



**Universidad
Continental**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de
Ingeniería Civil

**Evaluación de la Puzolana Natural del
Distrito de Chongos Alto como adición
en la elaboración de concreto para
 $F' C = 175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$
Huancayo-2016**

Lilia Fiorella Giraldez Candiotti

Huancayo, 2017

Tesis para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen del Carmen

Por oír mis oraciones, guiar mis pasos en el día a día y darme la dicha de tener grandes bendiciones: Mi familia, el amor y la sabiduría.

A mi familia

Por su apoyo y motivación diaria, reprimendas y consejos oportunos, porque día a día tengo mucho que aprender de ellos y tengo la certeza de que siempre estarán presentes para darme la mano cuando más lo necesite, como en la realización de la presente tesis.

A Paul

Mi compañero de vida, por su compañía y tiempo brindado en el apoyo de los trabajos de laboratorio, las idas y venidas a cantera. Su paciencia, amor infinito y las palabras de motivación constante en la realización de la presente tesis.

Al Ing. Joseph Alberto Castañeda Lozano

Por el apoyo, predisposición en la asesoría y tiempo brindado a lo largo del desarrollo de la presente tesis.

Al Ing. Fernando Martínez Ildelfonso

Por toda la ayuda e información brindada para el desarrollo de esta tesis.

Al Ing. Omar Huamaní y Laboratorio C3 Ingeniería Especializada

Por su amistad, guía y disposición del uso de las instalaciones y equipos del laboratorio para poder realizar los ensayos necesarios de esta investigación.

A mis amigos

Por los buenos, malos momentos y experiencias que hemos compartido en nuestro fugaz paso por la universidad, por la amistad que a pesar de los años persistirá.

DEDICATORIA

A mis padres María y Abdulio, las personas más luchadoras e increíbles, quienes me enseñaron a ser una mujer fuerte, por apoyarme y motivarme en el logro de uno de mis mayores objetivos: el ser Ingeniera Civil. Por ser además, mi más grande bendición y la motivación de mi día a día.

A Patricia, mi hermana, la que siempre escucha y a quien siempre apoyaré, a la que quiero mucho por ser además mi mejor y gran amiga.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE	III
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE GRÁFICOS	XII
LISTA DE FIGURAS	XIV
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCIÓN	XVIII
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problema específico	3
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivo específico	3
1.4. HIPÓTESIS	4
1.4.1. Hipótesis general	4
1.4.2. Hipótesis específica	4
1.5. VARIABLES	4
1.5.1. Variable independiente	4
1.5.2. Variables dependientes	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1.1. Historia y origen	6
2.1.2. Nacionales	7
2.1.3. Internacionales	9

2.2.	BASES TEÓRICAS	10
2.2.1.	Generalidades del concreto	10
2.2.2.	Componentes del concreto	12
2.2.3.	Propiedades del concreto.....	56
CAPÍTULO III		87
METODOLOGÍA		87
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	87
3.1.1.	Por su finalidad.....	87
3.1.2.	Por su nivel de conocimiento	87
3.1.3.	Por la aplicación de la investigación	87
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	88
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	88
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	89
3.5.	PROCESAMIENTO DE DATOS	92
CAPÍTULO IV.....		94
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....		94
4.1.	MATERIALES.....	94
4.1.1.	Puzolana natural de Chongos Alto.....	94
4.1.2.	Agregado grueso	106
4.1.3.	Agregado fino	110
4.1.4.	Agregado global	114
4.1.5.	Cemento Portland Andino tipo I y tipo IP	118
4.2.	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO	119
4.2.1.	Mezcla patrón $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$	120
4.2.2.	Mezcla patrón $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	125
4.2.3.	Mezcla patrón $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$	129
4.2.4.	Mezcla $F'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ adición de puzolana.....	133
4.2.5.	Mezcla $F'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ adición de puzolana	138
4.2.6.	Mezcla $F'c=175 \text{ kg/cm}^2 - 25\%$ adición de puzolana	142
4.2.7.	Mezcla $F'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 35\%$ adición de puzolana	146
4.2.8.	Mezcla $F'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ adición de puzolana	150
4.2.9.	Mezcla $F'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ adición de puzolana.....	154
4.2.10.	Mezcla $F'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ adición de puzolana	158
4.2.11.	Mezcla $F'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 35\%$ adición de puzolana	162
4.2.12.	Mezcla $F'c=245 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ adición de puzolana	166
4.2.13.	Mezcla $F'c=245 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ adición de puzolana	170
4.2.14.	Mezcla $F'c=245 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ adición de puzolana	174

4.2.15.	Mezcla $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$ + 35% adición de puzolana	178
CAPÍTULO V		182
ENSAYOS DEL CONCRETO		182
5.1.	ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	182
5.1.1.	Slump (N.T.P 339.035).....	187
5.1.2.	Exudación (N.T.P 339.077)	188
5.1.3.	Aire atrapado (N.T.P 339.080)	190
5.1.4.	Tiempo de fraguado (N.T.P 339.082).....	192
5.1.5.	Peso unitario compactado fresco (N.T.P 339.046)	193
5.2.	ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	195
5.2.1.	Resistencia a la compresión (N.T.P 339.034).....	195
5.2.2.	Resistencia a la tracción (N.T.P 339.084).....	197
5.2.3.	Resistencia a la flexión (N.T.P 339.078).....	198
CAPÍTULO VI.....		201
ANÁLISIS DE COSTOS DEL CONCRETO		201
6.1.	COSTOS DE MATERIALES	201
6.1.1.	Costo del Cemento:.....	201
6.1.2.	Costo de los agregados:.....	202
6.1.3.	Costo de la puzolana natural:.....	202
CAPITULO VII.....		210
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		210
7.1.	$F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	211
7.1.1.	Slump.....	212
7.1.2.	Exudación	213
7.1.3.	Aire atrapado	214
7.1.4.	Tiempo de fraguado	215
7.1.5.	Peso unitario del concreto	216
7.1.6.	Resistencia a la compresión	217
7.1.7.	Resistencia a la tracción.....	221
7.1.8.	Resistencia a la flexión.....	224
7.2.	$F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	226
7.2.1.	Slump.....	227
7.2.2.	Exudación	228
7.2.3.	Aire atrapado	229
7.2.4.	Tiempo de fraguado	230
7.2.5.	Peso unitario del concreto	231

7.2.6.	Resistencia a la compresión	232
7.2.7.	Resistencia a la tracción.....	237
7.2.8.	Resistencia a la flexión.....	240
7.3.	$F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	242
7.3.1.	Slump.....	243
7.3.2.	Exudación.....	244
7.3.3.	Aire atrapado	245
7.3.4.	Tiempo de fraguado	246
7.3.5.	Peso unitario del concreto.....	247
7.3.6.	Resistencia a la compresión	248
7.3.7.	Resistencia a la tracción.....	253
7.3.8.	Resistencia a la flexión.....	256
7.4.	PORCENTAJE ÓPTIMO PARA USO EN EL CONCRETO	258
CAPITULO VIII.....		259
ANÁLISIS ESTADÍSTICO		259
8.1.	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN.....	259
8.1.1.	Resistencia a la compresión	261
8.1.2.	Resistencia a la tracción.....	267
8.1.3.	Resistencia a la flexión.....	272
CAPITULO IX.....		276
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		276
BIBLIOGRAFÍA.....		282
ANEXOS		288
ANEXO A.		289
RESUMEN DERECHO MINERO SILVITA 2016		289
ANEXO B.		291
PLANO CAPACIDAD DE CANTERA DE PUZOLANA		291
ANEXO C.		292
C.1 .ENSAYOS REALIZADOS EN LOS AGREGADOS.....		293
C.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		335
PUZOLANA NATURAL		335
C.3. ENSAYO FINEZA DE LA PUZOLANA.....		340
C.4. ENSAYOS REALIZADOS EN EL CONCRETO EN ESTADO FRESCO		342

C.5.ENSAYOS REALIZADOS EN EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	361
ANEXO D.	397
FOTOGRAFÍAS	397
ANEXO E.	413
CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN	413
ANEXO F.....	426
ENCUESTAS	426

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos y clases de cemento producidos según empresas.	13
Tabla 2. Materias primas para la obtención de los óxidos.	17
Tabla 3. Porcentaje típico de los óxidos componentes del cemento.	17
Tabla 4. Porcentajes típicos de los compuestos químicos principales del cemento.	17
Tabla 5. Requisitos físicos del cemento.	19
Tabla 6. Requisitos químicos del cemento.	19
Tabla 7. Características físicas de Cementos Andino según tipos.	20
Tabla 8. Características químicas de Cementos Andino según tipos.	20
Tabla 9. Valores de emisión de CO ₂ por tipo de cemento.	24
Tabla 10. Características físicas de cemento Puzolánico tipo IP Andino.	26
Tabla 11. Características químicas de cemento Puzolánico tipo IP Andino.	26
Tabla 12. Composición química de las puzolanas.	35
Tabla 13. Requisitos químicos de las puzolanas.	36
Tabla 14. Requisitos físicos de las puzolanas.	36
Tabla 15. Producción de puzolana para construcción por regiones (en toneladas métricas).	41
Tabla 16. Canteras de puzolana según ubicación geográfica.	42
Tabla 17. Evolución de rocas y minerales industriales en la región Junín.	42
Tabla 18. Límites permisibles para el agua.	44
Tabla 19. Requisitos granulométricos del agregado fino.	53
Tabla 20. Límites de sustancias perjudiciales permisibles del agregado fino.	53
Tabla 21. Husos de granulometría del agregado grueso.	54
Tabla 22. Límites máximos permisibles de sustancias perjudiciales del agregado grueso.	55
Tabla 23. Requisitos granulométricos del agregado global.	55
Tabla 24. Temperatura mínima del concreto al ser colocado.	57
Tabla 25. Criterio de aceptación – Ensayo de temperatura del concreto.	58
Tabla 26. Grados de consistencia de la mezcla de concreto	59
Tabla 27. Tolerancias en el ensayo de asentamiento.	62
Tabla 28. Tolerancia de tiempo permisible en el ensayo de resistencia.	81
Tabla 29. Porcentaje de variación en probetas de concreto.	81
Tabla 30. Cantidad de probetas sometidas al ensayo de resistencia a la compresión.	89
Tabla 31. Cantidad de probetas sometidas al ensayo de resistencia a la tracción.	90
Tabla 32. Cantidad de vigas sometidas al ensayo de resistencia a la flexión.	91
Tabla 33. Dimensión de esferas de acero.	98
Tabla 34. Finura de la puzolana natural.	102
Tabla 35. Características físicas y químicas de la puzolana natural de Chongos Alto.	103
Tabla 36. Granulometría del agregado grueso-muestra promedio.	108

Tabla 37. Resultado de ensayos de características físicas del agregado grueso- cantera Pilcomayo	110
Tabla 38. Granulometría del agregado fino- muestra promedio.....	112
Tabla 39. Resultado de ensayos de características físicas del agregado fino- cantera Orcotuna.....	113
Tabla 40. Combinaciones de Agregado Fino y Grueso.	114
Tabla 41. Resultados de ensayos combinaciones de agregado global.....	115
Tabla 42. Peso unitario compactado seco vs % vacíos.....	116
Tabla 43. Relación arena-piedra del agregado global.	117
Tabla 44. Propiedades físicas y químicas del cemento.....	118
Tabla 45. Datos de materiales para el diseño de mezcla patrón.....	120
Tabla 46. Diseño de mezcla patrón - $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	124
Tabla 47. Diseño de mezcla patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	128
Tabla 48. Diseño de mezcla patrón $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	132
Tabla 49. Datos de materiales para el diseño de mezcla con adición de puzolana.	133
Tabla 50. Diseño de mezcla $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 5 \%$ puzolana.....	137
Tabla 51. Diseño de mezcla $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15 \%$ puzolana.....	141
Tabla 52. Diseño de mezcla $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 25 \%$ puzolana.....	145
Tabla 53. Diseño de mezcla $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 35 \%$ puzolana.....	149
Tabla 54. Diseño de mezcla $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ puzolana.....	153
Tabla 55. Diseño de mezcla $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ puzolana.....	157
Tabla 56. Diseño de mezcla $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ puzolana.....	161
Tabla 57. Diseño de mezcla $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 35\%$ puzolana.....	165
Tabla 58. Diseño de mezcla $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ puzolana.....	169
Tabla 59. Diseño de mezcla $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ puzolana.....	173
Tabla 60. Diseño de mezcla $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ puzolana.....	177
Tabla 61. Diseño de mezcla $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2 + 35\%$ Puzolana.	181
Tabla 62. Asentamiento del concreto - $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	188
Tabla 63. Asentamiento del concreto - $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	188
Tabla 64. Asentamiento del concreto - $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	188
Tabla 65. Exudación en el concreto - $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	189
Tabla 66. Exudación en el concreto - $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	190
Tabla 67. Exudación en el concreto - $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	190
Tabla 68. % de Aire atrapado del concreto– $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	191
Tabla 69. % de Aire atrapado del concreto – $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	191
Tabla 70. % de Aire atrapado del concreto – $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	192
Tabla 71. Tiempo de fragua inicial y final del concreto - $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	192
Tabla 72. Tiempo de fragua inicial y final del concreto - $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	193
Tabla 73. Tiempo de fragua inicial y final del concreto - $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	193
Tabla 74. Peso unitario del concreto– $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	194

Tabla 75. Peso unitario del concreto – $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	194
Tabla 76. Peso unitario del concreto – $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	194
Tabla 77. Resistencia a la compresión vs edades- $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	196
Tabla 78. Resistencia a la compresión vs edades- $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	196
Tabla 79. Resistencia a la compresión vs edades- $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	196
Tabla 80. Resistencia a la tracción – $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	198
Tabla 81. Resistencia a la tracción – $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	198
Tabla 82. Resistencia a la tracción – $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	198
Tabla 83. Módulo de rotura – $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	199
Tabla 84. Módulo de rotura – $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	200
Tabla 85. Módulo de rotura – $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	200
Tabla 86. Costos por m^3 del concreto patrón y con adiciones de puzolana natural.	207
Tabla 87. Resultados ensayo de slump – $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	212
Tabla 88. Resultado ensayo de exudación- $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	213
Tabla 89. Resultados ensayo aire atrapado- $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	214
Tabla 90. Resultados ensayo tiempo de fragua- $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	215
Tabla 91. Resultados ensayo peso unitario- $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	216
Tabla 92. Resistencia a la compresión vs edades - $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	217
Tabla 93. Porcentaje de resistencia alcanzada respecto al C. Patrón – $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	220
Tabla 94. Porcentaje de resistencia alcanzada respecto al $F'cr$ de diseño – $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	221
Tabla 95. Resultados ensayo tracción – $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	221
Tabla 96. Relación de la resistencia a la tracción respecto a la resistencia a la compresión- $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$	222
Tabla 97. Comparación del ensayo de compresión diametral vs Split test.	223
Tabla 98. Resultados ensayo de flexión- $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	224
Tabla 99. Relación del módulo de rotura respecto a la resistencia a la compresión- $F'c= 175$ kg/cm^2	225
Tabla 100. Resultados ensayo de slump – $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	227
Tabla 101. Resultado ensayo de exudación- $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	228
Tabla 102. Resultados ensayo aire atrapado- $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	229
Tabla 103. Resultados ensayo tiempo de fragua- $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	230
Tabla 104. Resultados ensayo peso unitario- $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	231
Tabla 105. Resistencia a la compresión vs edades- $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	232
Tabla 106, Porcentaje de resistencia alcanzada respecto al C. Patrón – $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	236
Tabla 107. Porcentaje de resistencia alcanzada respecto al $F'cr$ de diseño – $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	237
Tabla 108. Resultados ensayo tracción – $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	237
Tabla 109. Relación de la resistencia a la tracción respecto a la resistencia a la compresión- $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	238
Tabla 110. Comparación del ensayo de compresión diametral vs Split test - $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	239

Tabla 111. Resultados ensayo de flexión- $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	240
Tabla 112. Relación del módulo de rotura respecto a la resistencia a la compresión- $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	241
Tabla 113. Resultados ensayo de slump – $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	243
Tabla 114.Resultado ensayo de exudación- $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	244
Tabla 115. Resultados ensayo aire atrapado- $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	245
Tabla 116. Resultados ensayo tiempo de fragua- $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	246
Tabla 117. Resultados ensayo peso unitario- $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	247
Tabla 118. Resistencia a la compresión vs edades- $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	248
Tabla 119. Porcentaje de resistencia alcanzada respecto al C. Patrón – $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	252
Tabla 120. Porcentaje de resistencia alcanzada respecto al $F'cr$ de diseño – $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$...	253
Tabla 121. Resultados ensayo tracción – $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	253
Tabla 122. Relación de la resistencia a la tracción respecto a la resistencia a la compresión – $F'c =245 \text{ kg/cm}^2$	255
Tabla 123. Comparación del ensayo de compresión diametral vs Split test- $F'c =245 \text{ kg/cm}^2$	255
Tabla 124. Resultados ensayo de flexión- $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	256
Tabla 125. Relación del módulo de rotura respecto a la resistencia a la compresión- $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	257

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva granulométrica de la puzolana sin tratamiento.	100
Gráfico 2. Curva granulométrica de la puzolana tratada.	101
Gráfico 3: Curva granulométrica agregado grueso- muestra promedio.....	109
Gráfico 4. Curva granulométrica agregado fino-muestra promedio.	113
Gráfico 5. Peso unitario compactado seco vs % vacíos.	116
Gráfico 6. Curva relación arena/piedra.	117
Gráfico 7. Cantidad de agua requerida para la relación $a/c = 0.628$	121
Gráfico 8. Cantidad de agua requerida para la relación $a/c = 0.558$	125
Gráfico 9. Cantidad de agua requerida para la relación $a/c = 0.382$	129
Gráfico 10. Cantidad de agua requerida para la relación $a/c = 0.628$ - concreto + adiciones.....	134
Gráfico 11. Cantidad de agua requerida para la relación $a/c = 0.558$ - concreto + adiciones.....	150
Gráfico 12. Cantidad de agua requerida para la relación $a/c = 0.382$ - concreto + adiciones.....	166
Gráfico 13. Costos por m^3 del concreto $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	208
Gráfico 14. Costos por m^3 del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	208
Gráfico 15. Costos por m^3 del concreto $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	209
Gráfico 16. Asentamiento vs diseño de mezcla $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	212
Gráfico 17. Agua exudada vs dosis de puzolana natural- $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	213
Gráfico 18. % Aire atrapado vs dosis de puzolana natural - $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	214
Gráfico 19. Tiempo de fragua vs dosis de puzolana natural – $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	215
Gráfico 20. Peso unitario vs dosis de puzolana natural – $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	216
Gráfico 21. Resistencia a la compresión vs dosis de puzolana - $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	218
Gráfico 22. Curva de resistencia a la compresión - $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	219
Gráfico 23. Resistencia a la tracción vs Dosis de puzolana natural- $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	222
Gráfico 24. Módulo de rotura vs Dosis de puzolana – $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	224
Gráfico 25. Slump vs diseño de mezcla $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	227
Gráfico 26. Agua exudada vs dosis de puzolana natural- $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	228
Gráfico 27. % Aire atrapado vs dosis de puzolana natural- $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	229
Gráfico 28. Tiempo de fragua vs dosis de puzolana natural – $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	231
Gráfico 29. Peso unitario vs dosis de puzolana natural – $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	232
Gráfico 30. Resistencia a la compresión vs dosis de puzolana- $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	234
Gráfico 31. Curva de resistencia a la compresión - $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	235
Gráfico 32. Resistencia a la tracción vs dosis de puzolana natural- $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	238
Gráfico 33. Módulo de rotura vs dosis de puzolana – $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	240
Gráfico 34. Slump vs diseño de mezcla $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	243
Gráfico 35. Agua exudada vs dosis de puzolana natural- $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	244
Gráfico 36. % Aire atrapado vs dosis de puzolana natural- $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	245

Gráfico 37. Tiempo de fragua vs dosis de puzolana natural – $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$	247
Gráfico 38. Peso unitario vs dosis de puzolana natural – $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	248
Gráfico 39. Resistencia a la compresión vs Dosis de Puzolana- $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$	250
Gráfico 40. Curva de resistencia a la compresión - $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	251
Gráfico 41. Resistencia a la tracción vs dosis de puzolana natural- $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$	254
Gráfico 42. Módulo de rotura vs dosis de puzolana – $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	256

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proporciones en volumen absoluto de los componentes del concreto.	11
Figura 2. Proceso de fabricación de cemento Portland.	14
Figura 3. Proceso de producción de cemento Portland adicionado.	21
Figura 4. Proceso de obtención de harina cruda.	23
Figura 5. Elaboración del clinker.	23
Figura 6. Proceso de molienda, envasado y despacho.	24
Figura 7. Compuestos químicos formados por adición de puzolana.	25
Figura 8. Clasificación de puzolanas.	32
Figura 9. Puzolana natural de origen volcánico pumítico.	34
Figura 10. Canteras de puzolana en el Perú por regiones, 2004.	41
Figura 12. Producción de las rocas y minerales industriales en la región Junín según porcentajes.	43
Figura 12. Distribución de volúmenes sólidos, de poros y vacíos del agregado.	46
Figura 13. Condición de humedad de los agregados.	50
Figura 14. Medición de temperatura del concreto.	58
Figura 15. Equipos utilizados en el ensayo de asentamiento.	60
Figura 16. Secuencia de procedimiento del ensayo de asentamiento.	61
Figura 17. Etapas de fraguado usando las agujas de penetración.	66
Figura 18. Penetrómetro para ensayo de tiempo de fraguado.	67
Figura 19. Medidor tipo A de contenido de aire en el concreto.	69
Figura 20. Medidor tipo B de contenido de aire en el concreto.	70
Figura 21. Exudación de la mezcla de concreto fresco.	72
Figura 22. Segregación de la mezcla de concreto fresco.	74
Figura 23. Procedimiento de llenado en moldes de probetas.	76
Figura 24. Prensa hidráulica para ensayo de resistencia a la compresión.	78
Figura 25. Colocación de probeta en la prensa.	79
Figura 26. Fórmula de cálculo de Resistencia a la Compresión.	80
Figura 27. Compresión diametral en probetas.	82
Figura 28. Espécimen en la prensa.	83
Figura 29. Ensayo de flexión.	85
Figura 30. Colocado de espécimen para ensayo de flexión.	86
Figura 31. Diagrama de desarrollo de diseño de mezclas de la investigación.	93
Figura 32. Vértices de delimitación de la concesión minera.	105
Figura 33. Área aprovechable de cantera de puzolana.	105

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Ubicación de Cantera de Puzolana.	95
Fotografía 2. Cantera de puzolana natural en anexo Pititayo- Chongos Alto.....	96
Fotografía 3. Equipo para realizar la molienda de puzolana natural.	97
Fotografía 4. Molienda de puzolana natural.....	98
Fotografía 5. Esferas de acero para realizar la molienda de puzolana.	99
Fotografía 6. Tamizado de muestra de puzolana molida por la malla N° 200.....	99
Fotografía 7. Tamiz N° 325 para ensayo de finura.	102
Fotografía 8. Ubicación cantera Pilcomayo.	107
Fotografía 9. Visita a la cantera de la piedra chancada en Pilcomayo- Huancayo.	107
Fotografía 10. Realización del cuarteo manual del agregado grueso.	108
Fotografía 11. Ubicación cantera Orcotuna.	111
Fotografía 12. Realización del cuarteo manual del agregado fino.....	112
Fotografía 13. Materiales previamente pesados a utilizar en el mezclado.	183
Fotografía 14. Preparación de mezclas de concreto.	184
Fotografía 15. Elaboración de probetas y viga.	185
Fotografía 16. Curado de las probetas de concreto.....	187
Fotografía 17. Ensayo de asentamiento del concreto.....	187
Fotografía 18. Ensayo de exudación del concreto.	189
Fotografía 19. Ensayo de contenido de aire del concreto.	191
Fotografía 20. Ensayo de tiempo de fraguado del concreto.	192
Fotografía 21. Ensayo del peso unitario del concreto.....	193
Fotografía 22. Ensayo de resistencia a la compresión.	195
Fotografía 23. Probetas roturadas.	195
Fotografía 24. Ensayo de compresión diametral.	197
Fotografía 25. Probetas sometidas a compresión diametral.	197
Fotografía 26. Ensayo de resistencia a la flexión.	199

RESUMEN

En la búsqueda por reducir el impacto de contaminación del cemento, se plantean diversas soluciones que permitan reducir la contaminación ya sea durante la fabricación o uso del producto (cemento), encontrando en las adiciones minerales como la puzolana natural un considerable reemplazo del cemento, ya que mientras menos cemento se use menos será la contaminación.

En esta investigación se ha realizado el estudio y análisis de la puzolana natural del distrito de Chongos Alto en el comportamiento del concreto en estado fresco como endurecido, ya que al adicionar la puzolana natural se sustituye parcialmente la cantidad de cemento.

Para tal fin se desarrolló una mezcla patrón para cada $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, 210 kg/cm^2 y 245 kg/cm^2 con los siguientes componentes: cemento Portland tipo IP + agregados + agua.

Y se elaboró además 4 diseños de mezclas con adiciones de puzolana natural para cada $F'c$ con los siguientes porcentajes 5%, 15%, 25% y 35%; estas presentan los siguientes componentes: cemento Portland tipo I + adición de puzolana natural + agregados + agua; cada una de las mezclas con adiciones de puzolana natural se compararon con los concretos patrón, para obtener el porcentaje de adición adecuado en el que las propiedades del concreto no se vean alteradas negativamente.

Para cada una de las mezclas tanto patrón como con adiciones de puzolana natural se realizaron los ensayos en estado fresco y en estado endurecido; con los resultados obtenidos se analizan como varían las propiedades del concreto conforme se le adiciona puzolana natural, teniendo como referente el concreto patrón.

De este análisis se concluye que el porcentaje de adición óptima es la de 15% aconteciendo lo siguiente: la trabajabilidad disminuye, se acelera ligeramente el tiempo de fragua, la exudación disminuye; y además la resistencia a la compresión, tracción y flexión aumentan respecto del concreto patrón a lo largo de la evolución de edad del concreto.

Palabras clave: Concreto, concreto patrón, adición, puzolana natural, Chongos Alto, cemento Portland, estado fresco, estado endurecido, sostenible.

ABSTRACT

In the search to reduce the impact of cement pollution, several solutions are proposed to reduce the contamination either during the manufacture or use of the product (cement), finding mineral additions such as natural pozzolana a considerable replacement of cement, therefore the less cement is used the less pollution will be.

In this research, the study and analysis of the natural pozzolan of the district of Chongos Alto has been carried out on the behavior of fresh concrete as hardened, since when the natural pozzolan is added, the quantity of cement is partially replaced.

For this purpose, a standard mixture was developed for each $F'c = 175 \text{ kg / cm}^2$, 210 kg / cm^2 and 245 kg / cm^2 with the following components: Portland cement type IP + aggregates + water.

And 4 mix designs were elaborated with additions of natural pozzolana for each $F'c$ with the following percentages 5%, 15%, 25% and 35%; these present the following components: type I Portland cement + addition of natural pozzolan + aggregates + water; each of the mixtures with additions of natural pozzolan were compared with the concrete ones, to obtain the percentage of adequate addition in which the properties of the concrete are not altered negatively.

For each of the mixtures, both standard and with additions of natural pozzolan, the tests were carried out in the fresh state and in the hardened state; with the results obtained, we analyze how the properties of the concrete vary according to the addition of natural pozzolan, taking the standard concrete as a reference.

From this analysis it is concluded that the percentage of optimal addition is 15%, as follows: the workability decreases, the setting time accelerates slightly, the exudation decreases; In addition, the resistance to compression, traction and flexion increase with respect to the concrete pattern throughout the evolution of concrete age.

Keywords: Concrete, concrete pattern, addition, natural pozzolana, Chongos Alto, Portland cement, fresh state, hardened state, sustainable.

INTRODUCCIÓN

La sustitución de una parte de cemento por otros constituyentes, ha sido investigada desde tiempo atrás buscando reducir el impacto de la contaminación del cemento. La adaptación del concreto a las exigencias ecológicas, hace que se recurra a materiales que aporten en la mejora de las características o propiedades, siendo estos las adiciones minerales como la puzolana natural.

En esta investigación se evalúa la puzolana natural proveniente del distrito de Chongos Alto como adición en el concreto y se analiza su efecto en las propiedades en estado fresco: slump, exudación, tiempo de fragua inicial, tiempo de fragua final, peso unitario y aire atrapado. Y la influencia en las propiedades en estado endurecido: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión.

Para tal fin, la presente tesis se divide en nueve capítulos:

En el Capítulo I: Se desarrolla el planteamiento y formulación del problema, y se describen los objetivos, hipótesis y variables.

En el Capítulo II: Se desarrolla el marco teórico, con la finalidad de realizar el sustento y fundamento de esta investigación, mediante los antecedentes y las bases teóricas.

En el Capítulo III: Se describe la metodología: el tipo y diseño de la investigación, la población, muestra y técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el Capítulo IV: Se describe los materiales a usar y se desarrolla el diseño de mezclas tanto patrón como con adiciones de puzolana natural.

En el Capítulo V: Se presenta y analiza los resultados de los ensayos realizados en el concreto en estado fresco y endurecido.

En el Capítulo VI: Se realiza el análisis de costos de los concretos en estudio.

En el Capítulo VII: Se realiza el análisis de resultados.

En el Capítulo VIII: Se realiza el análisis estadístico, regresión y correlación.

Finalizando esta tesis con el Capítulo IX en el que se realizan las conclusiones y recomendaciones.

La autora.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo de la tecnología del concreto se ha venido intensificando año tras año, en la búsqueda de materiales que aporten y mejoren las propiedades del concreto incorporándolo en su elaboración como lo son “aditivos o adiciones”. Así mismo, se ha buscado alternativas apuntando al objetivo de lograr concretos sostenibles, que permitan utilizar menor cantidad de cemento y que garanticen las mismas propiedades de la mezcla. Lo cual ha llevado al uso de “adiciones en el concreto” que permiten reducir el uso del cemento, además de que pueden mejorar la calidad del concreto y reducir su costo de elaboración.

El concreto es un material constituido principalmente por cemento, agregados y agua; de ellos es el cemento el principal componente para la elaboración del concreto. Por su uso y necesidad para cada nueva infraestructura, su producción aumenta cada año; esta es la principal razón para buscar reducir el uso del cemento en el concreto. Dado que la fabricación del cemento supone emitir una gran cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera, y según el último informe estadístico de la FICEM (Federación Interamericana de Cemento): “Las industrias cementeras son responsables del cinco por ciento de las emisiones globales de dióxido de carbono, causa principal del calentamiento global” ¹.

La contaminación es causada durante el proceso de producción del cemento (clinkerización); de ahí la importancia de reducir el impacto de contaminación del cemento; para este fin se plantean diversas soluciones que permiten reducir la emisión de CO₂.

De estas resaltan dos formas de reducir la contaminación:

1. En la fabricación del cemento: Sustituyendo una parte de clinker por adiciones como: puzolanas naturales o artificiales, escorias de altos hornos, fillers, etc. Dando como producto final cementos adicionados.
2. Reduciendo el uso del cemento en el concreto: Realizando adiciones minerales en la producción del concreto, logrando de esta manera un concreto sostenible.

Haciendo hincapié en la segunda forma de reducción de contaminación, el uso de adiciones minerales en el concreto, presenta una serie de ventajas que deberán ser estudiadas para conocer sus efectos en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, y que permitirá su empleo y aprovechamiento de forma adecuada.

