	8.387	79.15	74.76
22.00	0.49	9.784	87.07	83.53
24.00	0.56	11.182	94.98	91.25
26.00	0.63	12.580	102.90	97.91
28.00	0.71	14.177	110.81	104.23
29.51	0.88	17.572	116.79	113.08
29.31	0.95	18.970	116.00	114.92
28.90	1.01	20.168	114.38	115.66

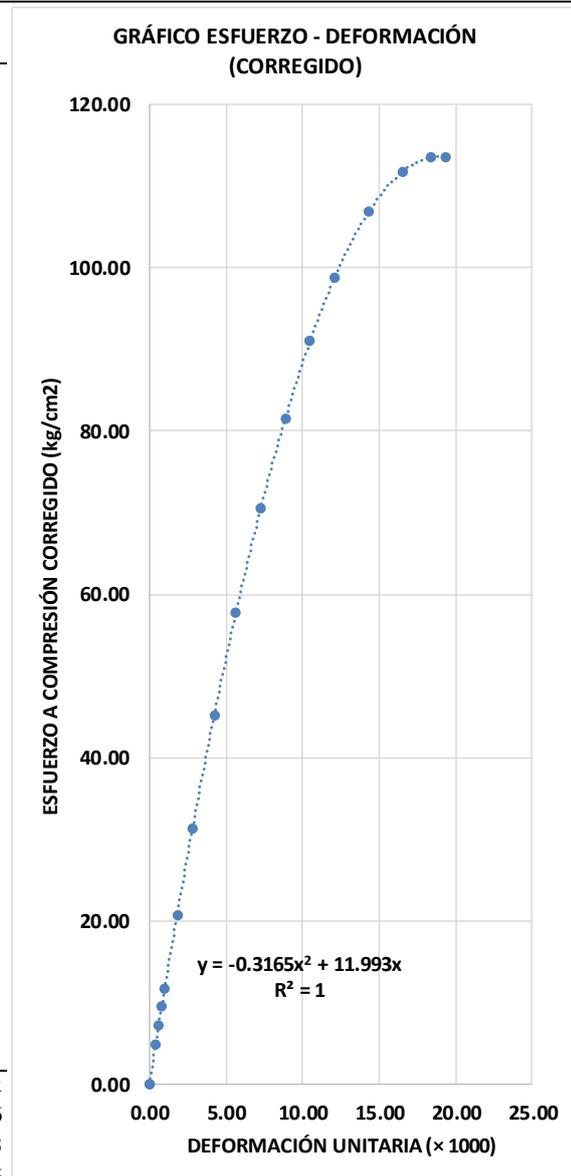


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.27x ² + 11.18x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	17.57
ESF. ROT (kg/cm ²):	116.79
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm ²):	159509.68
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm ²):	113.08

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA = M6% (1-3)		MORTERO CON:		CCA (6% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):		26.252
FECHA DE ENSAYO:	05/03/2018	LONGITUD (mm):		49.520
EDAD:	7 DÍAS	1KN=	101.97	

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.77	0.00
4.00	0.02	0.40	15.54	4.79
6.00	0.03	0.61	23.31	7.15
8.00	0.04	0.81	31.07	9.48
10.00	0.05	1.01	38.84	11.79
12.00	0.09	1.82	46.61	20.75
14.00	0.14	2.83	54.38	31.38
16.00	0.21	4.24	62.15	45.17
18.00	0.28	5.65	69.92	57.70
20.00	0.36	7.27	77.68	70.46
22.00	0.44	8.89	85.45	81.58
24.00	0.52	10.50	93.22	91.04
26.00	0.60	12.12	100.99	98.85
28.00	0.71	14.34	108.76	106.90
29.95	0.82	16.56	116.33	111.82
29.54	0.91	18.38	114.74	113.52
29.22	0.96	19.39	113.50	113.56

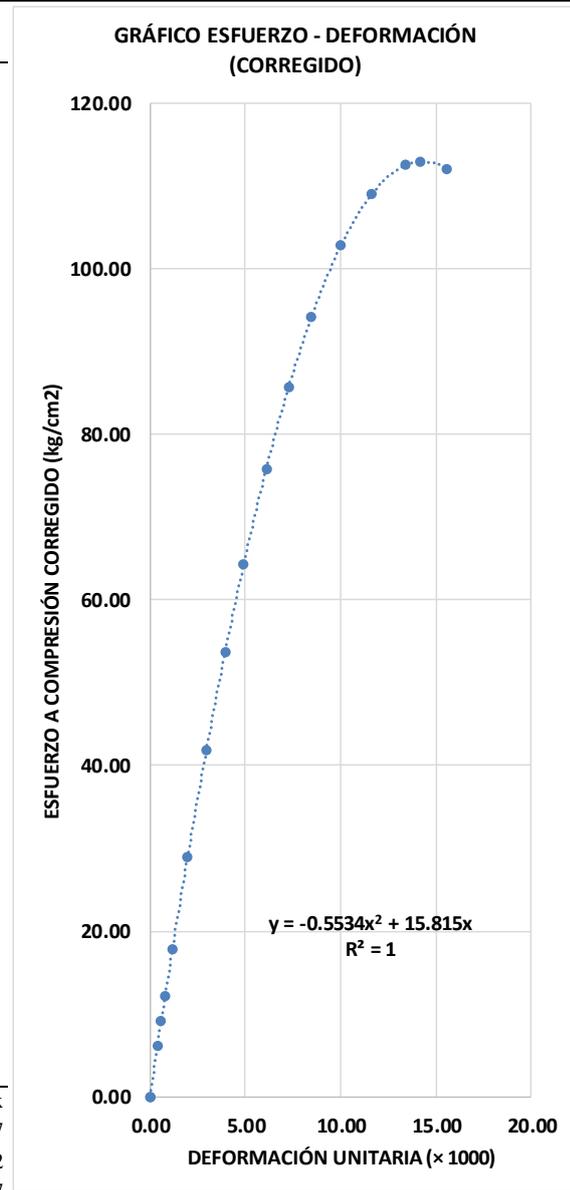


EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.317x^2 + 11.99x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.56
ESF. ROT (kg/cm²):	116.33
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm²):	158614.26
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm2):	111.82

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA= M6% (2-1)		MORTERO CON:		CCA(6% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.378	
FECHA DE ENSAYO:	05/03/2018	LONGITUD (mm):	50.860	
EDAD:	7 DÍAS	1KN=	101.97	

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.04	0.00
4.00	0.02	0.39	16.07	6.13
6.00	0.03	0.59	24.11	9.14
8.00	0.04	0.79	32.14	12.10
10.00	0.06	1.18	40.18	17.89
12.00	0.10	1.97	48.22	28.96
14.00	0.15	2.95	56.25	41.83
16.00	0.20	3.93	64.29	53.63
18.00	0.25	4.92	72.33	64.36
20.00	0.31	6.10	80.36	75.83
22.00	0.37	7.27	88.40	85.76
24.00	0.43	8.45	96.43	94.15
26.00	0.51	10.03	104.47	102.94
28.00	0.59	11.60	112.51	108.99
28.45	0.68	13.37	114.32	112.52
28.23	0.72	14.16	113.43	112.97
27.60	0.79	15.53	110.90	112.13



EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.553x ² + 15.81x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	13.37
ESF. ROT (kg/cm²):	114.32
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm²):	159111.17
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm²):	112.52

C. Ensayo de los morteros a compresión a los 7 días – muestra con 8% de adición de Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)				
PROBETA =M8 % (1-1)			MORTERO CON:	CCA (8% del peso de Cemento)
FECHA FABRIC.:		26/02/2018		
FECHA ENSAYO:		05/03/2018		
EDAD:	7 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf	
		AREA (cm2):	25.553	
		LONGITUD (mm):	50.000	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.98	0.00
4.00	0.02	0.40	15.96	5.89
6.00	0.03	0.60	23.94	8.77
8.00	0.04	0.80	31.92	11.61
10.00	0.04	0.80	39.91	11.61
12.00	0.08	1.60	47.89	22.58
14.00	0.14	2.80	55.87	37.84
16.00	0.20	4.00	63.85	51.65
18.00	0.26	5.20	71.83	64.03
20.00	0.31	6.20	79.81	73.24
22.00	0.38	7.60	87.79	84.45
24.00	0.45	9.00	95.77	93.71
26.00	0.52	10.40	103.75	101.00
28.00	0.61	12.20	111.74	107.50
28.10	0.66	13.20	112.14	109.71
27.25	0.80	16.00	108.74	110.57
26.30	0.88	17.60	104.95	107.54

EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.5x ² + 14.91x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	13.20
ESF. ROT (kg/cm ²):	112.14
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm ²):	157113.85
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm ²):	109.71

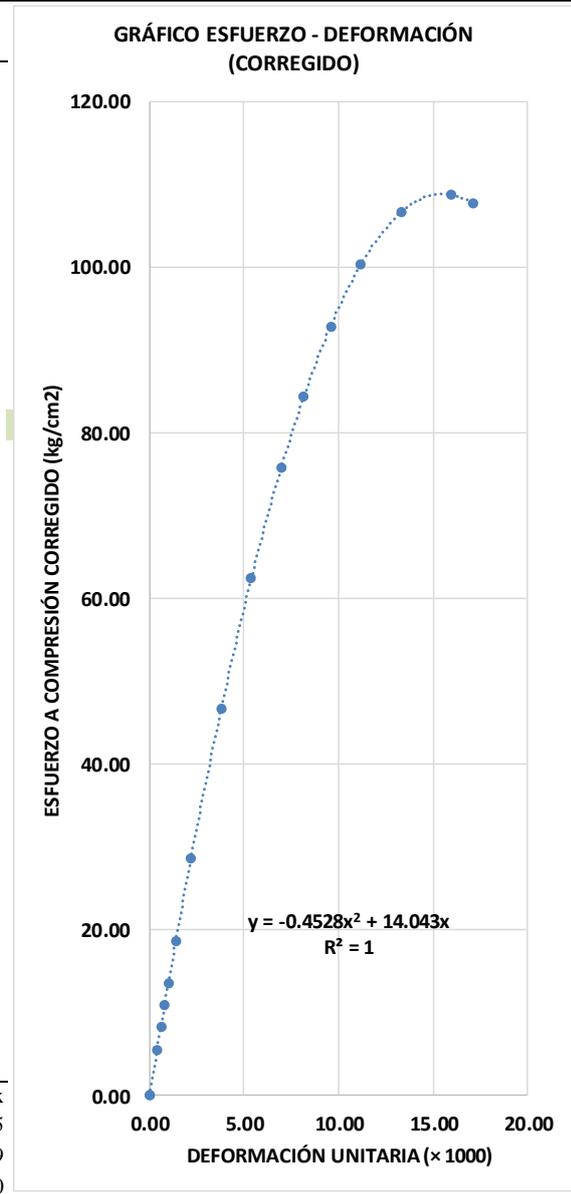
GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

$y = -0.5002x^2 + 14.914x$
 $R^2 = 1$

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

PROBETA = M 8 % (1-2)		MORTERO CON:	CCA (8% del peso de Cemento)
FECHA FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm ²):	25.684
FECHA ENSAYO:	05/03/2018	LONGITUD (mm):	50.180
EDAD:	7 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.94	0.00
4.00	0.02	0.40	15.88	5.53
6.00	0.03	0.60	23.82	8.23
8.00	0.04	0.80	31.76	10.91
10.00	0.05	1.00	39.70	13.54
12.00	0.07	1.39	47.64	18.71
14.00	0.11	2.19	55.58	28.61
16.00	0.19	3.79	63.52	46.68
18.00	0.27	5.38	71.46	62.45
20.00	0.35	6.97	79.40	75.92
22.00	0.41	8.17	87.34	84.51
24.00	0.48	9.57	95.28	92.90
26.00	0.56	11.16	103.22	100.32
27.73	0.67	13.35	110.09	106.78
27.38	0.80	15.94	108.70	108.79
26.83	0.86	17.14	106.52	107.67

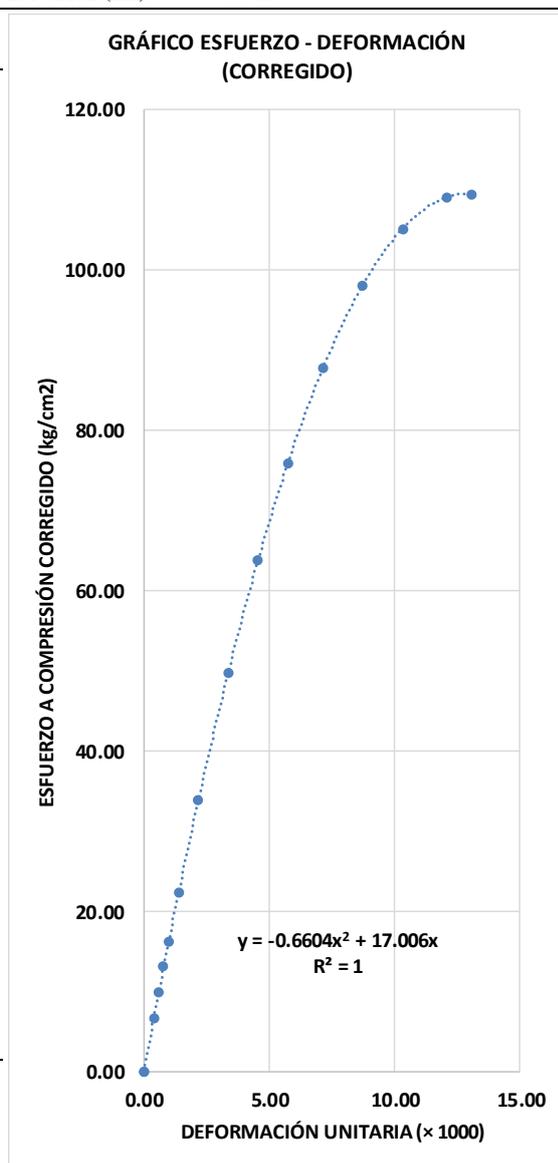


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.453x ² + 14.04x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	13.35
ESF. ROT (kg/cm ²):	110.09
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	154999.70
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm ²):	106.78

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

PROBETA = M 8 % (1-3)		MORTERO CON:	CCA (8% del peso de Cemento)
FECHA FABRIC.:		26/02/2018	
FECHA ENSAYO:		05/03/2018	AREA (cm2):
			25.278
EDAD:	7 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf
			LONGITUD (mm):
			50.440

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.07	0.00
4.00	0.02	0.40	16.14	6.64
6.00	0.03	0.59	24.20	9.88
8.00	0.04	0.79	32.27	13.07
10.00	0.05	0.99	40.34	16.21
12.00	0.07	1.39	48.41	22.33
14.00	0.11	2.18	56.47	33.95
16.00	0.17	3.37	64.54	49.81
18.00	0.23	4.56	72.61	63.81
20.00	0.29	5.75	80.68	75.95
22.00	0.36	7.14	88.75	87.74
24.00	0.44	8.72	96.81	98.10
26.00	0.52	10.31	104.88	105.13
27.87	0.61	12.09	112.42	109.08
27.81	0.66	13.08	112.18	109.45

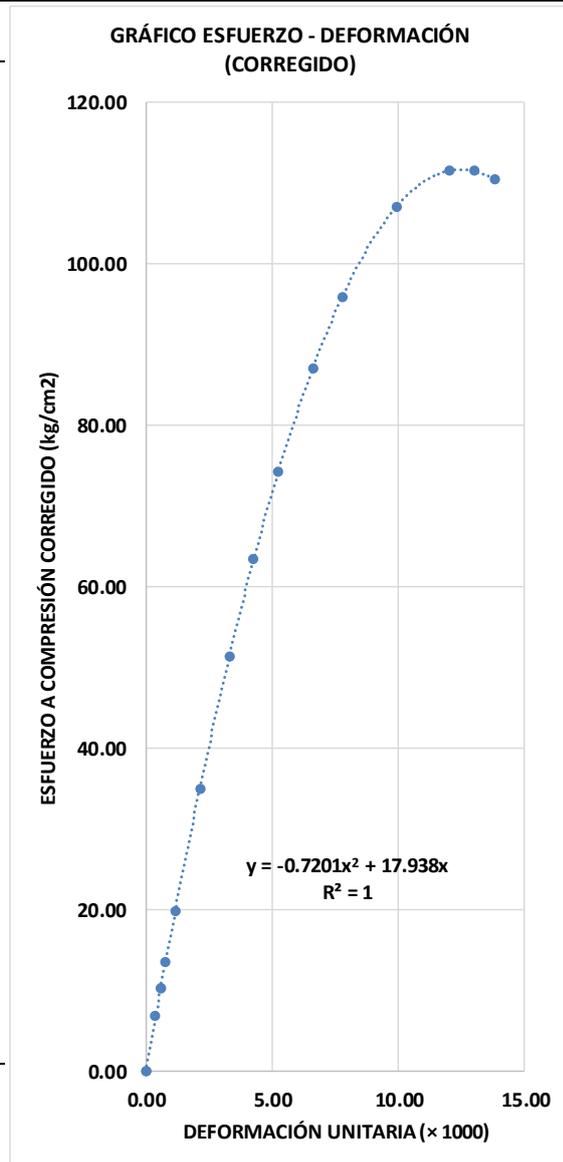


EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.66x^2 + 17.01x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	12.09
ESF. ROT (kg/cm²):	112.42
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):	156660.73
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm2):	109.08

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

PROBETA = M8 % (2-1)		MORTERO CON:	CCA (8% del peso de Cemento)
FECHA FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	24.978
FECHA ENSAYO:	05/03/2018	LONGITUD (mm):	51.480
EDAD:	7 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.16	0.00
4.00	0.02	0.39	16.33	6.86
6.00	0.03	0.58	24.49	10.21
8.00	0.03	0.58	32.66	10.21
10.00	0.04	0.78	40.82	13.50
12.00	0.06	1.17	48.99	19.93
14.00	0.11	2.14	57.15	35.04
16.00	0.17	3.30	65.32	51.38
18.00	0.22	4.27	73.48	63.51
20.00	0.27	5.24	81.65	74.27
22.00	0.34	6.60	89.81	87.06
24.00	0.40	7.77	97.98	95.90
26.00	0.51	9.91	106.14	107.03
27.57	0.62	12.04	112.55	111.59
27.37	0.67	13.01	111.74	111.48
26.86	0.71	13.79	109.66	110.42



EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.72x ² + 17.94x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	12.04
ESF. ROT (kg/cm ²):	112.55
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm ²):	158451.98
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm2):	111.59

D. Ensayo de los morteros a compresión a los 7 días – muestra con 10% de adición de Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)				
PROBETA = M10 % (1-1)			MORTERO CON: CCA (10% del peso de Cemento)	
FECHA FABRIC.:		26/02/2018		
FECHA ENSAYO:		05/03/2018		
EDAD:	7 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf	
		AREA (cm2):	25.200	
		LONGITUD (mm):	52.000	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.09	0.00
4.00	0.02	0.38	16.19	5.26
6.00	0.03	0.58	24.28	7.84
8.00	0.03	0.58	32.37	7.84
10.00	0.05	0.96	40.46	12.91
12.00	0.09	1.73	48.56	22.62
14.00	0.16	3.08	56.65	38.33
16.00	0.23	4.42	64.74	52.38
18.00	0.31	5.96	72.83	66.41
20.00	0.38	7.31	80.93	76.91
22.00	0.46	8.85	89.02	86.89
24.00	0.55	10.58	97.11	95.54
26.00	0.64	12.31	105.21	101.45
26.37	0.73	14.04	106.70	104.63
26.20	0.80	15.38	106.02	105.21

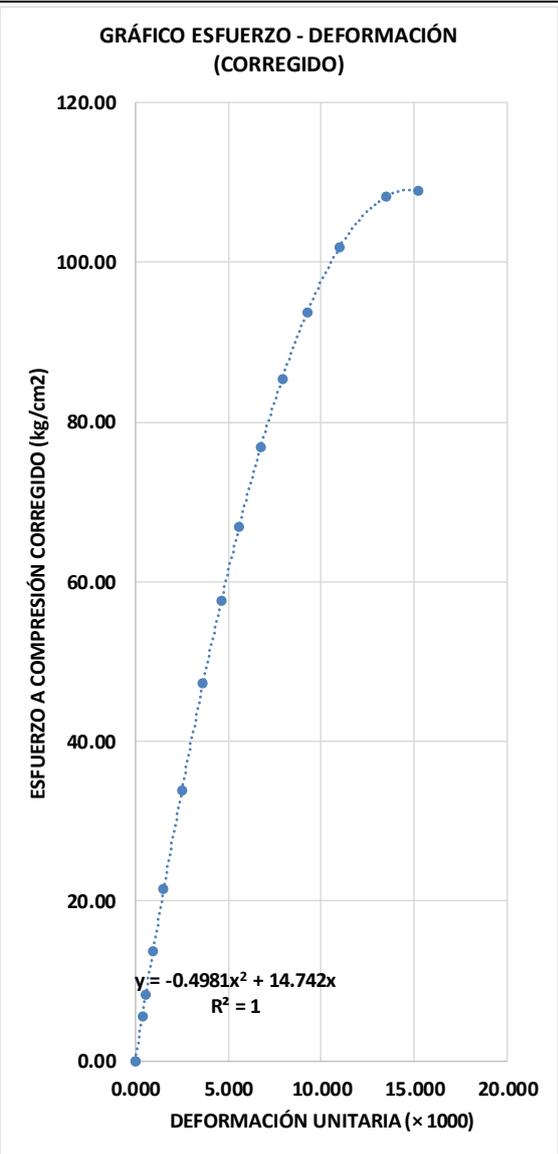
EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.456x ² + 13.86x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	14.04
ESF. ROT (kg/cm ²):	106.70
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm ²):	153432.04
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm2):	104.63

GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA = M 10 % (1-2)		MORTERO CON:	CCA (10% del peso de Cemento)
FECHA FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.270
FECHA ENSAYO:	05/03/2018	LONGITUD (mm):	51.880
EDAD:	7 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
2.00	0.00	0.000	8.07	0.00
4.00	0.02	0.386	16.14	5.61
6.00	0.03	0.578	24.21	8.36
8.00	0.05	0.964	32.28	13.75
10.00	0.08	1.542	40.35	21.55
12.00	0.13	2.506	48.42	33.81
14.00	0.19	3.662	56.49	47.31
16.00	0.24	4.626	64.56	57.54
18.00	0.29	5.590	72.63	66.84
20.00	0.35	6.746	80.70	76.78
22.00	0.41	7.903	88.77	85.39
24.00	0.48	9.252	96.85	93.76
26.00	0.57	10.987	104.92	101.84
27.19	0.70	13.493	109.72	108.23
27.05	0.79	15.227	109.15	108.98



EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.498x ² + 14.74x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	13.49
ESF. ROT (kg/cm ²):	109.72
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	156048.78
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm ²):	108.23

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)				
PROBETA = 10 % (1-3)			MORTERO CON:	CCA (10% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018		AREA (cm2):	25.301
FECHA DE ENSAYO:	05/03/2018		LONGITUD (mm):	51.900
EDAD:	7 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf	
CARGA (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.06	0.00
4.00	0.02	0.39	16.12	5.19
6.00	0.03	0.58	24.18	7.74
8.00	0.03	0.58	32.24	7.74
10.00	0.05	0.96	40.30	12.73
12.00	0.09	1.73	48.36	22.31
14.00	0.16	3.08	56.42	37.79
16.00	0.23	4.43	64.48	51.62
18.00	0.31	5.97	72.55	65.41
20.00	0.39	7.51	80.61	77.06
22.00	0.49	9.44	88.67	88.59
24.00	0.59	11.37	96.73	96.78
26.00	0.69	13.29	104.79	101.61
26.25	0.72	13.87	105.80	102.40
25.57	0.81	15.61	103.05	102.98
<i>EC. DE ESF. CORREGIDA:</i>			$-0.452x^2 + 13.65x$	
<i>DEF. ROT. UNIT. (×1000):</i>			13.87	
<i>ESF. ROT (kg/cm²):</i>			105.80	
<i>MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):</i>			151792.47	
<i>ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm2):</i>			102.40	

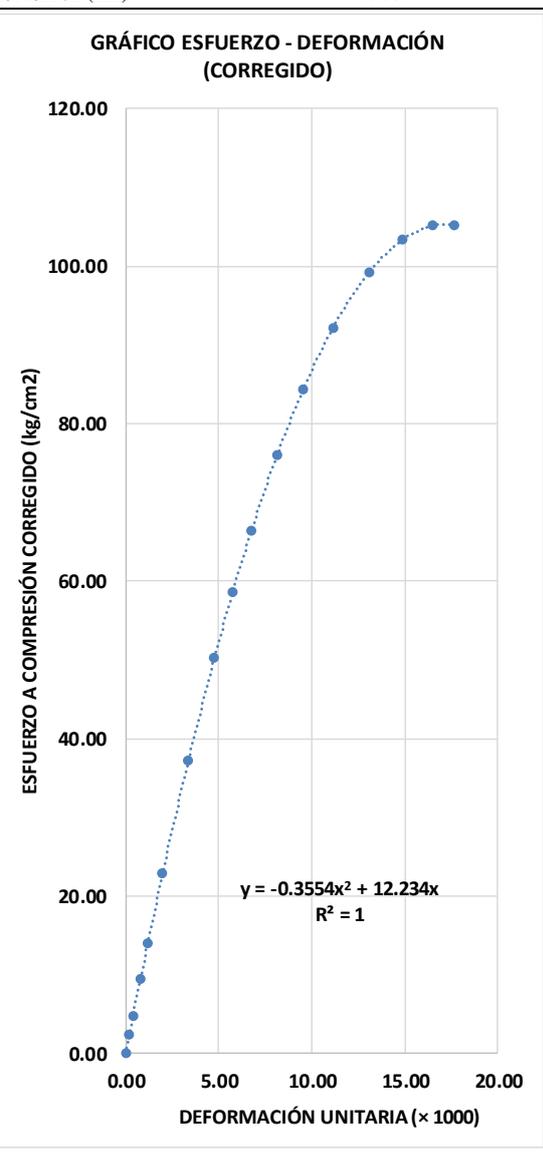
GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

$y = -0.4518x^2 + 13.649x$
 $R^2 = 1$

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

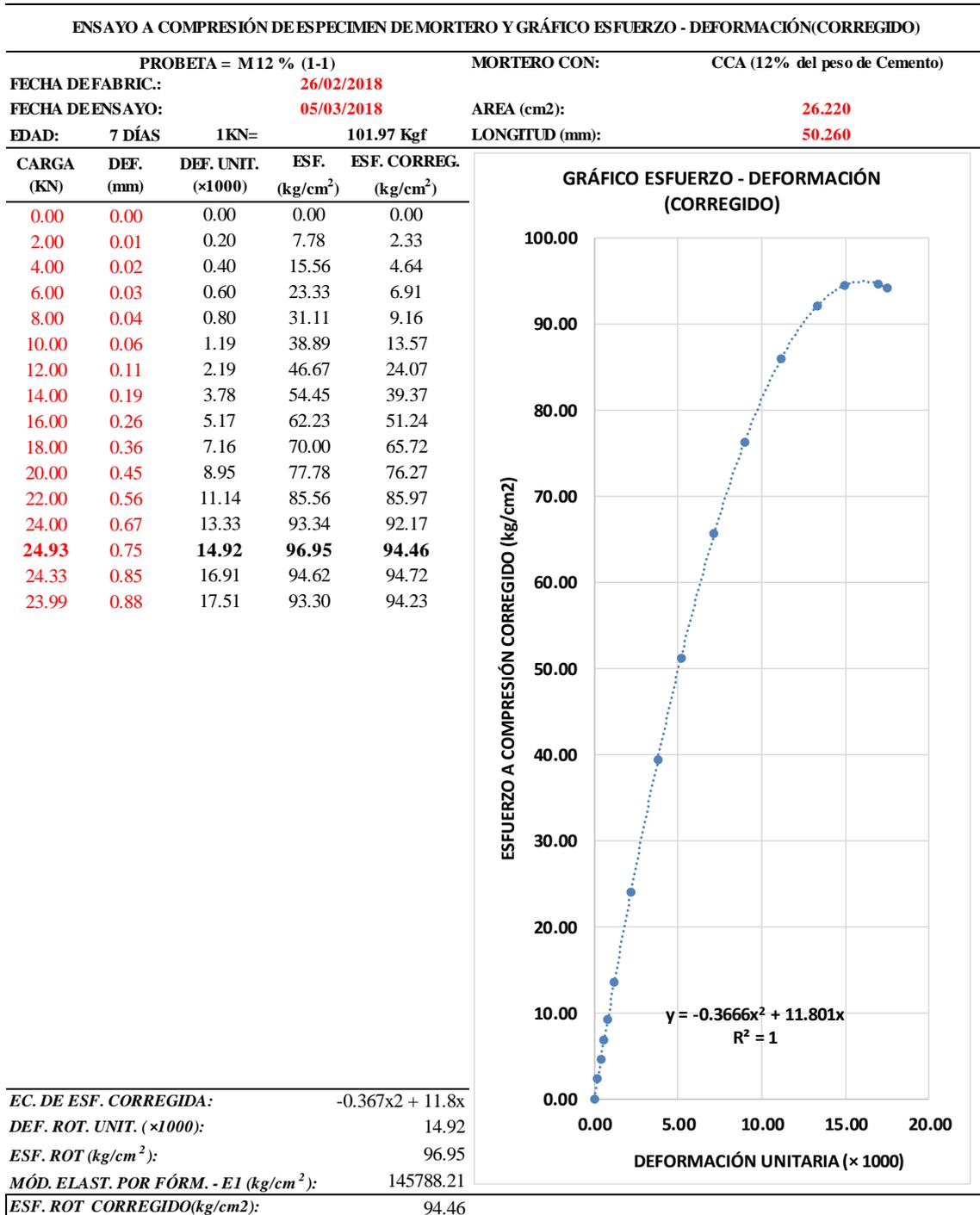
PROBETA = M10 % (2-1)		MORTERO CON:	CCA (10% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.: 26/02/2018		AREA (cm2):	25.725
FECHA DE ENSAYO: 05/03/2018		LONGITUD (mm):	50.380
EDAD: 7 DÍAS	1KN= 101.97 Kgf		

CARGA (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.01	0.20	7.93	2.41
4.00	0.02	0.40	15.86	4.80
6.00	0.04	0.79	23.78	9.49
8.00	0.06	1.19	31.71	14.07
10.00	0.10	1.98	39.64	22.88
12.00	0.17	3.37	47.57	37.23
14.00	0.24	4.76	55.49	50.21
16.00	0.29	5.76	63.42	58.64
18.00	0.34	6.75	71.35	66.37
20.00	0.41	8.14	79.28	76.02
22.00	0.48	9.53	87.21	84.29
24.00	0.56	11.12	95.13	92.07
26.00	0.66	13.10	103.06	99.27
26.87	0.75	14.89	106.51	103.36
26.61	0.83	16.47	105.48	105.08
26.17	0.89	17.666	103.74	105.20



EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.355x ² + 12.23x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	14.89
ESF. ROT (kg/cm ²):	106.51
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	152496.12
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm ²):	103.36

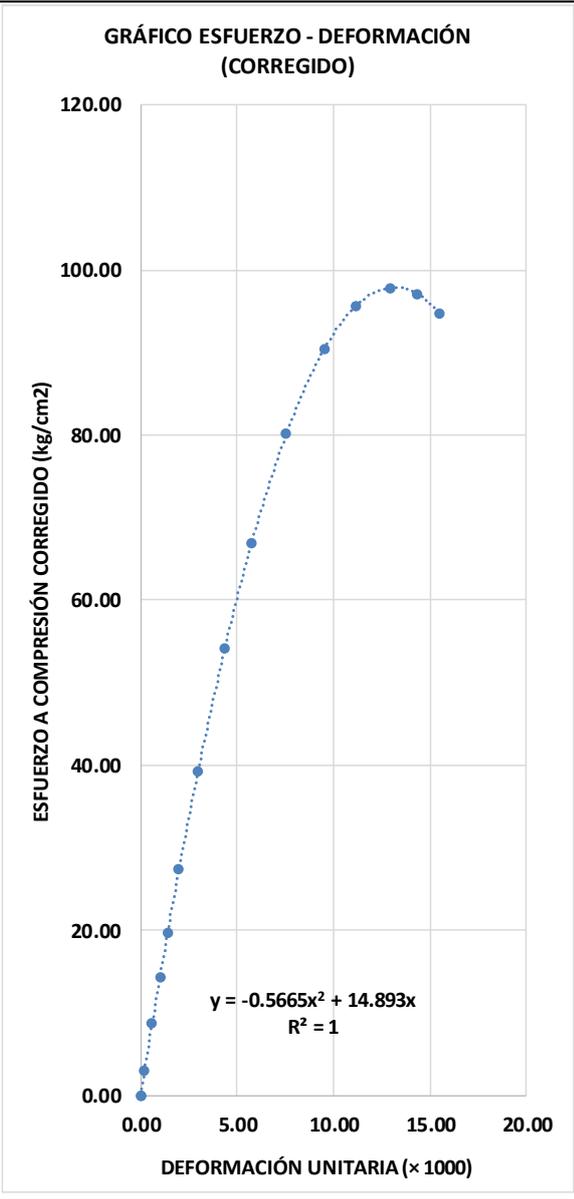
E. Ensayo de los morteros a compresión a los 7 días – muestra con 12% de adición de Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).



ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA = M 12 % (1-2)		MORTERO CON:	CCA (12% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.358
FECHA DE ENSAYO:	05/03/2018	LONGITUD (mm):	50.380
EDAD:	7 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf

CARGA (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.04	0.00
4.00	0.01	0.20	16.08	2.93
6.00	0.03	0.60	24.13	8.67
8.00	0.05	0.99	32.17	14.22
10.00	0.07	1.39	40.21	19.60
12.00	0.10	1.98	48.25	27.33
14.00	0.15	2.98	56.30	39.32
16.00	0.22	4.37	64.34	54.23
18.00	0.29	5.76	72.38	66.96
20.00	0.38	7.54	80.42	80.10
22.00	0.48	9.53	88.47	90.47
24.00	0.56	11.12	96.51	95.55
24.47	0.65	12.90	98.40	97.85
23.95	0.72	14.29	96.31	97.14
23.32	0.78	15.48	93.77	94.79

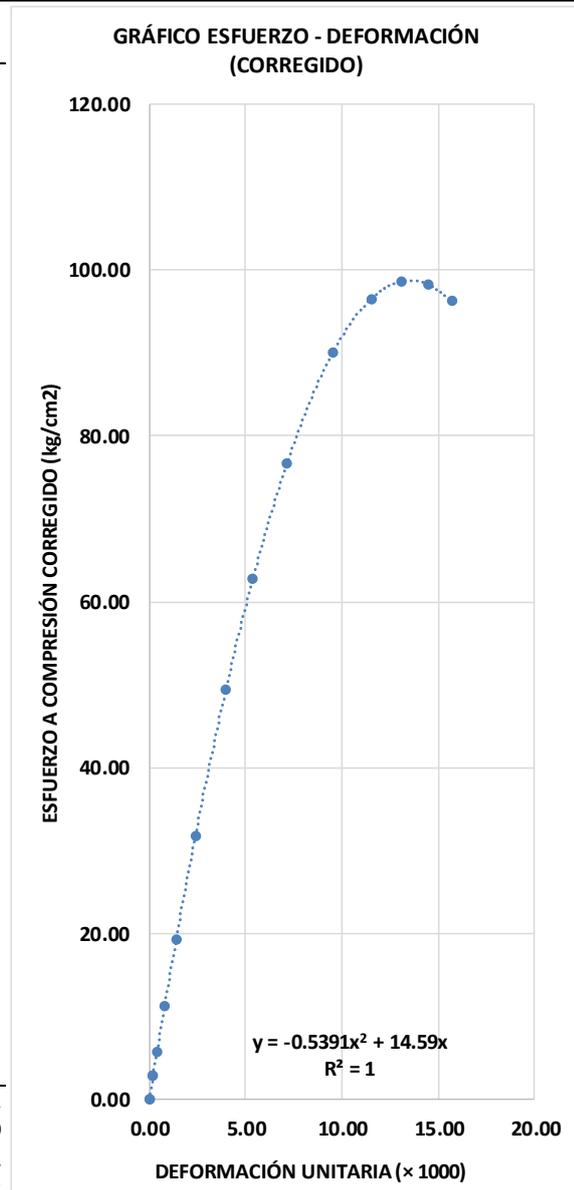


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.567x ² + 14.89x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	12.90
ESF. ROT (kg/cm ²):	98.40
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	148377.16
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm ²):	97.85

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA = M12 % (1-3)		MORTERO CON:		CCA (12% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	FECHA DE ENSAYO:	05/03/2018	AREA (cm2):
EDAD:	7 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf	LONGITUD (mm):
				25.378
				50.380

CARGA (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.04	0.00
4.00	0.01	0.20	16.07	2.87
6.00	0.01	0.20	24.11	2.87
8.00	0.02	0.40	32.14	5.71
10.00	0.04	0.79	40.18	11.24
12.00	0.07	1.39	48.22	19.23
14.00	0.12	2.38	56.25	31.69
16.00	0.20	3.97	64.29	49.43
18.00	0.27	5.36	72.32	62.71
20.00	0.36	7.15	80.36	76.73
22.00	0.48	9.53	88.40	90.07
24.00	0.58	11.51	96.43	96.52
24.67	0.66	13.10	99.12	98.62
24.30	0.73	14.49	97.64	98.22
23.43	0.79	15.68	94.14	96.23

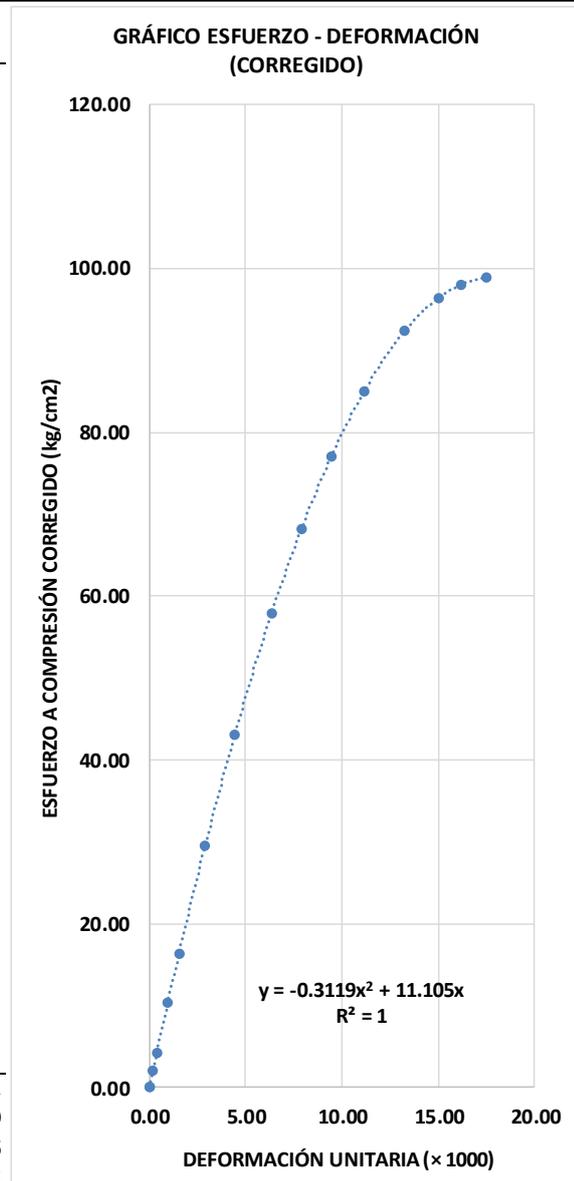


EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.539x^2 + 14.59x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	13.10
ESF. ROT (kg/cm²):	99.12
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):	148960.35
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm2):	98.62

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA = M12 % (2-1)		MORTERO CON:		CCA (12% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018			
FECHA DE ENSAYO:	05/03/2018	AREA (cm2):	25.432	
EDAD:	7 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf	LONGITUD (mm):
				52.000

CARGA (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.02	0.00
4.00	0.01	0.19	16.04	2.12
6.00	0.02	0.38	24.06	4.23
8.00	0.05	0.96	32.08	10.39
10.00	0.08	1.54	40.10	16.35
12.00	0.15	2.88	48.11	29.44
14.00	0.23	4.42	56.13	43.02
16.00	0.33	6.35	64.15	57.91
18.00	0.41	7.88	72.17	68.17
20.00	0.49	9.42	80.19	76.95
22.00	0.58	11.15	88.21	85.06
24.00	0.69	13.27	96.23	92.44
25.08	0.78	15.00	100.56	96.40
24.98	0.84	16.15	100.16	98.00
24.45	0.91	17.50	98.03	98.82



EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.312x^2 + 11.11x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	15.00
ESF. ROT (kg/cm²):	100.56
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):	147273.85
ESF. ROT CORREGIDO(kg/cm2):	96.40

2. Ensayo de los morteros a compresión a los 14 días.

A. Ensayo de los morteros a compresión a los 14 días – muestra patrón.

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)				
MORTERO DE CONTROL	PROBETA=MP-(4-1)		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMAYO
FECHA DE FABRIC.:	19/02/2018		AREA (cm2):	25.983
FECHA DE ENSAYO:	05/03/2018		LONGITUD (mm):	51.22
EDAD:	14 DÍAS	1KN=	101.97 Kg	
CARGA (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.01	0.20	7.85	2.17
4.00	0.02	0.39	15.70	4.33
6.00	0.03	0.59	23.55	6.46
8.00	0.05	0.98	31.40	10.67
10.00	0.11	2.15	39.24	22.84
12.00	0.17	3.32	47.09	34.32
14.00	0.22	4.30	54.94	43.36
16.00	0.28	5.47	62.79	53.57
18.00	0.36	7.03	70.64	66.12
20.00	0.41	8.00	78.49	73.34
22.00	0.47	9.18	86.34	81.37
24.00	0.55	10.74	94.19	91.00
26.00	0.62	12.10	102.04	98.42
28.00	0.68	13.28	109.88	104.03
30.00	0.76	14.84	117.73	110.44
30.84	0.84	16.40	121.03	115.63
30.21	0.90	17.57	118.56	118.71

EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.252x ² + 11.18x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.40
ESF. ROT (kg/cm ²):	121.03
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	161294.70
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	115.63

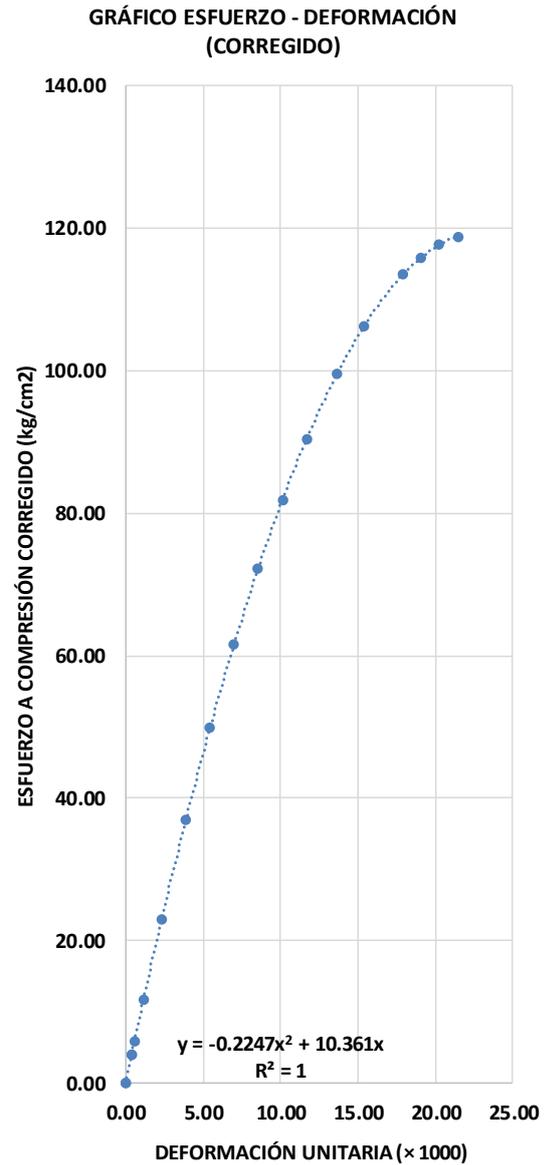
GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