Dentro de las adiciones minerales en el concreto se encuentran las puzolanas naturales, que son cenizas volcánicas que reaccionan con el hidróxido de calcio para formar compuestos con propiedades cementantes. En la provincia de Huancayo, se encuentran varias canteras de puzolana natural que no son explotadas y aprovechadas para su uso en la industria de la construcción; tal razón motivó esta investigación que busca disminuir la utilización del cemento y difundir el aprovechamiento de material local, haciendo uso de la puzolana natural proveniente del distrito de Chongos Alto ubicada en la provincia de Huancayo.

El uso de esta puzolana natural se realizará como adición en la elaboración del concreto para diseños de mezclas de 175, 210 y 245 kg/cm², las cuales son mezclas más usuales y/o comerciales en el medio; para conocer su efecto e influencia en las propiedades tanto en el estado fresco como en estado endurecido y determinar el porcentaje de adición de puzolana óptima en el concreto.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

- ¿Cómo influye la adición de la puzolana natural del distrito de Chongos Alto en el comportamiento de las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto?

1.2.2. Problema específico

- ¿Cómo afecta la adición de la puzolana natural del distrito de Chongos Alto en las propiedades del estado fresco del concreto?
- ¿Cómo influye la adición de la puzolana natural del distrito de Chongos Alto en el comportamiento del concreto en estado endurecido?
- ¿Cuál es el porcentaje óptimo de adición de puzolana natural del distrito de Chongos Alto en el concreto?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la influencia de la adición de puzolana natural del distrito de Chongos Alto en el comportamiento de las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto.

1.3.2. Objetivo específico

- Evaluar el efecto de la adición de la puzolana natural del distrito de Chongos Alto en las propiedades del estado fresco del concreto (slump, peso unitario, exudación, contenido de aire, tiempo de fragua).

- Evaluar la influencia de la adición de la puzolana natural del distrito de Chongos Alto en el comportamiento del concreto en estado endurecido (resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión).
- Determinar el porcentaje de adición óptima de puzolana natural del distrito de Chongos Alto en el concreto.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

- La adición de la puzolana natural del distrito de Chongos Alto mejora el comportamiento de las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto.

1.4.2. Hipótesis específica

- La adición de la puzolana natural del distrito de Chongos Alto mejora las propiedades del estado fresco del concreto (slump, peso unitario, exudación, contenido de aire, tiempo de fragua).
- La adición de la puzolana natural del distrito de Chongos Alto influye en el comportamiento del concreto en estado endurecido (resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión).
- El porcentaje de adición óptima de puzolana natural del distrito de Chongos Alto en el concreto es del 25%.

1.5. VARIABLES

1.5.1. Variable independiente

- Porcentaje (dosis) de puzolana natural

1.5.2. Variables dependientes

- Slump
- Contenido de aire
- Peso unitario
- Exudación
- Tiempo de fragua
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la tracción
- Resistencia a la flexión

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Historia y origen

Al respecto Salazar menciona que 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, por lo que se refiere a los pueblos mediterráneos, debió pasar de egipcios a griegos y romanos, siendo ampliado y perfeccionado en sucesivas etapas. 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. Es probable que el primer empleo de estos materiales fuera el de servir de agregados para los morteros de cal. 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.

Tales materiales fueron la tierra griega de Santorín y las cenizas y tobas romanas de Pozzuoli, localidad que ha legado el nombre genérico de puzolanas para éstos y para similares materiales en lo sucesivo. De las obras antiguas realizadas con puzolanas que han llegado hasta nuestros días como inestimables reliquias de la civilización romana pueden citarse: panteones, coliseos, estadios, basílicas, acueductos, cisternas, puentes, puertos y las más diversas estructuras que han perdurado. Y lo han hecho como no han podido hacerlos muchas obras realizadas en la Edad Media, con materiales conglomerantes mal cocidos y exentos de puzolanas activas. Por el contrario, cuando el defecto de cocción y la falta de puzolana se subsanaron, las obras cobraron de nuevo el vigor y con él la longevidad”, Salazar (5).

2.1.2. Nacionales

- Martínez (6), en su trabajo de investigación titulado: “PUZOLANAS DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO, EXCELENTES PARA LA FABRICACIÓN DE CEMENTOS PUZOLÁNICOS”; presentado en el II SIMPOSIO INTERNACIONAL PEQUEÑOS PRODUCTORES MINEROS DE JUNÍN, realizó el estudio de las puzolanas de la provincia de Huancayo para determinar el comportamiento de la resistencia al ataque de sulfatos como componente en el Cemento Portland Puzolánico tipo IP de Cementos Lima S.A.

Se realizó el estudio de las características de actividad puzolánica, composición química de doce muestras de puzolana natural encontradas en yacimientos de la Provincia de Huancayo, de las cuales siete mostraron resultados positivos.

El principal hallazgo de este estudio es la sustancial resistencia a los sulfatos que muestran los resultados de las muestras ensayadas, esto se da por la alta actividad puzolánica que incrementa la resistencia al ataque de sulfatos cuando se añaden como adición mineral.

- Villegas (7), en su tesis titulada: “UTILIZACIÓN DE PUZOLANAS NATURALES EN LA ELABORACIÓN DE PREFABRICADOS CON BASE CEMENTICIA DESTINADOS A LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE BAJO COSTO”; realiza el estudio de varias muestras de puzolana natural, preparándose probetas con adición de diferentes porcentajes de puzolana, las que fueron sometidas a ensayos mecánicos, de los cuales los resultados muestran que la ceniza de cascarillas de arroz, es una puzolana artificial que reemplaza un porcentaje de cemento en la producción y preparación de morteros; siendo mejores que las puzolanas naturales estudiadas.

La investigación llegó a la siguiente conclusión:

- Las cenizas de cáscara de arroz son las que presentan mejores propiedades mecánicas en la adición de morteros y concreto; obteniéndose un reemplazo del cemento óptimo hasta de un 15%; así mismo, en la elaboración de bloquetas de concreto se obtuvo como adición óptima un 15% para lograr la resistencia requerida.
 - En morteros cuya dosificación es de 1:4, como es un mortero no estructural se puede realizar adiciones de hasta un 20%
 - En morteros de dosificación 1:3, se pueden realizar adiciones de hasta un 30%.
- Sánchez (8), en su tesis titulada: “ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL EMPLEO DE DIATOMITA EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO DE ALTO DESEMPEÑO”, realiza el estudio de la diatomita proveniente de la empresa Agregados Calcáreos S.A., como material en la producción de concreto de alto desempeño.

De la investigación realizada se llegó a las siguientes conclusiones:

- Las mezclas que contienen entre 5% y 10% de diatomita, presentan mejor desempeño; sin embargo, las que presenta mejores resultados de

permeabilidad, trabajabilidad y de mayores beneficios económicos es la mezcla que contiene 5%.

2.1.3. Internacionales

- Martínez et al. (9), en la publicación del artículo: “ESTUDIO DE UNA PUZOLANA NATURAL COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO EN MORTEROS CONTAMINADOS CON SULFATOS”, emplean 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.
- 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 (204 kg/cm²); lo que indica que después de este tiempo, el mortero no sufría aun daños.

- La factibilidad del empleo de la puzolana natural, como aditivo durante el mezclado del concreto se da hasta porcentajes de 25% en sustitución del cemento, sin que se vean alteradas las condiciones de alcalinidad.
- Moreno (10), en su tesis titulada: "MORTERO PARA LA FABRICACION DE BLOCK USANDO CENIZA VOLANTE", realiza la elaboración de un mortero ordinario al cual se le agregó ceniza volcánica o puzolana, con el propósito de encontrar una combinación en la cual, a la hora de fabricar bloques de concreto nos permita obtener una resistencia a la compresión que se encuentre dentro de los límites considerables para su uso (35-40 kg/cm²) y obtener un ahorro de material, en este caso de cemento; y así poder tener las mismas características y calidad de un bloque ordinario (arena, grava, agua y cemento).

De los resultados se obtuvo que la incorporación de puzolana incrementó un 27% la resistencia del mortero fabricado con respecto al mortero simple.

- Mancipe, Pereira y Bermúdez (11), en su tesis titulada: "DISEÑO DE CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA A PARTIR DE UNA PUZOLANA NATURAL" hace el uso del caolín buscando diseñar e implementar un concreto modificado con caolín, que tenga las propiedades de ser más resistente, económico y de alta calidad que un concreto tradicional.

El estudio llegó a la siguiente conclusión: La proporción óptima fue la de reemplazar un 5% de cemento por caolín, ya que éste dio como resultado una resistencia a la compresión cercana a los 3000 PSI (21 Mpa o 210 kg/cm²) a los 28 días; siendo un resultado desfavorable para las expectativas propuestas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Generalidades del concreto

[..]"El concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

De esta definición se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes, que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original.

En consecuencia, para poder dominar el uso de este material, hay que conocer no sólo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de los componentes y su interrelación, ya que son en primera instancia los que le confieren su particularidad.

El concreto se conforma de una parte de pasta y otra de agregados; la pasta se compone de materiales cementantes, agua y aire atrapado, y esta representa un aproximado del 25% a 40% del volumen total del concreto. Los agregados constituyen el restante de volumen, siendo este un 60% a 75%; por lo que su selección es de gran importancia”, Pasquel (12).

Kosmatka et al. (13) mencionan que la calidad del concreto depende de la calidad de la pasta y del agregado; así como de la unión entre los dos.



Figura 1. Proporciones en volumen absoluto de los componentes del concreto.
Fuente: UPC, “Tecnología del Concreto”, 2015.

“Como cualquier material, se contrae al bajar la temperatura, y se dilata si ésta aumenta, se ve afectado por sustancias agresivas y se rompe si es sometido a esfuerzos que superan sus posibilidades, por lo que responde perfectamente a las leyes físicas y químicas. Luego pues, la explicación a sus diversos comportamientos

siempre responde a alguna de estas leyes; y la no obtención de los resultados esperados, se debe al desconocimiento de la manera cómo actúan en el material, lo que constituye la utilización artesanal del mismo o porque durante su empleo no se respetaron o se obviaron las consideraciones técnicas que nos da el conocimiento científico sobre él”, Pasquel (12).

2.2.2. Componentes del concreto

2.2.2.1. Cemento

2.2.2.1.1. Cemento Portland

A. Definición

Pasquel (12) define el cemento como: “Un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes”.

La N.T.P 334.009 (14) define el cemento Portland como “un cemento hidráulico que se produce de la pulverización del clinker, que está compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente uno o más de las formas de sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir: Cemento Portland= Clinker Portland + Yeso”.

B. Industria del cemento en el Perú

Gonzales (15) en el año 1998 en su estudio “La Industria del Cemento en el Perú” menciona que:

“La Industria Peruana del Cemento, se inicia en el año 1924 con la puesta en marcha de la Planta Maravillas, propiedad de la Compañía Peruana de Cemento Portland. Hasta mediados de siglo el consumo en otras regiones fue muy reducido, abasteciéndose mayormente por la importación.

En 1955 inicia la producción Cemento Chilca S.A., con una pequeña planta en la localidad del mismo nombre, pasando posteriormente a formar parte de la Compañía Peruana de Cemento Portland.

El monopolio que de hecho existía en el país en el sector cemento, centralizado en la región capital, fue roto con la formación de dos empresas privadas descentralizadas, Cementos Pacasmayo S.A., en 1957 y Cemento Andino S.A. en 1958. Posteriormente, la empresa capitalina instaló una pequeña planta en la localidad de Juliaca, que inició la producción en 1963, denominada en la actualidad Cemento Sur S.A. y en 1956 se crea la fábrica de Cemento Yura S.A. en Arequipa”.

En el año 1974, el gobierno se apropió de Cemento Andino S.A y Cementos Lima S.A.; un año después lo ex propietarios inician el camino legal para recuperar las empresas; hecho que lograron varios años después.

La industria del cemento en el Perú continuó con la producción por parte de Cementos Lima, Cemento Andino (hoy en día UNACEM), Cemento Pacasmayo y Cementos Yura por las últimas décadas.

En la actualidad estas empresas producen diferentes tipos de cementos acorde a las necesidades de su mercado, los que se observan en la tabla 1.

Tabla 1. Tipos y clases de cemento producidos según empresas.

EMPRESAS		Portland Tipos (1)		Hidráulico para uso general	Portland Puzolánico Tipos (2)		Antisulfato (3)	Extradurable (3)	Compuesto ICo (2)	Albañilería (4)	Alta Resistencia Inicial
		I	V	GU (3)	IP	I(PM)	MS	HS	ICo	GU	HE
UNACEM S.A.A.	Atocongo	✓(*)		✓	✓(*)						
	Condorcocha	✓(*)	✓(*)		✓(*)	✓(*)					
Cementos Pacasmayo S.A.A.		✓	✓		✓		✓	✓	✓		
Cal & Cemento Sur S.A.					✓						
Yura S.A.					✓			✓		✓	✓

(*) Bajo contenido de álcalis
 (1) NTP 334.009 - ASTM C 150
 (2) NTP 334.090 - ASTM C 595
 (3) NTP 334.082 - ASTM C 1157
 (4) NTP 334.069 - ASTM C 91. (A pedido)

Fuente: ASOCEM, 2015.

C. Proceso de producción

El proceso de fabricación de cemento comprende seis etapas principales:

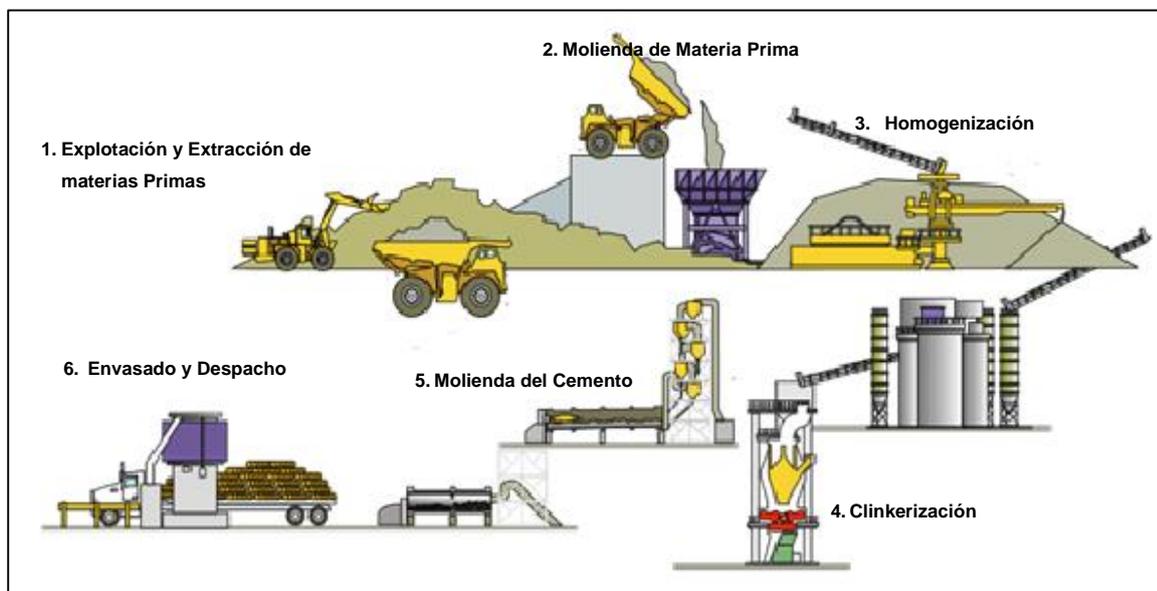


Figura 2. Proceso de fabricación de cemento Portland.
Fuente: Grupo UNACEM.

1. Explotación y extracción de materias primas

Esta etapa se inicia con la explotación de yacimientos de materia prima, en tajo abierto de piedra caliza; principal componente para la elaboración de cemento.

El material que resulta de la voladura es trasladado para su trituración; primero se procesa en una chancadora primaria en el que el tamaño de las rocas se reducen entre 1.5 cm hasta 25 cm. Este material es depositado para verificar su composición química y pasar a la trituración secundaria, en el que las partículas se reducen a 2 mm aproximadamente. El material triturado se lleva a la planta mediante cintas transportadoras.

2. Molienda de materia prima

Es necesario para el inicio del proceso contar con caliza, arena, fierro y arcilla; en este proceso se efectúa la selección de los materiales, de acuerdo a las proporciones previstas que permiten optimizar el material crudo que ingresará al horno, para obtener un cemento de mejores características.

Se procede a la molienda, el cual se realiza por molinos de bolas o por prensas de rodillos, que producen un material de gran finura.

3. Homogenización de la materia prima

El material molido debe ser homogeneizado para garantizar la efectividad del proceso de clinkerización, mediante una calidad constante. Este procedimiento se efectúa en silos de homogenización. El material resultante constituido por un polvo de gran finura debe presentar una composición química constante.

4. Clinkerización

La harina cruda es introducida mediante un sistema de transporte neumático y debidamente dosificada a un intercambiador de calor por suspensión de gases de varias etapas, en la base del cual, se instala un moderno sistema de precalcinación de la mezcla antes de la entrada al horno rotatorio donde se desarrollan las restantes reacciones físicas y químicas que dan lugar a la formación del clinker.

El intercambio de calor se produce mediante transferencias térmicas por contacto íntimo a temperaturas de 950 a 1,100°C en un sistema de 4 a 6 ciclones en cascada, que se encuentran al interior de una torre de concreto armado de varios pisos, con alturas superiores a los cien metros. El horno es el elemento fundamental para la fabricación del cemento. Está constituido por un tubo cilíndrico de acero con longitudes de 40 a 60 m y con diámetros de 3 a 6 m, que es revestido interiormente con

materiales refractarios, en el horno para la producción del cemento se producen temperaturas de 1500 a 1600°C, dado que las reacciones de clinkerización se encuentra alrededor de 1450°C. El clinker que egresa al horno de una temperatura de 1200 °C pasa luego a un proceso de enfriamiento rápido por enfriadores de parrilla. Seguidamente por transportadores metálicos es llevado a una cancha de almacenamiento.

5. Molienda del cemento

Mediante un proceso de extracción controlada, el clinker es conducido para su posterior molienda, donde se le añade yeso y de ser el caso se realizan adiciones para generar otros tipos de cemento. El proceso de molienda se realiza mediante molinos de bolas a circuito cerrado o prensas de rodillos con separadores neumáticos, que permite obtener una finura de alta superficie específica; dejando pulverizado y homogéneo el cemento.

6. Envasado y despacho

Como último punto, el cemento es transportado por medios neumáticos para depositarse en silos de donde se encuentra listo para ser despachado.

D. Composición química

“El cemento presenta los siguientes óxidos componentes: óxido de calcio (CaO), óxido de sílice (SiO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido de hierro (Fe₂O₃) que representan en total aproximadamente el 95% al 97%; y en pequeñas cantidades se presentan también otros óxidos como: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, álcalis, entre otros”, Torre (16).

Tabla 2. Materias primas para la obtención de los óxidos.

Proporción	Óxido Componente	Procedencia Usual
95%	Óxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Óxido de Sílice (SiO ₂),	Areniscas
	Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, mineral de Hierro, Piritita
5%	Óxidos de magnesio, sodio, potasio, titanio, azufre, fósforo y manganeso	Minerales Varios

Fuente: Pasquel, 1998

Tabla 3. Porcentaje típico de los óxidos componentes del cemento.

Óxido Componente	Porcentaje Típico	Abreviatura
CaO	58%-67%	C
SiO ₂	16%-26%	S
Al ₂ O ₃	4%-8%	A
Fe ₂ O ₃	2%-5%	F
SO ₃	0.1%-2.5%	
MgO	1%-5%	
K ₂ O Y Na ₂ O	0%-1%	
Mn ₂ O ₃	0%-3%	
Ti ₂ O	0%-0.5%	
P ₂ O ₅	0%-1.5%	
Pérdida por calcinación	0.5%-3%	

Fuente: Torre, 2004.

Una vez que se inicia el proceso de calcinación durante la fabricación del clinker, el calcio se combina con otros componentes de la mezcla cruda, formando cuatro compuestos principales; que representan entre 90% y 95% de la masa del cemento:

Tabla 4. Porcentajes típicos de los compuestos químicos principales del cemento.

Denominación	Fórmula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato Tricálcico	3CaO.SiO ₂	C ₃ S	30% a 50%
Silicato Dicálcico	2CaO.SiO ₂	C ₂ S	15% a 30%
Aluminato Tricálcico	3CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ A	4% a 12%
Ferroaluminato Tetracálcico	3CaO.Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃	C ₄ AF	8% a 13%

Fuente: Torre, 2004.

Durante la molienda se añade yeso que representa entre el 4% y 6%, cuya representación química es:

Sulfato de calcio dihidratado	CaSO ₄ .2H ₂ O	CSH ₂
-------------------------------	--------------------------------------	------------------

E. Tipos de cemento

E.1. Cemento Portland

Según la N.T.P 334.009 (14), “El cemento Portland es un cemento hidráulico producido por la pulverización de clinker, sulfato de calcio y eventualmente caliza”, presentando la siguiente clasificación:

- **Cemento Portland tipo I:** De uso general, que no requieren propiedades especiales de otro tipo.
- **Cemento Portland tipo II:** Para uso general, tiene moderada resistencia al ataque de sulfatos y moderado calor de hidratación.
- **Cemento Portland tipo III:** Para usarse cuando se requiera resistencias iniciales altas.
- **Cemento Portland tipo IV:** Para usarse cuando se requiera bajo calor de hidratación.
- **Cemento Portland tipo V:** Para su uso cuando se requiera alta resistencia al ataque de sulfatos.

F. Requisitos de calidad del cemento

Los cementos deben cumplir los estándares de calidad y deben satisfacer requisitos físicos y químicos, obligatorios y opcionales prescritos en las normas NTP 334.009 y ASTM C595.

Tabla 5. Requisitos físicos del cemento.

Requisitos físicos	TIPOS					
	I	II	V	MS	IP	ICO
Resistencia a la compresión min (kg/cm²)						
3 días	120	100	50	100	130	130
7 días	190	170	150	170	200	200
28 días	280*	280*	210	280*	250	250
Tiempo de Fraguado, minutos						
Inicial, mínimo	45	45	45	45	45	45
Final, máximo	375	375	375	420	420	420
Expansión autoclave, % máximo	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Resistencia a los sulfatos			0.04*	0.1	0.1*	
%máximo de expansión			14 días	6 meses	6 meses	
Calor de Hidratación, máx, KJ/Kg						
7 días		290*			290*	
28 días					330*	

* opcionales

Fuente: N.T.P 334.009

Tabla 6. Requisitos químicos del cemento.

Requisitos químicos	TIPOS					
	I	II	V	MS	IP	ICO
Óxido de Magnesio (MgO), máx, %	6	6	6		6	6
Trióxido de Azufre(SO ₃), máx, %	3.5	3	2.3		4	4
Pérdida por ignición, máx, %	3	3	3		5	8
Residuo insoluble, máx, %	0.75	0.75	0.75			
Aluminato tricálcico (C ₃ A), máx, %		8	5			
Álcalis equivalentes (Na ₂ O+ 0.658 K ₂ O), máx, %	0.6*	0.6*	0.6*			

* opcionales

Fuente: N.T.P 334.009

G. Características físicas y químicas según tipo de cemento

La tabla 7 muestra las características físicas de los cementos tipo I, II y V de la empresa Cementos Andino S.A.; los cuales cumplen con los requisitos establecidos en la norma ASTM.

Tabla 7. Características físicas de Cementos Andino según tipos.

Propiedades	TIPO I		TIPO II		TIPO V	
	Andino	ASTM	Andino	ASTM	Andino	ASTM
Blaine o superficie específica, cm²/g	3300	2800	3350	2800	3350	2800
Fraguado Vicat						
Inicial, hr:min	02:20	00:45	02:20	00:45	02:50	00:45
Final, hr:min	04:45	06:15	04:50	06:15	05:15	06:15
Expansión autoclave, %	-0.01	0.80	-0.01	0.80	-0.02	0.80
Resistencias		min.		min.		min.
3 días, psi	2600	1740	2050	1450	2350	1160
7 días, psi	3500	2760	2900	2470	3000	2180
28 días, psi	4850	4060	4500	4060	4600	3050
Densidad, gr/cm³	3.15	n.a.	3.15	n.a.	3.15	n.a.
Calor Hidratación		máx.		máx.		máx.
7 días, cal/g	69	n.a.	62	70	64	n.a.
28 días, cal/g	74	n.a.	67	n.a.	69	n.a.

Fuente: II Seminario Nacional: “Tecnologías Aplicadas en Obras Civiles”, 2010.

La tabla 8 muestra las características químicas de los cementos tipo I, II y V de la empresa Cementos Andino S.A.; los cuales cumplen con los requisitos establecidos en la norma ASTM.

Tabla 8. Características químicas de Cementos Andino según tipos.

Análisis	TIPO I		TIPO II		TIPO V	
	Andino	ASTM	Andino	ASTM	Andino	ASTM
Óxido de magnesio (MgO) , %	2.10	máx. 6	2.20	máx. 6	2.20	máx. 6
Azufre, como SO₃, %	2.40	máx. 3	2.10	máx. 3	2.00	máx. 2.3
Pérdida por ignición, %	1.30	máx. 3	2.00	máx. 3	1.70	máx. 3
Residuo insoluble, %	0.60	0.75	0.60	0.75	0.50	0.75

Fuente: II Seminario Nacional: “Tecnologías Aplicadas en Obras Civiles”, 2010.

2.2.2.1.2. Cemento Portland adicionado

“Las adiciones son materiales que se incorporan al clinker para una molienda conjunta o luego de pulverizados se adicionan al cemento; estos contienen sílice y alúmina que reaccionan con el hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento, formando nuevos compuesto resistentes; por lo que las mezclas siguen adquiriendo resistencia e impermeabilidad”, Biondi (17).

A. Proceso de producción

Los cementos Portland adicionados, contienen además de clinker y yeso, uno o más constituyentes inorgánicos que ayudan a mejorar las propiedades del cemento, como pueden ser: puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfato de calcio, incorporadores de aire, entre otros.

En el proceso de producción del cemento; las adiciones se realizan luego de la obtención del clinker (Ver figura 3).

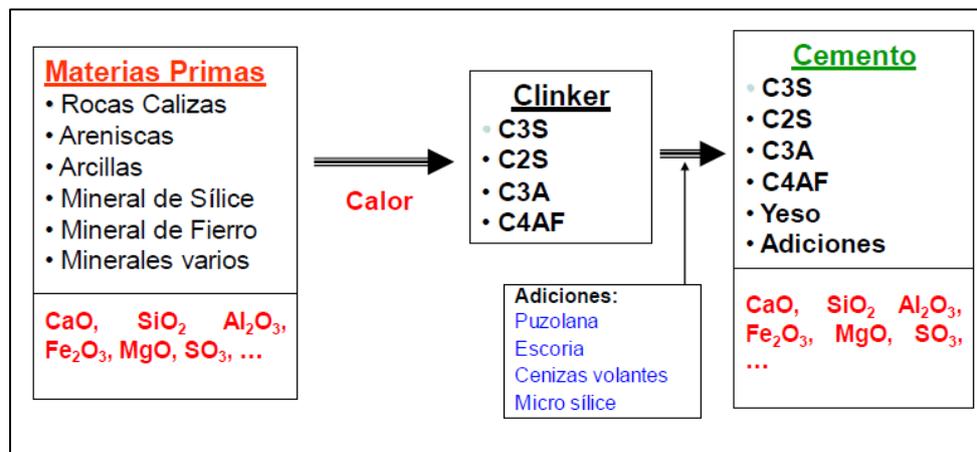


Figura 3. Proceso de producción de cemento Portland adicionado.
Fuente: Grupo UNACEM.

B. Tipos de cemento adicionado

La N.T.P 334.090 (18) considera los siguientes tipos:

- **Cemento adicionado binario:** Es una mezcla íntima y uniforme por molienda o molienda y mezclado de Clinker de cemento Portland y escoria, puzolanas o filler.

- **Cemento adicionado ternario:** Es una mezcla íntima y uniforme por molienda o molienda y mezclado de clinker de cemento Portland y: dos puzolanas diferentes, escoria de alto horno y puzolana, puzolana y caliza, escoria y caliza.

Las siguientes denominaciones mencionadas en la norma, son consideradas como cementos de uso general.

B.1. Cementos Portland de Escoria (NTP 334.049)

- **Cemento Portland Tipo IS:** Cemento Portland con escoria de alto horno con contenido de escoria entre 25% y 70%.

- **Cemento Portland Tipo I (SM):** Cemento Portland con escoria modificado con contenido de escoria menor a 25%

B.2. Cementos Portland Compuesto Tipo I (Co) (NTP 334.073): Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de clinker pórtland y materiales calizos (travertino), hasta un 30% de peso.

B.3. Cementos Portland Puzolánicos (NTP 334.044)

- **Cemento Portland Tipo IP:** Cemento Portland puzolánico con contenido de puzolana entre 15% y 40%.

- **Cemento Portland Tipo I (PM):** Cemento Portland puzolánico modificado con contenido de puzolana hasta de 15%.

2.2.2.1.3. Cemento Portland Puzolánico IP

A. Proceso de producción

El proceso de producción se inicia con el suministro de las materias primas: calizas, arcillas, minerales de óxido de hierro, yeso y puzolanas; para luego proceder con el proceso de molienda de materias primas y dar paso al proceso de homogeneización para la obtención de la “harina cruda”.

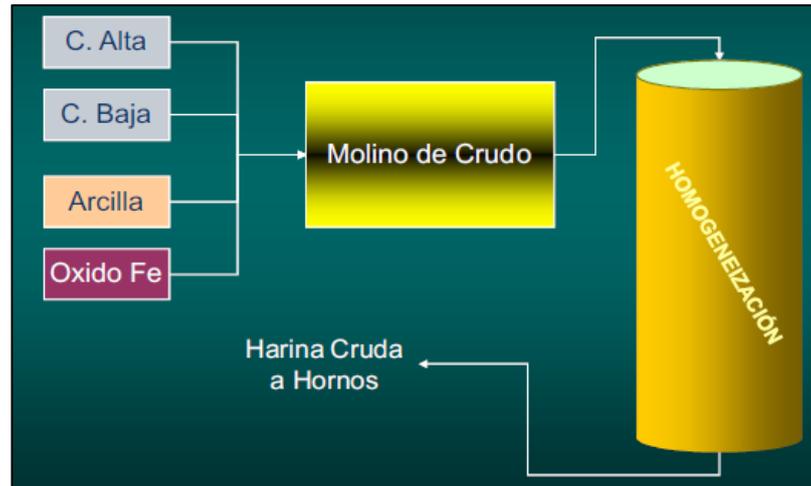


Figura 4. Proceso de obtención de harina cruda.

Fuente: II Seminario Nacional: "Tecnologías Aplicadas en Obras Civiles", 2010.

La harina cruda pasa al horno donde se da lugar el proceso de clinkerización, donde se desarrollan las restantes reacciones físicas y químicas que dan lugar a la formación del clinker.

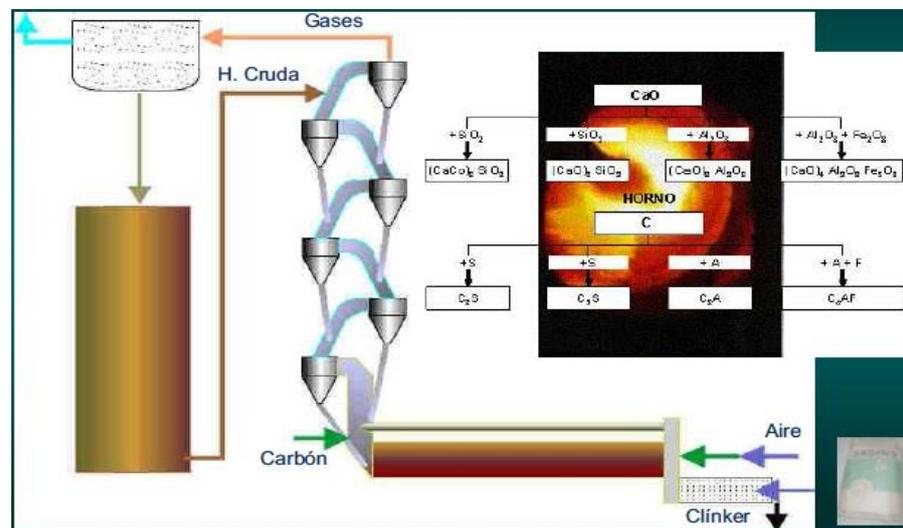


Figura 5. Elaboración del clinker.

Fuente: II Seminario Nacional: "Tecnologías Aplicadas en Obras Civiles", 2010.

En el proceso de molienda del cemento, se le añade yeso y la puzolana; para proceder al envasado y despacho.



Figura 6. Proceso de molienda, envasado y despacho.

Fuente: II Seminario Nacional: "Tecnologías Aplicadas en Obras Civiles", 2010.

B. Ventajas de la adición de puzolana

B.1. Ecológicas

La adición de puzolana permite una reducción en el consumo del clinker, y por ende el ahorro de combustible y menor liberación de gases de combustión y descarbonatación.

En la tabla 9 se observan los ratios de emisión de CO₂ por tonelada métrica de cemento o de elaboración de clinker: El cemento puzolánico IP presenta un ratio Tm CO₂ /Tm Cem de 0.44 que es mucho más bajo que el ratio del cemento tipo I; el cual es 0.76. Por ende el uso de puzolana permite reducir la emisión de CO₂.

Tabla 9. Valores de emisión de CO₂ por tipo de cemento.

Tipos de Cemento	Tm CO ₂ / Tm Clk	Tm Clk / Tm Cem	Tm CO ₂ / Tm Cem	Emisión de CO ₂ / millón Tm Cem	Capacidad anual / 760000 Tm CO ₂
I, II y V	0.795	0.95	0.76	760 000	1'000 000
I (PM) (15% ad.)	0.795	0.80	0.64	640 000	1'190 000
IP (25% ad.)	0.795	0.70	0.56	560 000	1'360 000
IP (40% ad.)	0.795	0.55	0.44	440 000	1'730 000

Fuente: Cemento Andino S.A., 2010.

B.2. Técnicas

- Cuando la puzolana finamente molida se combina con el hidróxido de calcio o Portlandita; se forman nuevos compuestos, los cuales son estables y con gran poder cementante.

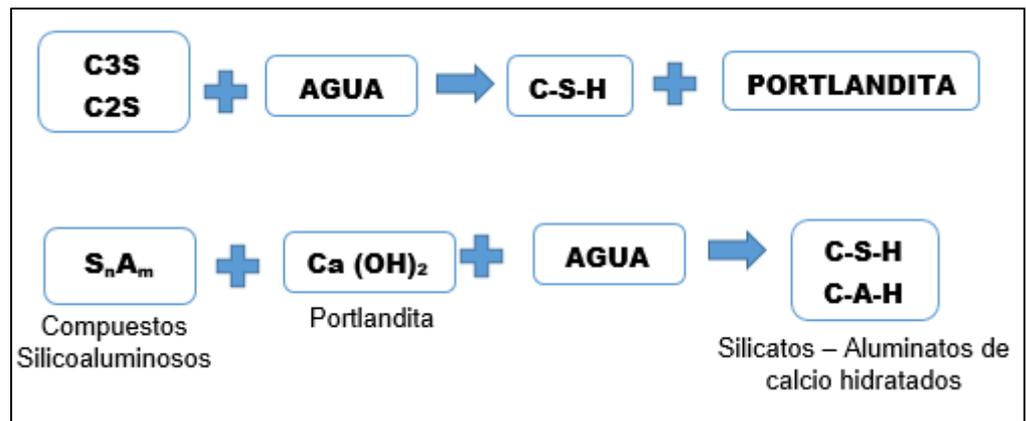


Figura 7. Compuestos químicos formados por adición de puzolana.

- El concreto es menos permeable, ya que la porosidad del concreto disminuye en tamaño y cantidad.
- Se evitan reacciones químicas con los sulfatos, por la doble acción: Disminución de permeabilidad del concreto y minimizar la acción del hidróxido de calcio o Portlandita.
- La reacción álcali-agregado se minimiza, ya que el concreto elaborado con cemento puzolánico ha demostrado ser muy resistente a la acción reactiva de agregados de contenido de sílice amorfa.

B.3. Económicas

- Se sustituye el clinker por un recurso natural que no requiere cambios químicos para su utilización; ya que la puzolana ingresa en el proceso de la molienda del cemento.
- Se produce mayor cantidad de cemento puzolánico, con la misma cantidad de clinker que se utilizaría en la producción de cemento tipo I.

- La reducción en los costos de producción del cemento adicionada, se refleja en el precio final del producto.

A. Características físicas y químicas de Cemento Pozolánico tipo IP

En la tabla 10 se tiene las características físicas de cemento puzolánico tipo IP de la empresa Cemento Andino S.A.

Tabla 10. Características físicas de cemento Pozolánico tipo IP Andino.

Propiedades	TIPO IP	
	Andino	ASTM
Blaine o Superficie específica, cm²/g	4840	n.a.
Fraguado Vicat		
Inicial, hr:min	02:10	00:45
Final, hr:min	04:30	07:00
Expansión autoclave, %	-0.02	máx. 0.80
Resistencias		min.
3 días, psi	2400	1890
7 días, psi	3250	2900
28 días, psi	4650	3620
Densidad, gr/cm³	2.95	n.a.
Calor Hidratación		máx.
7 días, cal/g	61	70
28 días, cal/g	66	80

Fuente: II Seminario Nacional: "Tecnologías Aplicadas en Obras Civiles", 2010.

La tabla 11 muestra las características químicas de cemento puzolánico tipo IP de la empresa Cemento Andino S.A.

Tabla 11. Características químicas de cemento Pozolánico tipo IP Andino.

Análisis	TIPO IP	
	Andino	ASTM
Óxido de Magnesio (MgO), %	1.60	máx. 6
Azufre, como SO₃, %	2.80	máx. 4
Pérdida por ignición, %	3.50	máx. 5
Residuo Insoluble, %	n.a.	20.0

Fuente: II Seminario Nacional: "Tecnologías Aplicadas en Obras Civiles", 2010.

B. Análisis comparativo entre el Cemento Portland tipo I y tipo IP

Cemento Portland tipo I	Cemento Portland tipo IP
Las emisiones de gases CO ₂ es mayor al producido en la fabricación de cemento Portland tipo IP.	Las emisiones de gases CO ₂ es menor al producido en la fabricación de cemento Portland tipo I.
Por cada tonelada métrica de cemento producido se emiten 0.76 toneladas métricas de CO ₂ .	Por cada tonelada métrica de cemento producido se emiten entre 0.56 y 0.44 toneladas métricas de CO ₂ .
Presenta mayor calor de hidratación.	Presenta bajo calor de hidratación.
Presenta menor superficie específica, la superficie específica mide la finura del cemento; en este caso este cemento es menos fino.	Presenta mayor superficie específica, lo que significa que es más fino; hecho que produce que la exudación sea menor.
No presenta resistencia al ataque de sulfatos.	Presenta moderada resistencia al ataque de sulfatos.
Desarrollo de resistencias mayores a corto plazo.	A largo plazo desarrolla alta resistencia a la compresión.

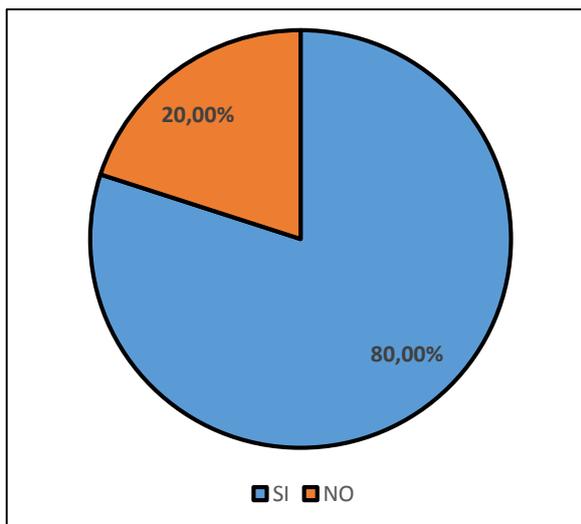
C. Preferencia de uso del Cemento Portland tipo I y tipo IP

➤ Encuesta a maestros de obra:

Para conocer la preferencia del uso del cemento, se ha realizado una encuesta con 5 preguntas a 20 maestros de obra, escogidos al azar en diferentes obras distribuidas en el distrito de Huancayo:

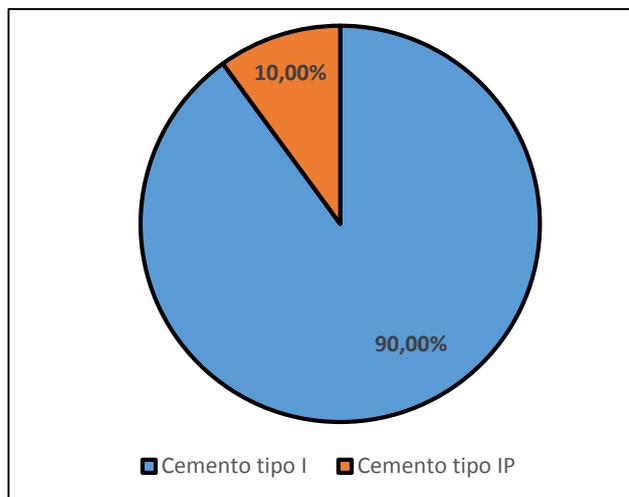
- **Pregunta N° 01: ¿Ha utilizado alguna vez el cemento puzolánico tipo IP?**

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
SÍ	16	80.00%
NO	4	20.00%
	20	



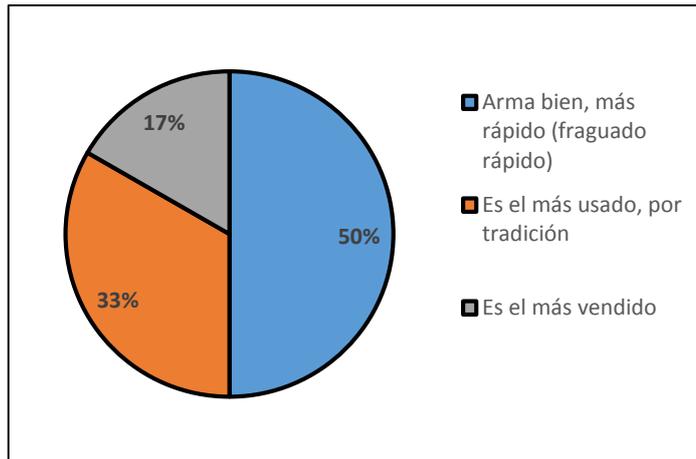
- Pregunta N° 02: ¿Cuál es el cemento de su preferencia?

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Cemento tipo I	18	90.00%
Cemento tipo IP	2	10.00%
	20	



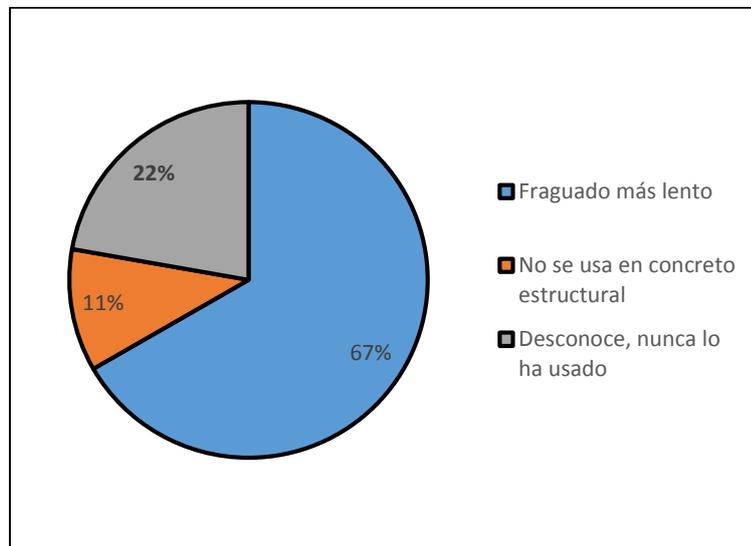
-Pregunta N° 03: ¿Por qué el cemento tipo I es de su preferencia?

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Arma bien, más rápido (fraguado rápido)	9	50.00%
Es el más usado, por tradición	6	33.33%
Es el más vendido	3	16.67%
	18	



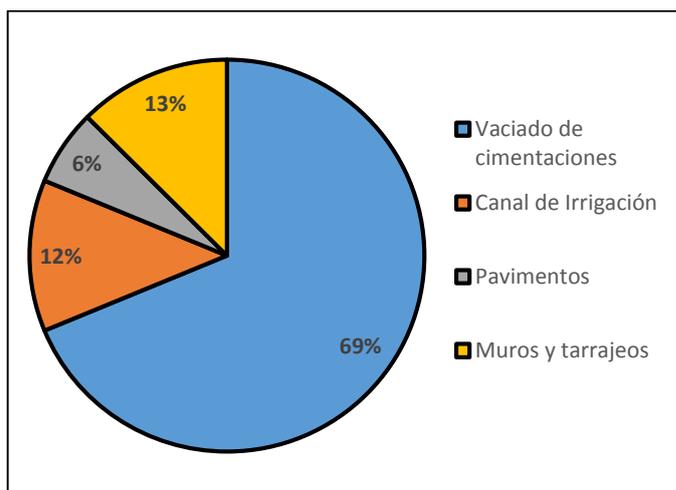
- Pregunta N° 04: ¿Por qué el cemento tipo IP NO es de su preferencia?

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Fraguado más lento	12	66.67%
No se usa en concreto estructural	2	11.11%
Desconoce, nunca lo ha usado	4	22.22%
	18	



- Pregunta N° 05: ¿En qué casos ha usado el cemento tipo IP?

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Vaciado de cimentaciones	10	68.75%
Canal de Irrigación	2	12.50%
Pavimentos	1	6.25%
Muros y tarrajeos	3	18.75%
	16	



COMENTARIO 1: De los resultados de la encuesta realizada se concluye que el cemento de mayor preferencia en las obras es el de tipo I, las razones de su preferencia una es por sus características mencionadas de fraguado más rápido que el tipo IP; y otra razón es un tema que tiene que ver con la idiosincrasia del maestro constructor y del trabajo convencional que por tradición adquiere este cemento.

COMENTARIO 2: Si bien el Cemento Portland tipo IP no es de mayor preferencia, un 80% ha utilizado este cemento en una o más de una oportunidad; y lo han usado en diferentes trabajos: el 68.75% han utilizado el cemento tipo IP en el vaciado de cimentaciones, un 31.25% lo ha usado en canales de irrigación, pavimentos, asentado de muros y tarrajeos.

➤ **Entrevista al ingeniero Walter Cajas Escalante - Ejecutivo Comercial de UNICON zona centro:**

Se le consultó al Ing. sobre la venta de concretos preparados con cemento puzolánico.

COMENTARIO: El Ing. menciona que UNICON prepara este tipo de concretos que son denominados especiales, y los preparan solo ha pedido y de acuerdo a la cantidad de metros cúbicos requeridos. Así mismo, menciona que usualmente no tienen pedidos de concretos con cemento tipo IP; y que el concreto de mayor salida es el convencional de $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, le sigue el de 280 kg/cm^2 y el de 245 kg/cm^2 . Otros concretos especiales que se venden en zona centro son concreto de baja permeabilidad, concreto de fraguado acelerado o retardado, que usan aditivos especiales en su preparación.

➤ **Entrevista al Licenciado Alfredo Bendezú Castañeda - Administrador de GOVILS.A.C.:**

Se le consultó al administrador de GOVIL S.A.C. sobre la venta de concretos preparados con cemento puzolánico:

COMENTARIO: El Lic. menciona que han tenido pedidos de concretos con cemento IP en varias oportunidades para una obra de canal de irrigación; sin embargo, no es frecuente el pedido de este tipo de concretos en la ciudad de Huancayo. Y además, el concreto con mayor cantidad de ventas es el concreto estándar de $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ que es preparado con cemento Portland tipo I. Como también preparan concretos con aditivos a pedido y solicitud del cliente.

2.2.2.2. Puzolana

A. Definición

La N.T.P. 334.090 (18) 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”.

“Materia esencialmente silicosa, carente de propiedades cementicias y de actividad hidráulica por si solos, presenta constituyentes que a temperaturas ordinarias, se combinan con cal y en presencia de agua, dan lugar a compuestos que permanecen insolubles y estables comportándose como conglomerantes hidráulicos”, Salazar (5).

“Las puzolanas son materiales silíceos o sílico-aluminosos, que poseen poco o ningún valor aglomerante por sí mismos, pero que finamente divididos y en presencia de humedad, reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que poseen propiedades cementantes”, Martínez (19).

B. Clasificación

Las puzolanas según su origen, pueden clasificarse en dos grandes grupos: naturales y artificiales.

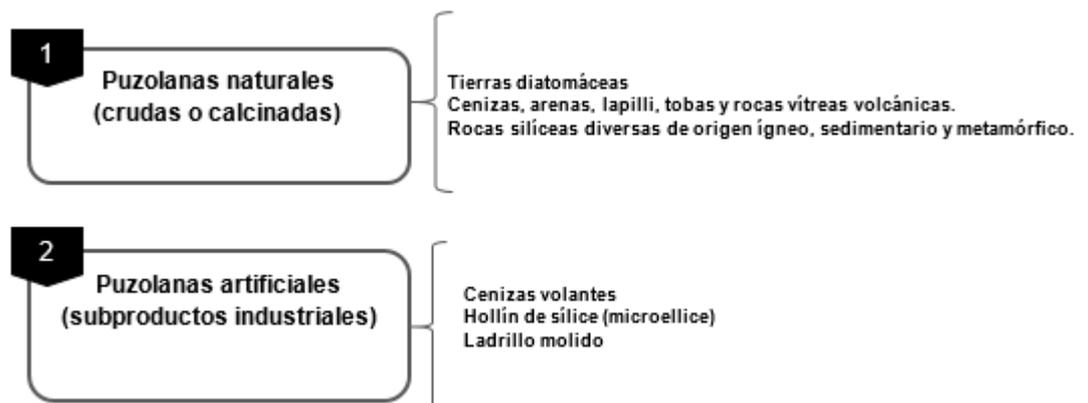


Figura 8. Clasificación de puzolanas.
Fuente: Revista “Estructural y Vial”, Vol XX N° 04.

B.1. Puzolanas Naturales:

Las puzolanas naturales pueden ser de origen volcánico de diversa naturaleza, siendo estas constituidas principalmente por rocas eruptivas volcánicas como riolitas, traquitas, andesitas y basaltos; entre otras que en forma de ceniza o escorias han adquirido caracteres de una roca deleznable.

Las rocas intrusivas alteradas, también pueden adquirir por alteración la condición de puzolanas. Así mismo, rocas sedimentarias como lutitas, dolomitas, etc. Con importantes concentraciones de AlSi pueden responder a la denominación de puzolanas.

“Las puzolanas naturales constan fundamentalmente de una masa vítrea que cementa fragmentos de pómez, escorias, pequeños cristales de augita, mica, piroxenos, etc. Se producen por un enfriamiento brusco de la lava. Se clasifican en básicas si contienen entre 40 y 55% de SiO₂, neutras de un 55 a 65% y ácidas de 65 a 70%”, Compendio de Rocas y Minerales Industriales en el Perú (4).

La NTP 334.104 (20) menciona la siguiente clasificación:

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.

- Puzolanas naturales de origen volcánico:

“Son producto de la transformación del polvo y ceniza volcánica que producto de la meteorización, se convirtieron en tobas, dando lugar a las rocas volcánicas, más o menos consolidadas y compactas, cristalinas, líticas o vítreas, según su naturaleza. El origen volcánico de las puzolanas naturales es determinante de su estructura, que se han originado por el enfriamiento de grandes masas de lava” Salazar (5).

- **Puzolanas naturales de origen orgánico:**

“Son rocas sedimentarias abundantes en sílice hidratada y formada en yacimientos o depósitos que en su origen fueron submarinos, por acumulación de esqueletos y caparzones silíceos de animales (infusorios radiolarios) o plantas (algas diatomeas)” Salazar (5).

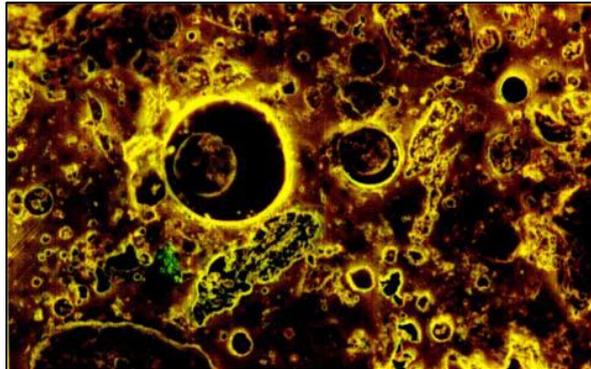


Figura 9. Puzolana natural de origen volcánico pumítico.
Fuente: “Texto Puzolanas”, Salazar, 2004

B.2. Puzolanas artificiales:

En este grupo se encuentran dos subproductos que resaltan por su performance y uso:

- **Cenizas volantes (fly-ash):**

Son las provenientes de humos de carbón de las centrales hidroeléctricas, existen varios tipos los cuales pueden ser más o menos eficientes, y además no necesitan molienda; por lo que son muy apreciadas.

La NTP 334.104 (20) define dos clases de cenizas volantes:

Clase F: Ceniza volante producidas 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.

- Microsílice o microsíllica (silica fume):

Obtenida de los gases en filtros de la industria del ferrosilicio, es cien veces más fina que el cemento, y presenta gran actividad puzolánica; por su gran fineza y actividad son usadas en concretos de alta resistencia y alta performance.

C. Composición química de la puzolana

Están compuestos de silicatos aluminios, alcalinos hidratados, análogos a las arcillas, en forma vítrea o cristalina:

Tabla 12. Composición química de las puzolanas.

Sílice	42-66%
Alúmina	14-20%
Fe ₂ O ₃	5-20%
CaO	3-10%
MgO	1-6%
Álcalis	2-10%
H ₂ O	1-15%

Fuente: Orus, "Materiales de Construcción", 1985.

D. Requisitos de la puzolana

Las propiedades físicas y químicas de las puzolanas se describen en las siguientes tablas.

Tabla 13. Requisitos químicos de las puzolanas.

Composición Química	Clase de Adición Mineral		
	N	F	C
Dióxido de silicio + óxido de aluminio + óxido de fierro, 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

Fuente: Curso Tecnología de la Construcción, Ing. Rosaura Vásquez

Tabla 14. Requisitos físicos de las puzolanas.

Requisitos	Clase de Adición Mineral		
	N	F	C
Fineza: Cantidad retenida en el tamizado vía húmeda en la malla de 45 µm (N° 325), máx., % ^A	34	34	34
Índice de actividad resistente:^B Con cemento portland, a 7 días, mín., %	75	75	75
Con cemento portland, a 28 días, mín., %	75	75	75
Demanda de agua, máx., % del control	115	105	105
Estabilidad:^D Expansión, contracción en autoclave, máx., %	0,8	0,8	0,8
Requisitos de uniformidad: Densidad, máxima variación del promedio, %	5	5	5
Porcentaje retenido en 45 µm (N° 325), variación máx., puntos de % del promedio	5	5	5

Fuente: Curso "Tecnología de la Construcción", Ing. Rosaura Vásquez.

E. Modos de empleo de las puzolanas

Las puzolanas pueden ser empleadas de dos formas básicas:

1. Formando parte de un cemento Portland – puzolana; en el que la proporción de puzolana a emplear queda sujeta al criterio del fabricante.

2. Dosificando por separado durante la elaboración de las mezclas; existiendo la posibilidad de ajustar el porcentaje de puzolana de acuerdo a los requerimientos de obra.

F. Usos de las puzolanas

La puzolana es utilizada en los siguientes subsectores de la economía:

➤ EN CONSTRUCCIÓN

1) Industria del Cemento Puzolánico:

[...]”Las puzolanas se emplean como adiciones activas al cemento desde hace décadas. El cemento puzolánico se obtiene de la mezcla del clinker con la puzolana. Es de fraguado lento, por lo que es idóneo para su utilización en aplicaciones de albañilería.

Una de sus propiedades más importantes es su especial resistencia al ataque del agua del mar, lo que lo hace aconsejable para las construcciones costeras.

El cemento que contiene puzolana se obtiene por la pulverización conjunta de una mezcla de clinker Portland y puzolana con la adición eventual de sulfato de calcio. El contenido de puzolana debe ser entre 15% y 40% del peso total.

En las construcciones generales de concreto se emplea cemento Portland puzolánico tipo IP, cuyo porcentaje adicionado de puzolana se encuentra entre 15% y 40%, y el cemento Portland puzolánico modificado tipo IPM, que necesita menos de 15% de puzolana adicionada. En cuanto al cemento hidráulico modificado con puzolana (tipo MP-RTCR) consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y puzolana (y otros componentes minoritarios), producida por molienda conjunta o separada”, Compendio de Rocas y Minerales Industriales del Perú (4)

2) Concretos:

“Generalmente los hormigones elaborados con este tipo de cementos obtienen altas resistencias finales y puede apreciarse cuando se ensayan probetas luego de 56 o 90 días de edad. Si bien este cemento es apto para casi cualquier tipo de obra, cuando el material resulta de comprobada eficacia, es especialmente recomendado para aplicaciones que requieran de propiedades especiales de durabilidad como ataque de sulfatos, bajo calor de hidratación”, Compendio de Rocas y Minerales Industriales del Perú (4).

3) Concreto compactado con rodillo

[...]“Es probablemente el desarrollo más importante de la tecnología de presas en los últimos años, pues ha ganado aceptación alrededor del mundo en un relativo corto tiempo debido a su bajo costo derivado en parte por su rápido modo de construcción. El concreto compactado con rodillo suele usarse también en la construcción de pavimentos y áreas de almacenamiento. La rapidez de la puesta en obra, el relativo bajo contenido de cemento y la utilización de aditivos minerales (puzolanas, etc.) explican por qué este material es económicamente atractivo para la industria de la construcción.

El uso de puzolana en la mezcla de concreto compactado con rodillo puede servir como reemplazo parcial del cemento para reducir la generación del calor y los costos, y como un aditivo para el aumento de finos y para mejorar la maniabilidad al dosificar mezclas para volúmenes mínimos de pasta.

Una de las principales funciones de la puzolana o cualquier otro material fino apropiado es la de ocupar espacio que de otra forma sería ocupado por el cemento o el agua. Si este espacio es ocupado por agua, obviamente dará como resultado una reducción en la resistencia del concreto. La actividad puzolánica continúa después de varios años, lo que indica que las puzolanas pueden ocupar espacio y también contribuir al desarrollo de la resistencia a largo plazo”, Compendio de Rocas y Minerales Industriales del Perú (4).

4) Áridos Ligeros

“Para la fabricación de hormigones de baja densidad y para la producción de prefabricados, con la ventaja de un aligeramiento en su peso medio y una más fácil maniobrabilidad de los productos, bloques, bovedillas, tuberías, etc”, Compendio de Rocas y Minerales Industriales del Perú (4).

➤ EN AGRICULTURA

1) Control de nutrientes

“La puzolana tiene una serie de parámetros altamente favorables para su empleo como substrato inerte, tales como su capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica prácticamente nulas, así como su PH = 5,5-6, que determina que se utilice en la actualidad como substrato inerte en el que se aportan y controlan perfectamente los nutrientes y tratamientos mediante el agua de riego, pudiéndose realizar un seguimiento exhaustivo de la planta”, Petrofísica Ibérica (21).

2) Aireante

“Puede ser usada también como aireante y soporte de cultivos hidropónicos debido a su gran estabilidad, durabilidad y baja densidad. La puzolana sola, o como parte de otros substratos más compactos (tierra vegetal pesada), crea una red de macroporos que permite aireación permanente”, Petrofísica Ibérica (21).

➤ AISLANTE TÉRMICO

“La conductividad de la puzolana en estado natural, con valores medios inferiores a 0,21 Kcal/Hm²C, hace de ella un aislante de sumo interés”, Petrofísica Ibérica (21).

➤ **FILTROS NATURALES**

“La gran permeabilidad de los materiales obtenidos permite el filtraje de líquidos, con la gran ventaja de presentar una mayor porosidad en las granulometrías gruesas”, Petrofísica Ibérica (21).

➤ **ABSORBENTES**

Su capacidad de absorción de líquidos permite su empleo como absorbente en la industria, así como en preparados olorosos (tierras volcánicas olorosas).

➤ **INSTALACIONES DEPORTIVAS**

Como drenaje natural en los campos de fútbol, así como en la construcción de pistas de tenis y polideportivas.

➤ **JARDINERÍA**

[..] “Su versatilidad en coloración, desde el rojo hasta el negro, así como su formación en lapilli cementado o bomba volcánica permiten su uso como elemento decorativo en jardinería, y es por tanto cada vez más frecuente encontrar en cualquier ciudad jardines y parques decorados con puzolana, sobre todo a partir de su empleo en los grandes maceteros de las Olimpiadas de Barcelona.

Las ventajas de la utilización de la puzolana en esta aplicación, además de los buenos resultados, derivan de su escaso o nulo mantenimiento, y de que resulta innecesario contar con personal especializado para su instalación, en contraste con los numerosos y costosos cuidados que necesita el césped”, Compendio de Rocas y Minerales Industriales del Perú (4).

G. La puzolana en el Perú y Junín

Según información consultada en el Compendio de Rocas y Minerales Industriales realizado por el Ministerio de Energía y Minas e INGEMMET

(Instituto Geológico y Minero), al año 2004 existían 12 canteras de puzolana en seis regiones del país, las cuales se muestran en la figura 10.

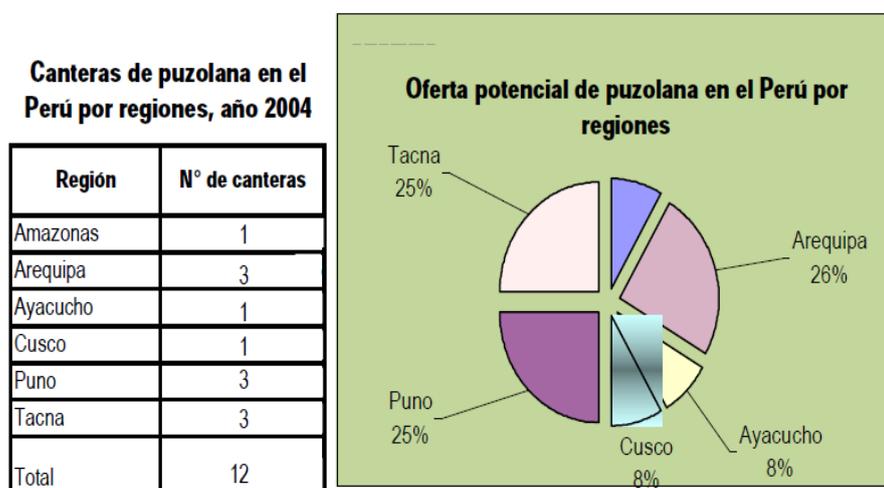


Figura 10. Canteras de puzolana en el Perú por regiones, 2004.
Fuente: "Compendio de Rocas y Minerales Industriales", 2009.