DEF. UNIT. (×1000)	ESFUERZO A COMPRESIÓN CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00
0.20	2.17
0.39	4.33
0.59	6.46
0.98	10.67
2.15	22.84
3.32	34.32
4.30	43.36
5.47	53.57
7.03	66.12
8.00	73.34
9.18	81.37
10.74	91.00
12.10	98.42
13.28	104.03
14.84	110.44
16.40	115.63
17.57	118.71

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

MORTERO DE CONTROL	PROBETA = MP (4-2)	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMAYO
FECHA DE FABRIC.:	19/02/2018	AREA (cm2):	25.633
FECHA DE ENSAYO:	05/03/2018	LONGITUD (mm):	51.32
EDAD: 14 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf	

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.96	0.00
4.00	0.02	0.39	15.91	4.00
6.00	0.02	0.39	23.87	4.00
8.00	0.03	0.58	31.82	5.98
10.00	0.06	1.17	39.78	11.81
12.00	0.12	2.34	47.74	23.00
14.00	0.20	3.90	55.69	36.96
16.00	0.28	5.46	63.65	49.84
18.00	0.36	7.01	71.60	61.62
20.00	0.44	8.57	79.56	72.31
22.00	0.52	10.13	87.52	81.91
24.00	0.60	11.69	95.47	90.42
26.00	0.70	13.64	103.43	99.51
28.00	0.79	15.39	111.39	106.24
30.00	0.92	17.93	119.34	113.52
30.37	0.98	19.10	120.81	115.91
30.25	1.04	20.27	120.34	117.68
29.57	1.10	21.43	117.63	118.84

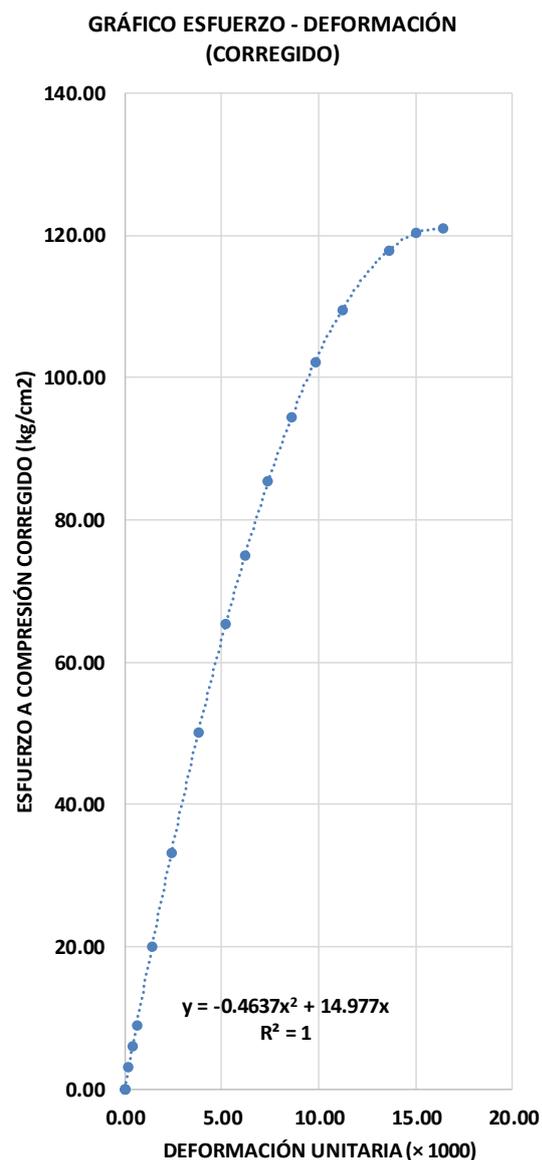


EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.225x^2 + 10.36x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	19.10
ESF. ROT (kg/cm ²):	120.81
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	161492.38
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	115.91

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

MORTERO DE CONTROL	PROBETA=MP(4-3)	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMAYO
FECHA DE FABRIC.:	19/02/2018	AREA (cm2):	26.367
FECHA DE ENSAYO:	05/03/2018	LONGITUD (mm):	50.00
EDAD: 14 DÍAS	1KN= 101.97 Kgf		

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.73	0.00
4.00	0.00	0.00	15.47	0.00
6.00	0.00	0.00	23.20	0.00
8.00	0.01	0.20	30.94	2.98
10.00	0.02	0.40	38.67	5.92
12.00	0.03	0.60	46.41	8.82
14.00	0.07	1.40	54.14	20.06
16.00	0.12	2.40	61.88	33.27
18.00	0.19	3.80	69.61	50.22
20.00	0.26	5.20	77.35	65.34
22.00	0.31	6.20	85.08	75.04
24.00	0.37	7.40	92.81	85.44
26.00	0.43	8.60	100.55	94.51
28.00	0.49	9.80	108.28	102.24
30.00	0.56	11.20	116.02	109.58
31.88	0.68	13.60	123.29	117.93
31.59	0.75	15.00	122.17	120.33
30.86	0.82	16.40	119.34	120.91

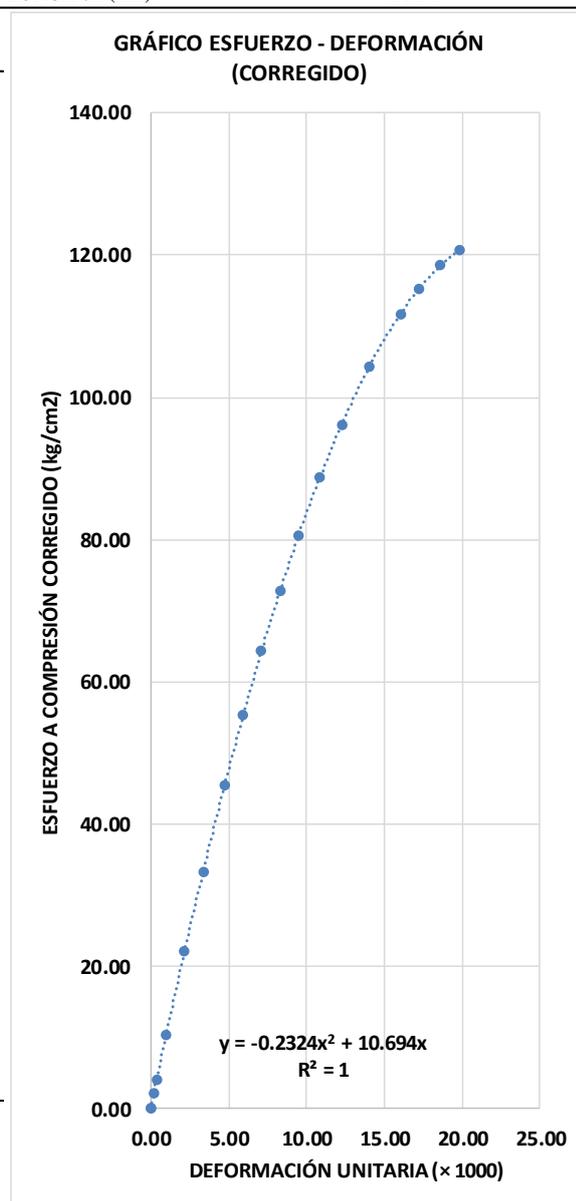


EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.464x^2 + 14.98x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	13.60
ESF. ROT (kg/cm ²):	123.29
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	162890.99
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	117.93

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

MORTERO DE CONTROL	PROBETA=MP(5-1)	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMAYO
FECHA DE FABRIC.:	19/02/2018	AREA (cm2):	25.969
FECHA DE ENSAYO:	05/03/2018	LONGITUD (mm):	50.54
EDAD:	14 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.85	0.00
4.00	0.01	0.20	15.71	2.11
6.00	0.02	0.40	23.56	4.20
8.00	0.05	0.99	31.41	10.35
10.00	0.11	2.18	39.27	22.18
12.00	0.17	3.36	47.12	33.34
14.00	0.24	4.75	54.97	45.54
16.00	0.30	5.94	62.83	55.29
18.00	0.36	7.12	70.68	64.39
20.00	0.42	8.31	78.53	72.82
22.00	0.48	9.50	86.39	80.61
24.00	0.55	10.88	94.24	88.86
26.00	0.62	12.27	102.09	96.22
28.00	0.71	14.05	109.95	104.37
30.00	0.81	16.03	117.80	111.70
30.90	0.87	17.21	121.33	115.23
30.72	0.94	18.60	120.63	118.51
30.39	1.00	19.79	119.33	120.62

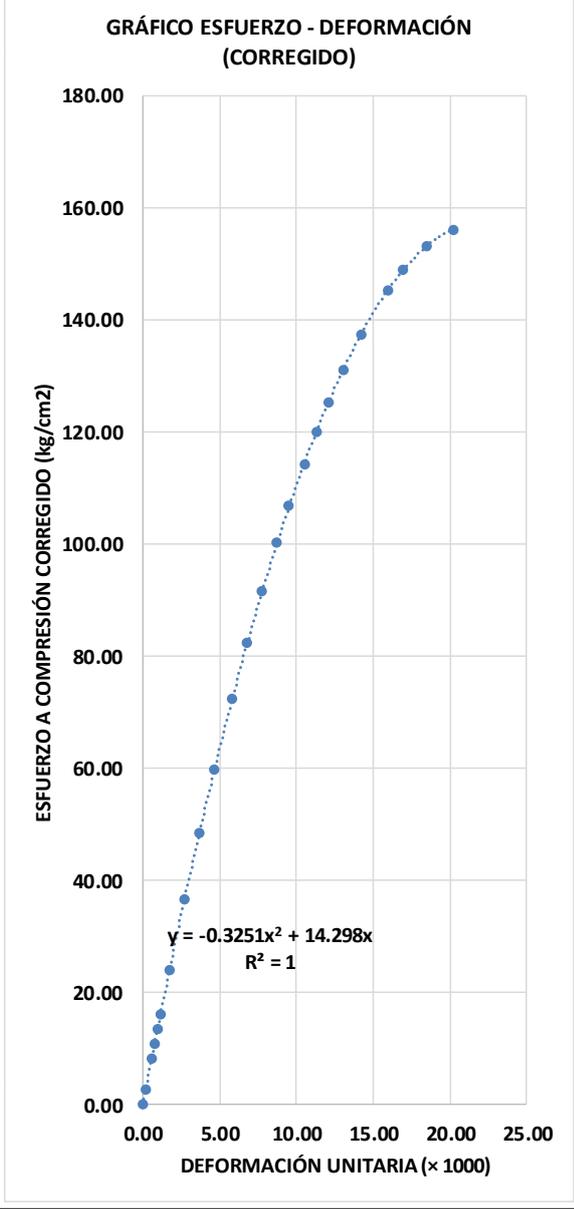


EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.232x^2 + 10.69x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	17.21
ESF. ROT (kg/cm²):	121.33
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):	161017.18
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	115.23

B. Ensayo de los morteros a compresión a los 14 días – muestra con 6% de adición de Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
PROBETA=M6% (4-2)			MORTERO CON: CCA (6% del peso de Cemento)	
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018		AREA (cm2):	26.212
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018		LONGITUD (mm):	51.380
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.01	0.19	7.78	2.77
4.00	0.03	0.58	15.56	8.24
6.00	0.04	0.78	23.34	10.93
8.00	0.05	0.97	31.12	13.61
10.00	0.06	1.17	38.90	16.25
12.00	0.09	1.75	46.68	24.05
14.00	0.14	2.72	54.46	36.55
16.00	0.19	3.70	62.24	48.43
18.00	0.24	4.67	70.02	59.69
20.00	0.30	5.84	77.80	72.40
22.00	0.35	6.81	85.59	82.31
24.00	0.40	7.79	93.37	91.61
26.00	0.45	8.76	101.15	100.29
28.00	0.49	9.54	108.93	106.79
30.00	0.54	10.51	116.71	114.36
32.00	0.58	11.29	124.49	119.98
34.00	0.62	12.07	132.27	125.20
36.00	0.67	13.04	140.05	131.17
38.00	0.73	14.21	147.83	137.52
40.00	0.82	15.96	155.61	145.39
40.18	0.87	16.93	156.31	148.89
39.64	0.95	18.49	154.21	153.23
38.49	1.04	20.24	149.74	156.22

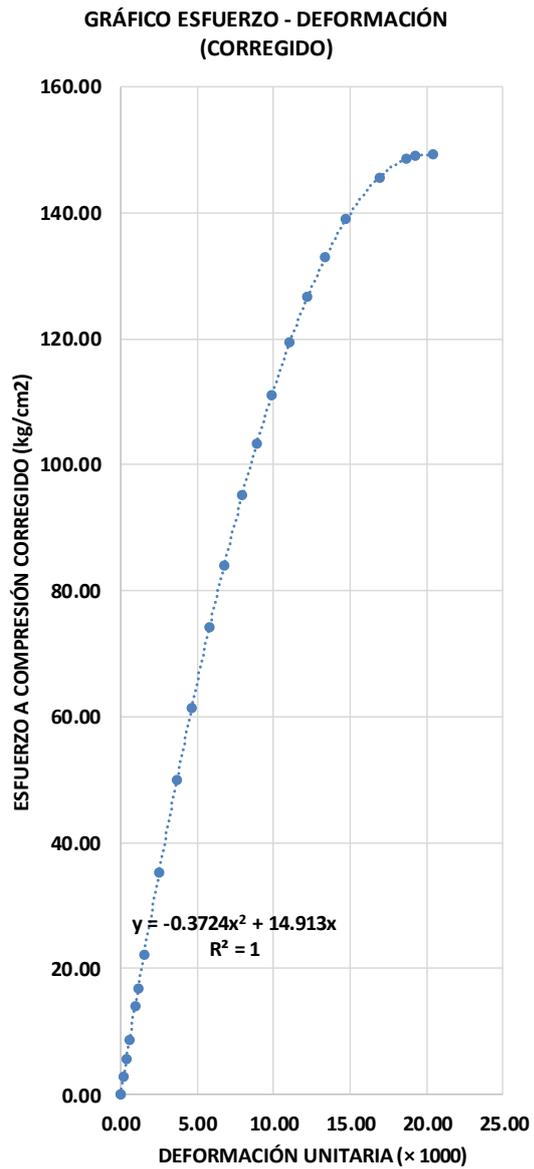
EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.325x ² + 14.3x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.93
ESF. ROT (kg/cm ²):	156.31
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	183033.10
ESF. ROT. CORREGIDO (kg/cm ²):	148.89



ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA = M6% (4-3)		MORTERO CON:	CCA (6% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	26.296
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018	LONGITUD (mm):	51.520
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.76	0.00
4.00	0.01	0.19	15.51	2.88
6.00	0.02	0.39	23.27	5.73
8.00	0.03	0.58	31.02	8.56
10.00	0.05	0.97	38.78	14.12
12.00	0.06	1.16	46.53	16.86
14.00	0.08	1.55	54.29	22.26
16.00	0.13	2.52	62.04	35.26
18.00	0.19	3.69	69.80	49.93
20.00	0.24	4.66	77.55	61.39
22.00	0.30	5.82	85.31	74.21
24.00	0.35	6.79	93.07	84.12
26.00	0.41	7.96	100.82	95.09
28.00	0.46	8.93	108.58	103.46
30.00	0.51	9.90	116.33	111.13
32.00	0.57	11.06	124.09	119.41
34.00	0.63	12.23	131.84	126.67
36.00	0.69	13.39	139.60	132.93
38.00	0.76	14.75	147.35	138.95
39.61	0.87	16.89	153.60	145.63
39.09	0.96	18.63	151.58	148.57
38.45	0.99	19.22	149.10	149.05
37.30	1.05	20.38	144.64	149.25

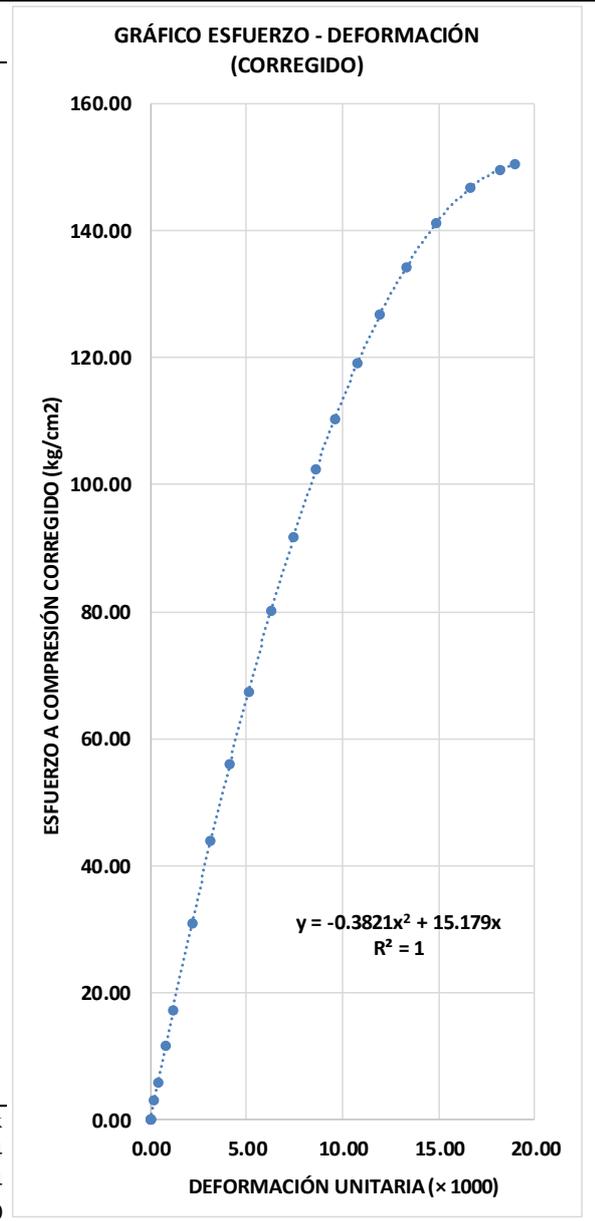


EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.372x^2 + 14.91x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.89
ESF. ROT (kg/cm²):	153.60
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm²):	181016.86
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	145.63

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

PROBETA = M 6 % (5-1)			MORTERO CON:		CCA (6% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018		AREA (cm ²):	25.986	
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018		LONGITUD (mm):	51.080	
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf		

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.85	0.00
4.00	0.00	0.00	15.70	0.00
6.00	0.00	0.00	23.54	0.00
8.00	0.01	0.20	31.39	2.96
10.00	0.02	0.39	39.24	5.88
12.00	0.04	0.78	47.09	11.65
14.00	0.06	1.17	54.94	17.30
16.00	0.11	2.15	62.78	30.92
18.00	0.16	3.13	70.63	43.80
20.00	0.21	4.11	78.48	55.95
22.00	0.26	5.09	86.33	67.36
24.00	0.32	6.26	94.18	80.10
26.00	0.38	7.44	102.02	91.77
28.00	0.44	8.61	109.87	102.40
30.00	0.49	9.59	117.72	110.45
32.00	0.55	10.77	125.57	119.14
34.00	0.61	11.94	133.42	126.78
36.00	0.68	13.31	141.27	134.35
38.00	0.76	14.88	149.11	141.26
39.51	0.85	16.64	155.04	146.78
38.81	0.93	18.21	152.29	149.70
37.80	0.97	18.99	148.33	150.46

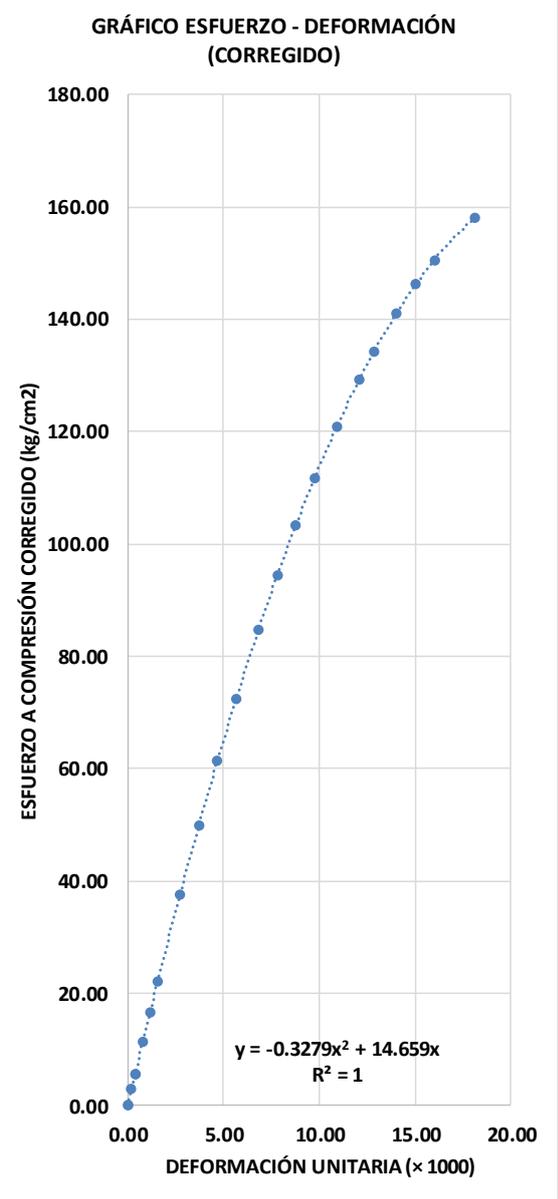


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.382x ² + 15.18x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.64
ESF. ROT (kg/cm ²):	155.04
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	181729.50
ESF. ROT. CORREGIDO (kg/cm ²):	146.78