En la tabla 15 se muestra la evolución de la producción peruana de puzolana cuyo desarrollo está estrechamente ligado a la industria del cemento y ladrillera, destacando las regiones donde se tienen fábricas de cemento.

Tabla 15. Producción de puzolana para construcción por regiones (en toneladas métricas).

Regiones	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Amazonas						9 661	100 000	303 000	830 383	800 000	800 000	800 000	800 000
Arequipa	88 936	116 794	125 528	141 198	198 532	175 825	120 406	190 913	189 136	187 359	185 582	164 713	175 000
Cusco	0	172	255	717	1 179	1 640	2 102	2 563	3 025	3 487	3 949	4 411	4 873
La Libertad								2 100	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000
Puno		21 000	20 000	19 000	18 000	11 574	7 368	40 246	46 848	53 450	60 052	66 654	73 256
San Martín									2 277	2 300	2 323	2 346	2 369
Lima												25 614	
Total	88 936	137 966	145 783	160 915	217 711	198 700	229 876	538 822	1 073 669	1 049 596	1 055 906	1 043 124	1 061 498

Fuente: Ministerio de Energía y Minas,

La siguiente tabla muestra las canteras existentes donde se explota este mineral no metálico a nivel nacional así como su ubicación geográfica.

Tabla 16. Canteras de puzolana según ubicación geográfica.

Nombre	Sustancia	Ubicación (Dist., Prov., Depto.)
Rehabilitación N° 34	Puzolana	YURA, AREQUIPA, AREQUIPA
Atolladero N° 2-87	Puzolana	UCHUMAYO, AREQUIPA, AREQUIPA
Ivan I-85	Puzolana	UCHUMAYO, AREQUIPA, AREQUIPA
Para	Puzolana	TACNA, TACNA, TACNA
Para 100	Puzolana	TACNA, TACNA, TACNA
San Carlos de Tacna Cuatro	Puzolana	TACNA, TACNA, TACNA
San Carlos de Tacna Tres	Puzolana	TACNA, TACNA, TACNA
Cunyac	Puzolana	SEXI, SANTA CRUZ, CAJAMARCA
Cunyac 7	Puzolana	SEXI, SANTA CRUZ, CAJAMARCA
Islahuinto	Puzolana	SANTA ROSA, EL COLLAO, PUNO
Santa Rosa	Puzolana	SANTA ROSA, EL COLLAO, PUNO
Auquisa Dos	Puzolana	SAN PEDRO, CANCHIS, CUSCO
Juncal	Puzolana	SAN ANTONIO, PUNO, PUNO
Tita	Puzolana	POCOLLAY, TACNA, TACNA
Puquillan	Puzolana	PICHACANI, PUNO, PUNO
Viluyo-Pocollani	Puzolana	PICHACANI, PUNO, PUNO
Calientes 1	Puzolana	PACHIA, TACNA, TACNA
Calientes 2	Puzolana	PACHIA, TACNA, TACNA
Serpiente	Puzolana	PACHIA, TACNA, TACNA
Flor de María	Puzolana	PACAYCASA, HUAMANGA, AYACUCHO
Alianza	Puzolana	CIUDAD NUEVA, TACNA, TACNA
Alianza 1	Puzolana	CIUDAD NUEVA, TACNA, TACNA
Célica	Puzolana	CIUDAD NUEVA, TACNA, TACNA
Escudo	Puzolana	CIUDAD NUEVA, TACNA, TACNA
Puzolana n° 8	Puzolana	CIUDAD NUEVA, TACNA, TACNA
Acumulación Puno	Puzolana	CARACOTO, SAN ROMAN, PUNO
Blanco	Puzolana	CALANA, TACNA, TACNA
Bagua	Puzolana	BAGUA GRANDE, UTCUBAMBA, AMAZONAS
Alianza 2	Puzolana	ALTO DE LA ALIANZA, TACNA, TACNA
Alianza 3	Puzolana	ALTO DE LA ALIANZA, TACNA, TACNA
Alianza 4	Puzolana	ALTO DE LA ALIANZA, TACNA, TACNA
Alianza 5	Puzolana	ALTO DE LA ALIANZA, TACNA, TACNA

Fuente: INGEMMET.

En la región Junín según registros e información del Ministerio de Energía y Minas, la actividad de extracción y producción de puzolana se realizó a partir del año 2008, como se observa en la tabla:

Tabla 17. Evolución de rocas y minerales industriales en la región Junín.

(Volumen en T.M.)									
Región	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010e
Andesita	1 560	1 620	1 680	1 740	1 800	1 860	1 920	1 980	2 040
Arcilla común	23 092	20 439	33 645	33 936	36 000	150 000	227 502	196 120	283 472
Áridos	34 000	40 000	90 000	100 000	230 000	560 000	618 670	1 023 855	1 361 762
Baritina	3 321	2 906	4 524	4 500	3 000	5 292	9 057	12 522	16 187
Bentonita	23 092	20 439	33 645	33 936	36 000	25 000	26 751	30 102	32 386
Feldespato	1 222	1 370	1 190	2 475	3 759	4 044	4 797	1 904	2 423
Granito	10 145	10 436	10 726	11 017	11 308	11 550	3 838	5 747	2 012
Mármol	16 553	21 134	22 208	99	99	500	596	338	316
Ónix	300	250	300	300	333	250	250	250	250
Pirofilita	9 514	12 291	14 282	16 273	18 264	19 000	20 500	18 900	19 367
Puzolana	0	0	0	0	0	0	8 272	39 566	70 860
Rocas Calcáreas	978 047	1 229 753	1 313 655	1 509 426	1 630 618	1 751 810	1 804 101	1 799 993	1 886 735
Silice	105 128	117 880	130 632	254 933	240 000	308 527	276 767	153 737	172 121
Sillar	0	0	0	0	0	0	0	716	716
Talco	10 214	10 369	10 791	9 219	8 977	7 848	18 003	13 298	18 499
Travertino	120 000	150 000	160 000	168 705	168 705	228 710	231 924	96 263	53 186
Yeso	49 089	61 395	65 742	35 667	43 119	55 000	68 214	69 071	78 165

Fuente: RMI de la Región Junín: "Posibilidades de Desarrollo", INGEMMET, 2010.

Al año 2009, la producción de puzolana en la región Junín representó el 1.14% de la producción total de rocas y minerales industriales; con tendencia a crecimiento.

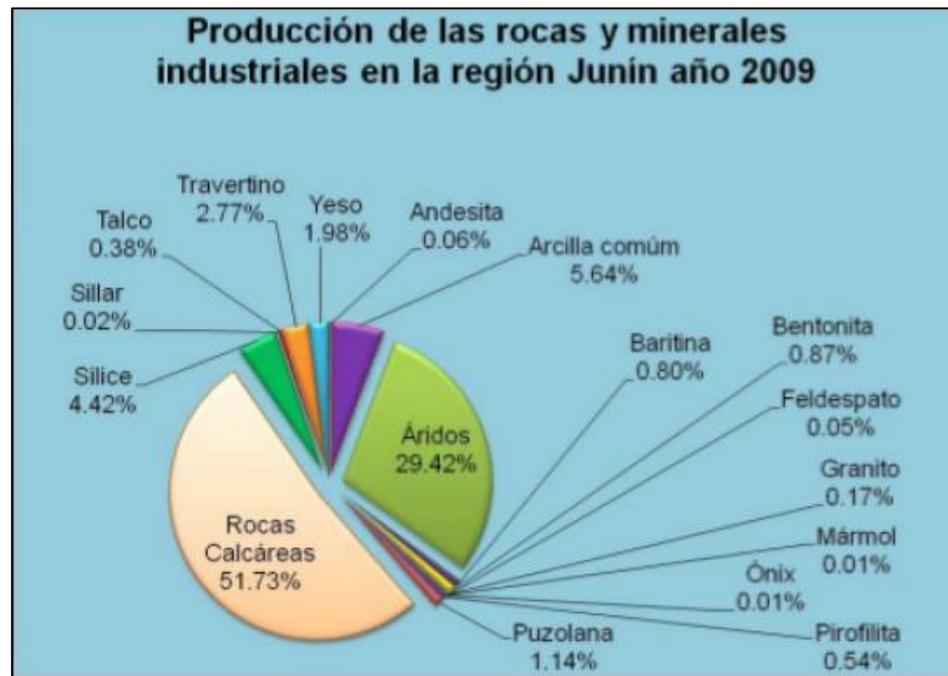


Figura 11. Producción de las rocas y minerales industriales en la región Junín según porcentajes.

Fuente: RMI de la Región Junín: "Posibilidades de Desarrollo", INGEMMET, 2010.

2.2.2.3. Agua

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.

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.

“Para determinar si el agua a usar en la producción del concreto es adecuada, deberá comprobarse si es apta para consumo humano; ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto”, Pasquel (12).

• **Requisitos de Calidad del Agua:**

La N.T.P 339.088 (22) menciona que “las aguas aptas para la preparación y curado del concreto, son aquellas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los límites señalados en la tabla”.

Tabla 18. Límites permisibles para el agua.

Descripción	Límite Permissible	
Sólidos en Suspensión (ppm)	5000	Máx.
Materia Orgánica (ppm)	3	Máx.
Alcalinidad (NaCHCO3) (ppm)	1000	Máx.
Sulfatos (ión SO4) (ppm)	600	Máx.
Cloruros (ión Cl-) (ppm)	1000	Máx.
PH	5 a 8	

Fuente: N.T.P 339.088

2.2.2.4. Agregados

A. Definición

“Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente”, Pasquel (12).

Los agregados son un conjunto de partículas inorgánicas, que pueden ser de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas en los límites fijados en la N.T.P 400.011 (23).

La calidad del agregado es de gran importancia, debido al volumen que ocupa dentro del concreto; los primeros estudios realizados por Gilkey en 1923 consideran que el agregado es un material inerte o de relleno; sin embargo,

hoy en día se conoce que el agregado tiene influencia determinante en el concreto por sus propiedades físicas, químicas y térmicas.

B. Clasificación

B.1. Por su procedencia

“Los agregados pueden ser naturales o artificiales, los primeros son de formación por procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, su uso es mayor y más frecuente a nivel mundial por su amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad.

Los agregados artificiales son producto de la transformación de materiales naturales, que mediante un tratamiento adicional se habilitan para su uso en la producción del concreto”, Pasquel (12).

B.2. Por su gradación

Se clasifican entre agregado grueso (piedra) y agregado fina (arena), en función de las partículas mayores y menores de 4.75 mm (Malla Standart ASTM #4).

B.3. Por su densidad

Llámesse como densidad a la gravedad específica, es decir el peso entre los volúmenes de sólidos referido a la densidad del agua, se clasifican en:

- Normales: $G_e = 2.5$ a 2.75
- Ligeros: $G_e < 2.5$
- Pesados: $G_e > 2.75$

“Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, por lo que se han establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso”, Pasquel (12).

C. Propiedades físicas

C.1. Peso específico (N.T.P 400.021 y N.T.P 400.022)

Se expresa como la relación de la masa de las partículas de agregado de una unidad de volumen con respecto a una masa de agua con el mismo volumen. Para convertir un peso dado de agregado en términos de volumen de sólido.

El peso específico se expresa de tres formas en función de las consideraciones de saturación:

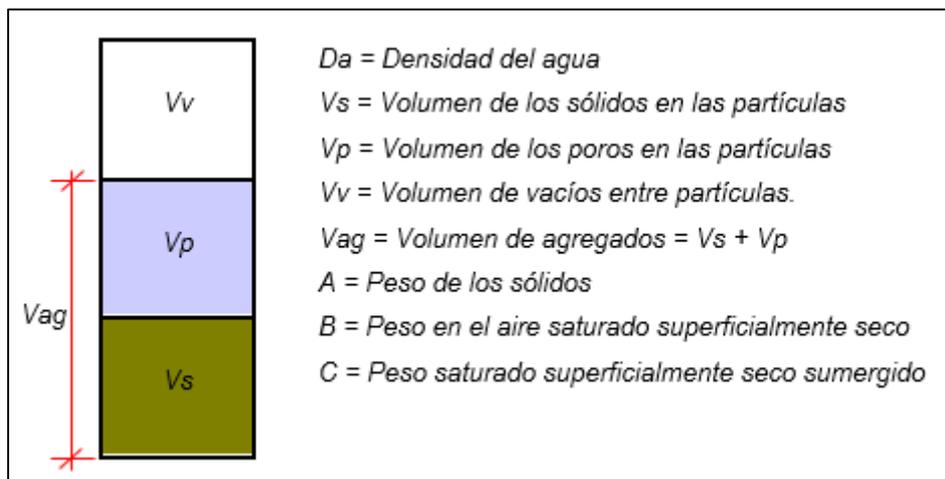


Figura 12. Distribución de volúmenes sólidos, de poros y vacíos del agregado.

Fuente: Pasquel, 1998

- **Peso específico de masa seca (G):** Se refiere al volumen del material sólido, incluido todos los poros.

$$G = \frac{A}{B - C} = \frac{A}{V_{ag} * D_a}$$

- **Peso específico saturado superficialmente seco (G_{sss}):** Se refiere al volumen del material cuando todos los poros del agregado están llenos de agua.

$$G_{sss} = \frac{B}{B - C} = \frac{B}{V_{ag} * D_a}$$

- **Peso específico aparente (Ga):** Se refiere al volumen del material sólido, incluido los poros impermeables, aunque no los capilares.

$$Ga = \frac{A}{A - C} = \frac{A}{Vs * Da}$$

Las expresiones son adimensionales, por lo que deberá multiplicarse por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. Cabe resaltar que el valor de peso específico para agregados normales oscila entre 2500 y 2750 kg/m³.

C.2. Peso unitario (N.T.P 400.017)

El peso unitario o peso aparente del agregado, se expresa como el peso por unidad de volumen, incluyendo los vacíos; este peso varia con las condiciones de compactación y con el contenido de humedad, además está en función con el tamaño forma y granulometría del agregado.

Es necesario conocer el peso unitario para calcular; la cantidad de vacíos en el agregado, las proporciones del agregado y las conversiones de dosificaciones de volumen a peso y viceversa.

El valor de peso unitario para agregados normales oscila entre 1500 y 1700 kg/m³.

- **Peso unitario suelto (PUS):**

Cuando el agregado seco se coloca con cuidado en un recipiente de diámetro y profundidad prescrita que depende del tamaño máximo del agregado hasta que rebose y después es nivelado pasando la varilla por la superficie. Se obtiene de la siguiente expresión:

$$P.U.S = \frac{\text{Peso Neto Muestra Suelta}}{\text{Volumen Total}}$$

• **Peso unitario compactado (PUC):**

El recipiente se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen del recipiente con 25 golpes con la varilla compactadora de punta semiesférica de 5/8" de diámetro. Se obtiene el peso unitario compactado, con la siguiente expresión:

$$P.U.C = \frac{\text{Peso Neto Muestra Compactada}}{\text{Volumen Total}}$$

C.3. Porcentaje de vacíos (N.T.P 400.017)

“Es la medida del volumen expresado como porcentaje de los espacios entre partículas de agregados. Su valor es relativo, ya que este depende del acomodo que hay entre partículas”, Pasquel (12).

Se calcula con la siguiente expresión:

$$\% \text{ vacíos} = \frac{S_B * Da - P.U * Da}{S_B} * 100\%$$

Donde:

S_B= Peso específico de masa.

Da= Densidad del agua.

P.U= Peso unitario compactado seco.

C.4. Porcentaje de absorción (N.T.P 400.021, N.T.P 400.022)

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos internos en las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de la mezcla, como influencia en las propiedades resistentes y en la

trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

Según la norma la expresión está dada por:

$$\% \text{ absorción} = \frac{P_{sss} - P_{seco}}{P_{seco}} * 100\%$$

C.5. Contenido de humedad (N.T.P 339.185)

Es la cantidad de agua que posee el agregado en estado natural. Es importante su determinación ya que puede afectar en la relación agua-cemento de la mezcla; factor que como sabemos es determinante en la resistencia final del concreto así como, para efectuar las correcciones adecuadas en las proporciones de las mezclas.

Según la norma, se calcula como:

$$\% \text{ Contenido de Humedad} = \frac{\text{Peso original de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso Seco}} * 100\%$$

“La diferencia entre la absorción y el contenido de humedad, radica en que el primero es un valor constante y el segundo es variable, ya que este está afectado por el intemperismo (sol, lluvia, vientos, etc.), y de acuerdo a esto se tienen las siguientes condiciones de humedad de los agregados”, Kosmatka et al (13). (Ver figura 13).

- **Secada al horno:** Completamente absorbentes.
- **Secada al aire:** Secos en la superficie de la partícula pero con cierta humedad en el interior, son por tanto algo absorbentes.
- **Saturados y superficialmente secos:** No absorben ni ceden agua a la mezcla de concreto.
- **Húmedos:** Contienen exceso de humedad en la superficie (agua libre).

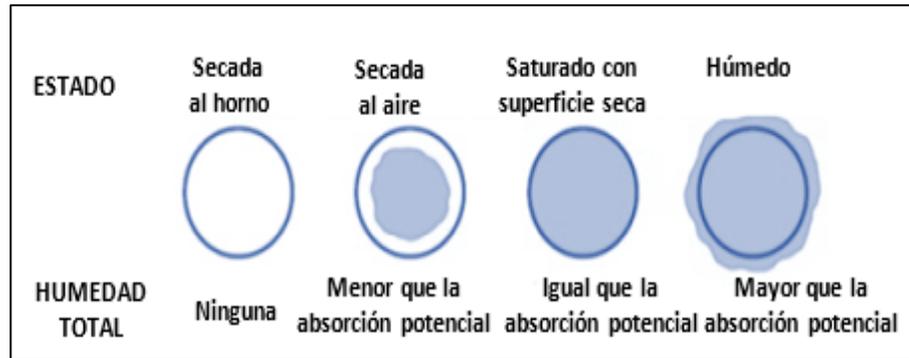


Figura 13. Condición de humedad de los agregados.

Fuente: Kosmatka et al., 2004.

C.6. Impurezas orgánicas (N.T.P 400.013)

De acuerdo a la norma, los agregados deberán estar libres de impurezas orgánicas.

C.7. Material pasante la malla N°200 (N.T.P 400.018)

Consiste en determinar la cantidad de materiales finos que se pueden presentar en el agregado fino de partículas sueltas. Valores altos son perjudiciales para el concreto porque afectan la adherencia y aumenta la cantidad de agua necesaria.

En este ensayo el agregado se somete a un proceso de sedimentación y tamizado por vía húmeda, la diferencia en peso seco, entre la muestra original y la muestra lavada, se expresa como porcentaje; determinándose el material fino que pasa la malla N°200 (75 μ m).

NOTA

Las mezclas requieren una mayor cantidad de agua, por lo que se acostumbra a limitarlos de 3 a 5%

C.8. Superficie específica

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso para su determinación se consideró dos hipótesis:

- Que todas las partículas son esféricas.
- El tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenido en el otro es igual al promedio de las 2 aberturas.

Se calcula como:

$$S.E = 0.06 * \frac{\sum \text{peso promedio aberturas}}{\text{Peso Específico}}$$

Por concepto, cuando las partículas con más finas se incrementa la superficie específica; por tanto, el agregado necesita más pasta para recubrir el área superficial total y sucede lo contrario si es más gruesa.

C.9. Granulometría (N.T.P 400.012)

Es la distribución por tamaño de las partículas de los agregados, las características de la granulometría de los agregados tiene una notoria influencia en la trabajabilidad, resistencia, calidad y economía del concreto elaborado.

Para que el concreto tenga una adecuada trabajabilidad las partículas del agregado grueso deben estar espaciados de tal manera que puedan moverse con relativa facilidad durante los procesos de mezcla y colocación.

En especial el agregado fino juega un papel importante en la calidad del concreto, porque de él dependen el grado de trabajabilidad de la mezcla, cantidad de agua en el diseño del concreto, etc. En ese sentido el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso ayudándola a distribuirse en toda la masa.

Se considera trabajable el concreto cuando el material acumulado pasante en la malla N°50 este entre los valores de 10% a 30% y que en la malla N°100 este entre los valores de 0% a 10%.

- **Módulo de finura:**

Es un índice aproximado del tamaño medio de las partículas de los agregados, siendo proporcional con el grosor del agregado, se usa para controlar la uniformidad de los agregados.

Duff Abrams en el año 1925, estableció este concepto, definiéndolo como la suma de porcentajes retenidos acumulativos.

Se calcula con la siguiente expresión:

$$M.F = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acum } (3", 2 \frac{1}{2}", 1 \frac{1}{2}", 3/4", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100)}{100}$$

- **Tamaño máximo:**

La N.T.P 400.011 (23), lo define como aquel tamaño de la abertura del tamiz que deja pasar todo el agregado.

- **Tamaño máximo nominal:**

La N.T.P 400.011 (23), lo define como aquel tamaño de la abertura del tamiz que produce el primer retenido del agregado.

D. Requisitos granulométricos de los agregados

D.1. Agregado fino:

La N.T.P 400.037 (24) define al agregado fino como: "aquel cuyas partículas provenientes de la desintegración natural o artificial, pasan el tamiz 3/8".

Según la norma establece husos, para considerar al agregado fino aceptable.

Tabla 19. Requisitos granulométricos del agregado fino.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
9,50 mm (3/8")	100
4,75 mm (Nº4)	95 a 100
2,36 mm (Nº8)	80 a 100
1,18 mm (Nº16)	50 a 85
600 um (Nº30)	25 a 60
300 um (Nº50)	5 a 30
150 um (Nº100)	0 a 10

Fuente: N.T.P 400.037 Agregados.

• **Límites de sustancias perjudiciales:**

La norma N.T.P 400.037 (24) establece la siguiente tabla con límites máximos de sustancias perjudiciales:

Tabla 20. Límites de sustancias perjudiciales permisibles del agregado fino.

SUSTANCIAS PERJUDICIALES	% Máx.
Lentes de Arcillas y partículas desmenuzables	3.0 %
Material más fino que la malla N° 200:	
a) Concretos sujetos a abrasión	3.0 %
b) Otros concretos	5.0 %
Carbón:	
a) Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0.5 %
b) Otros concretos	1.0 %

Fuente: N.T.P 400.037 Agregados.

D.2. Agregado grueso:

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los husos establecidos por la norma N.T.P 400.037 (24)

Tabla 21. Husos de granulometría del agregado grueso.

HUSO N° ASTM	Tamaño Máximo Nominal	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm
		(4")	(3 1/2")	3 "	2 1/2 "	2 "	1 1/2 "	1 "	3/4 "	1/2 "	3/8 "	N° 4	N° 8	N° 16
1	90 a 37.5 mm	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
	3 1/2" a 1 1/2"													
2	63 a 37.5 mm			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
	2 1/2" a 1 1/2"													
3	50 a 25 mm				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
	2" a 1"													
357	50 a 4.75 mm				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
	2" a N°4													
4	37.5 a 19 mm				100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5				
	1 1/2" a 3/4"													
467	37.5 a 4.75 mm				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
	1 1/2" a N°4													
5	25 a 12.5 mm						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
	1" a 1/2"													
56	25 a 9.5 mm						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 5	0 a 5		
	1" a 3/8"													
57	25 a 4.75 mm						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
	1" a N°4													
6	19 a 9.5 mm							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
	3/4" a 3/8"													
67	19 a 4.75 mm							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
	3/4" a N°4													
7	12.5 a 4.75 mm							100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
	1/2" a N°4													
8	9.5 a 2.36 mm								100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
	3/8" a N°8													

Fuente: N.T.P 400.037 Agregados.

• **Límites de Sustancias Perjudiciales:**

La norma N.T.P 400.037 (24) establece la siguiente tabla con límites máximos de sustancias perjudiciales:

Tabla 22. Límites máximos permisibles de sustancias perjudiciales del agregado grueso.

SUSTANCIAS PERJUDICIALES	% Máx.
Arcilla	0.25 %
Partículas desmenuzables	5.0 %
Material más fino que pasa malla N°200	1.0 %
Carbón:	
a) Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0.5 %
b) Otros concretos	1.0 %

Fuente: N.T.P 400.037 Agregados.

D.3. Agregado global:

La N.T.P 400.011 (23) menciona que el agregado global está compuesto por agregados finos y gruesos, que en proporciones adecuadas deben cumplir con las especificaciones granulométricas de la norma N.T.P 400.037.

Tabla 23. Requisitos granulométricos del agregado global.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS		
	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		
	37.5 mm (1 1/2")	19.0 mm (3/4")	9.5 mm (3/8")
50 mm (2")	100		
37.5 mm (1 1/2")	95 a 100	100	
19 mm (3/4")	45 a 80	95 a 100	
12.5 mm (1/2")			100
9,50 mm (3/8")			95 a 100
4,75 mm (N°4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2,36 mm (N°8)			20 a 50
1,18 mm (N°16)			15 a 40

600 um (N°30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 um (N°50)			5 a 15
150 um (N°100)	0 a 8*	0 a 8*	0 a 8*

* Incrementa a 10% para finos de roca triturada

Fuente: N.T.P 400.037 Agregados.

2.2.3. Propiedades del concreto

2.2.3.1. Propiedades en estado fresco

A. Temperatura (N.T.P 339.114)

Controlar la variación de la temperatura en el concreto, es un parámetro muy importante de controlar, ya que puede ser causa de cambios en la consistencia de la mezcla ya que condiciona la velocidad con que se desarrolla el proceso de endurecimiento inicial del concreto. El valor de la temperatura del concreto resulta del equilibrio termodinámico entre las temperaturas de los componentes.

“El efecto de la temperatura en la demanda de agua es principalmente producido por su efecto en la velocidad de hidratación del cemento, evaporación del agua de amasado y la absorción de los áridos de esta agua”, Ortiz et al (25).

“En ningún caso la temperatura del concreto al ser colocado será mayor a 32°C ni menor de 13°C. El concreto deberá así mantener su temperatura mínima no menos de tres días, para lograr conseguir al final del periodo de protección, las propiedades deseadas para el concreto”, Rivva (26).

• Temperatura en climas fríos

“En climas fríos el calentamiento del agregado puede ser necesario para obtener la temperatura deseada en el concreto, de acuerdo a las recomendaciones del ACI 306R. Los agregados congelados no deberán ser empleados en las mezclas de concreto”, Rivva (26).

La tabla 24 muestra las temperaturas recomendadas en el momento de vaciado:

Tabla 24. Temperatura mínima del concreto al ser colocado.

Dimensión de la sección, o dimensión mínima (mm)	Temperatura del concreto para el vaciado
Menos de 300	13°C
300 a 900	10°C
900 a 1800	7°C
Más de 1800	5°C

Fuente: ASTM C94

• Temperatura en climas cálidos:

Las altas temperaturas por si solas causan incrementos de la demanda de agua, los cuales a su vez elevarán la relación agua/cemento resultando una más baja resistencia potencial, con temperaturas mayores de 32 °C se pueden encontrar dificultades, por lo que se tienen los siguientes efectos:

- Tienen a acelerar la pérdida de asentamiento (revenimiento).
- Pueden provocar pérdida de aire incorporado.
- Tiene un gran efecto sobre el tiempo de manejabilidad del concreto; fraguará más rápido.
- Las altas temperaturas, una velocidad del viento y una humedad relativa afectan al concreto en la fisuración por retracción y eliminar el agua de la superficie para la hidratación.
- Una alta temperatura acelera la hidratación del cemento y contribuye a un potencial agrietamiento térmico en estructuras masivas de concreto.

A.1. Muestreo de concreto

El muestreo de la mezcla de concreto se realiza según la N.T.P 339.036: “cuando se realice el ensayo de temperatura este debe comenzar dentro de los 5 minutos siguientes a la obtención de la muestra; además deberá protegerse la muestra del sol, viento y otra fuente de evaporación y/o contaminación”.

A.2. Procedimiento

1. Medir la temperatura, colocando el termómetro en la muestra de concreto previamente colocada en un recipiente no absorbente, que debe permitir recubrimiento de al menos 3 pulgadas (75mm) en todas direcciones o por lo menos en 3 veces el tamaño máximo del agregado; se debe elegir el mayor.

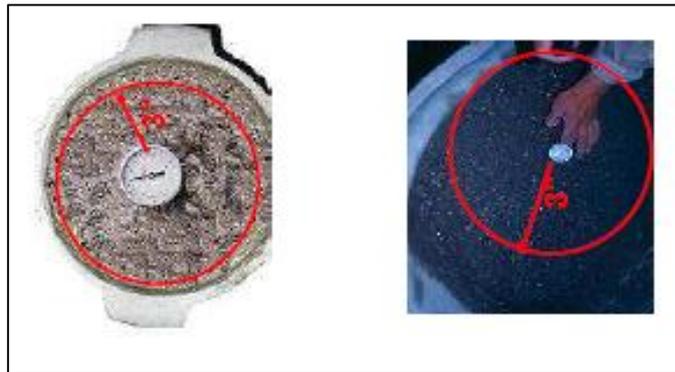


Figura 14. Medición de temperatura del concreto.

A.3. Criterio de aceptación

El criterio de aceptación de la temperatura del concreto según la N.T.P 339.114 se detalla en la tabla 25.

Tabla 25. Criterio de aceptación – Ensayo de temperatura del concreto.

DESCRIPCIÓN		CRITERIO DE ACEPTACIÓN ASTM C94/C 94M- 07 – N.T.P 339.114				
		Sección mm	<300	300-900	90-1800	>1800
Clima Frío	Temp. Mínima	°C	13	10	7	5
	Temp. Máxima	32 °C				
Clima Cálido	T = más baja posible. Si T ≈ 32 °C se puede encontrar dificultades.					

Fuente: ASTM C94

B. Asentamiento (N.T.P 339.035)

En la fabricación de un concreto, el control de la mezcla se realiza mediante el ensayo de asentamiento (slump), generalmente es el primer ensayo que se realiza en el concreto recién mezclado; el cual determinara si se acepta o se rechaza.

La prueba mediante el ensayo de asentamiento nos permitirá determinar la consistencia de una mezcla; la cual está en función de su contenido de agua, de la granulometría y características del agregado, ya que de acuerdo a estas características se puede alcanzar una consistencia determinada.

El ACI 309R clasifica al concreto por el asentamiento de la mezcla agrupándolos en:

Tabla 26. Grados de consistencia de la mezcla de concreto

TIPO DE CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	
	pulg.	cm
Seca	0" – 1"	0 - 2.5
Semiplástica	1" – 3"	2.5 – 7.5
Plástica	3" – 5"	7.5 – 12.5
Semifluida	5" – 7 1/2"	12.5 – 19.0
Fluida	> 7 1/2"	>19

Fuente: ACI 309

B.1. Muestreo de concreto

El muestreo de la mezcla de concreto se realiza según la N.T.P 339.036; cuando se realice el ensayo de asentamiento este debe comenzar dentro de los 5 minutos siguientes a la obtención de la muestra; además deberá protegerse la muestra del sol, viento y otra fuente de evaporación y/o contaminación.

B.2. Equipos

- Cono de Abrams que deberá cumplir los siguientes requisitos:
 - Ø Inferior = 200 mm, tolerancia \pm 3 mm
 - Ø Superior = 100 mm, tolerancia \pm 3 mm
 - Altura = 300 mm, tolerancia \pm 3 mm
 - Espesor mínimo 1.5 mm, 1.15 mm repujado
- Plancha metálica rígida
- Varilla compactadora: barra de acero liso con punta semiesférica $\text{Ø} = 5/8"$ (16mm) x 24" (600 mm).
- Cucharón: tamaño apropiado y forma adecuada de material no absorbente.

- Instrumento de medición: wincha metálica.

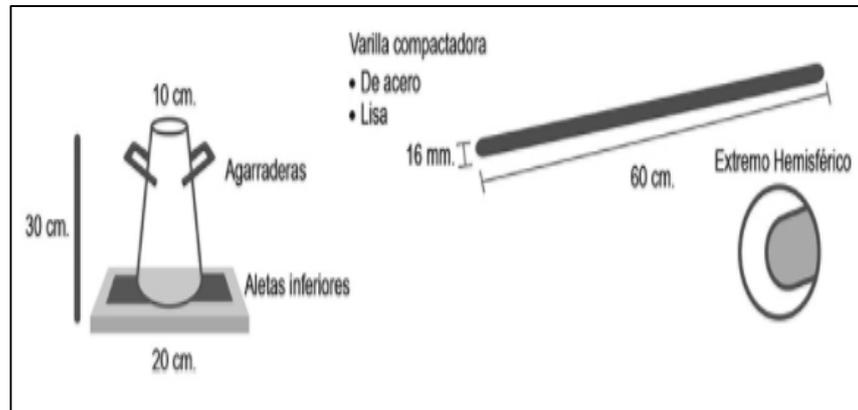


Figura 15. Equipos utilizados en el ensayo de asentamiento.

B.3. Procedimiento

1. Previamente humedecer el cono de Abrams y la plancha metálica.
2. Colocar el cono sobre una superficie plana, fijar el molde en el lugar de llenada pisando las aletas o asegurando las abrazaderas a la placa de la base.
3. Llenar el molde en tres capas de igual volumen, compactando cada una con 25 golpes distribuidos uniformemente por toda la superficie en forma de espiral de afuera hacia adentro.
4. Retirar el exceso de concreto y emparejar.
5. Sacar el molde cónico con cuidado, levantándolo de forma vertical en 5 a 7 segundos.
6. Toda la operación desde el llenado hasta que se retira el molde debe durar como máximo 2 minutos y 30 segundos.
7. Realizar la medición del asentamiento, midiendo la diferencia entre la altura del molde y el centro de la masa asentada del concreto.



Figura 16. Secuencia de procedimiento del ensayo de asentamiento.
Fuente: "Manual de elaboración de concreto en obra", ICCYC.

B.4. Criterios de aceptación

La ASTM C94 especifica las siguientes tolerancias para la aceptación de la mezcla (ver la tabla 27):

Tabla 27. Tolerancias en el ensayo de asentamiento.

ESPECIFICACIONES		TOLERANCIAS ASTM C94/C 94M N.T.P 339.114
Asentamiento Nominal	2" (50 mm) y menos	± ½" (15 mm)
	2" a 4" (50 mm a 100 mm)	± 1" (25mm)
	Más de 4" (100 mm)	± 1 ½" (40 mm)
Asentamiento "máximo" o "no debe exceder"	3" (75 mm) o menos	En exceso 0" (0 mm)
		En defecto 1 ½" (40 mm)
	Más de 3" (75 mm)	En exceso 0" (0 mm)
		En defecto 2 ½" (65 mm)
Tiempo de conservación en estos rangos (responsabilidad productor)		30 min desde llegada a obra

Fuente: ASTM C94

C. Peso unitario (N.T.P 339.046)

El peso unitario del concreto fresco es el peso varillado en kg/m³ de una muestra representativa del concreto; el peso unitario del concreto se emplea principalmente para comprobar el rendimiento de la mezcla, el contenido de cemento, así como el contenido de aire.

"Las variaciones en las propiedades del agregado pueden afectar el peso unitario y la densidad del concreto en forma diferente. Se puede tener modificaciones en el peso unitario del agregado las cuales incrementen o disminuyan el peso unitario del concreto sin afectar la densidad del mismo" Rivva (26).

Los concretos según el peso unitario se clasifican en:

- **Concretos livianos**, son aquellos concretos preparados con concretos livianos cuyo peso unitario varía entre 400 -1700 kg/m³.
- **Concretos normales**, aquellos cuyo peso unitario varía entre 1700 – 2500 kg/m³.
- **Concretos pesados**, aquellos concretos cuyo peso unitario es mayor de 2500 kg/m³.

Cálculos:

La norma N.T.P 339.046 (27) establece las siguientes fórmulas para determinar el peso unitario:

• Densidad (Peso Unitario):

Calcular la masa neta del concreto en kilogramos substrayendo la masa del recipiente de medida, Mm ; de la masa del recipiente de medida lleno de concreto, Mc . Se calcula la densidad D , dividiendo la masa neta de concreto por el volumen de la medida, Vm como sigue:

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

• Rendimiento:

El rendimiento volumétrico es el cociente entre la masa total de los materiales del diseño mezclados y la masa unitaria del concreto.

$$Y (m^3) = M/D$$

• Rendimiento relativo:

Es la relación entre el volumen real de concreto al volumen de diseño para la mezcla. Se calcula como sigue:

$$Ry = Y/Yd$$

Un valor por Ry mayor que 1,00 indica un exceso de concreto que se produce, un valor menor de esto indica que el volumen de la mezcla será corto con relación al volumen diseñado.

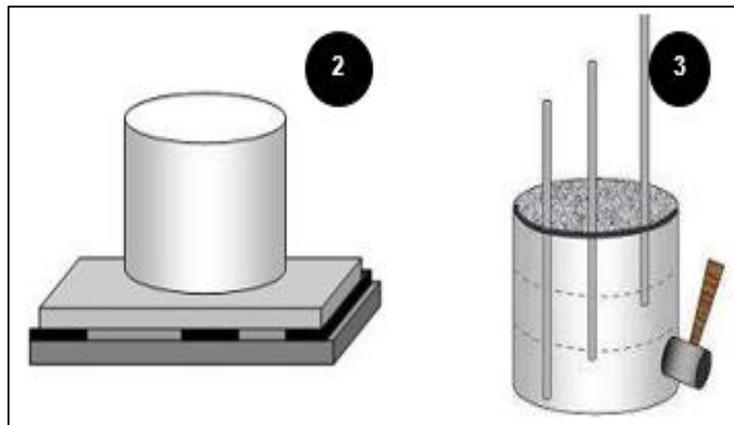
C.1. Equipos

- Balanza: Exactitud 45g o dentro de 3% de peso de prueba.

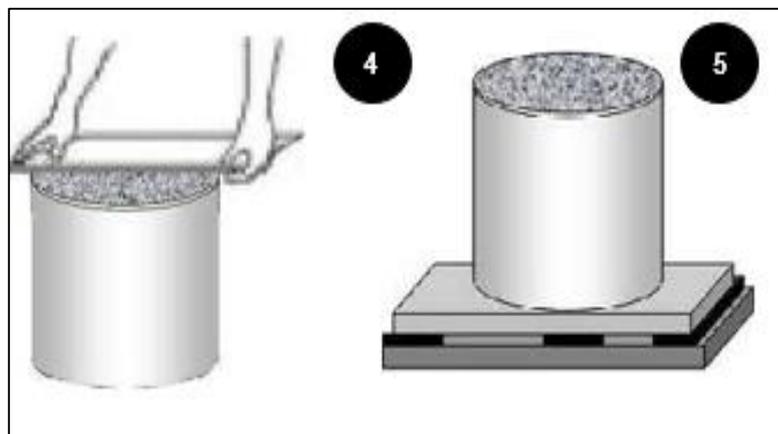
- Varilla o vibrador: Varilla de $\text{Ø}=5/8"$ (16 mm) x 24" (600 mm).
- Recipiente cilíndrico: Capacidad de acuerdo al tamaño máximo.
- Placa de enrasado: Espesor $\geq 1/4"$ (6mm).
- Mazo de goma.

C.2. Procedimiento

1. Determinar volumen del recipiente.
2. Determinar el peso del recipiente vacío (en kg) y humedecerlo.
3. Llenar y compactar en tres capas de igual volumen; en la tercera capa se deberá sobrellenar el recipiente.



4. Enrasar la superficie del concreto y dar un acabado suave con la placa de enrasado.
5. Limpiar el exterior del recipiente y determinar el peso (kg) de recipiente lleno con concreto.



D. Tiempo de fraguado (339.082)

En el año 1997, el Instituto del Concreto menciona que: El agua y el cemento al entrar en contacto, hacen que se inicie una reacción química exotérmica (desprendimiento de calor), que determina el progresivo endurecimiento de la mezcla.

Según Rivva (26) “El tiempo de fraguado es un concepto convencional que se emplea para designar el periodo que necesita una mezcla para adquirir una dureza previamente fijada. Es esencial que el fraguado no sea ni demasiado rápido ni demasiado lento. Si es muy rápido el tiempo será insuficiente para colocar el concreto antes que adquiera rigidez. Si es muy lento se puede originar retrasos en el alcance y utilización de la estructura”.

De acuerdo a la N.T.P 339.082 (28) al determinar el tiempo de fraguado por el método de las agujas de penetración, se pueden distinguir tres etapas principales:

1. Tiempo anterior al fraguado

Durante el cual, el concreto se manifiesta como una mezcla relativamente blanda y moldeable, en función de la consistencia con que se elabora.

2. Tiempo de fraguado inicial

Es el tiempo que transcurre a partir del momento del contacto inicial del cemento con el agua, hasta que el mortero presenta una resistencia a la penetración de 500 lb/pulg² (35 kg/cm²).

3. Tiempo de fraguado final

Es el tiempo que transcurre, a partir del momento que el cemento entra en contacto con el agua, hasta que el mortero presenta una resistencia a la penetración de 4000 lb/pulg² (280 kg/cm²). En la tercera etapa, al concreto

debe dársele el curado adecuado para asegurar con esto, que el concreto satisfaga los requisitos de resistencia y durabilidad exigidos por la obra.



Figura 17. Etapas de fraguado usando las agujas de penetración.
Fuente: Instituto del Concreto, 1997.

D.1. Equipos

- Penetrómetro, equipo con resorte de sistema hidráulico o mecánico con capacidad mínima de 588.2 N (60kg) y una precisión mínima de 9.8 N (1kg); se debe disponer además de agujas removibles con las siguientes áreas de contacto: 6.45 cm², 3.23 cm², 1.61 cm², 0.65 cm², 0.32 cm² y 0.16 cm².
- Recipiente cilíndrico metálico.
- Pipeta o instrumento similar para extraer el agua libre de la superficie.
- Varilla compactadora, de acero estructural cilíndrico de $\varnothing=5/8"$ y $L=24"$; y extremo hemisférico.
- Cronómetro y termómetro.

D.2. Procedimiento

1. La muestra de concreto obtenida, debe ser tamizada por el tamiz n° 4 (4.75 mm) en un recipiente no absorbente, con un volumen suficiente para llenar los moldes a una altura de 140 mm.

2. La mezcla tamizada se coloca en el molde y se compacta con la varilla en una sola capa con 28 golpes y se distribuyen los golpes uniformemente sobre la superficie.
3. La superficie del mortero debe quedar aproximadamente 10 mm abajo del borde superior para dejar espacio al agua de sangrado.
4. Se elimina el agua de sangrado.
5. Se coloca al penetrómetro una aguja del diámetro adecuado de acuerdo al grado de endurecimiento del mortero, se pone en contacto la superficie de apoyo de la aguja con la del mortero gradualmente y en forma uniforme, se aplica en el aparato una fuerza vertical hacia abajo hasta que la aguja penetre a una profundidad de 25 mm, el tiempo requerido para la penetración debe ser aproximadamente 10 segundos.

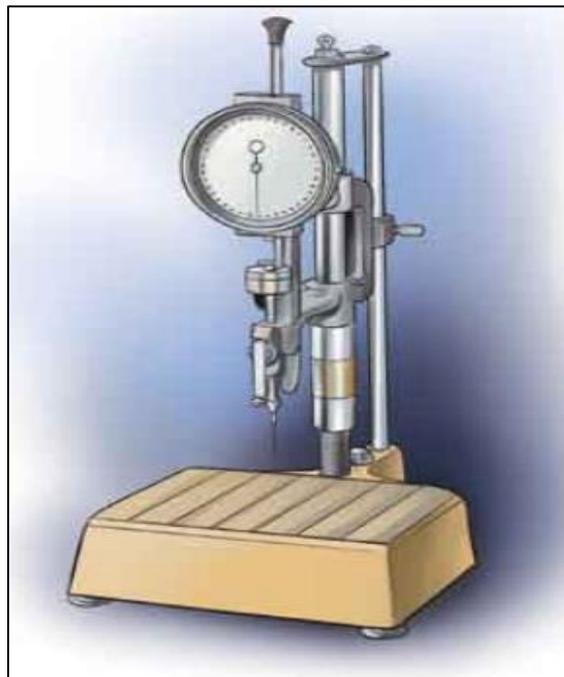


Figura 18. Penetrómetro para ensayo de tiempo de fraguado.

6. Registrar la fuerza requerida y el tiempo de aplicación, medido como lapso transcurrido entre el contacto inicial del cemento con el agua y el de resistencia a la penetración.

7. En las siguientes penetraciones se debe cuidar no efectuarlas sobre áreas alteradas por penetraciones previa, la distancia libre entre cualquier impresión hecha por la aguja y el lado del recipiente no debe ser menor de 25 mm.

Consideraciones

- Para mezclas convencionales, la penetración inicial se debe realizar transcurrido un tiempo de 3 a 4 horas, después del contacto inicial cemento y agua.
- Realizar por lo menos 6 penetraciones, para el cálculo de los tiempos de fraguado correlacionados con los esfuerzos de 500 y 4000 psi.

E. Contenido de aire (N.T.P 339.083)

Según la N.T.P 339.083 (29) las burbujas de aire están presentes en todos los tipos de concreto, localizado en los poros no saturables de los agregados y entre los componentes del concreto, como resultado de las operaciones propias del proceso de puesta en obra, bien sea porque es atrapado durante el mezclado que se le conoce como aire atrapado o aire natural o al ser intencionalmente incorporado por el uso de algún tipo de aditivo. Generalmente ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla.

“En los concretos con aire incorporado, este se incorpora intencionalmente a la mezcla mediante el empleo de aditivos con la finalidad de mejorar determinadas propiedades del concreto, especialmente su durabilidad frente a procesos de congelación y deshielo .Las burbujas de aire incorporado se caracterizan por el pequeño diámetro de las burbujas, entre 10 y 1000 micrones, y el perfil esférico de las mismas”, Rivva (26).

E.1. Equipos

Existen dos tipos de medidores de aire por método de presión que se basan en la ley de Boyle, según la N.T.P 339.083 están referenciados como medidor tipo A y tipo B.

Medidor tipo A: “Está compuesto por un recipiente metálicos, capaz de resistir altas presiones en unión con la tapa. El principio de operación de este medidor consiste en introducir agua a una determinada altura con respecto a una muestra de concreto de volumen conocido y aplicar una determinada presión de aire sobre el agua”, IMCYC (30).

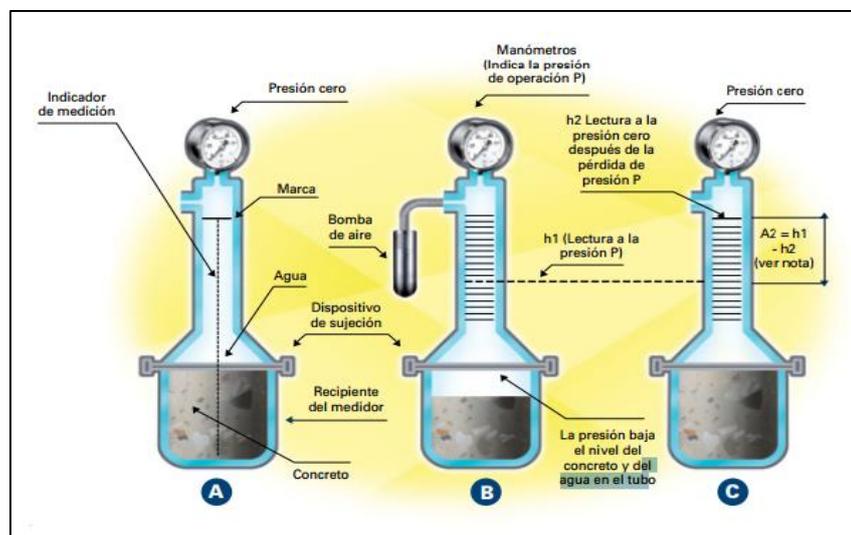


Figura 19. Medidor tipo A de contenido de aire en el concreto.

Medidor tipo B: “Consiste en un recipiente y una cubierta de ensamble. El principio de operación de este medidor está basado en el hecho de igualar un volumen conocido de aire con una presión también conocida, en una cámara de aire cerrada, con un volumen desconocido de aire en la muestra de concreto. La carátula del medidor de presión (manómetro) se calibra en términos de porcentaje de aire para la presión observada, la cual se iguala, que tenga una carátula con marcas que indiquen el porcentaje de aire”, IMCYC (30).

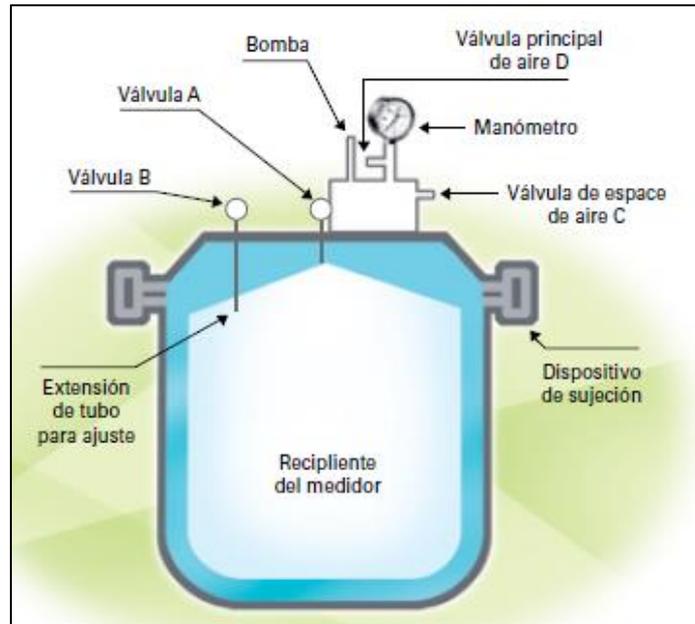


Figura 20. Medidor tipo B de contenido de aire en el concreto.

E.2. Procedimiento

1. Se coloca la muestra en el recipiente cilíndrico, en tres capas de volumen igual; se compacta cada capa de concreto con 25 golpes distribuidos uniformemente. Así mismo después de apisonar cada capa se golpean suavemente los lados del recipiente 10 a 15 veces con el mazo de goma.
2. Se debe tener cuidado de golpear el fondo del recipiente, en el apisonado de las dos capas restantes, la varilla debe penetrar alrededor de 1" en la capa anterior.
3. Luego de terminar la compactación de la tercera capa, se realizará el enrasado haciendo pasar la platina hasta que la superficie quede perfectamente lisa.
4. Se limpian los bordes del recipiente con el fin de lograr que la cubierta cierre herméticamente y se ensambla el aparato.

5. Se cierra la válvula que va entre la cámara y el recipiente y se abren los dos grifos de la cubierta, se inyecta agua a través de una de la válvula B, hasta que el agua salga por la válvula A.
6. Se cierra la válvula de la cámara y se bombea aire hasta que el puntero del manómetro coincida con la línea de presión inicial.
7. Se estabiliza el puntero de manómetro en la línea de presión inicial bombeando o dejando escapar aire y golpeándolo suavemente.
8. Se cierran las válvulas A y B, se abre la válvula que comunica la cámara de presión con el recipiente, y a continuación se golpea suavemente el manómetro y se lee el porcentaje de aire.
9. Antes de remover la cubierta se abren las válvulas A y B.

F. Exudación (N.T.P 339.077)

Según la N.T.P 339.077 (31), la exudación es el “flujo de la mezcla que se presenta generalmente como resultado de la sedimentación de los sólidos, la exudación es considerada como un tipo especial de segregación”.

“La exudación de la mezcla de concreto está influenciada por las proporciones de la mezcla y por las características de los materiales, contenido de aire, empleo de aditivos y adiciones y, especialmente, por la angularidad y granulometría del agregado fino”, Rivva (26).

“La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pueda tener”. Esta puede ser perjudicial para el concreto; ya que producto del ascenso de una parte del agua de mezclado, se puede obtener un concreto poroso, poco durable y de resistencia disminuida por el incremento de la relación agua /cemento”, Pasquel (12).

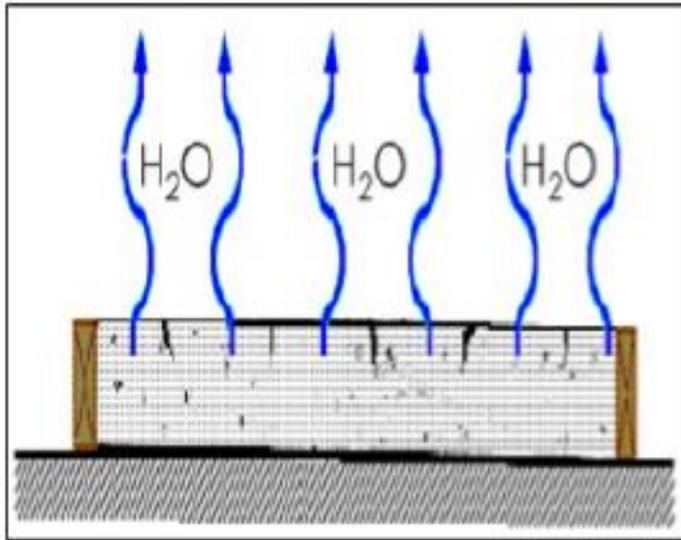


Figura 21. Exudación de la mezcla de concreto fresco.
Fuente: Mayta, 2014.

F.1. Muestra

Las muestras con tamaño nominal máximo de agregado mayor a 2", deberán ser tamizada en húmedo por el tamiz 37.5 mm (1 ½") y el ensayo se realiza con una porción de la muestra que pasa ese tamiz; caso contrario se hace uso de la muestra tal cual.

F.2. Equipos

- Recipiente cilíndrico metálico de aproximadamente 14 litros (1/2 pie³) de capacidad; con diámetro interior de 255 ± 5 mm y altura interior de 280 ± 5 mm.
- Pipeta o instrumento similar para extraer el agua libre de la superficie.
- Probeta graduada, con capacidad de 100 mL.
- Varilla compactadora, de acero estructural cilíndrico de Ø=5/8" y L=24"; y extremo hemisférico.
- Balanza

F.3. Procedimiento

1. Se coloca la muestra en el recipiente metálico, en tres capas y se debe compactar cada capa con la varilla compactadora; con 25 golpes distribuidos uniformemente.
2. Se enrasa la superficie 3 a 5 mm debajo del borde superior del molde hasta lograr una superficie lisa.
3. Se registra el tiempo y se determina la masa del recipiente con el contenido.
4. Se coloca el recipiente en una zona horizontal libre de movimientos o vibraciones; se extrae el agua acumulada en la superficie a intervalos de 10 minutos durante los primeros 40 minutos; pasado este tiempo se extrae el agua cada 30 minutos hasta que se vea que ha cesado la exudación; para facilitar la extracción del agua, se coloca un taco de 50 mm que incline el recipiente, 3 minutos antes de extraer el agua.
5. Después de cada recolección, se transfiere el agua a la probeta graduada y se registra la cantidad total

G. Segregación

La segregación está definida como la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero.

[...] “esta definición es entendible si se considera que el concreto es una mezcla de materiales de diferentes tamaños y gravedades específicas, por lo que se generan al interior del mismo, fuerzas las cuales tienden a separar los materiales componentes cuando la mezcla aún no ha endurecido. El resultado de la acción de estas fuerzas es definido como segregación”, Rivva (26).

“Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas desciendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es sólo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz”, Pasquel (12).



Figura 22. Segregación de la mezcla de concreto fresco.
Fuente: Ing. Gianfranco Otazzi

H. Trabajabilidad

Se entiende por trabajabilidad a la mayor o menor dificultad para la mezcla, el transporte, colocación y compactación del concreto.

Su evaluación es relativa por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso ya que un concreto que pueda ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación.

No se ha desarrollado un método adecuado de medida y la determinación de la misma en cada caso depende principalmente de los conocimientos y experiencia de la persona encargada del diseño de mezcla.

La trabajabilidad es una propiedad que no es mensurable dado que está relacionada con:

- Las características y perfil del encofrado.
- La cantidad y distribución de acero de refuerzo y elementos embebidos.
- Procedimiento empleado para compactar el concreto.
- Contenido de cemento en mezcla.
- Características del agregado, granulometría.
- Relación de agregado fino – grueso
- Proporción del agregado de mezcla.

A continuación algunas consideraciones sobre trabajabilidad para diseñar la mezcla:

- Fineza del cemento en orden de 3300 cm^2/gr .
- Trabajar en lo posible con el mínimo contenido de agua, a fin de conseguir trabajabilidad y resistencia adecuada.
- Se recomienda que el % acumulado que pasa en la malla N°50 del 10% al 30% por la malla N°100 del 2% al 10%.
- Las partículas de agregado alargadas y chatas tienen efecto negativo sobre la trabajabilidad y obligar a diseñar mezclas más ricas en agregado fino y por consiguiente a emplear mayores cantidades de cemento y agua.

I. Moldeo y curado de probetas

I.1. Muestreo de concreto

El muestreo de la mezcla de concreto se realiza según la N.T.P 339.036, cuando se realice el moldeo de probetas cilíndricas, este debe comenzar dentro de los 15 minutos siguientes a la obtención de la muestra; además deberá protegerse la muestra del sol, viento y otra fuente de evaporación y/o contaminación.

I.2. Moldeo de probetas de concreto

Equipos

- Moldes cilíndricos, los que pueden ser de dimensiones 6" x 12" o 4" x 8"; el diámetro de probeta a utilizar debe ser como mínimo 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado utilizado.
- Varilla $\varnothing = 5/8"$, Long= 500 mm \pm 100 mm, punta semiesférica.
- Mazo de goma, peso 600 \pm 200 g
- Plancha de albañil
- Regla para enrasar
- Cucharón
- Carretilla u otro recipiente para muestreo y remezclado

PROCEDIMIENTO

1. Colocar lo moldes en una superficie nivelada, libre de vibraciones, tránsito vehicular o peatonal, y evitando la exposición directa del sol.
2. Los moldes deben estar limpios y cubiertos con aceite mineral (desmoldante).
3. Llenar y compactar la muestra en cada molde, en tres capas; cada capa deberá estar compactada con la varilla con 25 golpes distribuidos uniformemente.

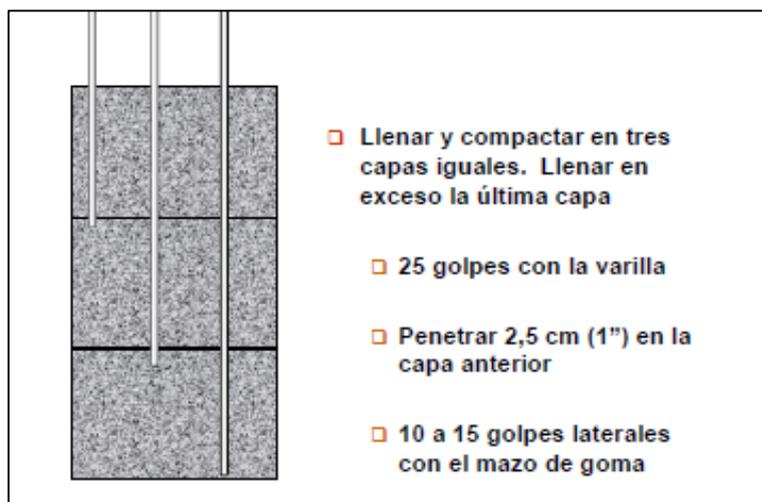


Figura 23. Procedimiento de llenado en moldes de probetas.

4. Enrasar la superficie, identificar los especímenes.
5. Proteger para evitar la evaporación.

I.3. Curado de probetas de concreto

Las probetas deberán ser desmoldadas antes de las 48 horas después de moldeadas, para su posterior curado. El curado debe realizarse máximo en 30 minutos después de realizar el desmolde, colocando las probetas en una solución de agua con cal (3 g de cal por cada litro de agua).

La adición de cal al agua permite la reducción de alcalinidad, busca subir el PH del agua hasta un rango de 13 o 14 para que no le quite cal al concreto evitando el proceso de lixiviación; evita pérdida de masa y aceleración del proceso de deterioro; así como la reducción de la resistencia y rigidez del concreto.

2.2.3.2. Propiedades en estado endurecido

A. Resistencia a la compresión (N.T.P 339.034)

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos dados debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento, depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, calidad, tipo y cantidad que se acostumbra a expresar en términos de la relación agua – cemento en peso.

Determina los requerimientos del proyecto estructural, la resistencia a la compresión depende de la temperatura del curado y de la compactación.

“Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación agua/cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del

cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto”, Pasquel (12).

A.1. Ensayo de probetas de concreto

El ensayo de resistencia de probetas de dimensiones 4” x 8” deberá ser el promedio de 3 probetas, ensayado a los 28 días.

Según la ASTM C39 y N.T.P 339.034 las probetas deber ser ensayadas tan pronto como sea luego de ser retiradas de la condición de curado, es decir se ensayará en condiciones húmedas superficialmente secas.

El ensayo de resistencia a la compresión se realizará en una prensa hidráulica, como la de la figura 24.

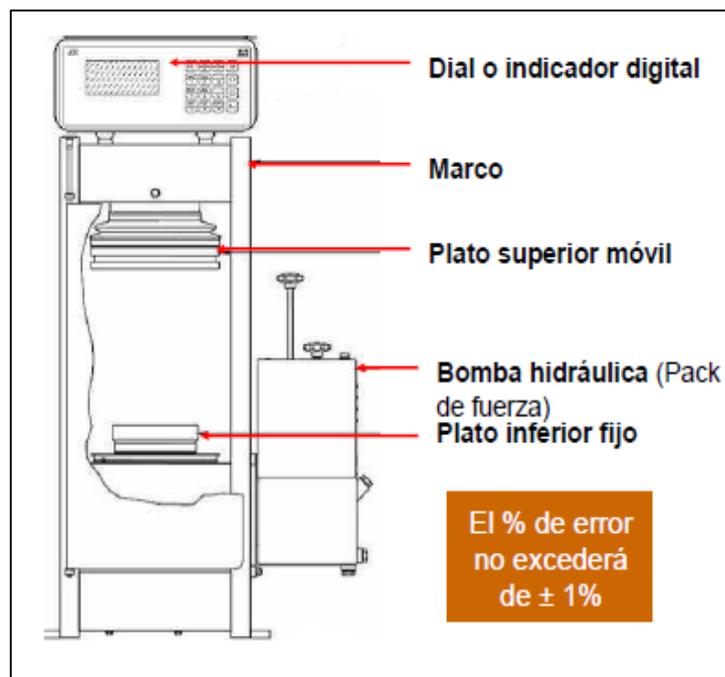


Figura 24. Prensa hidráulica para ensayo de resistencia a la compresión.
Fuente: Gastañadú, 2012.

A.2. Preparación y acondicionamiento de las probetas

- Se tomarán medidas del diámetro y altura de la probeta con el micrómetro, tomando 2 medidas que deberán ser promediadas para calcular el área de la sección.
- Para conseguir que la carga se distribuya uniformemente, se deberán refrentar las probetas con mortero de azufre o colocar tapas de almohadillas de neopreno.

A.3. Colocación de la probeta en la prensa

- Limpiar las superficies de los bloques superior e inferior, y ambos lados de la probeta.
- Centrar las probetas en la prensa.
- Aplicar la carga hasta completar la rotura, la que debe ser axial. Aplicándose de forma continua y constante a velocidad de carga de 0.25 ± 5 MPa/s.

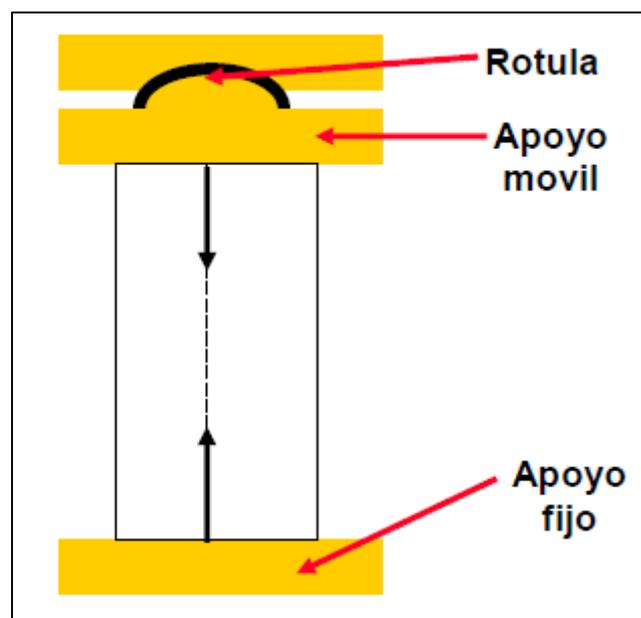


Figura 25. Colocación de probeta en la prensa.
Fuente: Gastañadú, 2012.

A.4. Expresión de resultados

Se calcula la resistencia a la compresión dividiendo la carga máxima entre el área promedio de la sección.

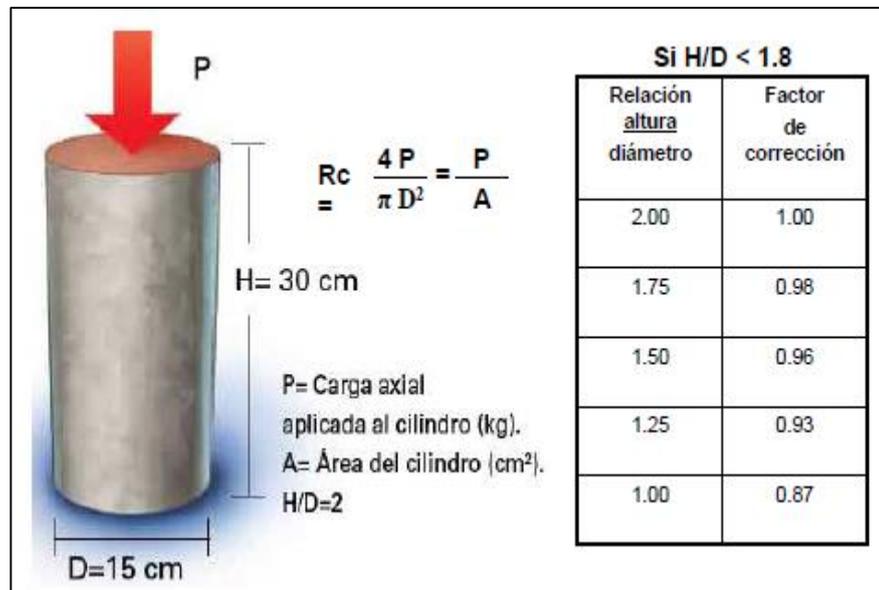


Figura 26. Fórmula de cálculo de Resistencia a la Compresión.
Fuente: Gastañadú, 2012.

A.5. Consideraciones para el ensayo

- El R.N.E menciona lo siguiente que la resistencia a la compresión es conforme si:

(a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos a 28 días es mayor o igual a f'_c .

(b) Ningún ensayo individual de resistencia será menor que F'_c en más de 35 kg/cm^2 cuando F'_c es 350 kg/cm^2 o menor.

Ningún ensayo individual de resistencia será menor que F'_c en más de $0.10F'_c$ cuando F'_c es mayor a 350 kg/cm^2 .

- Se debe tener en cuenta la tolerancia permisible para la hora de ensayo de la probeta:

Tabla 28. Tolerancia de tiempo permisible en el ensayo de resistencia.

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA DE TIEMPO PERMISIBLE	
	horas	%
24 horas	± 0.5	± 2.1
3 días	± 2	± 2.8
7 días	± 6	± 3.6
28 días	± 20	± 3.0
90 días	± 48	± 2.2

Fuente: N.T.P 339.034

- Se debe tener en cuenta el porcentaje de dispersión máximo a controlar según dimensiones de la probeta:

Tabla 29. Porcentaje de variación en probetas de concreto.

	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	RANGO ACEPTABLE DE RESISTENCIAS INDIVIDUALES POR CILINDRO	
6" x 12" (150 mm x 300 mm) Condiciones de Laboratorio Condiciones de Campo	2.4%	6.6%	7.8%
	2.9%	8.0%	9.5%
4" x 8" (100 mm x 200 mm) Condiciones de Laboratorio	3.2%	9.0%	10.6%

Fuente: Comité ACI 318-08, 2008

B. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (N.T.P 339.084)

La resistencia a la tracción del concreto es una forma de comportamiento de gran interés para el diseño y control de calidad en todo tipo de obras y en especial las estructuras hidráulicas y de pavimentación.

Inicialmente la determinación de la resistencia a la tracción del concreto se efectuó por ensayos de flexo tracción. Posteriormente, se han desarrollado dos métodos de prueba conocidos como ensayos de tracción directa por hendimiento, también denominado de compresión diametral.

La N.T.P 339.084 (32) establece el procedimiento para la determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de especímenes cilíndricos de hormigón (concreto), tales como cilindros moldeados y testigos diamantinos.

B.1. Resumen del método

La ASTM C496/C 496M, especifica el correcto desarrollo de este ensayo, este método de ensayo consiste en aplicar una fuerza de compresión diametral a toda la longitud de un espécimen cilíndrico de hormigón (concreto), a una velocidad prescrita; de esta forma aparecen dos fuerzas diametralmente opuestas que producen una distribución uniforme de tracciones transversales a lo largo del eje de carga hasta que ocurra la falla.

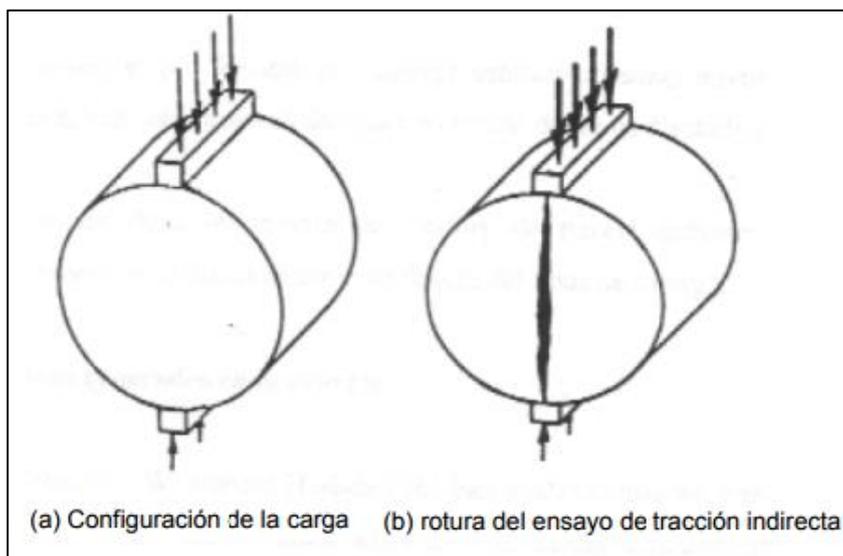


Figura 27. Compresión diametral en probetas.

B.2. Procedimiento

1. Determinar la longitud, por el promedio de 3 medidas y el diámetro por promedio de 2 medidas.
2. Marcar las caras del espécimen determinando las generatrices de carga.
3. Colocar el espécimen dentro de las placas de apoyo, si las dimensiones de la placa de apoyo de la prensa, son menores que la longitud del

cilindro; debe interponerse una platina suplementaria de acero maquinado, de por lo menos 50 mm de ancho y espesor no menos que la distancia entre el borde de las placas.

4. Aplicar la carga de en forma continua y evitando impactos, a una velocidad constante dentro del rango de 689 kPa/min a 1380 kPa/min hasta que falle el espécimen por el esfuerzo de tracción por compresión diametral.

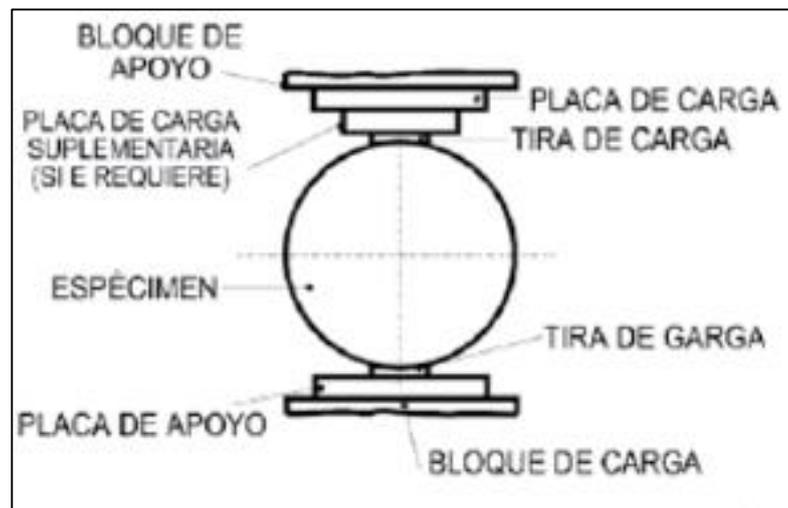


Figura 28. Especimen en la prensa.
Fuente: IMCYC, 2014.

B.3. Expresión de resultados

La resistencia a la tracción se calcula, con la siguiente fórmula:

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

Donde:

T= Resistencia a la tracción por compresión diametral (kPa)

P= Carga máxima aplicada, indicada por el equipo de ensayo (kN)

L= Longitud (m)

D= Diámetro (m)

C. Resistencia a la flexión (N.T.P 339.078)

La resistencia a la flexión de un concreto es baja en comparación con su resistencia a la compresión, pero muy superior a su resistencia en tracción pura.

Por lo tanto, no es la resistencia a la compresión el factor determinante de la calidad del concreto para pavimentos; sino la resistencia a la flexión, por el paso de los vehículos y por diferencias de temperatura un lado de la losa estará sometido a tensión y el otro lado a compresión, siendo cambiables estos esfuerzos. Los esfuerzos de flexión podrían ser entendidos por medio de refuerzo, pero sería antieconómico debido a que se tendría que utilizar refuerzo en dos capas. En la práctica lo que se hace es diseñar el espesor del pavimento en forma de tal que los esfuerzos de flexión, causados por el paso de los vehículos y la diferencia de temperaturas sean inferiores a la capacidad máxima a flexión de las placas. Es claro entonces que para el diseño de pavimentos de concreto la característica importante es la resistencia a la flexión del concreto o también llamada **“Módulo de Rotura”**.

Es el método más empleado para medir la resistencia a la flexión es usando una viga simplemente apoyada con carga en los tercios de luz, aunque en algunas partes se emplea el método de la viga voladizo o el de la viga simplemente apoyada con carga en el punto medio. Los resultados obtenidos difieren con el método empleado.

La N.T.P 339.078 (33) establece el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión de probetas en forma de vigas simplemente apoyadas, moldeadas con hormigón o de probetas cortadas extraídas de hormigón endurecido y ensayadas con cargas a los tercios de la luz.

C.1. Resumen del método

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga a los tercios de la luz en una probeta de ensayo en forma de viga, hasta que la falla ocurra. El módulo de rotura, se calculará, según que la grieta se localice dentro del tercio medio o a una distancia de éste, no mayor del 5% de la luz libre.

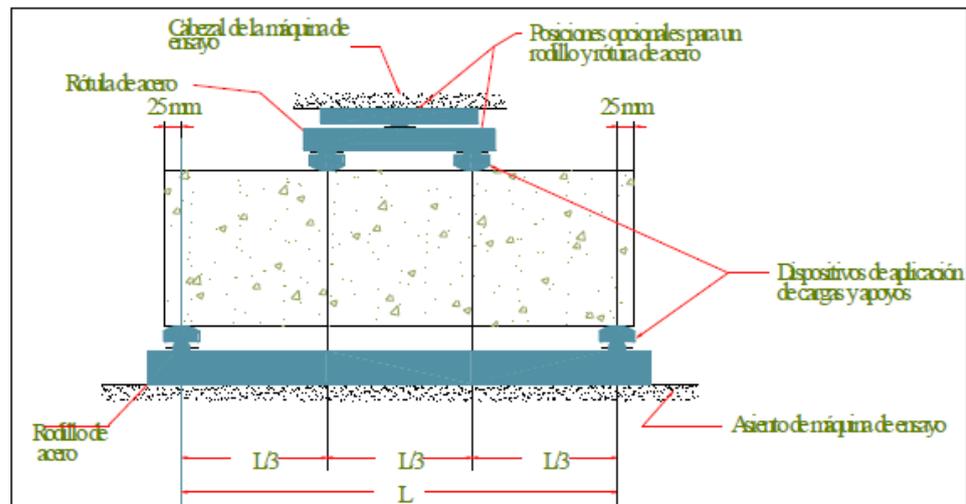


Figura 29. Ensayo de flexión.
Fuente: Millones, 2008

C.2. Procedimiento

1. El espécimen debe ser ensayado con la superficie húmeda, el contenido de humedad tiene un gran efecto sobre los resultados de resistencia, la sequedad de la superficie produce microagrietamiento que induce a esfuerzos de tensión en las zonas exteriores.
2. Colocar el espécimen en la prensa, se debe voltear el espécimen sobre un lado con respecto a la posición de moldeado, se centran los bloques de apoyo que a su vez deben estar centrados respecto a la fuerza aplicada.
3. Se debe tener contacto total entre la aplicación de la carga y los bloques de apoyo con la superficie del espécimen.

4. Se aplica la carga, la norma ASTM C78 refiere que la velocidad de carga constante aplicada al ensayo de vigas es de 0.9 ± 0.05 MPa/s, hasta producir la ruptura de la viga.

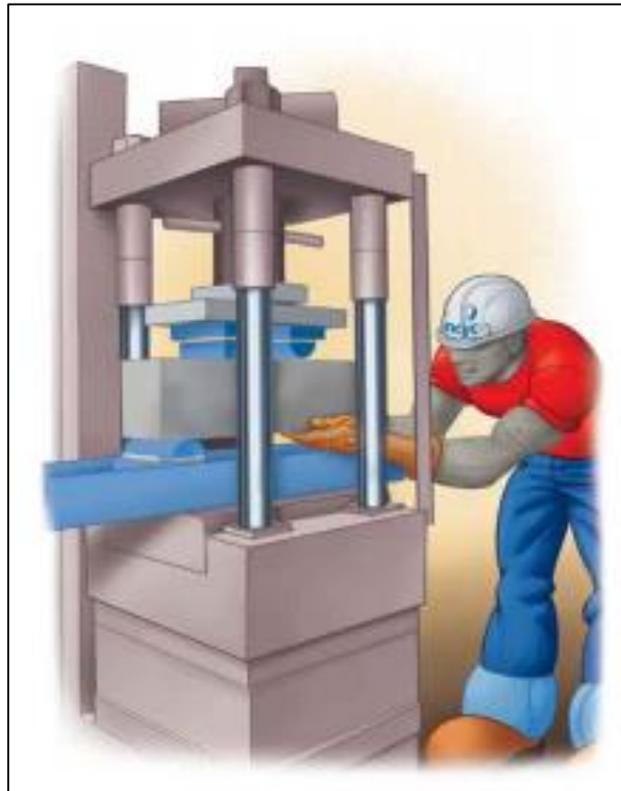


Figura 30. Colocado de espécimen para ensayo de flexión.
Fuente: IMCYC, 2008.

C.3. Expresión de resultados

Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Mr = \frac{P * L}{b * h^2}$$

Donde:

Mr: Módulo de Rotura (kg/cm^2)

P: Carga máxima de rotura (kg)

L: Luz libre entre apoyos (cm)

b: Ancho promedio de la probeta en la sección de falla (cm)

h: Altura promedio de la probeta en la sección de falla (cm)

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Por su finalidad

La investigación realizada implicó la consideración de todos los conocimientos existentes, para así solucionar el problema planteado. Por ende la presente investigación es una investigación aplicada.

3.1.2. Por su nivel de conocimiento

La presente investigación es una investigación explicativa.

3.1.3. Por la aplicación de la investigación

Es una investigación experimental.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para visualizar de manera práctica y concreta las respuestas a las preguntas de investigación, además de cubrir los objetivos fijados. Se realizó un plan para obtener la información que se desea, para ello se planteó un **diseño experimental**. En este caso existió un grupo de control (concreto patrón elaborado con cemento puzolánico) y un grupo experimental (concreto con adiciones de puzolana natural del distrito de Chongos Alto). Y se evaluó la variable independiente (porcentaje de puzolana natural) para analizar las variables dependientes mencionadas en el capítulo I. El objetivo fue determinar el efecto e influencia en las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto conforme se realizan adiciones de puzolana natural, mediante ensayos de laboratorio.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

- **Población:** La investigación tuvo como población los concretos con diseños de mezclas con diferentes adiciones minerales empleadas en la industria de la construcción.
- **Muestra:** La muestra fueron los concretos con diseños de mezcla de resistencias de $F'c=175, 210$ y 245 kg/cm^2 , con adición mineral de puzolana natural del distrito de Chongos de Alto.

Tipo de muestreo: El muestreo fue no probabilístico dirigido, ya que para esta investigación se optó por elegir diseños de mezcla de resistencias específicas que son de mayor uso y más comerciales en la industria de la construcción.

Tamaño de la muestra: La muestra estuvo conformada por 15 diseños de mezcla, con las siguientes características.

- **Concreto patrón (Grupo de control):** A este grupo pertenecen 3 diseños de mezcla, uno para cada $F'c = 175, 210$ y 245 kg/cm^2 , estos diseños son sin adición de puzolana natural, considerando el uso de cemento Portland puzolánico Andino tipo IP, agregados y agua.

- **Concreto con adiciones de puzolana natural del distrito de Chongos Alto (Grupo experimental):** A este grupo pertenecen los diseños de mezcla con porcentajes de adición de puzolana natural, siendo estos: 5%, 15%, 25% y 35% teniendo por cada F'c (175, 210 y 245 kg/cm²) 4 diseños de mezcla; haciendo un total de 12 diseños de mezcla, en estos se empleó cemento Portland Andino tipo I, agregados, % de puzolana natural y agua.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

➤ Técnicas

La técnica utilizada fue la observación sistemática y experimentación, por ello se realizó diseños de mezclas de concreto para F'c= 175, 210 y 245 kg/cm², y se elaboró un concreto patrón para cada F'c con los siguientes materiales: Cemento Portland Puzolánico tipo IP, agregados y agua; como también concretos para cada F'c con adiciones de puzolana natural con diferentes porcentajes de adición 5% ,15%, 25% y 35%, con los siguientes materiales: Cemento Portland tipo I, porcentaje de puzolana natural, agregados y agua.

Se realizó ensayos en el estado fresco los cuales fueron: slump, aire atrapado, tiempo de fraguado, exudación y peso unitario; tomando una muestra representativa por cada ensayo y por cada F'c.

Así mismo se realizó ensayos en el estado endurecido, los cuales fueron:

- **Ensayo de Resistencia a la Compresión:** Se elaboró 3 probetas por cada edad de ensayo (1, 3, 7, 14, 28, 45 y 60 días) y por diseño de mezcla; haciendo un total de 315 probetas ensayadas (ver tabla 30).

Tabla 30. Cantidad de probetas sometidas al ensayo de resistencia a la compresión.

DISEÑO DE MEZCLA		EDADES DE ENSAYO (días)	CANTIDAD DE PROBETAS
CONCRETO PATRÓN	F'c = 175 kg/cm ²	1	21
	F'c = 210 kg/cm ²		21
	F'c = 245 kg/cm ²		21
	F'c = 175 kg/cm ² + 5 % de Puzolana		21

CONCRETO CON ADICIÓN DE PUZOLANA NATURAL	F'c = 175 kg/cm ² + 15 % de Puzolana	3	21
	F'c = 175 kg/cm ² + 25 % de Puzolana		21
	F'c = 175 kg/cm ² + 35 % de Puzolana	7	21
	F'c = 210 kg/cm ² + 5 % de Puzolana		21
	F'c = 210 kg/cm ² + 15 % de Puzolana	14	21
	F'c = 210 kg/cm ² + 25 % de Puzolana		21
	F'c = 210 kg/cm ² + 35 % de Puzolana	28	21
	F'c = 245 kg/cm ² + 5 % de Puzolana		21
	F'c = 245 kg/cm ² + 15 % de Puzolana	45	21
	F'c = 245 kg/cm ² + 25 % de Puzolana		21
	F'c = 245 kg/cm ² + 35 % de Puzolana	60	21
	TOTAL		

- **Ensayo de Resistencia a la Tracción:** Se elaboró 3 probetas por cada diseño de mezcla, haciendo un total de 45 probetas ensayadas a los 28 días. (ver tabla 31).

Tabla 31. Cantidad de probetas sometidas al ensayo de resistencia a la tracción.

DISEÑO DE MEZCLA		EDAD DE ENSAYO (días)	CANTIDAD DE PROBETAS
CONCRETO PATRÓN	F'c = 175 kg/cm ²	28	3
	F'c = 210 kg/cm ²		3
	F'c = 245 kg/cm ²		3
CONCRETO CON ADICIÓN DE PUZOLANA NATURAL	F'c = 175 kg/cm ² + 5 % de Puzolana		3
	F'c = 175 kg/cm ² + 15 % de Puzolana		3
	F'c = 175 kg/cm ² + 25 % de Puzolana		3
	F'c = 175 kg/cm ² + 35 % de Puzolana		3
	F'c = 210 kg/cm ² + 5 % de Puzolana		3
	F'c = 210 kg/cm ² + 15 % de Puzolana		3
	F'c = 210 kg/cm ² + 25 % de Puzolana		3
	F'c = 210 kg/cm ² + 35 % de Puzolana		3
	F'c = 245 kg/cm ² + 5 % de Puzolana		3
	F'c = 245 kg/cm ² + 15 % de Puzolana		3
	F'c = 245 kg/cm ² + 25 % de Puzolana		3
	F'c = 245 kg/cm ² + 35 % de Puzolana		3
TOTAL			45

- **Ensayo de Resistencia a la Flexión:** Se elaboró 1 viga por cada diseño de mezcla, haciendo un total de 15 vigas ensayadas a los 28 días. (ver tabla 32).

Tabla 32. Cantidad de vigas sometidas al ensayo de resistencia a la flexión.

DISEÑO DE MEZCLA		EDAD DE ENSAYO (días)	CANTIDAD DE VIGAS
CONCRETO PATRÓN	F'c = 175 kg/cm ²	28	1
	F'c = 210 kg/cm ²		1
	F'c = 245 kg/cm ²		1
CONCRETO CON ADICIÓN DE PUZOLANA NATURAL	F'c = 175 kg/cm ² + 5 % de Puzolana		1
	F'c = 175 kg/cm ² + 15 % de Puzolana		1
	F'c = 175 kg/cm ² + 25 % de Puzolana		1
	F'c = 175 kg/cm ² + 35 % de Puzolana		1
	F'c = 210 kg/cm ² + 5 % de Puzolana		1
	F'c = 210 kg/cm ² + 15 % de Puzolana		1
	F'c = 210 kg/cm ² + 25 % de Puzolana		1
	F'c = 210 kg/cm ² + 35 % de Puzolana		1
	F'c = 245 kg/cm ² + 5 % de Puzolana		1
	F'c = 245 kg/cm ² + 15 % de Puzolana		1
	F'c = 245 kg/cm ² + 25 % de Puzolana		1
	F'c = 245 kg/cm ² + 35 % de Puzolana		1
TOTAL			15

➤ Instrumentos de Recolección de Datos

-La recolección de datos, se realizó mediante pruebas de laboratorio, cumpliendo los procedimientos estandarizados por las Normas Técnicas Peruanas y ASTM. Tanto para los ensayos de los agregados como del concreto en estado fresco y endurecido. Y se hizo uso de los siguientes formatos:

- Formatos de granulometría.
- Formatos de propiedades físicas de los agregados.
- Formatos de control slump.
- Formato de control de exudación.
- Formato de control de aire atrapado.
- Formato de control de tiempo de fragua.
- Formato de control de peso unitario.
- Formatos de control de resistencia a la compresión.
- Formatos de control de resistencia a la tracción.

- Formatos de control de resistencia a la flexión.

3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos se procesaron mediante hojas de cálculo de Excel, generando tablas de resultados para su posterior análisis, además se usó gráficos de barras y líneas. Para el análisis estadístico de correlación se empleó el programa SPSS.

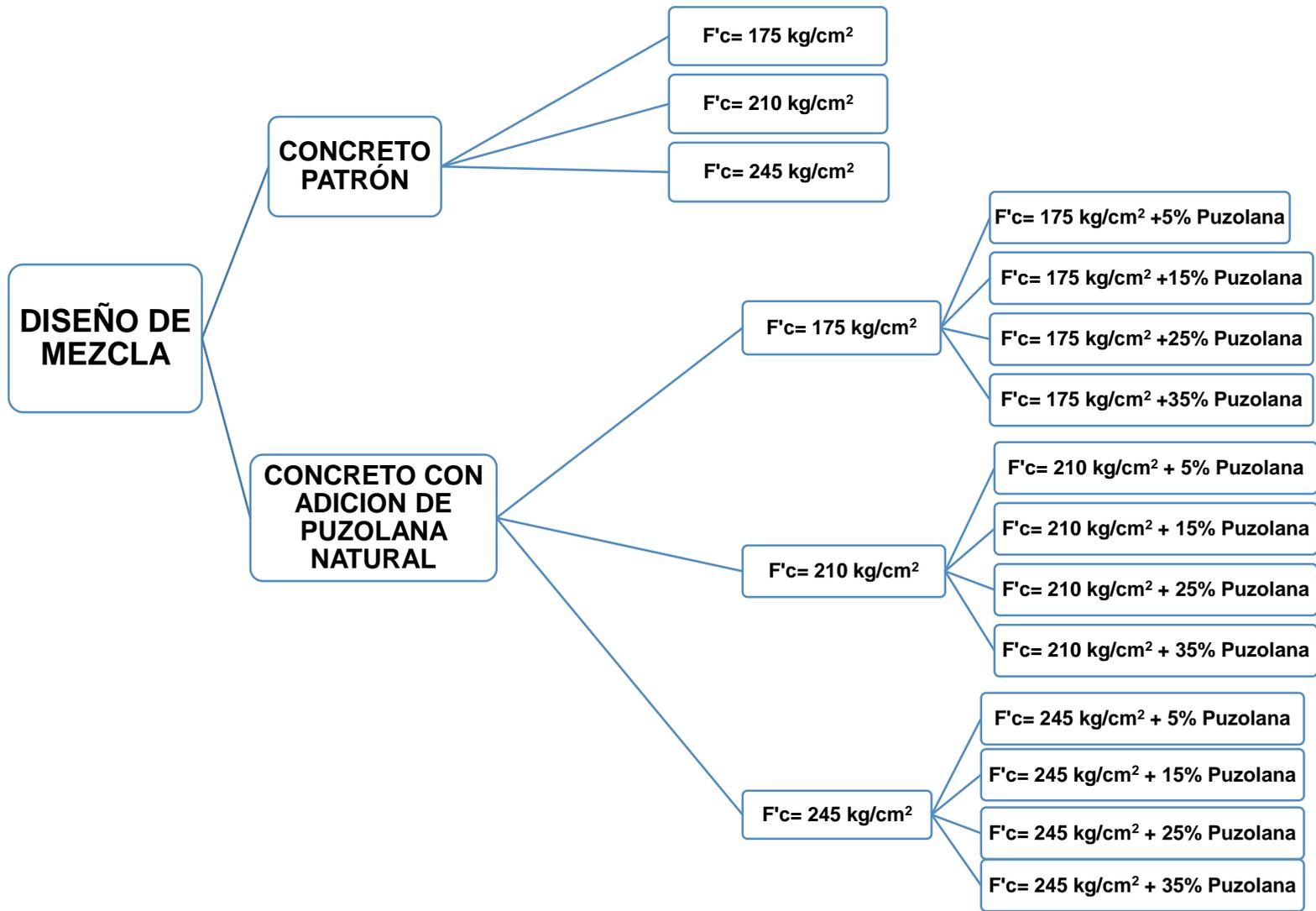


Figura 31. Diagrama de desarrollo de diseño de mezclas de la investigación.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. MATERIALES

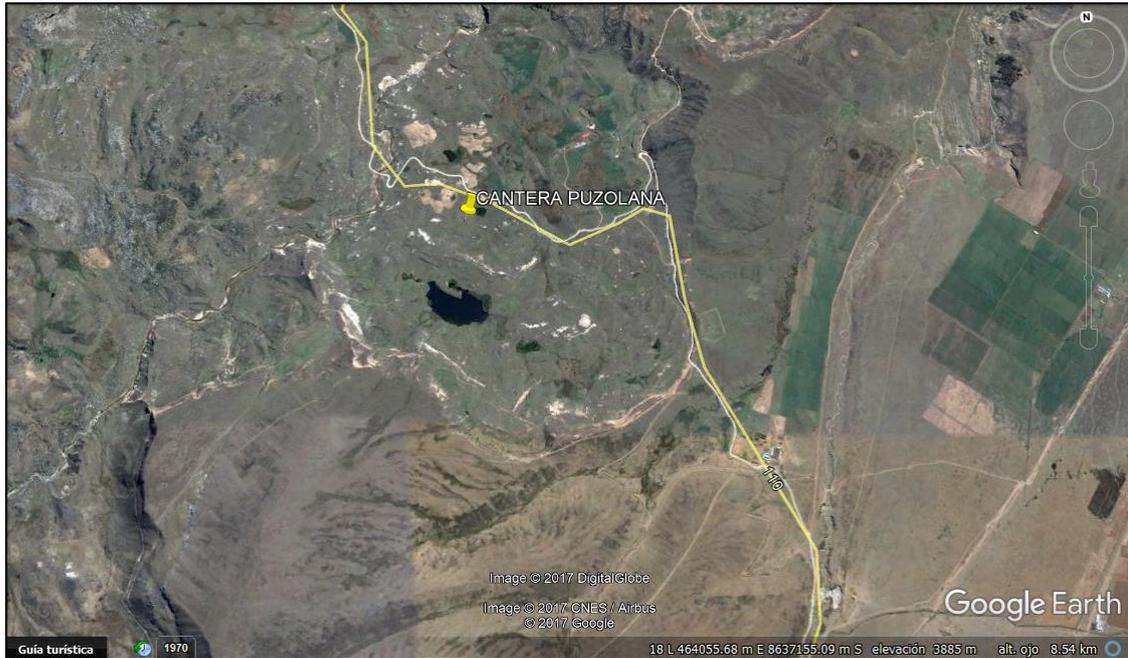
4.1.1. Puzolana natural de Chongos Alto

4.1.1.1. Generalidades

A. Ubicación de cantera:

La cantera de la puzolana, se encuentra ubicada en:

- **Anexo:** Pititayo
- **Distrito:** Chongos Alto
- **Provincia:** Huancayo
- **Coordenadas UTM:** 462835.00 E, 8637474.00 N
- **Altitud:** 3776 msnm



Fotografía 1. Ubicación de Cantera de Puzolana.
Fuente: Google Earth

B. Tipo de puzolana:

- **Según su origen:** Puzolana natural (tufos y cenizas volcánicas).
- **Según N.T.P 334.104:** La puzolana natural del distrito de Chongos Alto es una puzolana de clase N.