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

PROBETA = M6% (5-2)		MORTERO CON:	CCA (6% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.790
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018	LONGITUD (mm):	51.300
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.91	0.00
4.00	0.01	0.19	15.82	2.84
6.00	0.02	0.39	23.72	5.67
8.00	0.02	0.39	31.63	5.67
10.00	0.04	0.78	39.54	11.23
12.00	0.06	1.17	47.45	16.70
14.00	0.08	1.56	55.35	22.06
16.00	0.14	2.73	63.26	37.56
18.00	0.19	3.70	71.17	49.79
20.00	0.24	4.68	79.08	61.40
22.00	0.29	5.65	86.98	72.39
24.00	0.35	6.82	94.89	84.75
26.00	0.40	7.80	102.80	94.36
28.00	0.45	8.77	110.71	103.35
30.00	0.50	9.75	118.62	111.72
32.00	0.56	10.92	126.52	120.94
34.00	0.62	12.09	134.43	129.27
36.00	0.66	12.87	142.34	134.32
38.00	0.72	14.04	150.25	141.14
40.00	0.77	15.01	158.15	146.15
40.50	0.82	15.98	160.13	150.53
40.18	0.93	18.13	158.87	157.98



EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.328x^2 + 14.66x$
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	15.98
ESF. ROT (kg/cm²):	160.13
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):	184036.60
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	150.53

C. Ensayo de los morteros a compresión a los 14 días – muestra con 8 % de adición de Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)				
PROBETA = M8% (4-2)			MORTERO CON: CCA (8% del peso de Cemento)	
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018		AREA (cm2):	25.522
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018		LONGITUD (mm):	50.200
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.99	0.00
4.00	0.00	0.00	15.98	0.00
6.00	0.03	0.60	23.97	8.79
8.00	0.05	1.00	31.96	14.49
10.00	0.07	1.39	39.95	20.08
12.00	0.12	2.39	47.94	33.51
14.00	0.17	3.39	55.94	46.18
16.00	0.21	4.18	63.93	55.76
18.00	0.25	4.98	71.92	64.86
20.00	0.29	5.78	79.91	73.47
22.00	0.33	6.57	87.90	81.60
24.00	0.38	7.57	95.89	91.07
26.00	0.42	8.37	103.88	98.10
28.00	0.47	9.36	111.87	106.20
30.00	0.52	10.36	119.86	113.54
32.00	0.59	11.75	127.85	122.54
34.00	0.67	13.35	135.84	130.99
36.00	0.75	14.94	143.83	137.50
36.25	0.79	15.74	144.83	140.02
35.90	0.84	16.73	143.43	142.49
35.38	0.90	17.93	141.36	144.45

EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.384x2 + 14.93x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	15.74
ESF. ROT (kg/cm ²):	144.83
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm ²):	177496.77
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	140.02

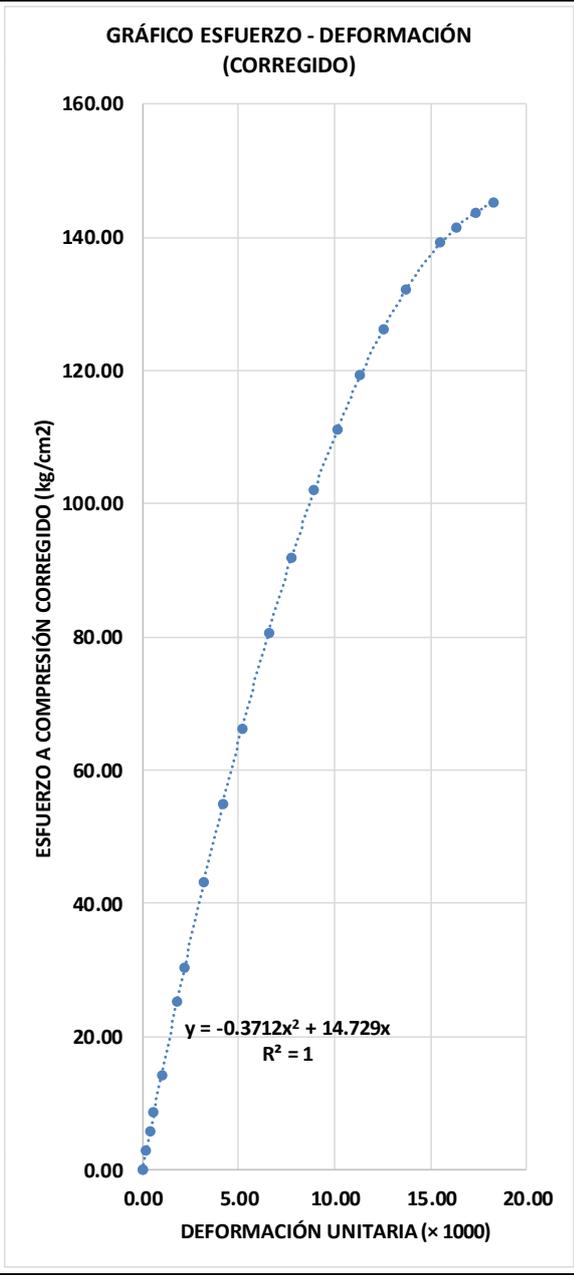
GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

$y = -0.3836x^2 + 14.934x$
 $R^2 = 1$

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

PROBETA = M8 % (4-3)			MORTERO CON:		CCA (8% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018		AREA (cm2):	24.967	
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018		LONGITUD (mm):	50.300	
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf		

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.17	0.00
4.00	0.01	0.20	16.34	2.91
6.00	0.02	0.40	24.51	5.80
8.00	0.03	0.60	32.67	8.65
10.00	0.05	0.99	40.84	14.27
12.00	0.09	1.79	49.01	25.17
14.00	0.11	2.19	57.18	30.43
16.00	0.16	3.18	65.35	43.09
18.00	0.21	4.17	73.52	55.02
20.00	0.26	5.17	81.68	66.21
22.00	0.33	6.56	89.85	80.65
24.00	0.39	7.75	98.02	91.88
26.00	0.45	8.95	106.19	102.06
28.00	0.51	10.14	114.36	111.18
30.00	0.57	11.33	122.53	119.24
32.00	0.63	12.52	130.69	126.24
34.00	0.69	13.72	138.86	132.19
36.00	0.78	15.51	147.03	139.14
36.24	0.82	16.30	148.01	141.46
35.89	0.87	17.30	146.58	143.70
35.37	0.92	18.29	144.46	145.21

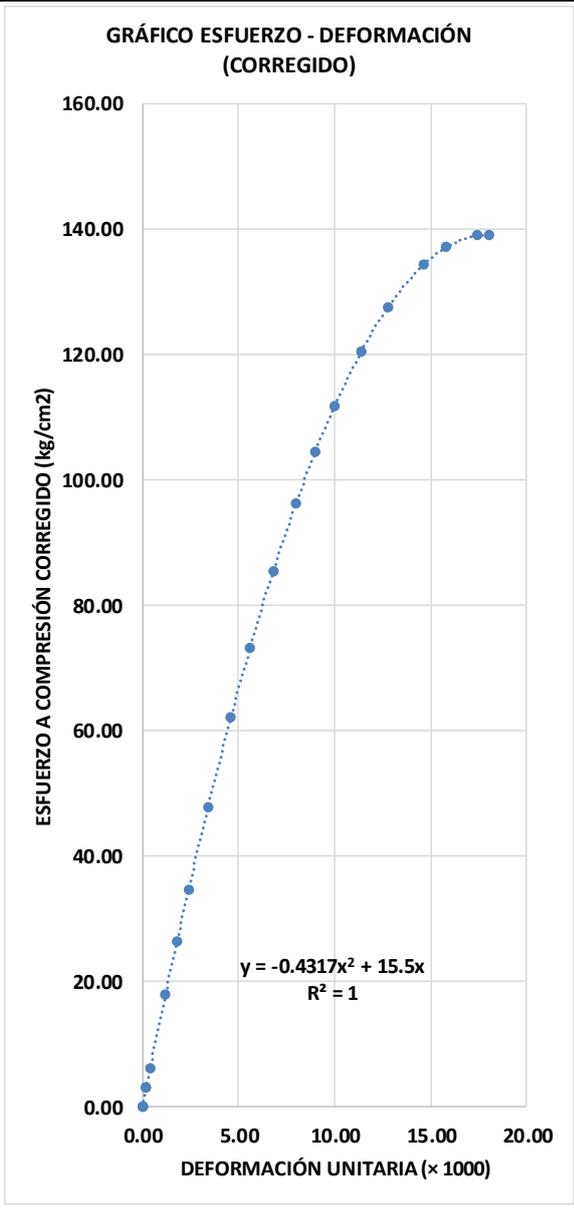


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.371x ² + 14.73x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.30
ESF. ROT (kg/cm ²):	148.01
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	178405.30
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	141.46

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

PROBETA = M8 % (5-1)			MORTERO CON:		CON PUZOLANA (8% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.: 26/02/2018					
FECHA DE ENSAYO: 12/03/2018			AREA (cm ²):		25.990
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf	LONGITUD (mm):	50.000

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.85	0.00
4.00	0.00	0.00	15.69	0.00
6.00	0.01	0.20	23.54	3.08
8.00	0.01	0.20	31.39	3.08
10.00	0.02	0.40	39.23	6.13
12.00	0.06	1.20	47.08	17.98
14.00	0.09	1.80	54.93	26.50
16.00	0.12	2.40	62.78	34.71
18.00	0.17	3.40	70.62	47.71
20.00	0.23	4.60	78.47	62.17
22.00	0.28	5.60	86.32	73.26
24.00	0.34	6.80	94.16	85.44
26.00	0.40	8.00	102.01	96.38
28.00	0.45	9.00	109.86	104.54
30.00	0.50	10.00	117.70	111.83
32.00	0.57	11.40	125.55	120.60
34.00	0.64	12.80	133.40	127.68
36.00	0.73	14.60	141.25	134.29
36.72	0.79	15.80	144.07	137.14
35.50	0.87	17.40	139.28	139.01
34.55	0.90	18.00	135.56	139.14

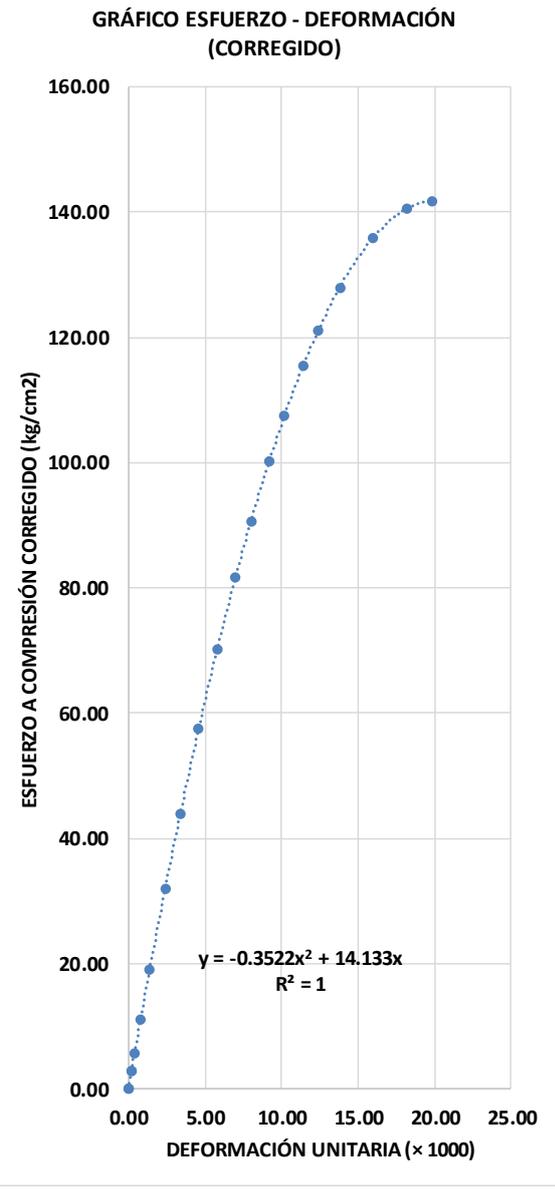


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.432x ² + 15.5x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	15.80
ESF. ROT (kg/cm ²):	144.07
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	175659.02
ESF. ROT. CORREGIDO (kg/cm ²):	137.14

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA = M8 % (5-2)		MORTERO CON:	CCA (8% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.204
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018	LONGITUD (mm):	50.000
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.09	0.00
4.00	0.01	0.20	16.18	2.81
6.00	0.01	0.20	24.27	2.81
8.00	0.02	0.40	32.37	5.60
10.00	0.04	0.80	40.46	11.08
12.00	0.07	1.40	48.55	19.10
14.00	0.12	2.40	56.64	31.89
16.00	0.17	3.40	64.73	43.98
18.00	0.23	4.60	72.82	57.56
20.00	0.29	5.80	80.92	70.12
22.00	0.35	7.00	89.01	81.67
24.00	0.40	8.00	97.10	90.52
26.00	0.46	9.20	105.19	100.21
28.00	0.51	10.20	113.28	107.51
30.00	0.57	11.40	121.37	115.34
32.00	0.62	12.40	129.46	121.09
34.00	0.69	13.80	137.56	127.96
35.69	0.80	16.00	144.39	135.96
35.05	0.91	18.20	141.80	140.56
34.34	0.99	19.80	138.93	141.76



EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.352x ² + 14.13x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.00
ESF. ROT (kg/cm ²):	144.39
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm ²):	174905.47
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm ²):	135.96

D. Ensayo de los morteros a compresión a los 14 días – muestra con 10% de adición de Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)				
PROBETA = M10 % (4-2)			MORTERO CON:	CCA (10% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018		AREA (cm2):	25.674
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018		LONGITUD (mm):	50.980
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.94	0.00
4.00	0.02	0.39	15.89	5.50
6.00	0.03	0.59	23.83	8.21
8.00	0.04	0.78	31.77	10.88
10.00	0.07	1.37	39.72	18.75
12.00	0.12	2.35	47.66	31.28
14.00	0.17	3.33	55.61	43.09
16.00	0.21	4.12	63.55	52.02
18.00	0.27	5.30	71.49	64.56
20.00	0.32	6.28	79.44	74.22
22.00	0.38	7.45	87.38	84.87
24.00	0.43	8.43	95.32	92.95
26.00	0.48	9.42	103.27	100.31
28.00	0.53	10.40	111.21	106.96
30.00	0.58	11.38	119.15	112.89
32.00	0.65	12.75	127.10	119.99
34.00	0.74	14.52	135.04	127.05
34.16	0.79	15.50	135.68	129.97
33.61	0.88	17.26	133.49	133.42
32.88	0.98	19.22	130.59	134.52

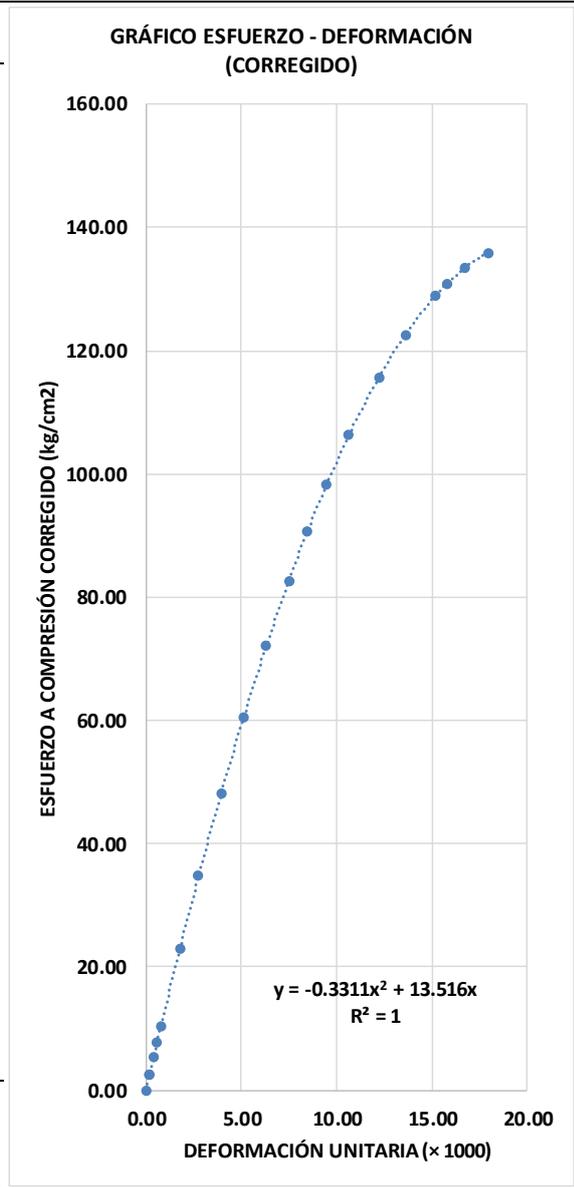
EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.373x2 + 14.16x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	15.50
ESF. ROT (kg/cm ²):	135.68
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm ²):	171007.76
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	129.97

GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA = M 10 % (4-3)		MORTERO CON:	CCA (10% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.311
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018	LONGITUD (mm):	50.780
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.01	0.20	8.06	2.65
4.00	0.01	0.20	16.11	2.65
6.00	0.02	0.39	24.17	5.27
8.00	0.03	0.59	32.23	7.87
10.00	0.04	0.79	40.29	10.44
12.00	0.09	1.77	48.34	22.92
14.00	0.14	2.76	56.40	34.75
16.00	0.20	3.94	64.46	48.10
18.00	0.26	5.12	72.52	60.53
20.00	0.32	6.30	80.57	72.03
22.00	0.38	7.48	88.63	82.61
24.00	0.43	8.47	96.69	90.71
26.00	0.48	9.45	104.75	98.18
28.00	0.54	10.63	112.80	106.29
30.00	0.62	12.21	120.86	115.67
32.00	0.69	13.59	128.92	122.53
34.00	0.77	15.16	136.98	128.83
34.14	0.80	15.75	137.54	130.76
33.87	0.85	16.74	136.45	133.48
33.36	0.91	17.92	134.40	135.89

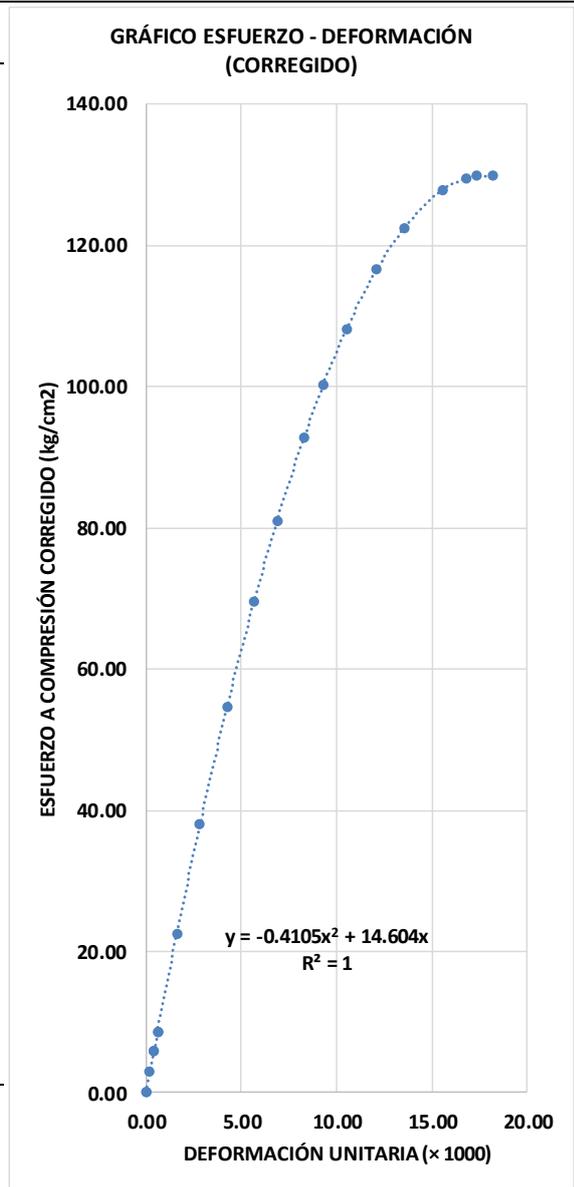


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.331x ² + 13.52x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	15.75
ESF. ROT (kg/cm ²):	137.54
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm ²):	171527.29
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	130.76

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA= M 10 % (5-1)		MORTERO CON:	CCA (10% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	24.967
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018	LONGITUD (mm):	49.520
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.17	0.00
4.00	0.01	0.20	16.34	2.93
6.00	0.02	0.40	24.51	5.83
8.00	0.02	0.40	32.67	5.83
10.00	0.03	0.61	40.84	8.70
12.00	0.03	0.61	49.01	8.70
14.00	0.08	1.62	57.18	22.52
16.00	0.14	2.83	65.35	38.01
18.00	0.21	4.24	73.52	54.55
20.00	0.28	5.65	81.68	69.45
22.00	0.34	6.87	89.85	80.92
24.00	0.41	8.28	98.02	92.77
26.00	0.46	9.29	106.19	100.23
28.00	0.52	10.50	114.36	108.08
30.00	0.60	12.12	122.53	116.68
32.00	0.67	13.53	130.69	122.44
32.23	0.77	15.55	131.63	127.82
31.93	0.83	16.76	130.41	129.45
31.66	0.86	17.37	129.31	129.81
31.31	0.90	18.17	127.88	129.82