4.1.1.2. Aprovechamiento de puzolana

Existen 3 canteras de puzolana natural en el distrito de Chongos Alto, las cuales son: Paraje Antapongo, Orillas del Rio la Virgen y Anexo Pititayo. Se optó por extraer la puzolana del anexo Pititayo, ya que esta puzolana presenta mejores características tanto físicas como químicas en comparación con el material de las otras canteras.

Esta cantera se ubica en el distrito de Chongos Alto, que se encuentra aproximadamente a 2 horas y 45 minutos de la ciudad de Huancayo, de fácil acceso para realizar la extracción.

Se extrajo un promedio de 250 kg de Puzolana Natural para uso en esta investigación.



Fotografía 2. Cantera de puzolana natural en anexo Pititayo- Chongos Alto.

4.1.1.3. Acondicionamiento de la muestra para su uso

Para hacer uso de la puzolana natural, se tuvo que realizar un tratamiento previo del material efectuando primero su secado y posterior molienda, con la finalidad de que la puzolana tenga finura similar a la del cemento.

En estado natural las muestras presentaban alrededor de 2.83% de contenido de humedad, así mismo se encontró pequeños pedazos de material consolidado que fueron molidos para su mayor aprovechamiento.

La molienda de las muestras de puzolana natural, se realizó en un pequeño molino construido para fines de la presente investigación que consta de un tambor cilíndrico hueco de aproximadamente 12 pulgadas de longitud y 8 pulgadas de diámetro con un motor eléctrico de 1hp, que mediante movimientos de rotación alrededor de su eje por medio de una faja realiza la molienda.

El tambor presenta una abertura para la introducción de las muestras de puzolana natural, que está provista de una tapa que reúne las siguientes características:

- Garantizar un cierre hermético que imposibilite la pérdida de material y polvo.
- Asegurar una fijación entre la tapa y el tambor del molino, así como tener una forma de sujeción que facilite su remoción.



Fotografía 3. Equipo para realizar la molienda de puzolana natural.

Pasos para realizar la molienda:



Fotografía 4. Molienda de puzolana natural.

1° Se coloca una muestra de 5 kg dentro del molino.

2° Se añaden las cargas, en este caso esferas de acero; que mediante choque por un determinado tiempo (25 minutos) y número de revoluciones, darán como resultado un material más fino.

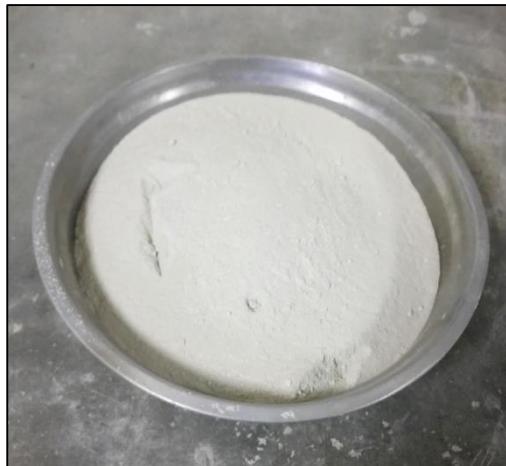
Tabla 33. Dimensión de esferas de acero.

DIÁMETRO DE ESFERAS (mm)	NÚMERO DE ESFERAS	MASA DE LAS ESFERAS (grs.)	MASA PARCIAL DE ESFERAS (grs.)
6.5	3	1150	3450
5.9	2	860	1720
5.6	4	720	2880
5.2	3	600	1800
5	5	550	2750
4.5	4	390	1560
4.2	4	315	1260
4	6	245	1470
3.5	6	174	1044
3	7	112	784
2.1	9	40	360
1.7	2	21	42
TOTAL			19120



Fotografía 5. Esferas de acero para realizar la molienda de puzolana.

3° Se realiza el tamizado de la muestra molida por la malla N° 200 para su uso.



Fotografía 6. Tamizado de muestra de puzolana molida por la malla N° 200.

El objetivo de la molienda de la puzolana, es lograr un material de finura similar a la del cemento y más uniforme; que además cumpla con los requerimientos de finura de la norma ASTM C618.

4.1.1.4. Granulometría de la puzolana

El estudio granulométrico se realizó tamizando las muestras por los tamices N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200; que es el menor tamiz por el cual puede hacerse un tamizado en seco de la muestra. Para efectos de comparación se realizó la granulometría tanto de la muestra original como la muestra tratada, que se muestran en los gráficos 1 y 2.

En el gráfico 1 la línea de color rojo representa la curva granulométrica de la puzolana sin tratamiento, donde se observa que la muestra presenta una gradación variable y con tamaños de partículas no adecuadas para su uso como adición mineral en el concreto; razón por la que se opta en realizar la molienda y obtener una muestra más uniforme y de mayor finura.

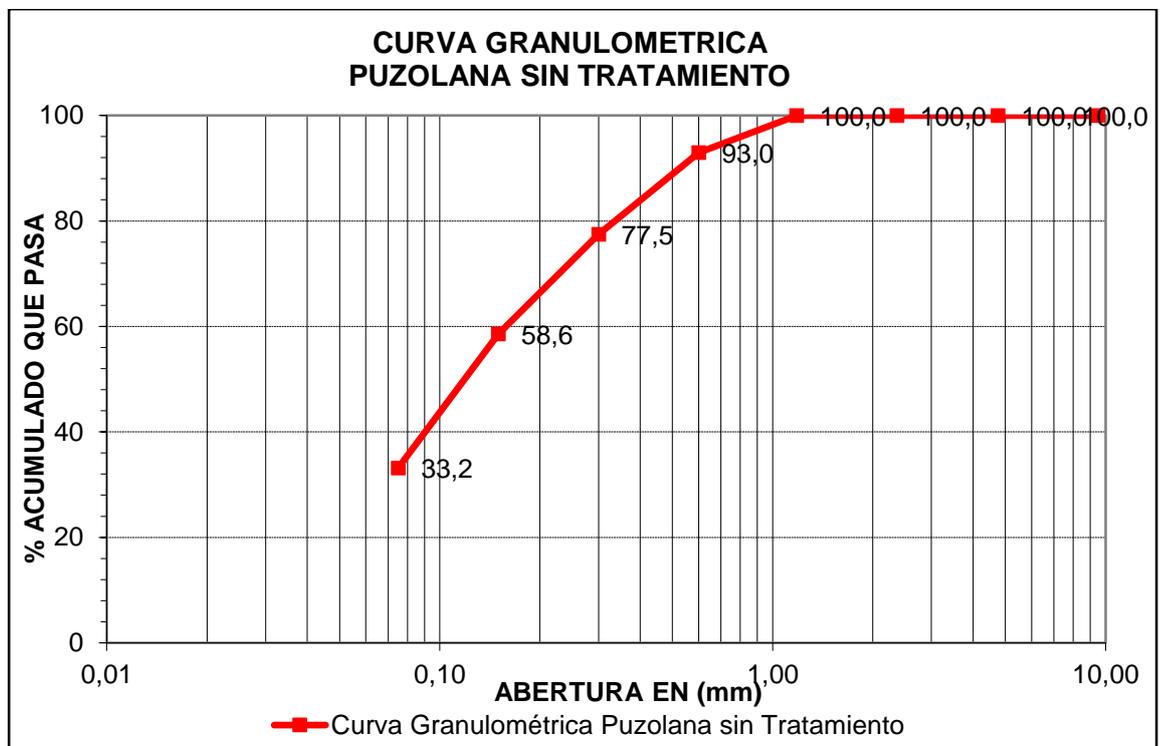


Gráfico 1. Curva granulométrica de la puzolana sin tratamiento.

El gráfico 2 muestra la curva granulométrica de la puzolana tratada, la línea roja representa la curva de granulometría; se observa que al realizar el tratamiento se mejora la granulometría de la puzolana haciendo que la distribución granulométrica se desplace a zonas de menor tamaño de partícula, haciendo la curva más uniforme, ya que mediante el tratamiento se aumenta el porcentaje de partículas de 75 μm y mayores.

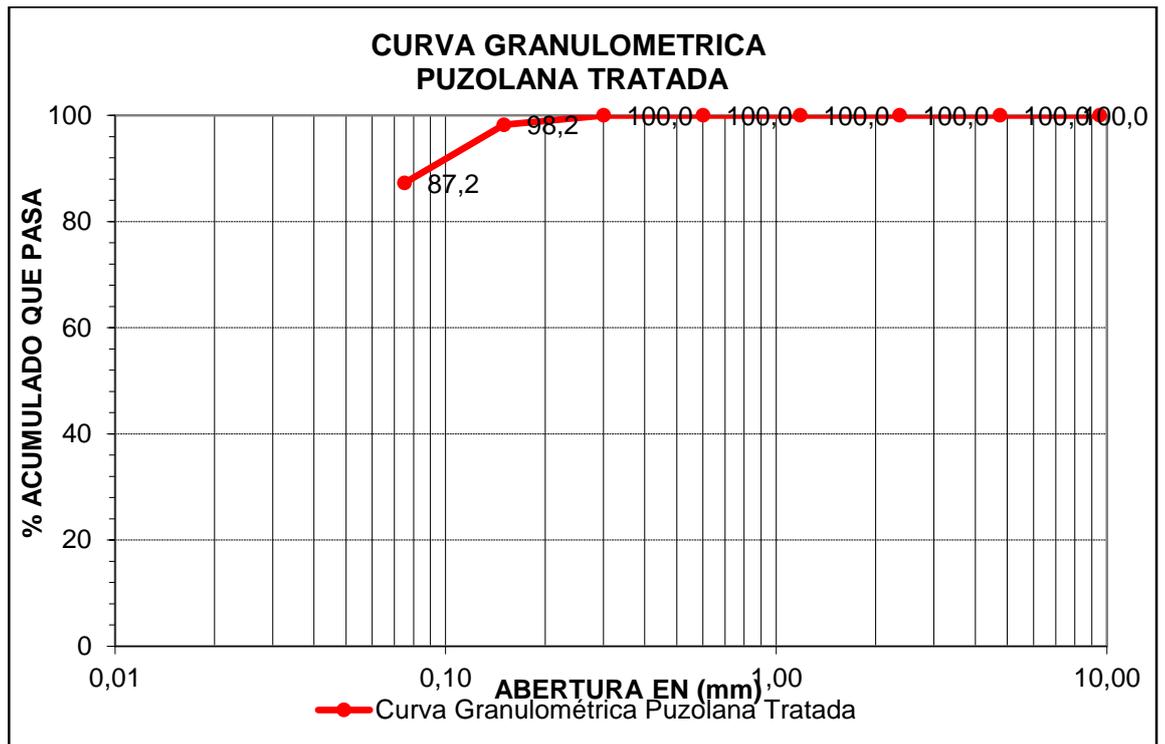


Gráfico 2. Curva granulométrica de la puzolana tratada.

4.1.1.5. Comprobación de finura de la puzolana

Para comprobar la finura de la puzolana natural, se debe realizar el ensayo de tamizado vía húmeda por la malla N° 325 (45 μm) mencionado en la norma ASTM C618 debiendo cumplirse que el porcentaje retenido en la malla N° 325 debe ser como máximo 34%.

A la muestra de puzolana natural previamente molida y tamizada por la malla N°200 se realizó el ensayo de fineza para comprobar que la puzolana presenta la finura adecuada para su uso en el concreto.



Fotografía 7. Tamiz N° 325 para ensayo de finura.

Del ensayo realizado se tienen los siguientes resultados:

Tabla 34. Finura de la puzolana natural.

MUESTRA	% RETENIDO EN	% RETENIDO EN MALLA N°
	MALLA N° 325 (45 µm)	325 (45 µm) MÁXIMO según ASTM C618
M-1	2.80	34 %
M-2	2.60	
M-3	3.10	

Siendo 34% el máximo porcentaje retenido en la malla N° 325, las muestras de puzolana natural del distrito de Chongos Alto presentan valores entre 2.6% y 3.1%, los cuales son inferiores a los establecidos en la norma. Por tanto, se concluye que la puzolana natural con el tratamiento realizado presenta finura óptima para su uso en la elaboración de concreto.

4.1.1.6. Características físicas y químicas

En esta investigación no se han realizado ensayos físicos y químicos a la puzolana natural, dado que se toma como base la investigación: “PUZOLANAS DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO, EXCELENTES PARA LA FABRICACIÓN DE CEMENTOS PUZOLÁNICOS” (6), elaborada por el Ing. Fernando Martínez Ildelfonso en el año 2012 que comprueba que la muestra de puzolana de la Cantera Pititayo (Muestra P1) presenta excelentes características para su uso.

En el estudio realizado por Martínez (6) se analizaron 12 muestras extraídas de distintas canteras en Huancayo, quedando 7 muestras positivas.

De las cuales las siguientes corresponden a las canteras del distrito de Chongos Alto: Pititayo (P1), Rio de la Virgen (P5) y Paraje Antapongo (P6 y P7) (Ver Tabla 35).

Una de las propiedades más importantes de las puzolanas es la actividad puzolánica, de acuerdo a la norma 334.090 esta debe ser mayor a 75%, las muestras de las canteras pertenecientes al distrito de Chongos Alto superan esta condición por lo que son aptas para su uso.

Tabla 35. Características físicas y químicas de la puzolana natural de Chongos Alto.

RESULTADOS FISICOS Y QUIMICOS DE PUZOLANA MARTINEZ
Muestra externa enviada (Agosto 2011)

Identificación		P1	P3	P4	P5	P6	P7	P10	P12
Ensayos Químicos									
SiO ₂	%	71.88	74.28	76.20	85.76	71.14	73.82	89.31	86.88
Al ₂ O ₃	%	13.57	12.20	12.79	15.25	13.77	13.43	14.24	14.59
Fe ₂ O ₃	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	%	0.82	1.38	0.74	1.54	1.21	1.13	1.53	1.91
MgO	%	0.37	0.35	0.24	0.78	0.46	0.49	1.23	0.83
SO ₃	%	0.88	1.15	0.95	1.31	0.91	1.07	0.99	0.91
K ₂ O	%	6.22	5.20	5.28	3.09	5.90	4.92	4.24	4.44
Na ₂ O	%	2.12	3.58	3.33	1.02	1.35	3.23	1.25	1.18
P. Ignición	%								
Suma	%	95.84	98.12	99.51	88.73	94.74	98.09	92.79	90.74
ALCAL. Total	equivNa ₂ O	6.21	6.98	6.79	3.05	5.23	6.47	4.04	4.1
R. Insoluble	%								
Ensayos Físicos									
Fluides	%	110.00	105.00	107.00	103.00	113.00	106.00	103.00	100.00
Densidad	g/ml	2.37	2.24	2.41	2.35	2.34	2.35	2.45	2.34
Retenido M325	%	11.57	3.90	8.90	13.01	13.90	11.68	10.01	13.01
Actividad puzolánica 28 días	%	111.30	89.90	71.70	88.30	82.80	88.50	101.10	80.80

Fuente: "Puzolanas de la Provincia de Huancayo, excelentes para la fabricación de Cementos Puzolánicos", Martínez.

Según la norma Internacional ASTM C618, para su uso como adición mineral del concreto: Tanto la evaluación de la actividad puzolánica como el contenido de SiO₂+Al₂O₃ son esenciales.

El contenido de SiO₂+Al₂O₃ + Fe₂O₃ debe ser como mínimo 70%, de acuerdo a la tabla 35 la puzolana natural del Distrito de Chongos Alto tiene entre 81.01 y 88.40%. Y el índice de actividad puzolánica a 28 días, debe ser mayor a 75%, la puzolana en estudio tiene actividad puzolánica entre 80.8 y 111.3%.

Así mismo la finura (retenido en malla n° 325) debe ser como máximo 34%, los resultados de las muestras están entre 3.90 y 13.90%; la cantidad de SO₃ debe ser inferior a 4%, las muestras presentan entre 0.86 y 1.15% de SO₃.

De los resultados mostrados se resalta que la puzolana del distrito de Chongos Alto presenta excelentes características, para su uso en la elaboración de concretos en especial la muestra de puzolana P-1 proveniente de la cantera de Pititayo.

En esta investigación se hace uso de la puzolana proveniente de la cantera de Pititayo, ya que es la muestra que presenta mejores resultados tanto en actividad puzolánica como en contenido de SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃; por lo que se garantiza su buen desempeño en el uso en la elaboración de concretos.

4.1.1.7. Disponibilidad de material en cantera

Para determinar la cantidad de material disponible se ha realizado el levantamiento topográfico del área donde se encuentra la puzolana. Actualmente la puzolana se encuentra dentro de la concesión minera en trámite denominada "Silvita 2016", que pertenece al Ing. Jesús Fernando Martínez Ildefonso.

Se ha tomado en cuenta las coordenadas UTM WGS84 de la concesión minera mencionada para delimitar el área de la puzolana.

El área de la CM es de 200 hectáreas; sin embargo, por la superposición de áreas de concesiones mineras existentes se reduce a 152.36 Ha (Ver anexo A), esta información ha sido extraída de la base de datos del INGEMMET.

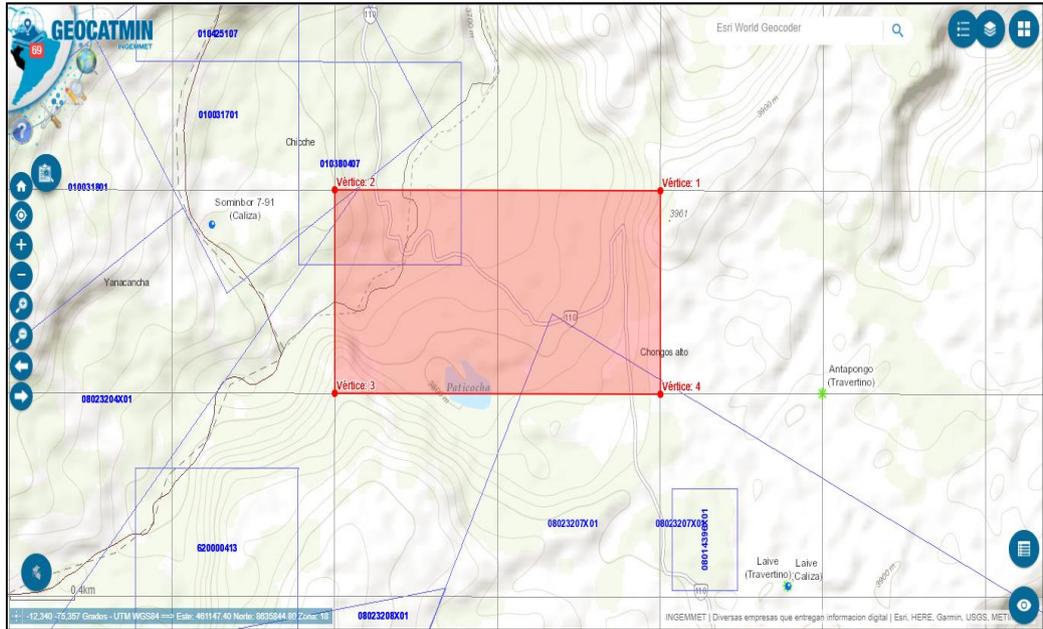


Figura 32. Vértices de delimitación de la concesión minera.
Fuente: GEOCATMIN - INGEMMET

Ya que el área de la CM es un cuadrante que considera áreas de lagos, ríos, carreteras, etc. sin diferenciar; para determinar el área de uso de cantera se han tomado puntos que permitan delimitar el área mediante un polígono que se observa en la figura 33.

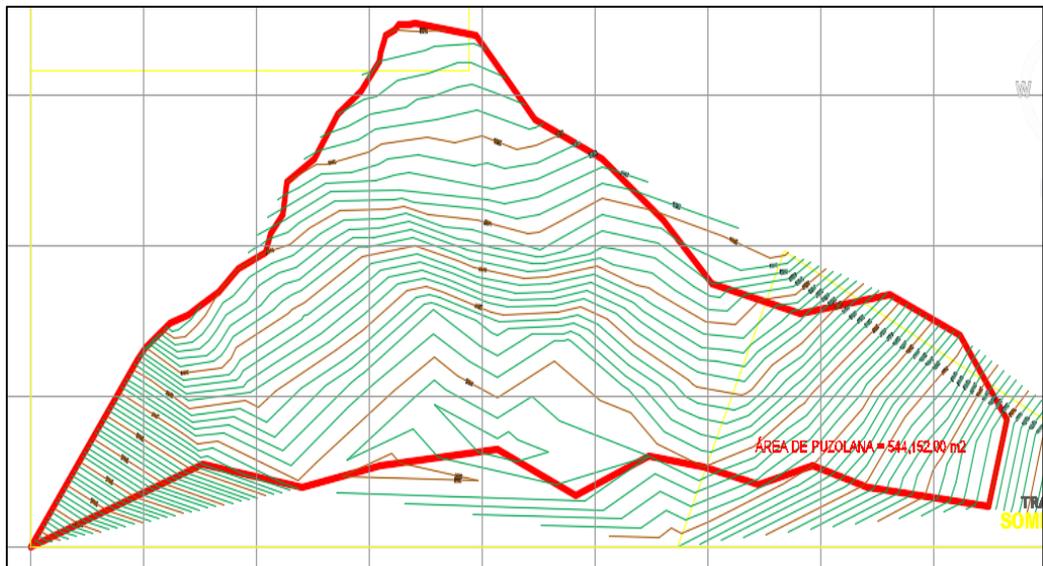


Figura 33. Área aprovechable de cantera de puzolana.

Del polígono se tiene que el área aproximada aprovechable de cantera es de 544,152.00 m². (Ver Anexo B)

Para determinar la potencia de la cantera de puzolana natural se determinó la profundidad aproximada aprovechable del material, esta altura se ha obtenido de la información señalada por el titular de la concesión, quien ha realizado en el año 2008 la explotación del material, siendo esta profundidad promedio aproximada de 7.60 m. de los cuales los primeros 0.20 m. es material de desbroce.

Por tanto:

CÁLCULO DE POTENCIA DE CANTERA		
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
Área aprox. Aprovechable de Cantera	544,152.00	m ²
Profundidad promedio aprovechable aproximada	7.60	m
Profundidad de desbroce (suelo superficial que deberá eliminarse)	0.20	m
Potencia bruta	4,135,555.20	m ³
Volumen de desbroce	108,830.40	m ³
Potencia neta aprovechable en cantera	4,026,724.80	m ³

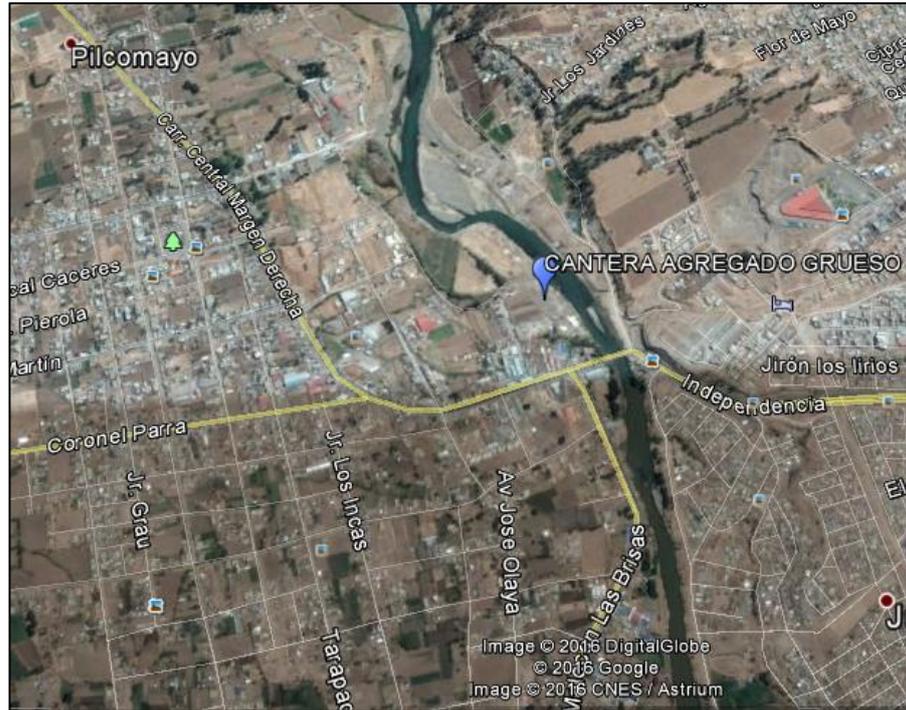
4.1.2. Agregado grueso

4.1.2.1. Generalidades

A. Ubicación de cantera:

El agregado grueso utilizado en esta investigación es piedra chancada con tamaño máximo nominal de 3/4", proveniente de la cantera "Pilcomayo" que se ubica a orillas del río Cunas.

- **Distrito:** Pilcomayo
- **Provincia:** Huancayo
- **Coordenadas UTM:** 473677.00 E, 8667820.00 S
- **Altitud:** 3199 msnm



Fotografía 8. Ubicación cantera Pilcomayo.

Fuente: Google Earth.



Fotografía 9. Visita a la cantera de la piedra chancada en Pilcomayo- Huancayo.

4.1.2.2. Muestreo y ensayos físicos

El muestreo del agregado grueso se realizó en función a la norma N.T.P 400.010 y con ello se han ejecutado los ensayos de acuerdo a las respectivas normativas.

Previo a la realización del ensayo de granulometría se realizó la reducción de la muestra a una muestra representativa basado en la norma N.T.P 400.043, por el método del cuarteo manual y se obtuvo 3 muestras representativas del agregado para poder ser ensayadas. El resultado de curva granulométrica será el promedio de estas 3 muestras.



Fotografía 10. Realización del cuarteo manual del agregado grueso.

Granulometría del agregado grueso

La tabla 36 muestra los datos de granulometría del promedio de las 3 muestras con la que se obtendrá la curva granulométrica (gráfico 3).

Tabla 36. Granulometría del agregado grueso-muestra promedio.

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	137.0	3.5	3.5	96.5
1/2"	12.50	1517.3	39.2	42.7	57.3
3/8"	9.50	1215.3	31.4	74.1	25.9

N°4	4.75	931.7	24.1	98.2	1.8
N°8	2.36	56.3	1.5	99.6	0.4
FONDO		14.8	0.4	100.0	0.0
TOTAL		3872.4			

El gráfico N° 3, representa la curva granulométrica de la muestra promedio y los límites inferior y superior del Huso N° 67; la línea roja representa la curva granulométrica de la muestra y se observa que esta cumple y se encuentra dentro de los límites establecidos del Huso N° 67 para agregados cuyo tamaño máximo nominal es 3/4" y por tanto el agregado no necesitará tratamiento adicional.

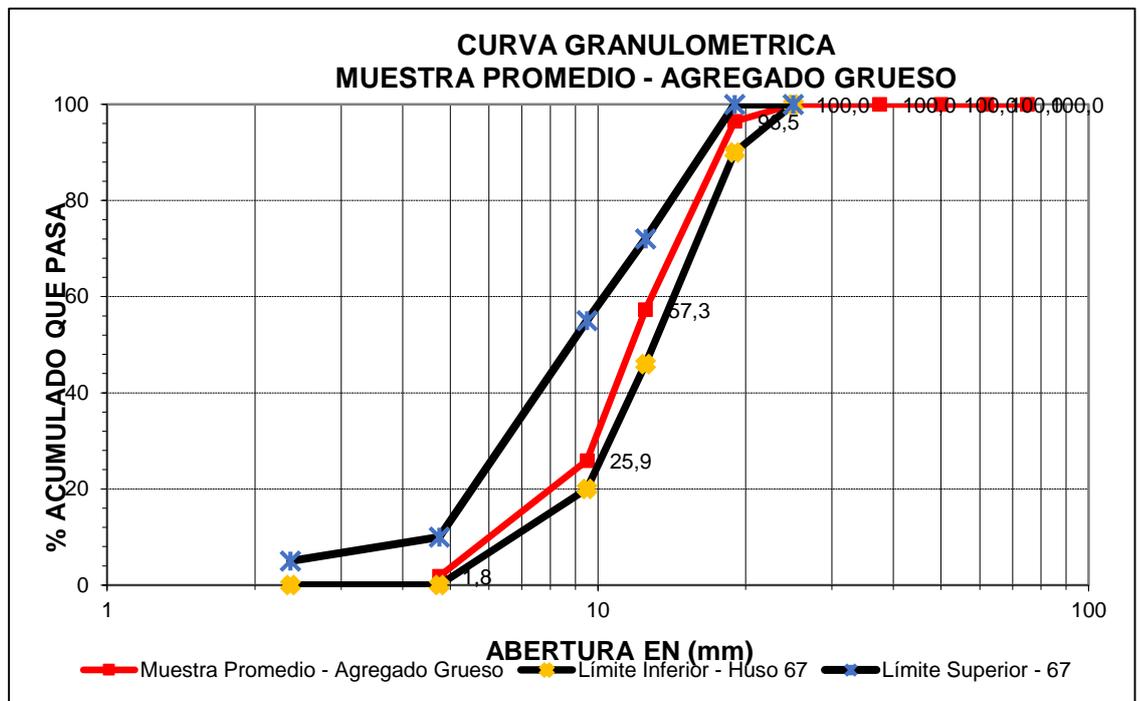


Gráfico 3: Curva granulométrica agregado grueso- muestra promedio.

Los cálculos de los ensayos físicos del agregado grueso se detallan en el anexo C.1. La tabla 37 muestra el resumen de los resultados de los ensayos realizados en el agregado grueso que nos serán necesarios para realizar el diseño de mezcla.

Tabla 37. Resultado de ensayos de características físicas del agregado grueso- cantera Pilcomayo

ENSAYOS FISICOS DEL AGREGADO GRUESO	NORMA TÉCNICA PERUANA	RESULTADO DE ENSAYOS
TAMAÑO MAXIMO	N.T.P 400.012	1"
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	N.T.P 400.012	3/4"
CONTENIDO DE HUMEDAD	N.T.P 339.185	0.76%
MODULO DE FINURA	N.T.P 400.012	6.754
PESO ESPECIFICO	N.T.P 400.021	2.648 gr/cm ³
ABSORCIÓN	N.T.P 400.021	1.08%
PESO UNITARIO SUELTO	N.T.P 400.017	1350 kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	N.T.P 400.017	1529 kg/m ³
% QUE PASA MALLA N°200	N.T.P 400.018	0.24%
SUPERFICIE ESPECÍFICA	N.T.P 400.012	2.153 cm ² /gr

4.1.3. Agregado fino

4.1.3.1. Generalidades

A. Ubicación de cantera

El agregado fino utilizado en esta investigación, proviene de la cantera "Orcotuna" que se ubica a orillas de la margen derecha del rio Mantaro.

- **Distrito:** Orcotuna
- **Provincia:** Concepción
- **Coordenadas UTM:** 467293.00 E, 8678386.00 S
- **Altitud:** 3244 msnm



Fotografía 11. Ubicación cantera Orcotuna.
Fuente: Google Earth.

4.1.3.2. Muestreo y ensayos físicos

El muestreo del agregado fino, se realizó conforme a la norma N.T.P 400.010 y con ello se han ejecutado los ensayos físicos de acuerdo a las respectivas normativas.

Previo a la realización del ensayo de granulometría se realizó la reducción de la muestra a una muestra representativa basado en la norma N.T.P 400.043 por el método del cuarteo manual, de ello se obtuvo 3 muestras representativas a las que se realizarán los ensayos respectivos siendo el resultado el promedio de estas.



Fotografía 12. Realización del cuarteo manual del agregado fino.

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO:

La tabla 38, muestra los datos de granulometría del promedio de las 3 muestras, con la que se obtuvo la curva granulométrica (Gráfico 4).