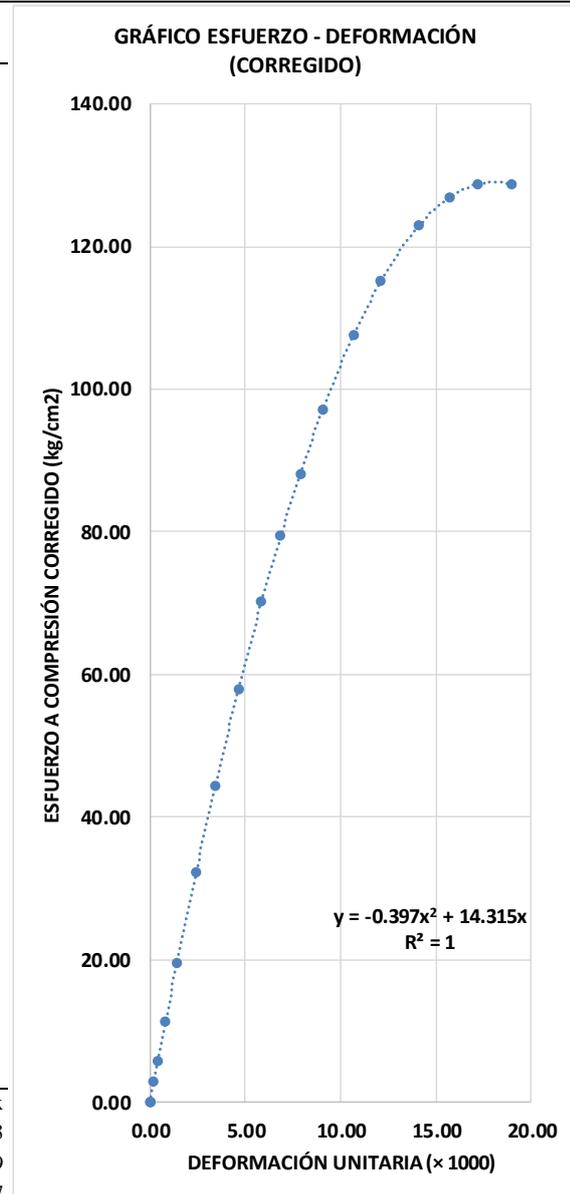


EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.411x^2 + 14.6x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	15.55
ESF. ROT (kg/cm²):	131.63
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm²):	169588.61
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	127.82

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA= M10 % (5-2)		MORTERO CON:	CCA (10% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.553
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018	LONGITUD (mm):	49.580
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.98	0.00
4.00	0.00	0.00	15.96	0.00
6.00	0.01	0.20	23.94	2.87
8.00	0.02	0.40	31.92	5.71
10.00	0.04	0.81	39.91	11.29
12.00	0.07	1.41	47.89	19.42
14.00	0.12	2.42	55.87	32.32
16.00	0.17	3.43	63.85	44.42
18.00	0.23	4.64	71.83	57.86
20.00	0.29	5.85	79.81	70.15
22.00	0.34	6.86	87.79	79.50
24.00	0.39	7.87	95.77	88.04
26.00	0.45	9.08	103.75	97.22
28.00	0.53	10.69	111.73	107.66
30.00	0.60	12.10	119.72	115.10
32.00	0.70	14.12	127.70	122.98
33.05	0.78	15.73	131.89	126.95
32.56	0.85	17.14	129.93	128.74
31.60	0.94	18.96	126.10	128.70



EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.397x^2 + 14.32x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	15.73
ESF. ROT (kg/cm²):	131.89
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm²):	169009.87
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	126.95

E. Ensayo de los morteros a compresión a los 14 días – muestra con 12% de adición de Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)				
PROBETA= M12 % (4-2)			MORTERO CON: CCA (12% del peso de Cemento)	
FECHA DE FABRIC.: 26/02/2018			AREA (cm2): 25.210	
FECHA DE ENSAYO: 12/03/2018			LONGITUD (mm): 50.820	
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.09	0.00
4.00	0.00	0.00	16.18	0.00
6.00	0.01	0.20	24.27	2.61
8.00	0.02	0.39	32.36	5.19
10.00	0.04	0.79	40.45	10.27
12.00	0.07	1.38	48.54	17.70
14.00	0.12	2.36	56.63	29.54
16.00	0.19	3.74	64.72	45.01
18.00	0.25	4.92	72.81	57.24
20.00	0.32	6.30	80.90	70.29
22.00	0.39	7.67	88.98	82.04
24.00	0.45	8.85	97.07	91.08
26.00	0.51	10.04	105.16	99.16
28.00	0.58	11.41	113.25	107.38
30.00	0.65	12.79	121.34	114.29
32.00	0.77	15.15	129.43	123.13
32.27	0.83	16.33	130.52	126.11
31.90	0.90	17.71	129.03	128.38

EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.343x ² + 13.32x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.33
ESF. ROT (kg/cm ²):	130.52
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm ²):	168447.93
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm ²):	126.11

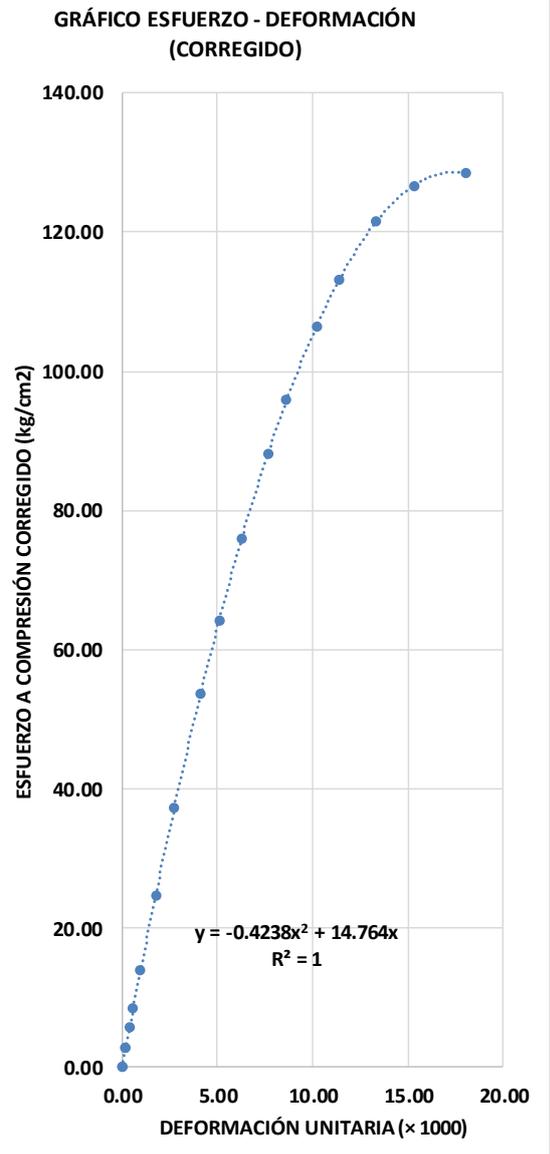
GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

DEFORMACIÓN UNITARIA (× 1000)	ESFUERZO A COMPRESIÓN CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00
0.20	2.61
0.39	5.19
0.79	10.27
1.38	17.70
2.36	29.54
3.74	45.01
4.92	57.24
6.30	70.29
7.67	82.04
8.85	91.08
10.04	99.16
11.41	107.38
12.79	114.29
15.15	123.13
16.33	126.11

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA= M12 % (4-3)		MORTERO CON:	CCA (12% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.896
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018	LONGITUD (mm):	51.000
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.88	0.00
4.00	0.01	0.20	15.75	2.88
6.00	0.01	0.20	23.63	2.88
8.00	0.02	0.39	31.50	5.72
10.00	0.03	0.59	39.38	8.54
12.00	0.05	0.98	47.25	14.07
14.00	0.09	1.76	55.13	24.73
16.00	0.14	2.75	63.00	37.33
18.00	0.21	4.12	70.88	53.61
20.00	0.26	5.10	78.75	64.25
22.00	0.32	6.27	86.63	75.95
24.00	0.39	7.65	94.50	88.12
26.00	0.44	8.63	102.38	95.83
28.00	0.52	10.20	110.25	106.47
30.00	0.58	11.37	118.13	113.09
32.00	0.68	13.33	126.01	121.51
33.15	0.78	15.29	130.53	126.67
32.61	0.92	18.04	128.41	128.41

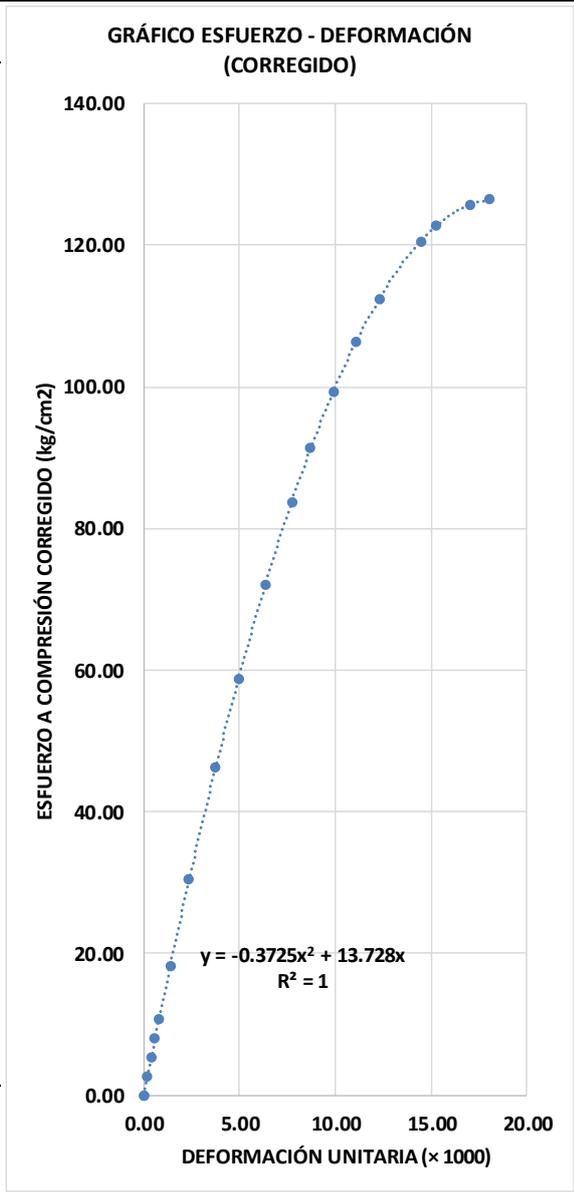


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.424x ² + 14.76x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	15.29
ESF. ROT (kg/cm ²):	130.53
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm ²):	168818.90
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm ²):	126.67

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

PROBETA = M 12 % (5-1)		MORTERO CON:		CCA (12% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.512	
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018	LONGITUD (mm):	50.520	
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf	

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.99	0.00
4.00	0.01	0.20	15.99	2.70
6.00	0.02	0.40	23.98	5.38
8.00	0.03	0.59	31.98	8.02
10.00	0.04	0.79	39.97	10.64
12.00	0.07	1.39	47.96	18.31
14.00	0.12	2.38	55.96	30.51
16.00	0.19	3.76	63.95	46.36
18.00	0.25	4.95	71.95	58.81
20.00	0.32	6.33	79.94	72.01
22.00	0.39	7.72	87.93	83.78
24.00	0.44	8.71	95.93	91.31
26.00	0.50	9.90	103.92	99.38
28.00	0.56	11.08	111.92	106.41
30.00	0.62	12.27	119.91	112.38
32.00	0.73	14.45	127.90	120.60
32.08	0.77	15.24	128.22	122.71
31.62	0.86	17.02	126.38	125.76
31.15	0.91	18.01	124.51	126.43

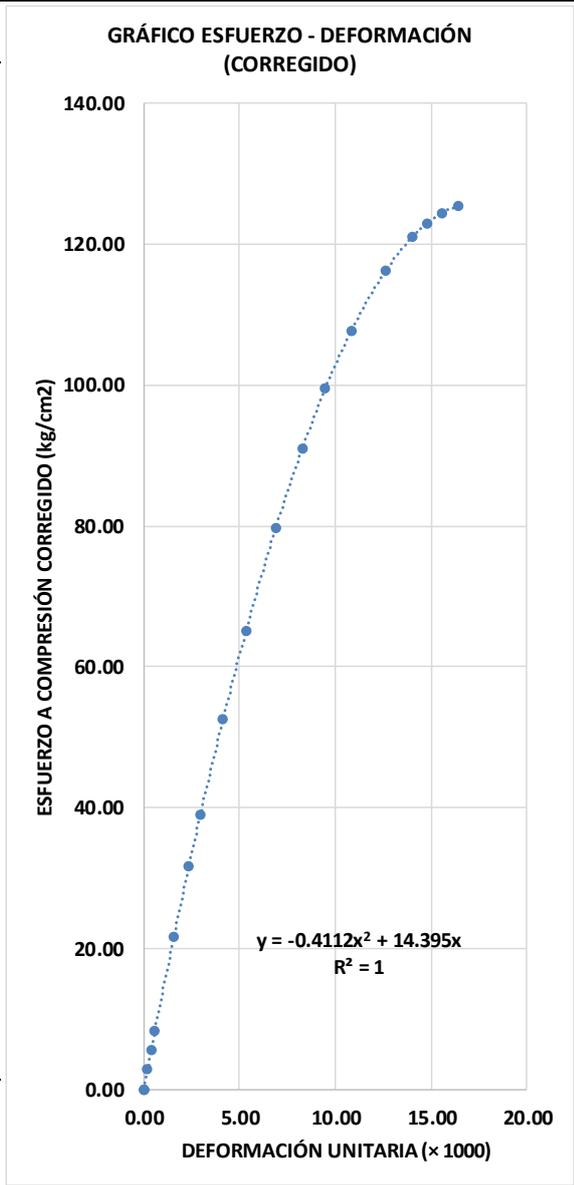


EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.373x^2 + 13.73x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	15.24
ESF. ROT (kg/cm²):	128.22
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm²):	166161.48
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	122.71

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

PROBETA= M12 % (5-2)		MORTERO CON:		CCA (12% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.705	
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2018	LONGITUD (mm):	50.700	
EDAD:	14 DÍAS	1KN =	101.97 Kgf	

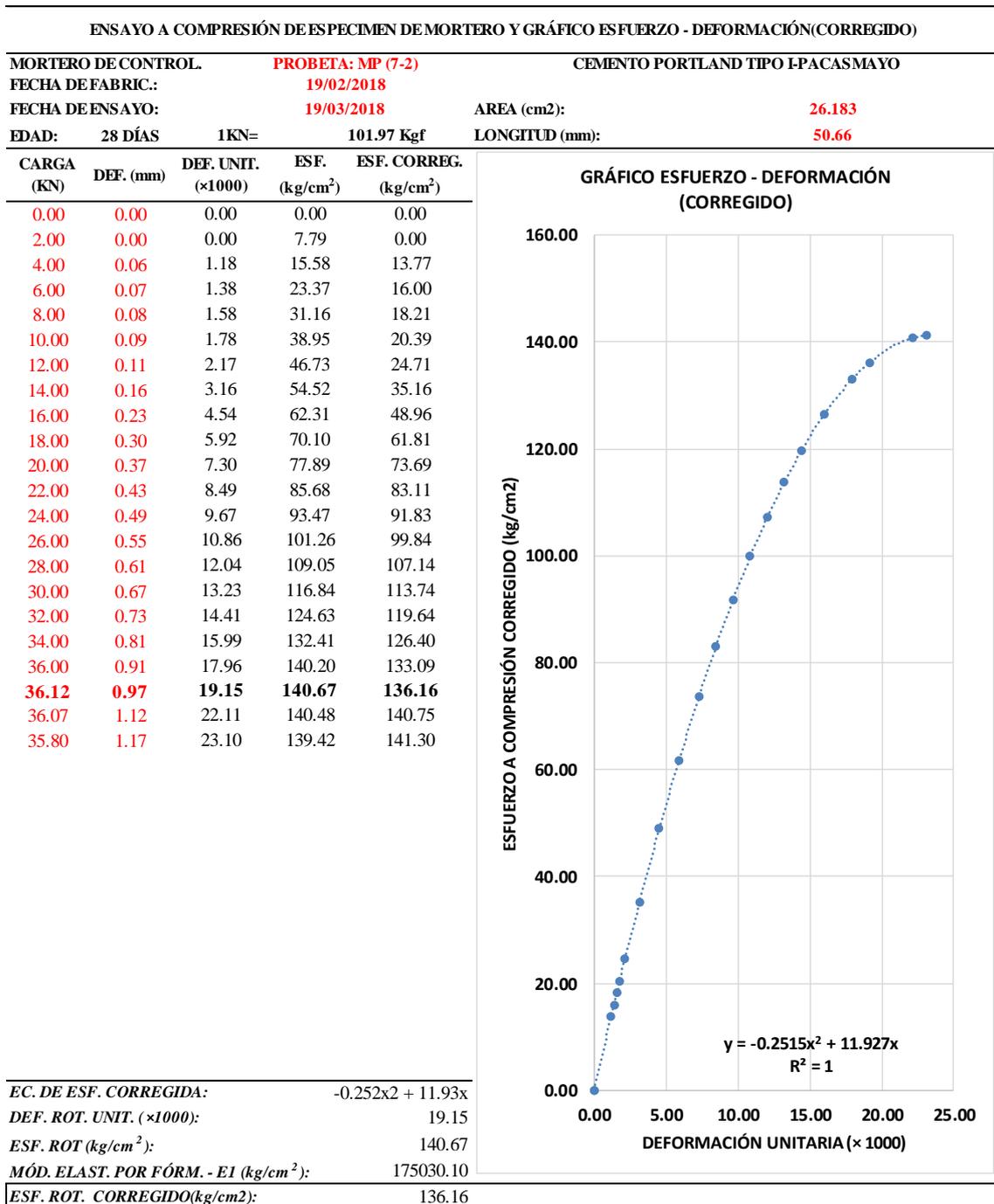
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.93	0.00
4.00	0.01	0.20	15.87	2.82
6.00	0.00	0.00	23.80	0.00
8.00	0.02	0.39	31.74	5.61
10.00	0.03	0.59	39.67	8.37
12.00	0.08	1.58	47.60	21.69
14.00	0.12	2.37	55.54	31.77
16.00	0.15	2.96	63.47	38.99
18.00	0.21	4.14	71.41	52.57
20.00	0.27	5.33	79.34	65.00
22.00	0.35	6.90	87.27	79.78
24.00	0.42	8.28	95.21	91.03
26.00	0.48	9.47	103.14	99.43
28.00	0.55	10.85	111.07	107.77
30.00	0.64	12.62	119.01	116.19
32.00	0.71	14.00	126.94	120.95
32.15	0.75	14.79	127.54	122.96
32.09	0.79	15.58	127.30	124.47
31.94	0.83	16.37	126.70	125.46



EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.411x ² + 14.4x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	14.79
ESF. ROT (kg/cm ²):	127.54
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	166334.35
ESF. ROT. CORREGIDO (kg/cm ²):	122.96

3. Ensayo de los morteros a compresión a los 28 días.

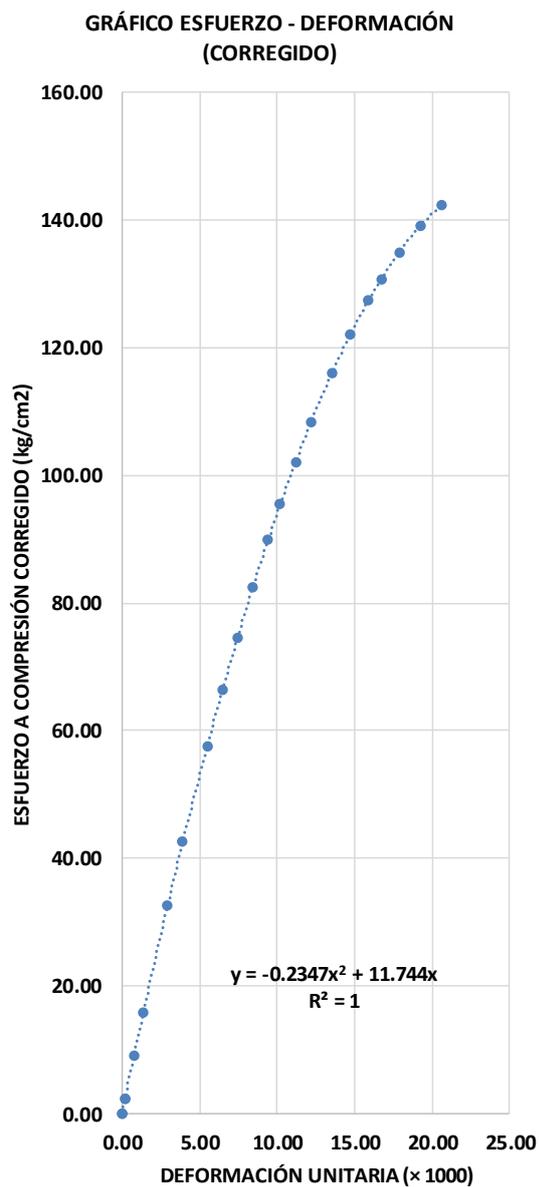
A. Ensayo de los morteros a compresión a los 28 días – muestra de control.



ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

MORTERO DE CONTROL.	PROBETA: MP(7-3)	CEMENTO PORTLAND TIPO I-PACASMAYO
FECHA DE FABRIC.:	19/02/2018	
FECHA DE ENSAYO:	19/03/2018	AREA (cm2): 26.173
EDAD: 28 DÍAS	1KN= 101.97 Kgf	LONGITUD (mm): 50.92

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.79	0.00
4.00	0.01	0.20	15.58	2.30
6.00	0.01	0.20	23.38	2.30
8.00	0.04	0.79	31.17	9.08
10.00	0.07	1.37	38.96	15.70
12.00	0.15	2.95	46.75	32.56
14.00	0.20	3.93	54.54	42.51
16.00	0.28	5.50	62.34	57.48
18.00	0.33	6.48	70.13	66.26
20.00	0.38	7.46	77.92	74.57
22.00	0.43	8.44	85.71	82.44
24.00	0.48	9.43	93.50	89.85
26.00	0.52	10.21	101.30	95.46
28.00	0.57	11.19	109.09	102.06
30.00	0.62	12.18	116.88	108.21
32.00	0.69	13.55	124.67	116.05
34.00	0.75	14.73	132.46	122.07
36.00	0.81	15.91	140.25	127.43
36.62	0.85	16.69	142.67	130.65
36.35	0.91	17.87	141.62	134.93
35.81	0.98	19.25	139.51	139.10
34.29	1.05	20.62	133.59	142.38

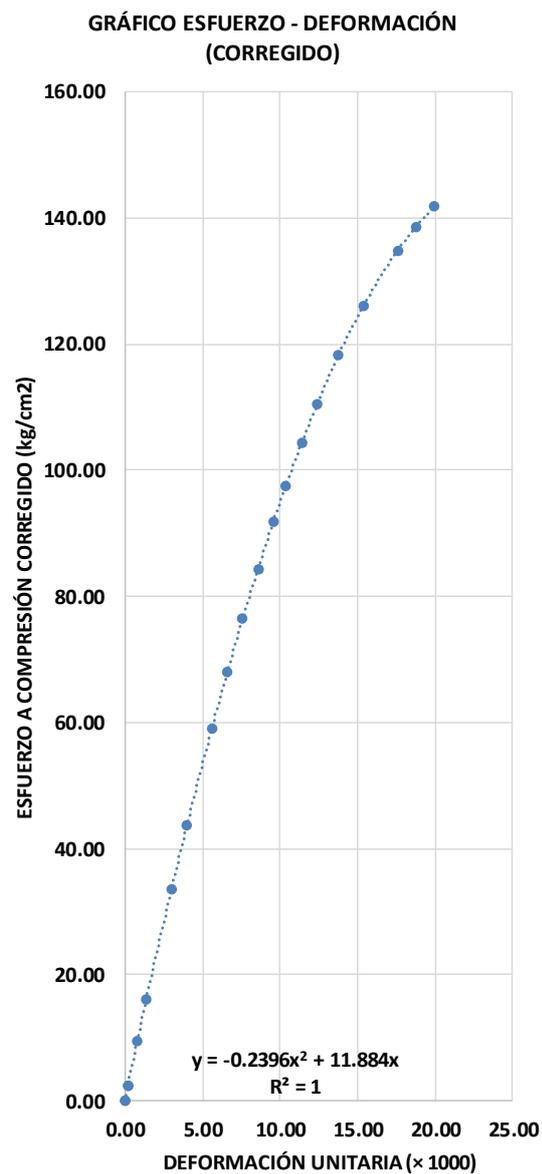


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.235x ² + 11.74x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.69
ESF. ROT (kg/cm ²):	142.67
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	171453.06
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	130.65

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

MORTERO DE CONTROL:	PROBETA: MP(8-1)	CEMENTO PORTLAND TIPO I-PACASMAYO
FECHA DE FABRIC.:	19/02/2018	
FECHA DE ENSAYO:	19/03/2018	AREA (cm ²): 25.175
EDAD: 28 DÍAS	1KN= 101.97 Kgf	LONGITUD (mm): 50.08

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.10	0.00
4.00	0.01	0.20	16.20	2.36
6.00	0.01	0.20	24.30	2.36
8.00	0.04	0.80	32.40	9.34
10.00	0.07	1.40	40.50	16.14
12.00	0.15	3.00	48.61	33.45
14.00	0.20	3.99	56.71	43.64
16.00	0.28	5.59	64.81	58.95
18.00	0.33	6.59	72.91	67.91
20.00	0.38	7.59	81.01	76.38
22.00	0.43	8.59	89.11	84.38
24.00	0.48	9.58	97.21	91.89
26.00	0.52	10.38	105.31	97.56
28.00	0.57	11.38	113.41	104.22
30.00	0.62	12.38	121.51	110.40
32.00	0.69	13.78	129.61	118.25
34.00	0.77	15.38	137.71	126.08
34.77	0.88	17.57	140.83	134.84
34.57	0.94	18.77	140.02	138.65
34.32	1.00	19.97	139.01	141.77

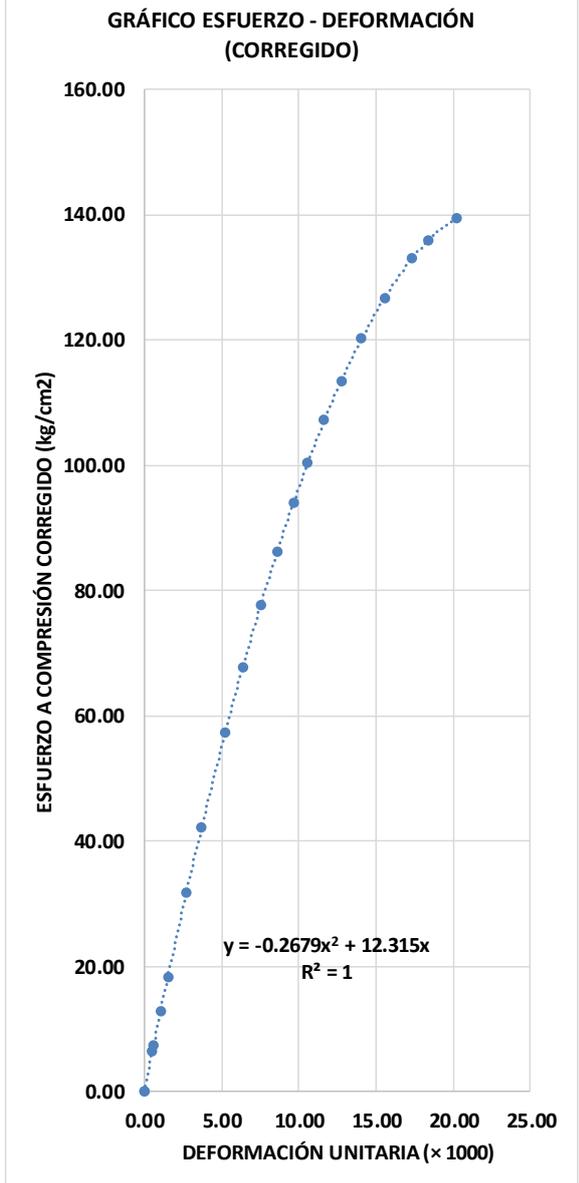


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.24x ² + 11.88x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	17.57
ESF. ROT (kg/cm ²):	140.83
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	174183.14
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm ²):	134.84

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

MORTERO DE CONTROL:	PROBETA:MP(8-2)		CEMENTO PORTLAND TIPO I-PACASMAYO	
FECHA DE FABRIC.:	19/02/2018			
FECHA DE ENSAYO:	19/03/2018		AREA (cm ²):	25.255
EDAD:	28 DÍAS	1KN=	LONGITUD (mm):	50.00
				101.97 Kgf

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.08	0.00
4.00	0.03	0.53	16.15	6.49
6.00	0.03	0.60	24.23	7.29
8.00	0.05	1.07	32.30	12.83
10.00	0.08	1.53	40.38	18.25
12.00	0.14	2.73	48.45	31.66
14.00	0.19	3.73	56.53	42.24
16.00	0.26	5.27	64.60	57.43
18.00	0.32	6.40	72.68	67.84
20.00	0.38	7.53	80.75	77.57
22.00	0.43	8.60	88.83	86.09
24.00	0.48	9.67	96.90	94.01
26.00	0.53	10.60	104.98	100.43
28.00	0.58	11.67	113.05	107.21
30.00	0.64	12.73	121.13	113.37
32.00	0.70	14.07	129.20	120.22
34.00	0.78	15.53	137.28	126.65
34.35	0.87	17.33	138.69	132.97
34.19	0.92	18.40	138.05	135.89
33.48	1.01	20.20	135.18	139.44



EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.268x^2 + 12.31x$
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	17.33
ESF. ROT (kg/cm ²):	138.69
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	172966.28
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	132.97

B. Ensayo de los morteros a compresión a los 28 días – muestra con 6 % de adición de Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
PROBETA: M 6 % (7-3)			MORTERO CON:	CCA (6% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:		26/02/2018		
FECHA DE ENSAYO:		26/03/2018		
EDAD:	28 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf	
		AREA (cm ²):	25.796	
		LONGITUD (mm):	47.600	

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.91	0.00
4.00	0.01	0.21	15.81	2.45
6.00	0.02	0.42	23.72	4.89
8.00	0.03	0.63	31.62	7.31
10.00	0.06	1.26	39.53	14.49
12.00	0.09	1.89	47.44	21.55
14.00	0.12	2.52	55.34	28.47
16.00	0.15	3.15	63.25	35.27
18.00	0.20	4.20	71.15	46.30
20.00	0.25	5.25	79.06	56.98
22.00	0.30	6.30	86.97	67.31
24.00	0.36	7.56	94.87	79.22
26.00	0.43	9.03	102.78	92.47
28.00	0.48	10.08	110.68	101.50
30.00	0.52	10.92	118.59	108.47
32.00	0.58	12.18	126.50	118.49
34.00	0.63	13.24	134.40	126.45
36.00	0.69	14.50	142.31	135.53
38.00	0.74	15.55	150.21	142.70
40.00	0.80	16.81	158.12	150.83
42.00	0.85	17.86	166.02	157.22
44.00	0.90	18.91	173.93	163.24
46.00	0.94	19.75	181.84	167.80
47.03	0.99	20.80	185.91	173.18
46.83	1.04	21.85	185.12	178.20

EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.162x ² + 11.7x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	20.80
ESF. ROT (kg/cm ²):	185.91
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	197398.45
ESF. ROT. CORREGIDO (kg/cm ²):	173.18

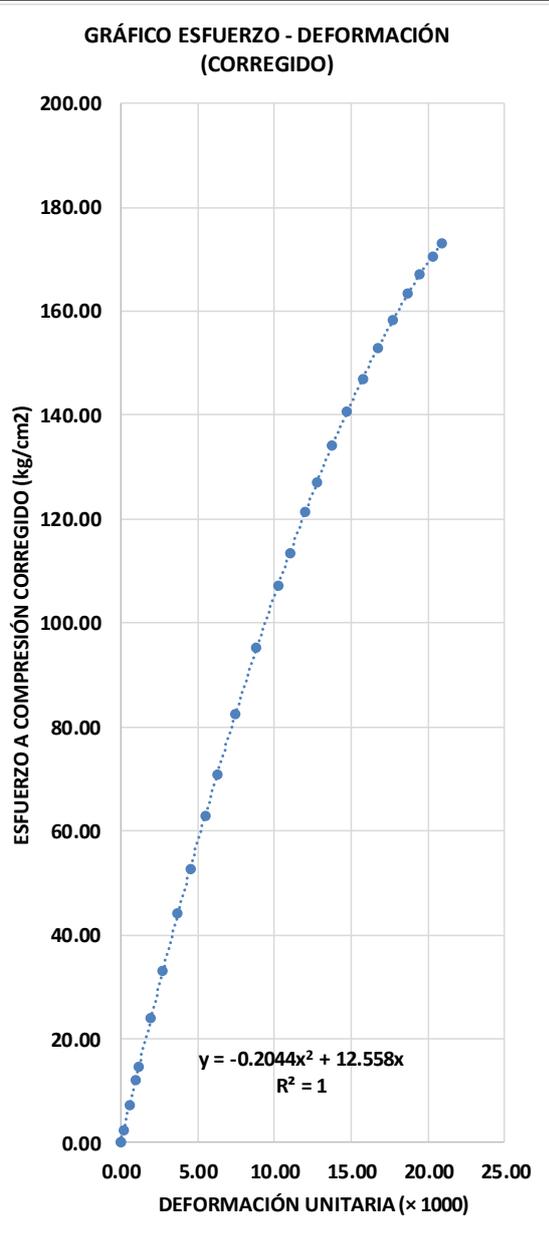
GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

$y = -0.1623x^2 + 11.702x$
 $R^2 = 1$

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA: M6 % (8-1)		MORTERO CON:		CCA (6% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	26.061	
FECHA DE ENSAYO:	26/03/2018	LONGITUD (mm):	50.820	
EDAD:	28 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf	

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.83	0.00
4.00	0.01	0.20	15.65	2.46
6.00	0.03	0.59	23.48	7.34
8.00	0.05	0.98	31.30	12.16
10.00	0.06	1.18	39.13	14.54
12.00	0.10	1.97	46.95	23.92
14.00	0.14	2.75	54.78	33.04
16.00	0.19	3.74	62.60	44.09
18.00	0.23	4.53	70.43	52.65
20.00	0.28	5.51	78.25	62.98
22.00	0.32	6.30	86.08	70.97
24.00	0.38	7.48	93.91	82.47
26.00	0.45	8.85	101.73	95.17
28.00	0.52	10.23	109.56	107.09
30.00	0.56	11.02	117.38	113.56
32.00	0.61	12.00	125.21	121.28
34.00	0.65	12.79	133.03	127.18
36.00	0.70	13.77	140.86	134.19
38.00	0.75	14.76	148.68	140.81
40.00	0.80	15.74	156.51	147.03
42.00	0.85	16.73	164.34	152.85
44.00	0.90	17.71	172.16	158.28
45.08	0.95	18.69	176.39	163.32
44.91	0.99	19.48	175.72	167.06
44.37	1.03	20.27	173.61	170.55
43.39	1.06	20.86	169.77	173.00

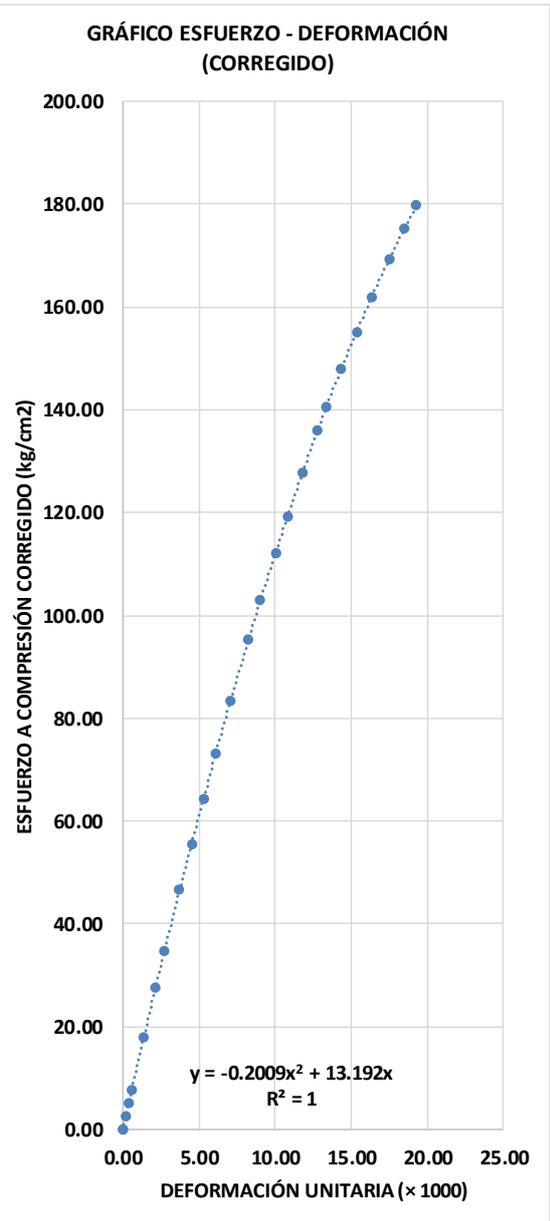


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.204x ² + 12.56x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	18.69
ESF. ROT (kg/cm ²):	176.39
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	191694.20
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm ²):	163.32

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA: M6 % (8-2)		MORTERO CON: CCA (6% del peso de Cemento)	
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.793
FECHA DE ENSAYO:	26/03/2018	LONGITUD (mm):	50.800
EDAD: 28 DÍAS	1KN= 101.97 Kgf		

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.91	0.00
4.00	0.01	0.20	15.81	2.59
6.00	0.02	0.39	23.72	5.16
8.00	0.03	0.59	31.63	7.72
10.00	0.07	1.38	39.53	17.80
12.00	0.11	2.17	47.44	27.62
14.00	0.14	2.76	55.35	34.83
16.00	0.19	3.74	63.26	46.53
18.00	0.23	4.53	71.16	55.61
20.00	0.27	5.31	79.07	64.44
22.00	0.31	6.10	86.98	73.02
24.00	0.36	7.09	94.88	83.40
26.00	0.42	8.27	102.79	95.33
28.00	0.46	9.06	110.70	102.98
30.00	0.51	10.04	118.60	112.19
32.00	0.55	10.83	126.51	119.27
34.00	0.60	11.81	134.42	127.78
36.00	0.65	12.80	142.32	135.90
38.00	0.68	13.39	150.23	140.58
40.00	0.73	14.37	158.14	148.08
42.00	0.78	15.35	166.05	155.19
44.00	0.83	16.34	173.95	161.90
46.00	0.89	17.52	181.86	169.45
46.27	0.94	18.50	182.93	175.31
45.63	0.98	19.29	180.40	179.72

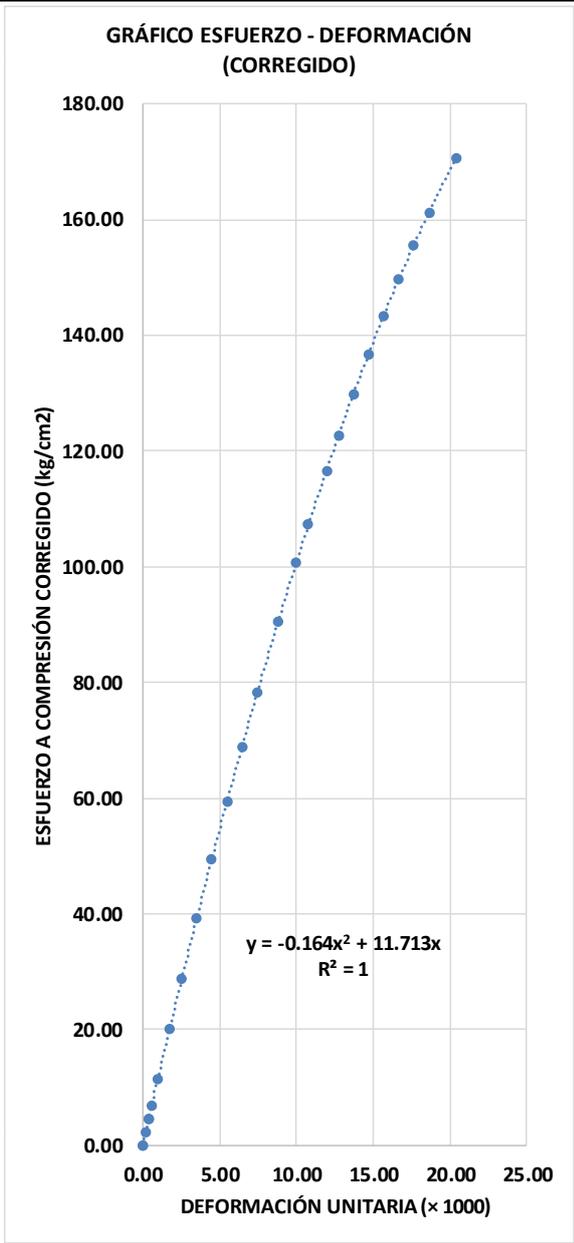


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.201x ² + 13.19x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	18.50
ESF. ROT (kg/cm ²):	182.93
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	198607.30
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm ²):	175.31

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA: M 6 % (8-3)		MORTERO CON: CCA (6% del peso de Cemento)	
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	27.778
FECHA DE ENSAYO:	26/03/2018	LONGITUD (mm):	51.000
EDAD: 28 DÍAS	1KN= 101.97 Kgf		

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.34	0.00
4.00	0.01	0.20	14.68	2.29
6.00	0.02	0.39	22.03	4.57
8.00	0.02	0.39	29.37	4.57
10.00	0.03	0.59	36.71	6.83
12.00	0.05	0.98	44.05	11.33
14.00	0.09	1.76	51.39	20.16
16.00	0.13	2.55	58.73	28.79
18.00	0.18	3.53	66.08	39.30
20.00	0.23	4.51	73.42	49.49
22.00	0.28	5.49	80.76	59.36
24.00	0.33	6.47	88.10	68.92
26.00	0.38	7.45	95.44	78.17
28.00	0.45	8.82	102.78	90.58
30.00	0.51	10.00	110.13	100.73
32.00	0.55	10.78	117.47	107.24
34.00	0.61	11.96	124.81	116.64
36.00	0.65	12.75	132.15	122.64
38.00	0.70	13.73	139.49	129.87
40.00	0.75	14.71	146.83	136.78
42.00	0.80	15.69	154.18	143.38
44.00	0.85	16.67	161.52	149.66
46.00	0.90	17.65	168.86	155.63
48.00	0.95	18.63	176.20	161.28
49.28	1.04	20.39	180.90	170.66

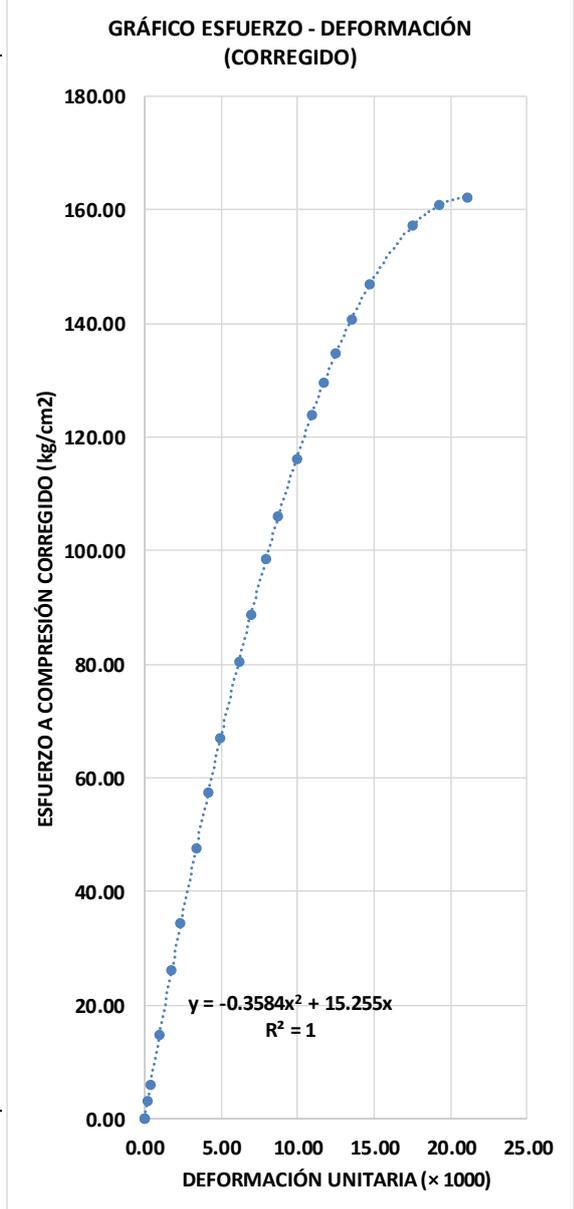


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.164x ² + 11.71x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	20.39
ESF. ROT (kg/cm ²):	180.90
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	195953.99
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	170.66

C. Ensayo de los morteros a compresión a los 28 días – muestra con 8 % de adición de Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)				
PROBETA: M8 % (7-3)			MORTERO CON: CCA (6% del peso de Cemento)	
FECHA DE FABRIC.: 26/02/2018			AREA (cm2): 25.500	
FECHA DE ENSAYO: 26/03/2018			LONGITUD (mm): 50.280	
EDAD:	28 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.00	0.00
4.00	0.00	0.00	16.00	0.00
6.00	0.01	0.20	23.99	3.02
8.00	0.02	0.40	31.99	6.01
10.00	0.05	0.99	39.99	14.82
12.00	0.09	1.79	47.99	26.16
14.00	0.12	2.39	55.98	34.37
16.00	0.17	3.38	63.98	47.48
18.00	0.21	4.18	71.98	57.46
20.00	0.25	4.97	79.98	66.99
22.00	0.31	6.17	87.97	80.43
24.00	0.35	6.96	95.97	88.83
26.00	0.40	7.96	103.97	98.68
28.00	0.44	8.75	111.97	106.05
30.00	0.50	9.94	119.96	116.26
32.00	0.55	10.94	127.96	123.99
34.00	0.59	11.73	135.96	129.66
36.00	0.63	12.53	143.96	134.88
38.00	0.68	13.52	151.96	140.76
40.00	0.74	14.72	159.95	146.89
41.21	0.88	17.50	164.79	157.21
40.25	0.97	19.29	160.95	160.91
39.26	1.06	21.08	156.99	162.32

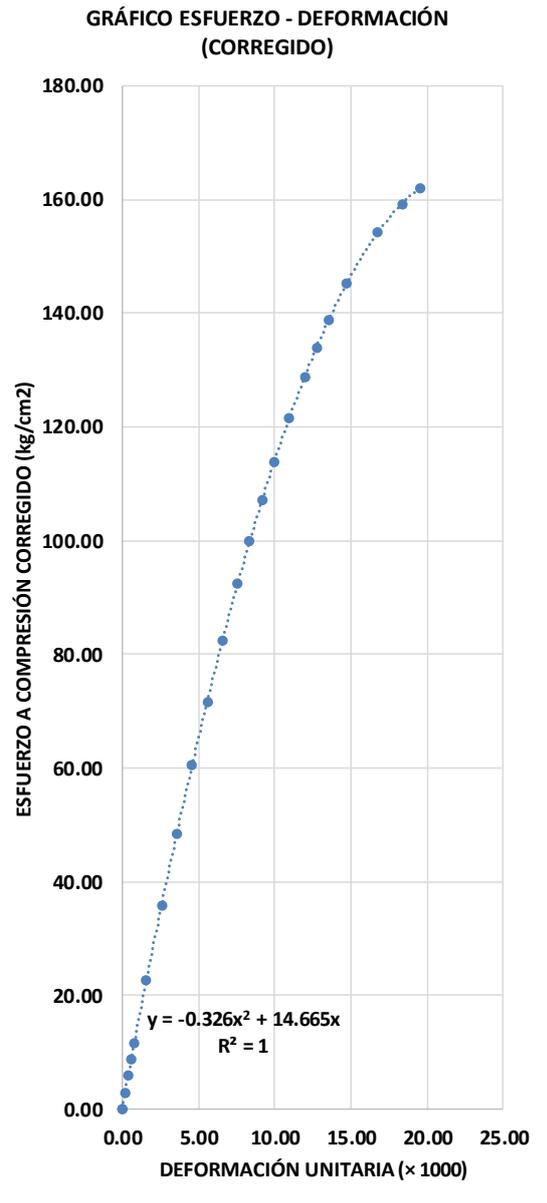
EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.358x ² + 15.26x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	17.50
ESF. ROT (kg/cm ²):	164.79
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm ²):	188076.03
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	157.21



ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA: M 8 % (8-1)		MORTERO CON:	CCA (6% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.462
FECHA DE ENSAYO:	26/03/2018	LONGITUD (mm):	50.160
EDAD:	28 DÍAS	1KN=	101.97 Kg

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.01	0.00
4.00	0.01	0.20	16.02	2.91
6.00	0.02	0.40	24.03	5.80
8.00	0.03	0.60	32.04	8.65
10.00	0.04	0.80	40.05	11.49
12.00	0.08	1.59	48.06	22.56
14.00	0.13	2.59	56.07	35.82
16.00	0.18	3.59	64.08	48.43
18.00	0.23	4.59	72.09	60.39
20.00	0.28	5.58	80.10	71.70
22.00	0.33	6.58	88.11	82.37
24.00	0.38	7.58	96.11	92.39
26.00	0.42	8.37	104.12	99.93
28.00	0.46	9.17	112.13	107.07
30.00	0.50	9.97	120.14	113.79
32.00	0.55	10.96	128.15	121.60
34.00	0.60	11.96	136.16	128.77
36.00	0.64	12.76	144.17	134.04
38.00	0.68	13.56	152.18	138.89
40.00	0.74	14.75	160.19	145.39
40.85	0.84	16.75	163.60	154.16
39.95	0.92	18.34	159.99	159.30
38.93	0.98	19.54	155.91	162.07

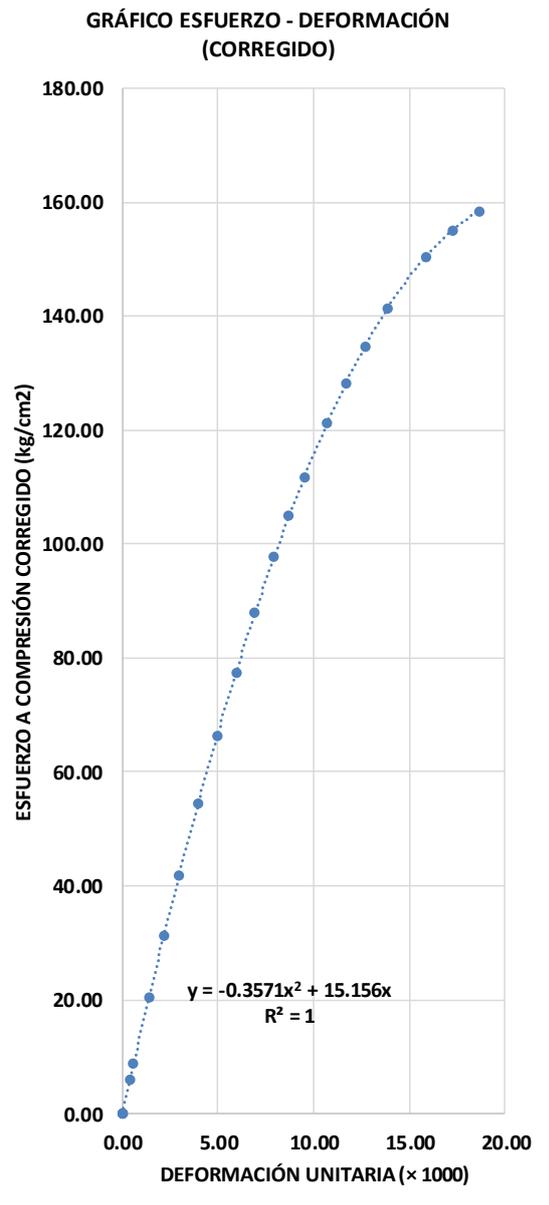


EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.326x^2 + 14.66x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.75
ESF. ROT (kg/cm²):	163.60
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm²):	186240.15
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	154.16

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA: M8 % (8-2)		MORTERO CON:		CCA (6% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):		25.381
FECHA DE ENSAYO:	26/03/2018	LONGITUD (mm):		50.500
EDAD:	28 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf	

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.04	0.00
4.00	0.00	0.00	16.07	0.00
6.00	0.00	0.00	24.11	0.00
8.00	0.02	0.40	32.14	5.95
10.00	0.03	0.59	40.18	8.88
12.00	0.07	1.39	48.21	20.32
14.00	0.11	2.18	56.25	31.32
16.00	0.15	2.97	64.28	41.87
18.00	0.20	3.96	72.32	54.42
20.00	0.25	4.95	80.35	66.28
22.00	0.30	5.94	88.39	77.43
24.00	0.35	6.93	96.42	87.89
26.00	0.40	7.92	104.46	97.64
28.00	0.44	8.71	112.49	104.94
30.00	0.48	9.50	120.53	111.80
32.00	0.54	10.69	128.56	121.23
34.00	0.59	11.68	136.60	128.33
36.00	0.64	12.67	144.63	134.72
38.00	0.70	13.86	152.67	141.47
39.88	0.80	15.84	160.22	150.48
39.56	0.87	17.23	158.93	155.12
38.79	0.94	18.61	155.84	158.39

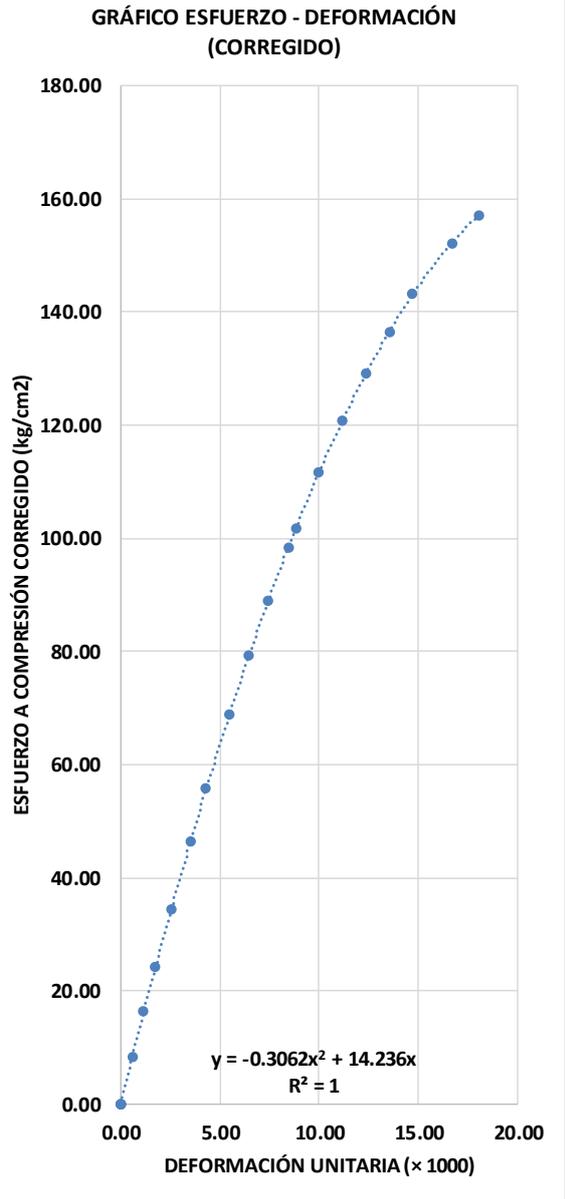


EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.357x^2 + 15.16x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	15.84
ESF. ROT (kg/cm²):	160.22
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):	184006.36
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	150.48

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA: M 8 % (8-3)			MORTERO CON:		CCA (6% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:			26/02/2018		
FECHA DE ENSAYO:			26/03/2018		
EDAD:	28 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf		AREA (cm2):
					25.371
				LONGITUD (mm):	51.000

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm²)	ESF. CORREG. (kg/cm²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	8.04	0.00
4.00	0.00	0.00	16.08	0.00
6.00	0.00	0.00	24.11	0.00
8.00	0.03	0.59	32.15	8.27
10.00	0.06	1.18	40.19	16.32
12.00	0.09	1.76	48.23	24.17
14.00	0.13	2.55	56.27	34.30
16.00	0.18	3.53	64.31	46.43
18.00	0.22	4.31	72.34	55.71
20.00	0.28	5.49	80.38	68.93
22.00	0.33	6.47	88.42	79.29
24.00	0.38	7.45	96.46	89.07
26.00	0.43	8.43	104.50	98.26
28.00	0.45	8.82	112.54	101.77
30.00	0.51	10.00	120.57	111.74
32.00	0.57	11.18	128.61	120.86
34.00	0.63	12.35	136.65	129.13
36.00	0.69	13.53	144.69	136.55
38.00	0.75	14.71	152.73	143.13
39.78	0.85	16.67	159.88	152.21
39.32	0.92	18.04	158.03	157.16



EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.306x^2 + 14.24x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.67
ESF. ROT (kg/cm²):	159.88
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):	185057.13
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	152.21

D. Ensayo de los morteros a compresión a los 28 días – muestra con 10 % de adición de Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
PROBETA: M10 % (7-3)			MORTERO CON: CCA (6% del peso de Cemento)	
FECHA DE FABRIC.: 26/02/2018				
FECHA DE ENSAYO: 26/03/2018		AREA (cm ²): 25.515		
EDAD: 28 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf		LONGITUD (mm): 50.000
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.01	0.20	7.99	2.62
4.00	0.01	0.20	15.99	2.62
6.00	0.01	0.20	23.98	2.62
8.00	0.02	0.40	31.97	5.23
10.00	0.03	0.60	39.97	7.81
12.00	0.08	1.60	47.96	20.40
14.00	0.13	2.60	55.95	32.45
16.00	0.19	3.80	63.94	46.21
18.00	0.25	5.00	71.94	59.21
20.00	0.29	5.80	79.93	67.44
22.00	0.34	6.80	87.92	77.26
24.00	0.39	7.80	95.92	86.54
26.00	0.44	8.80	103.91	95.29
28.00	0.50	10.00	111.90	105.08
30.00	0.54	10.80	119.90	111.18
32.00	0.59	11.80	127.89	118.33
34.00	0.64	12.80	135.88	124.95
36.00	0.70	14.00	143.88	132.18
37.45	0.78	15.60	149.67	140.63
37.38	0.80	16.00	149.39	142.53
36.82	0.83	16.60	147.15	145.22

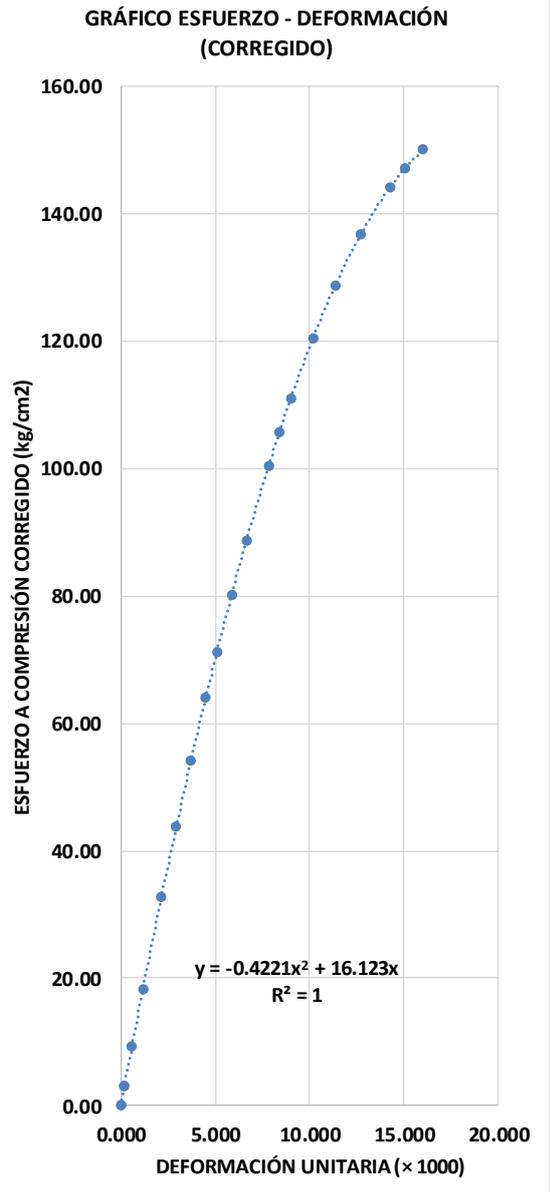
EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.267x ² + 13.18x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	15.60
ESF. ROT (kg/cm ²):	149.67
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm ²):	177881.31
ESF. ROT. CORREGIDO (kg/cm ²):	140.63

GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

PROBETA: M10 % (8-1)		MORTERO CON:		CCA (10% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:		26/02/2018		
FECHA DE ENSAYO:		26/03/2018		
EDAD:	28 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf	AREA (cm2):
				25.497
				LONGITUD (mm):
				51.080

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
2.00	0.00	0.000	8.00	0.00
4.00	0.01	0.196	16.00	3.14
6.00	0.01	0.196	24.00	3.14
8.00	0.03	0.587	31.99	9.32
10.00	0.06	1.175	39.99	18.36
12.00	0.11	2.153	47.99	32.76
14.00	0.15	2.937	55.99	43.70
16.00	0.19	3.720	63.99	54.13
18.00	0.23	4.503	71.99	64.04
20.00	0.26	5.090	79.99	71.13
22.00	0.30	5.873	87.99	80.13
24.00	0.34	6.656	95.98	88.61
26.00	0.40	7.831	103.98	100.37
28.00	0.43	8.418	111.98	105.81
30.00	0.46	9.005	119.98	110.96
32.00	0.52	10.180	127.98	120.38
34.00	0.58	11.355	135.98	128.65
36.00	0.65	12.725	143.98	136.81
37.62	0.73	14.291	150.46	144.20
37.54	0.77	15.074	150.14	147.12
36.96	0.82	16.053	147.82	150.04

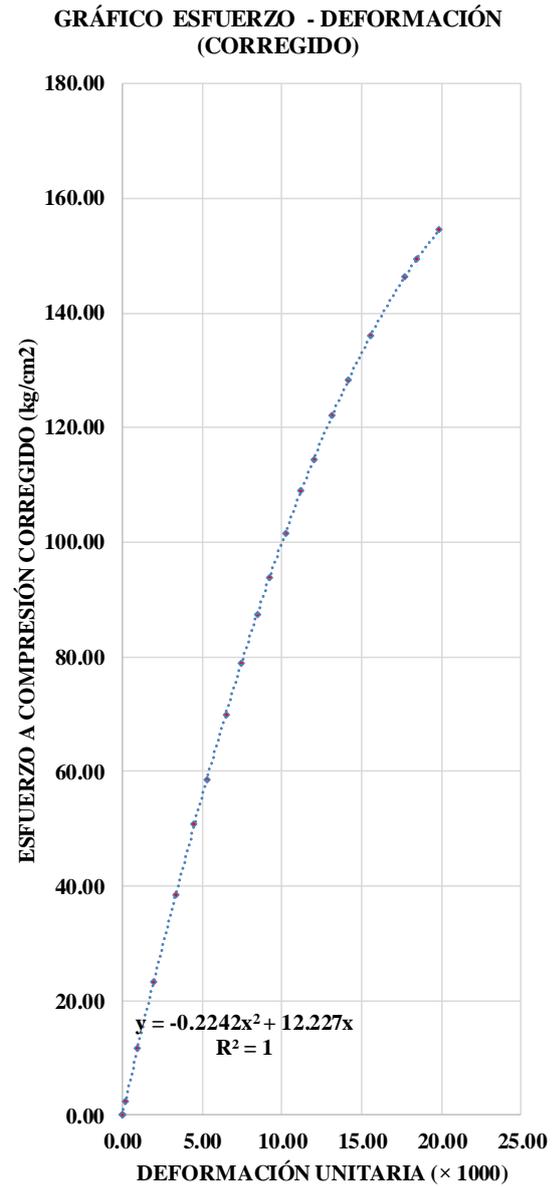


EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.422x^2 + 16.12x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	14.29
ESF. ROT (kg/cm²):	150.46
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm²):	180125.96
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	144.20

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

PROBETA: M10 % (8-2)			MORTERO CON:		CCA (10% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:			26/02/2018		
FECHA DE ENSAYO:			26/03/2018		
EDAD:	28 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf		AREA (cm2):
					25.907
				LONGITUD (mm):	50.820

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm²)	ESF. CORREG. (kg/cm²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.87	0.00
4.00	0.00	0.00	15.74	0.00
6.00	0.00	0.00	23.62	0.00
8.00	0.01	0.20	31.49	2.40
10.00	0.05	0.98	39.36	11.81
12.00	0.10	1.97	47.23	23.19
14.00	0.17	3.35	55.11	38.39
16.00	0.23	4.53	62.98	50.75
18.00	0.27	5.31	70.85	58.63
20.00	0.33	6.49	78.72	69.95
22.00	0.38	7.48	86.59	78.89
24.00	0.43	8.46	94.47	87.41
26.00	0.47	9.25	102.34	93.91
28.00	0.52	10.23	110.21	101.64
30.00	0.57	11.22	118.08	108.94
32.00	0.61	12.00	125.95	114.47
34.00	0.67	13.18	133.83	122.23
36.00	0.72	14.17	141.70	128.23
38.00	0.79	15.55	149.57	135.90
39.60	0.90	17.71	155.87	146.23
39.27	0.94	18.50	154.57	149.46
38.25	1.01	19.87	150.55	154.45