Tabla 38. Granulometría del agregado fino- muestra promedio.

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
N°4	4.75	58.4	3.0	3.0	97.0
N°8	2.36	162.2	8.4	11.4	88.6
N°16	1.18	256.4	13.3	24.7	75.3
N°30	0.60	510.3	26.4	51.2	48.8
N°50	0.30	610.7	31.7	82.8	17.2
N°100	0.15	212.3	11.0	93.8	6.2
FONDO		119.1	6.2	100.0	0.0
	TOTAL	1929.5			

En el gráfico N°4, la curva de color rojo representa la curva granulométrica de la muestra promedio del agregado fino y se observa que la curva se encuentra y cumple con el huso C establecido por la N.T.P, presentando buena gradación.

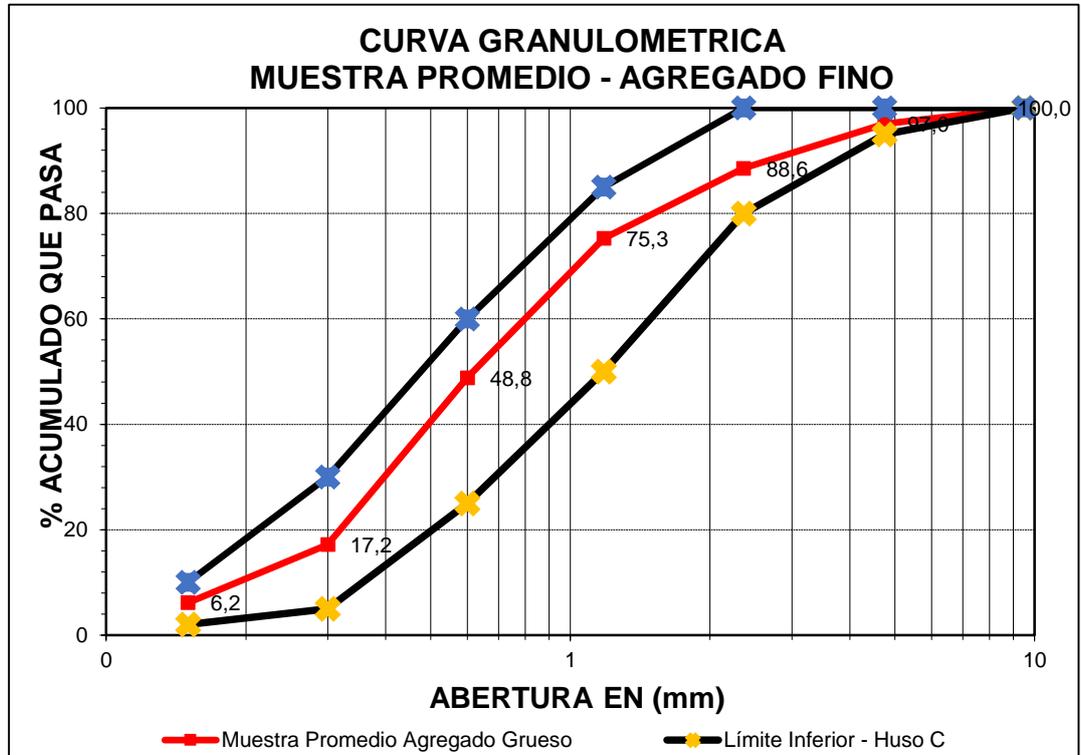


Gráfico 4. Curva granulométrica agregado fino-muestra promedio.

En la tabla 39 se muestra el resumen de los resultados de las características físicas del agregado fino, necesarios para el diseño de mezcla. Los cálculos de los ensayos realizados están detallados en el anexo C.1.

Tabla 39. Resultado de ensayos de características físicas del agregado fino- cantera Orcotuna.

ENSAYOS FISICOS DEL AGREGADO FINO	NORMA TÉCNICA PERUANA	RESULTADO DE ENSAYOS
CONTENIDO DE HUMEDAD	N.T.P 339.185	1.08%
MODULO DE FINURA	N.T.P 400.012	2.67
PESO ESPECIFICO	N.T.P 400.021	2.62 gr/cm ³
ABSORCIÓN	N.T.P 400.021	1.54%
PESO UNITARIO SUELTO	N.T.P 400.017	1703 kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	N.T.P 400.017	1829 kg/m ³

% QUE PASA MALLA N°200	N.T.P 400.018	2.11%
SUPERFICIE ESPECÍFICA	N.T.P 400.012	35.73 cm ² /gr
IMPUREZAS ORGÁNICAS	N.T.P 400.013	No presenta

4.1.4. Agregado global

4.1.4.1. Generalidades

Para la presente tesis se hará uso del agregado global con la finalidad de encontrar la combinación con la que se obtenga la mayor compacidad entre agregados, logrando de esta forma un concreto homogéneo.

Para ello se combinó agregado fino y agregado grueso, en distintas proporciones realizando 6 combinaciones, a las que se realizó ensayos del peso unitario compactado y se obtuvo el mayor valor que será la combinación a usar para el diseño de mezcla.

Tabla 40. Combinaciones de Agregado Fino y Grueso.

	COMBINACIONES						
ARENA	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%
PIEDRA	65%	60%	55%	50%	45%	40%	35%

4.1.4.2. Ensayos físicos

Tabla 41. Resultados de ensayos combinaciones de agregado global.

ENSAYOS FISICOS DEL AGREGADO GLOBAL	NORMA TÉCNICA PERUANA	UND	COMBINACIONES						
			35% Ar 65% Pd	40% Ar 60% Pd	45% Ar 55% Pd	50% Ar 50% Pd	55% Ar 45% Pd	60% Ar 40% Pd	65% Ar 35% Pd
TAMAÑO MAXIMO	N.T.P 400.012	"	1	1	1	1	1	1	1
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	N.T.P 400.012	"	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
CONTENIDO DE HUMEDAD	N.T.P 339.185	%	0.76	0.76	0.67	0.67	0.76	0.76	0.76
MODULO DE FINURA	N.T.P 400.012	-	5.344	5.138	4.933	4.727	4.521	4.316	4.11
PESO ESPECIFICO	N.T.P 400.021	gr/cm ³	2.64	2.64	2.64	2.63	2.63	2.63	2.63
ABSORCIÓN	N.T.P 400.021	%	1.24	1.26	1.28	1.31	1.33	1.35	1.38
PESO UNITARIO SUELTO	N.T.P 400.017	kg/m ³	1761	1829	1867	1864	1889	1880	1847
PESO UNITARIO COMPACTADO	N.T.P 400.017	kg/m ³	2028	2060	2098	2077	2053	2041	1998
SUPERFICIE ESPECÍFICA	N.T.P 400.012	cm ² /gr	14.07	15.77	17.48	19.18	20.87	22.57	24.27

De las combinaciones realizadas se encontró el máximo valor de relación arena– piedra con la cual se logre la mayor compactación.

La siguiente tabla muestra la relación de vacíos en función de los pesos unitarios compactados, obteniéndose un menor porcentaje de vacíos en la combinación arena 45% - piedra 55%.

Tabla 42. Peso unitario compactado seco vs % vacíos.

MODULO FINURA GLOBAL	% ARENA	% PIEDRA	PESO ESPECIFICO GLOBAL kg/m ³	PUCS kg/m ³	% VACIOS
4.11	35	65	2617	2028	22.5
4.32	40	60	2618	2060	21.3
4.52	45	55	2618	2098	19.9
4.73	50	50	2618	2077	20.7
4.93	55	45	2618	2053	21.6
5.14	60	40	2618	2041	22.1
5.34	65	35	2618	1998	23.7

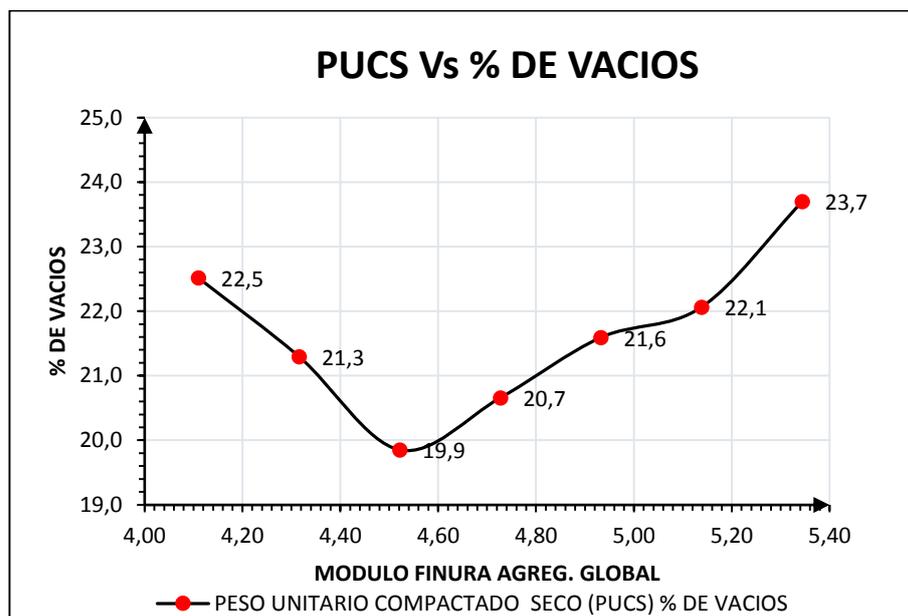


Gráfico 5. Peso unitario compactado seco vs % vacíos.

En la tabla 43 se tienen los resultados de peso unitario compactado para cada una de las 6 relaciones arena – piedra, de estos datos se obtuvo el gráfico 6 donde en la curva gráficamente se obtendrá el punto máximo de peso unitario compactado, que nos dará como resultado la relación arena- piedra óptima para el diseño de mezcla.

Tabla 43. Relación arena-piedra del agregado global.

% A		P		A/P	A/P	PUCS Kg/m ³
35	65	35/65	0.54	2028		
40	60	40/60	0.67	2060		
45	55	45/55	0.82	2098		
50	50	50/50	1.00	2077		
55	45	55/45	1.22	2053		
60	40	60/40	1.50	2041		
65	35	65/35	1.86	1998		

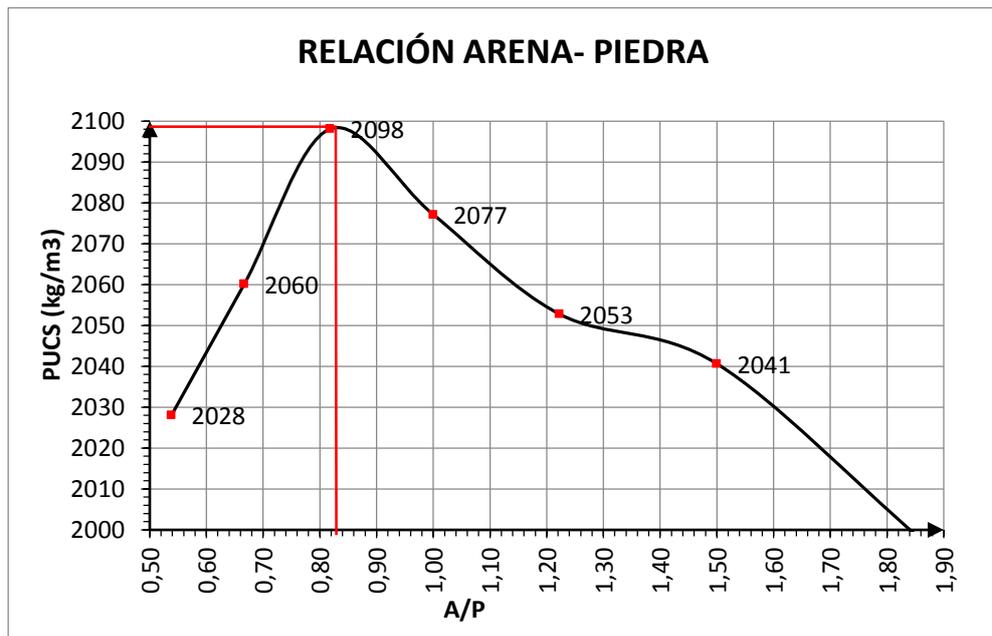


Gráfico 6. Curva relación arena/piedra.

De la curva la mayor compactación del agregado global se logra obteniendo un PUCS (peso unitario compactado seco) de 2099 kg/m³; siendo la relación arena/piedra de 0.83.

Entonces: Arena = 83

Piedra= 100

Se trabajó con esta proporción arena/piedra para el diseño de mezcla siendo:

$$\% arena = \frac{83}{83+100} * 100 = 45.36\% \approx 45\%$$

$$\% piedra = \frac{100}{83+100} * 100 = 54.64\% \approx 55\%$$

Por lo tanto para la elaboración de los concretos patrón y concretos con adiciones de puzolana natural del distrito de Chongos Alto; se hará uso de agregado global con el siguiente porcentaje de agregados 45% de arena y 55% de piedra.

El tamaño máximo nominal a usar en los concretos, se fundamenta en lograr un concreto económico, ya que si el tamaño máximo nominal es menor se necesitará mayores cantidades de agua y cemento.

4.1.5. Cemento Portland Andino tipo I y tipo IP

Los diseños de mezclas de concreto que se han realizado en esta tesis se hicieron usando cementos del tipo I y tipo IP; para este caso de la marca Andino proveídos por la empresa cementera UNACEM.

Como se explicó en capítulos anteriores se elaboró concretos patrón usando cemento Portland puzolánico tipo IP y se realizó la comparación con concretos con adición de puzolana natural del distrito de Chongos Alto elaborados con cemento Portland tipo I.

Las propiedades físicas y químicas del cemento Andino, tanto tipo I como el IP se muestran en la tabla 44.

Tabla 44. Propiedades físicas y químicas del cemento.

PROPIEDADES	TIPO I	TIPO IP
Blaine (cm ² /g)	3300	4840
Fraguado Vicat		
Inicial (hr:min)	2:20	2:10
Final (hr:min)	4:45	4:30
Expansión Autoclave (%)	-0.01	-0.02
Resistencias:		
3 días (psi)	2600	2400
7 días (psi)	3500	3250
28 días (psi)	4850	4650
Densidad (g/cm ³)	3.15	2.95
Calor de Hidratación		
7 días (cal/g)	69	61
28 días (cal/g)	74	66

Fuente: II Seminario Nacional: "Tecnologías Aplicadas en Obras Civiles".

4.2. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

El diseño de mezclas se realizó para concretos de resistencia $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, 210 kg/cm^2 y 245 kg/cm^2 que son concretos de mayor uso y más comerciales en la industria de la construcción.

En la presente investigación se diseñó una mezcla patrón para cada $F'c$ sin considerar adiciones de puzolana natural obteniendo 3 mezclas patrón. Las mencionadas mezclas presentan los siguientes componentes: Cemento Portland tipo IP + agregado fino+ agregado grueso+ agua.

Así mismo se realizaron diseños de mezcla para cada $F'c$ con las siguientes adiciones de puzolana 5%, 15%, 25% y 35%. Haciendo un total de 12 diseños de mezcla, la puzolana se fue usando reemplazando los porcentajes mencionados del total del peso del cemento. Los componentes de dichas mezclas fueron: Cemento Portland tipo I+ agregado grueso + agregado fino + porcentaje de puzolana+ agua.

Los diseños de mezcla se realizaron con el método del ACI, con el cual se obtuvo un concreto patrón de apariencia pedregosa; por lo que se usó como criterio de diseño la mejor combinación de agregados que permitió obtener una mezcla homogénea, que se determinó mediante el peso unitario compactado del agregado global; siendo esta relación de 45% de agregado fino y 55% de agregado grueso (**ver sección 4.1.4.2**)

➤ Selección del slump:

Para el diseño de mezclas de prueba del concreto patrón, así como del concreto con adiciones de puzolana natural del distrito de Chongos Alto, se ha determinado un slump cuyo valor será el de 4" que garantiza mezclas de consistencia plástica.

- **Datos para el diseño de mezcla:**

Los datos de la tabla 45 serán utilizados en el desarrollo del diseño de mezcla.

Tabla 45. Datos de materiales para el diseño de mezcla patrón.

DATOS	A.GRUESO	A. FINO	CEM. P. TIPO IP
TMN	3/4"	-	-
MF	6.75	2.67	-
PUSS	1350	1703	-
PUCS	1529	1829	-
Peso Esp.	2.65	2.62	-
% DE ABS	1.08	1.54	2.95
C.H.	0.76	1.08	-

4.2.1. Mezcla patrón $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$

- **Cálculo de la cantidad de agua:**

Para la selección de la cantidad de agua se ha realizado un ajuste en las cantidades de agua donde se verificó las proporciones calculadas de mezcla de prueba preparadas y probadas de acuerdo a la norma ASTM C192, de ello solo se emplea la cantidad de agua suficiente para producir el asentamiento requerido, en este caso slump 4".

En el siguiente cuadro se muestran las 2 pruebas realizadas en las que se obtienen un slump mayor a 4" y en la otra un slump menor al requerido con distintas cantidades de agua; por lo que para encontrar la cantidad de agua óptima y lograr el slump de 4" se hizo uso de la siguiente gráfica.

	AGUA (lt)	SLUMP (")
2° prueba	235	7
1° prueba	205	2

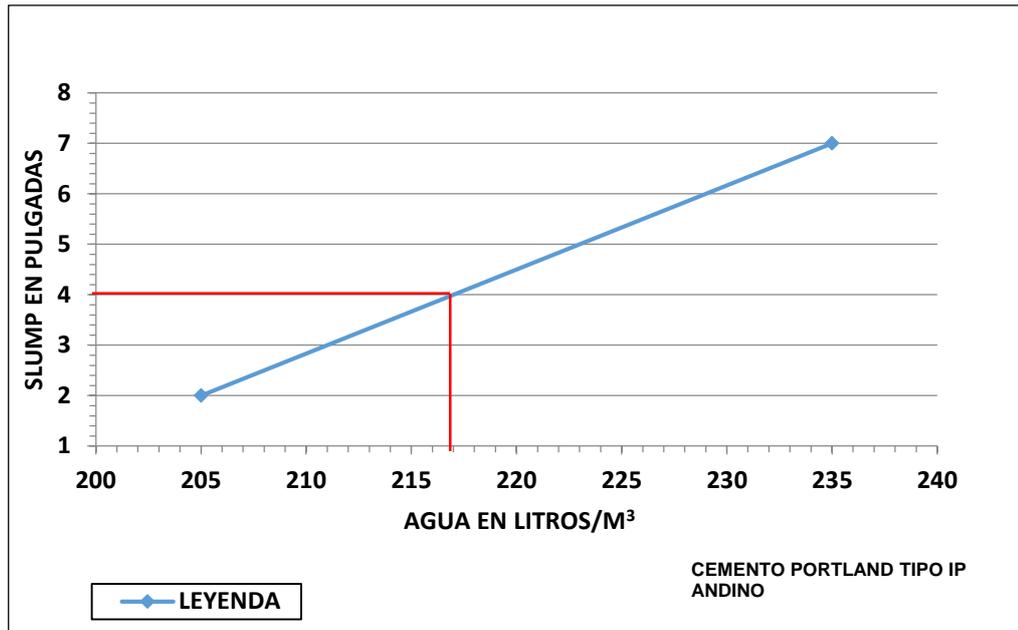


Gráfico 7. Cantidad de agua requerida para la relación a/c= 0.628.

a/c	CANTIDAD DE AGUA (LTS)
0.628	217

• **Cálculo de la cantidad de cemento:**

F'cr	a/c
200	0.70
245	x
250	0.62

$$\frac{250 - 245}{250 - 200} = \frac{0.62 - x}{0.62 - 0.70}$$

$$x = 0.628$$

$$a/c = 0.628$$

$$C = \frac{217}{0.628} = 345.541 \text{ kg/m}^3$$

• **Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN 3/4":**

% aire= 2%

• **Cálculo del volumen de la pasta:**

Material	Vol.
Agua	0.217
Cemento	0.117
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.354

• **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.354 = 0.646$$

• **Cálculo del peso seco por m³ de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{Peso seco de arena}}{\text{Peso seco de arena} + \text{Peso seco de la piedra}}$$

Donde:

% ARENA 45 %

%PIEDRA 55 %

Peso seco arena=771.991 kg

Peso seco piedra=930.110 kg

• **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. abs. arena} = \frac{\text{peso seco arena}}{\text{peso esp. arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. abs. piedra} = \frac{\text{peso seco piedra}}{\text{peso esp. piedra} \times 1000}$$

Vol. abs. arena = 0.295 m³

Vol. abs. piedra = 0.351 m³

• **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso Húmedo Arena} = \text{Peso Seco Arena} \times \left(1 + \frac{C.H}{100}\right)$$

$$\text{Peso Húmedo Piedra} = \text{Peso Seco Piedra} \times \left(1 + \frac{C.H}{100}\right)$$

Peso húmedo arena= 780.354 kg

Peso húmedo piedra= 937.160 kg

• **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{Peso seco arena} \times \frac{\% ABS_{arena} - C.H}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{Peso seco piedra} \times \frac{\% ABS_{pd} - C.H}{100}$$

Agua Efectiva Arena = 3.500 lt

Agua Efectiva Piedra = 2.995 lt

Agua Efectiva Total= 6.495 lt

Tabla 46. Diseño de mezcla patrón - F'c= 175 kg/cm².

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN F'c=175 kg/cm ²	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m ³)
A/C: 0.628 Agua: 217 lt	CEMENTO	345.54	2950.0	0.117	1.00	345.54	1.00	17.97
	AGUA	217.00	1000.0	0.217	0.63	223.50	0.65	11.62
	ARENA	771.99	2619.8	0.295	2.23	780.35	2.26	40.58
	PIEDRA	930.11	2648.4	0.351	2.69	937.16	2.71	48.73
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2264.66		1.000		2286.55		118.90

4.2.2. Mezcla patrón F'c=210 kg/cm²

- Cálculo de la cantidad de agua:

	AGUA (lt)	SLUMP (")
2° prueba	241	6
1° prueba	217	3

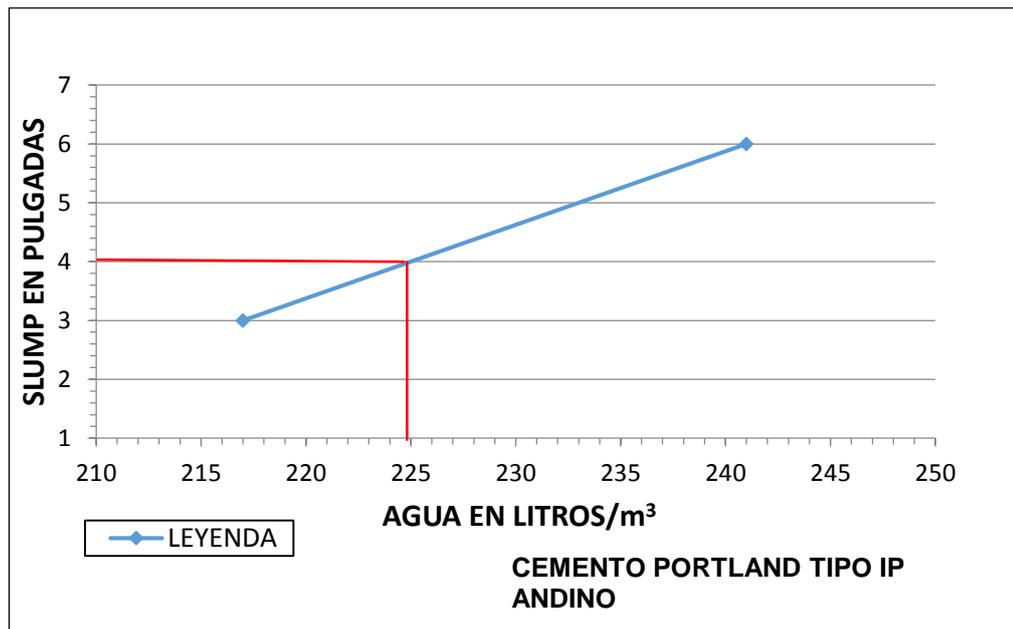


Gráfico 8. Cantidad de agua requerida para la relación a/c= 0.558.

a/c	Cantidad de agua (Its)
0.558	225

- Cálculo de la cantidad de cemento:

F'cr	a/c
250	0.62
294	x
300	0.55

$$\frac{300 - 294}{300 - 250} = \frac{0.55 - x}{0.55 - 0.62}$$

$$x = 0.558$$

$$a/c = 0.558$$

$$C = \frac{225}{0.558} = 403.226 \text{ kg/m}^3$$

• **Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN ¾”:**

% aire= 2%

• **Cálculo del volumen de la pasta:**

Material	Vol.
Agua	0.225
Cemento	0.137
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.382

• **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.382 = 0.618$$

• **Cálculo del peso seco por m³ de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

Donde:

% ARENA 45 %

%PIEDRA 55 %

Peso seco arena=739.056kg

Peso seco piedra=890.429 kg

• **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. abs. arena} = \frac{\text{peso seco arena}}{\text{peso esp. arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. abs. piedra} = \frac{\text{peso seco piedra}}{\text{peso esp. piedra} \times 1000}$$

Vol. abs. arena = 0.282 m³

Vol. abs. piedra = 0.336 m³

• **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

Peso húmedo arena= 747.062kg

Peso húmedo piedra= 897.179 kg

• **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{Peso seco arena} \times \frac{\% \text{ ABS}_{\text{arena}} - \text{C. H}}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{Peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ ABS}_{\text{pd}} - \text{C. H}}{100}$$

Agua efectiva arena = 3.351 lt

Agua efectiva piedra = 2.867 lt

Agua efectiva total = 6.218 lt

Tabla 47. Diseño de mezcla patrón $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m ³)
A/C: 0.558 Agua: 225 lt	CEMENTO	403.23	2950.0	0.137	1.00	403.23	1.00	20.97
	AGUA	225.00	1000.0	0.225	0.56	231.22	0.57	12.02
	ARENA	739.06	2619.8	0.282	1.83	747.06	1.85	38.85
	PIEDRA	890.43	2648.4	0.336	2.21	897.18	2.23	46.65
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2257.73				2278.68		118.49

4.2.3. Mezcla patrón F'c=245 kg/cm²

- Cálculo de la cantidad de agua:

	AGUA (lt)	SLUMP (")
2° prueba	245	6
1° prueba	217	1.5

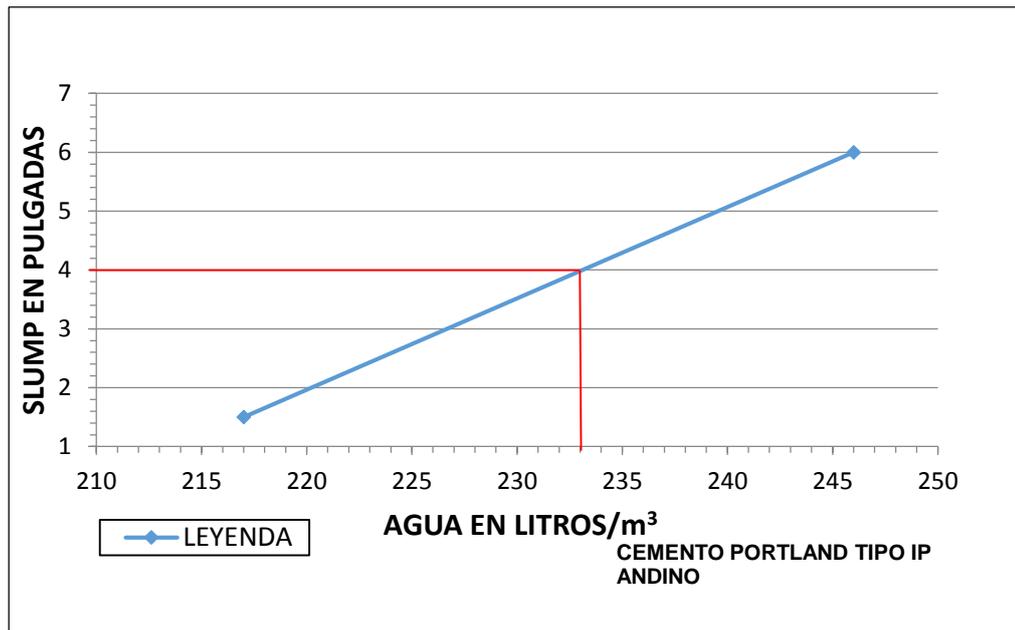


Gráfico 9. Cantidad de agua requerida para la relación a/c= 0.382.

a/c	Cantidad de agua (lts)
0.382	233

- Cálculo de la cantidad de cemento:

F'cr	a/c
400	0.43
434	x
450	0.38

$$\frac{450 - 434}{450 - 400} = \frac{0.38 - x}{0.38 - 0.43}$$

$$x = 0.382$$

$$a/c = 0.382$$

$$C = \frac{233}{0.382} = 608.948 \text{ kg/m}^3$$

- **Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN 3/4":**

$$\% \text{ aire} = 2\%$$

- **Cálculo del volumen de la pasta:**

Material	Vol.
Agua	0.233
Cemento	0.207
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.460

- **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.54 = 0.46$$

- **Cálculo del peso seco por m3 de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

Donde:

$$\% \text{ ARENA } 45 \%$$

$$\% \text{ PIEDRA } 55 \%$$

Peso seco arena = 645.735 kg

Peso seco piedra = 777.994 kg

- **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. abs. arena} = \frac{\text{peso seco arena}}{\text{peso esp. arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. abs. piedra} = \frac{\text{peso seco piedra}}{\text{peso esp. piedra} \times 1000}$$

Vol. abs. arena = 0.246 m³

Vol. abs. piedra = 0.294 m³

- **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

Peso húmedo arena= 652.730 kg

Peso húmedo piedra= 783.891 kg

- **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{peso seco arena} \times \frac{\% \text{ ABS}_{\text{arena}} - \text{C. H}}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ ABS}_{\text{pd}} - \text{C. H}}{100}$$

Agua efectiva arena = 2.928 lt

Agua efectiva piedra = 3.553 lt

Agua efectiva total = 6.480 lt

Tabla 48. Diseño de mezcla patrón F'c= 245 kg/cm².

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN F'c=245 kg/cm ²	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m ³)
A/C: 0.328 Agua: 233 lt	CEMENTO	609.95	2950.0	0.207	1.00	609.95	1.00	31.72
	AGUA	233.00	1000.0	0.233	0.38	239.48	0.39	12.40
	ARENA	645.73	2619.8	0.246	1.06	652.73	1.07	33.94
	PIEDRA	777.99	2648.4	0.294	1.28	783.89	1.63	40.76
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2266.70				2286.05		118.82

4.2.4. Mezcla $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$ + 5% adición de puzolana

Datos para el diseño de mezcla:

Tabla 49. Datos de materiales para el diseño de mezcla con adición de puzolana.

DATOS	A.GRUESO	A. FINO	CEM. P. TIPO I
TMN	3/4"	-	-
MF	6.754	2.670	-
PUSS	1350	1703	-
PUCS	1529	1829	-
Peso Esp.	2.65	2.62	-
% DE ABS	1.08	1.54	3.15
C.H.	0.76	1.08	-

Para los diseños de mezcla con adiciones de puzolana se usará cemento Portland tipo I, sustituyendo según el porcentaje una parte de cemento Portland tipo I por puzolana natural.

Como en el caso de los diseños de mezclas patrón, para la selección de la cantidad de agua, se ha realizado un ajuste en las cantidades de agua; por lo que se realizaron pruebas de slump para encontrar la cantidad de agua óptima para lograr el slump de 4", siendo el patrón de medición de slump el diseño de mezcla con 100% de cemento Portland tipo I.

• Cálculo de la cantidad de agua:

	AGUA (lt)	SLUMP (")
2° prueba	220	5
1° prueba	205	3.5