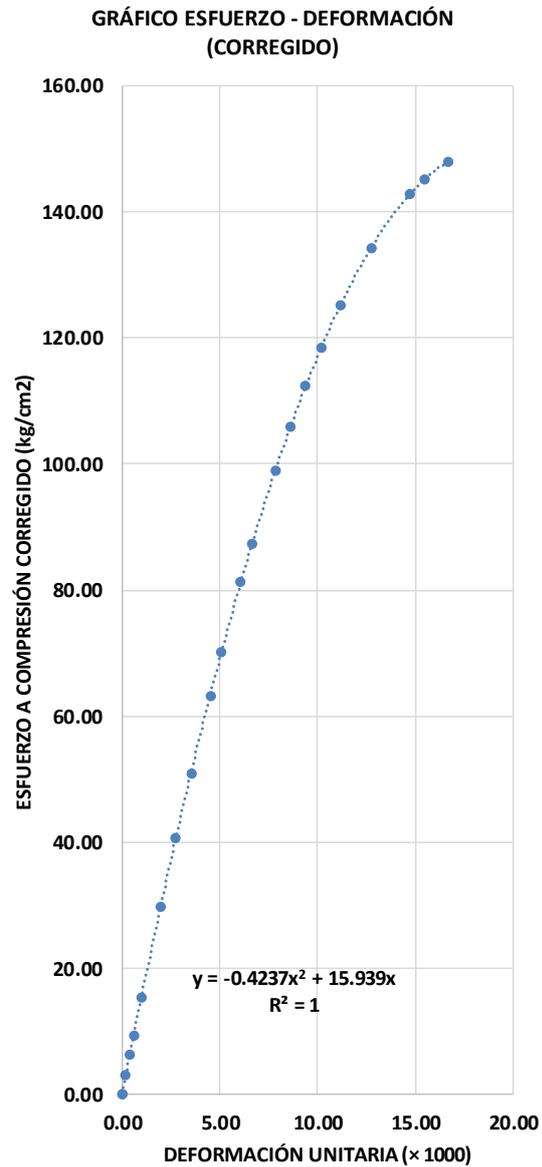


EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.224x^2 + 12.23x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	17.71
ESF. ROT (kg/cm²):	155.87
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):	181386.13
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	146.23

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA: M10 % (8-3)		MORTERO CON: CCA (10% del peso de Cemento)	
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.795
FECHA DE ENSAYO:	26/03/2018	LONGITUD (mm):	51.000
EDAD: 28 DÍAS	1KN= 101.97 Kgf		

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.91	0.00
4.00	0.01	0.20	15.81	3.11
6.00	0.02	0.39	23.72	6.19
8.00	0.03	0.59	31.63	9.23
10.00	0.05	0.98	39.53	15.22
12.00	0.10	1.96	47.44	29.62
14.00	0.14	2.75	55.34	40.56
16.00	0.18	3.53	63.25	50.98
18.00	0.23	4.51	71.16	63.26
20.00	0.26	5.10	79.06	70.24
22.00	0.31	6.08	86.97	81.23
24.00	0.34	6.67	94.88	87.43
26.00	0.40	7.84	102.78	98.95
28.00	0.44	8.63	110.69	105.97
30.00	0.48	9.41	118.59	112.48
32.00	0.52	10.20	126.50	118.46
34.00	0.57	11.18	134.41	125.21
36.00	0.65	12.75	142.31	134.32
37.45	0.75	14.71	148.04	142.76
37.38	0.79	15.49	147.77	145.23
36.82	0.85	16.67	145.55	147.95



EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.424x^2 + 15.94x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	14.71
ESF. ROT (kg/cm²):	148.04
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm²):	179224.56
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm²):	142.76

E. Ensayo de los morteros a compresión a los 28 días – muestra con 12 % de adición

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
PROBETA: M12 % (7-3)			MORTERO CON: CCA (12% del peso de Cemento)	
FECHA DE FABRIC.:		26/02/2018		
FECHA DE ENSAYO:		26/03/2018		
EDAD:	28 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf	
		AREA (cm2):	25.737	
		LONGITUD (mm):	56.810	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.92	0.00
4.00	0.01	0.18	15.85	2.53
6.00	0.02	0.35	23.77	5.04
8.00	0.03	0.53	31.70	7.53
10.00	0.08	1.41	39.62	19.68
12.00	0.12	2.11	47.54	29.04
14.00	0.18	3.17	55.47	42.49
16.00	0.24	4.22	63.39	55.22
18.00	0.29	5.10	71.31	65.28
20.00	0.32	5.63	79.24	71.07
22.00	0.38	6.69	87.16	82.13
24.00	0.43	7.57	95.09	90.80
26.00	0.46	8.10	103.01	95.76
28.00	0.50	8.80	110.93	102.10
30.00	0.55	9.68	118.86	109.58
32.00	0.59	10.39	126.78	115.20
34.00	0.64	11.27	134.71	121.78
36.00	0.75	13.20	142.63	134.51
36.28	0.77	13.55	143.74	136.56
36.10	0.79	13.91	143.03	138.54
35.17	0.82	14.43	139.34	141.35

EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.321x ² + 14.43x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	13.55
ESF. ROT (kg/cm ²):	143.74
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm ²):	175288.83
ESF. ROT. CORREGIDO (kg/cm ²):	136.56

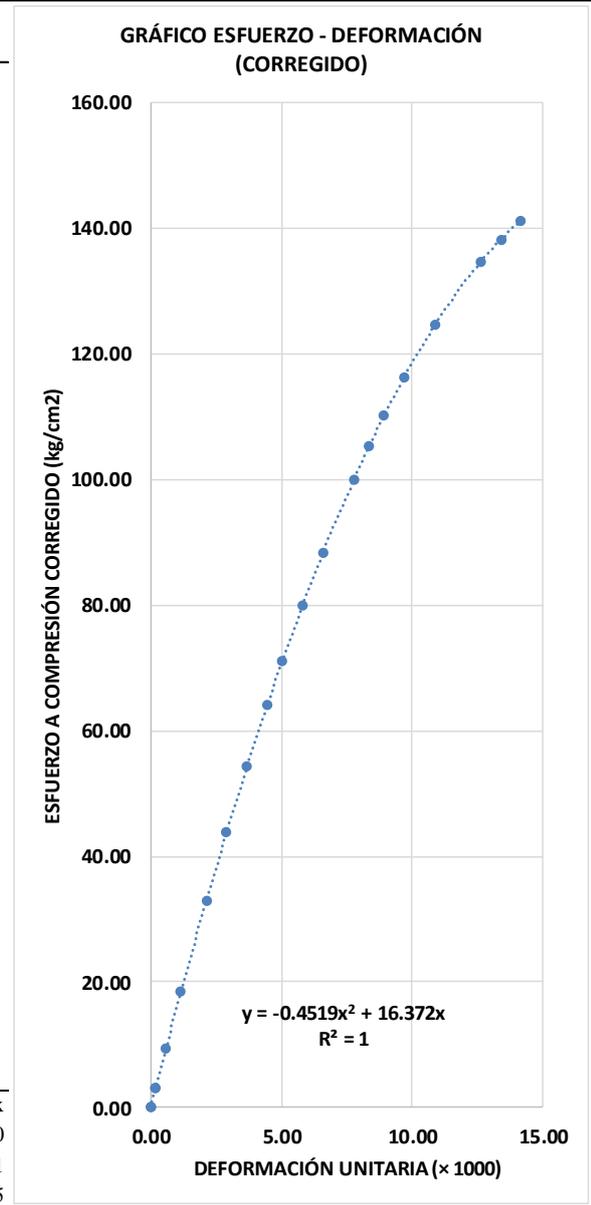
GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

y = -0.321x² + 14.426x
R² = 1

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

PROBETA: M12 % (8-1)		MORTERO CON:	CCA (12% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm ²):	25.790
FECHA DE ENSAYO:	26/03/2018	LONGITUD (mm):	51.480
EDAD:	28 DÍAS	1KN=	101.97 Kg

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.91	0.00
4.00	0.01	0.19	15.82	3.16
6.00	0.01	0.19	23.72	3.16
8.00	0.03	0.58	31.63	9.39
10.00	0.06	1.17	39.54	18.47
12.00	0.11	2.14	47.45	32.92
14.00	0.15	2.91	55.35	43.87
16.00	0.19	3.69	63.26	54.27
18.00	0.23	4.47	71.17	64.13
20.00	0.26	5.05	79.08	71.16
22.00	0.30	5.83	86.98	80.06
24.00	0.34	6.60	94.89	88.42
26.00	0.40	7.77	102.80	99.93
28.00	0.43	8.35	110.71	105.22
30.00	0.46	8.94	118.62	110.21
32.00	0.50	9.71	126.52	116.39
34.00	0.56	10.88	134.43	124.62
36.00	0.65	12.63	142.34	134.68
36.12	0.69	13.40	142.81	138.26
34.87	0.73	14.18	137.87	141.29

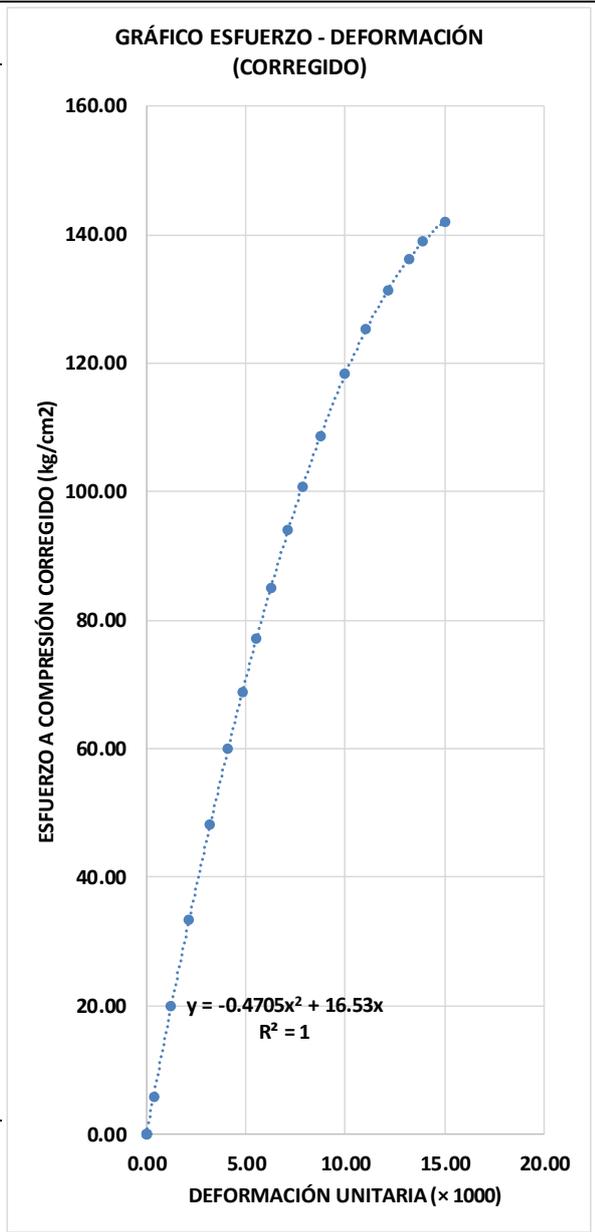


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.452x ² + 16.37x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	13.40
ESF. ROT (kg/cm ²):	142.81
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	176374.75
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm ²):	138.26

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA: M12 % (8-2)		MORTERO CON:	CCA (12% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:	26/02/2018	AREA (cm2):	25.740
FECHA DE ENSAYO:	26/03/2018	LONGITUD (mm):	56.000
EDAD: 28 DÍAS	1KN= 101.97 Kgf		

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.92	0.00
4.00	0.00	0.00	15.85	0.00
6.00	0.00	0.00	23.77	0.00
8.00	0.00	0.00	31.69	0.00
10.00	0.02	0.36	39.62	5.84
12.00	0.07	1.25	47.54	19.93
14.00	0.12	2.14	55.46	33.26
16.00	0.18	3.21	63.38	48.27
18.00	0.23	4.11	71.31	59.95
20.00	0.27	4.82	79.23	68.76
22.00	0.31	5.54	87.15	77.09
24.00	0.35	6.25	95.08	84.93
26.00	0.40	7.14	103.00	94.06
28.00	0.44	7.86	110.92	100.83
30.00	0.49	8.75	118.85	108.61
32.00	0.56	10.00	126.77	118.25
34.00	0.62	11.07	134.69	125.34
36.00	0.68	12.14	142.62	131.34
36.26	0.74	13.21	143.65	136.27
36.07	0.78	13.93	142.89	138.96
34.86	0.84	15.00	138.10	142.08

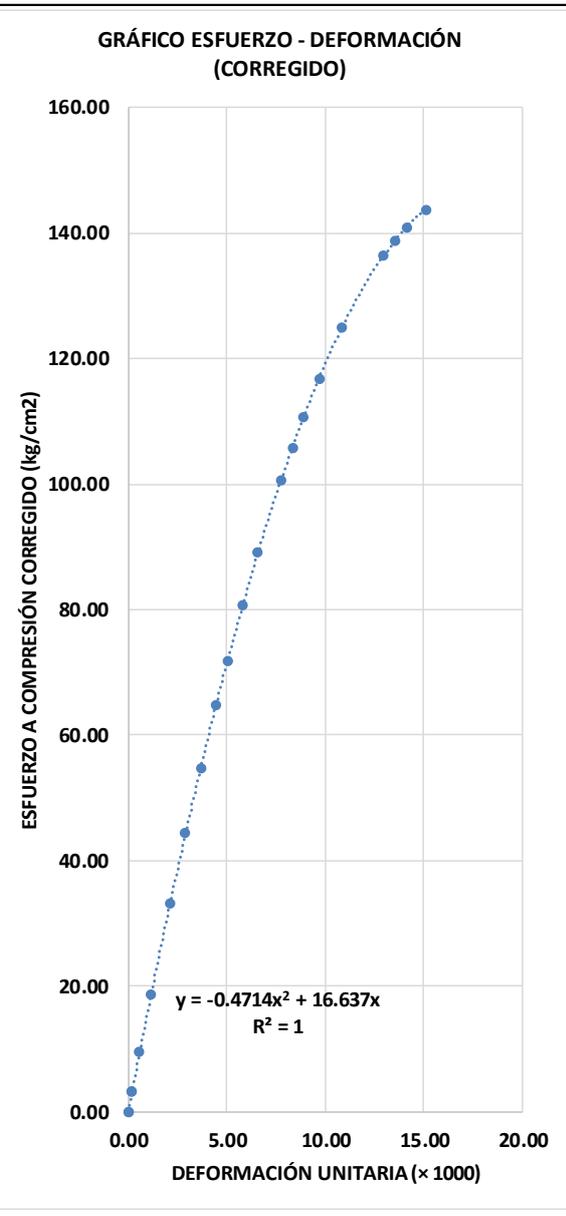


EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.471x ² + 16.53x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	13.21
ESF. ROT (kg/cm ²):	143.65
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	175102.51
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm ²):	136.27

ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECIMEN DE MORTERO Y GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN(CORREGIDO)

PROBETA: M12 % (8-3)		MORTERO CON:		CCA (12% del peso de Cemento)
FECHA DE FABRIC.:		26/02/2018		
FECHA DE ENSAYO:		26/03/2018		AREA (cm2): 25.717
EDAD:	28 DÍAS	1KN=	101.97 Kgf	LONGITUD (mm): 51.680

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	7.93	0.00
4.00	0.01	0.19	15.86	3.20
6.00	0.01	0.19	23.79	3.20
8.00	0.03	0.58	31.72	9.50
10.00	0.06	1.16	39.65	18.68
12.00	0.11	2.13	47.58	33.28
14.00	0.15	2.90	55.51	44.32
16.00	0.19	3.68	63.44	54.79
18.00	0.23	4.45	71.37	64.71
20.00	0.26	5.03	79.30	71.77
22.00	0.30	5.80	87.23	80.69
24.00	0.34	6.58	95.16	89.05
26.00	0.40	7.74	103.09	100.53
28.00	0.43	8.32	111.02	105.79
30.00	0.46	8.90	118.95	110.74
32.00	0.50	9.67	126.88	116.84
34.00	0.56	10.84	134.81	124.93
36.00	0.67	12.96	142.74	136.46
36.12	0.70	13.54	143.22	138.86
36.04	0.73	14.13	142.90	140.95
35.46	0.78	15.09	140.60	143.72



EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.471x ² + 16.64x
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	13.54
ESF. ROT (kg/cm ²):	143.22
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	176759.26
ESF. ROT. CORREGIDO(kg/cm2):	138.86

ANEXO N° 07: DETERMINACIÓN DE LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD SEGÚN ÍTEM 2.2.3

Código	P.U. (kg/m ³)	$\sqrt{f'c}$	E1	E2
MP	2079.62	11.46	171937.11 kg/cm ²	152188.65 kg/cm ²
6%	2122.31	13.10	196430.75 kg/cm ²	179249.81 kg/cm ²
8%	2110.57	12.38	185748.10 kg/cm ²	168097.02 kg/cm ²
10%	2106.15	12.00	179928.49 kg/cm ²	162318.96 kg/cm ²
12%	2084.88	11.81	177220.21 kg/cm ²	157460.20 kg/cm ²

ANEXO N° 08: PANEL FOTOGRÁFICO.

Imagen N° 1: Preparación de los agregados.



Imagen N° 2: Tamizando el agregado fino



Imagen N° 3: Agregado fino saturado superficialmente seco, frasco lleno con muestra y agua hasta la marca de 500cm³.

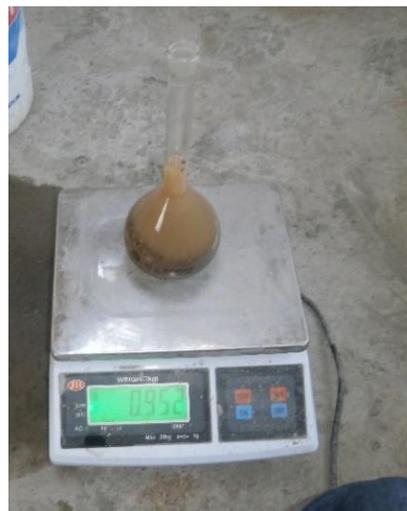


Imagen N° 4: Secado de las muestras en la estufa.



Imagen N° 5: Secado de las muestras en la estufa.



Imagen N° 6: Peso unitario seco compactado del agregado fino.



Imagen N° 7: Material fino contenido en los agregados



Imagen N° 8: Molienda de la CCA en la máquina de los ángeles.



Imagen N° 9: Muestra de la CCA después de la molienda en la máquina de los ángeles.



Imagen N° 10: Peso unitario seco compactado del agregado fino.



Imagen N° 11: Material fino contenido en los agregados



Imagen N° 12: Fotografía de la elaboración de los morteros de control.

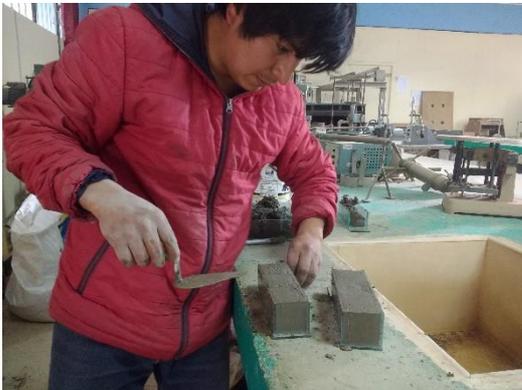


Imagen N° 13: Fotografía del pesaje del mortero en estado seco



Imagen N° 14 Fotografía de los morteros de control antes de ser curados



Imagen N° 15 Curados los morteros de control.



Imagen N° 16: Preparación de los moldes para la elaboración de los morteros con Ceniza de cáscara de arroz.



Imagen N° 17: Pesaje de la Ceniza de cáscara de arroz para adicionar en reemplazo del cemento



Imagen N° 18: Preparación de la mezcla para la elaboración de los morteros con incorporación de CCA



Imagen N° 19: Preparación de los morteros con incorporación de CCA



Imagen N° 20: Pesaje de los morteros frescos con adición de CCA



Imagen N° 21: Fotografía de los morteros elaborados en estado fresco



Imagen N° 22: Fotografía de los morteros elaborados en estado endurecido



Imagen N° 23: Fotografía de la codificación de los morteros elaborados.



Imagen N° 24: Curado de los morteros con y sin adición de CCA



Imagen N° 25: Pesaje de los morteros antes de ser ensayados.



Imagen N° 26: Instalación del deformímetro digital.



Imagen N° 27: Ensayo a compresión de especímenes de mortero con adición de cca.



Imagen N° 28: Fotografía de los ensayos de los morteros de control



Imagen N° 29: Fotografía del mortero después de ser ensayado.



**ANEXO N° 09: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I,
ANÁLISIS QUÍMICO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y
CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIO**



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



G-CC-F-04
Versión 03

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
Pacasmayo, 15 de Agosto del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.1	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.66	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3650	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.08	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión:

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	26.5 (271)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	34.3 (350)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	39.8 (406)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	261	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-07-2017 al 31-07-2017.
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Junio 2017.
(*) Requisito opcional.

Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

**DETERMINACION DE OXIDO NO METALICOS DE UNA MUESTRA DE CENIZA DE CASCARA DE
ARROZ (PUZOLANA ARTIFICIAL)**

SOLICITA: RAMIREZ HUAMÁN GUSTAVO IVÁN
NOMBRE DE TESIS: "INFLUENCIA DE LA PUZOLANA ARTIFICIAL DE LOS MORTEROS
CEMENTO-ARENA"
FECHA DE ENSAYO: ENERO DEL 2018

COMPOSICIÓN QUÍMICA MUESTRA PUZOLANA	
COMPOSICIÓN	RESULTADO DE % EN PESO
SiO ₂	74.10
Al ₂ O ₃	16.20
Fe ₂ O ₃	2.06
CaO	3.2
MgO	0.72
Na ₂ O	1.30
K ₂ O	1.18
PPI	1.24
TOTAL	100.00

NOTA : La muestra fue alcanzada a este laboratorio por el interesado, al que luego se procedió a hacer el análisis respectivo.



Ing. MSc. Hugo Masquera Estraver
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664



EL JEFE DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DEJA:

CONSTANCIA

Que el Sr. RAMÍREZ HUAMÁN GUSTAVO IVÁN, Ex alumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca; que ha realizado trabajos en el Laboratorio de Ensayo de Materiales "Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz" de la Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, para la Tesis Titulada: "INFLUENCIA DE LA PUZOLANA ARTIFICIAL EN LOS MORTEROS CEMENTO - ARENA". Dichos ensayos se realizaron del 05 de enero al 29 de marzo del 2018, en dicha Institución.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 23 de mayo de 2019.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Mauro Corderón Vargas
JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES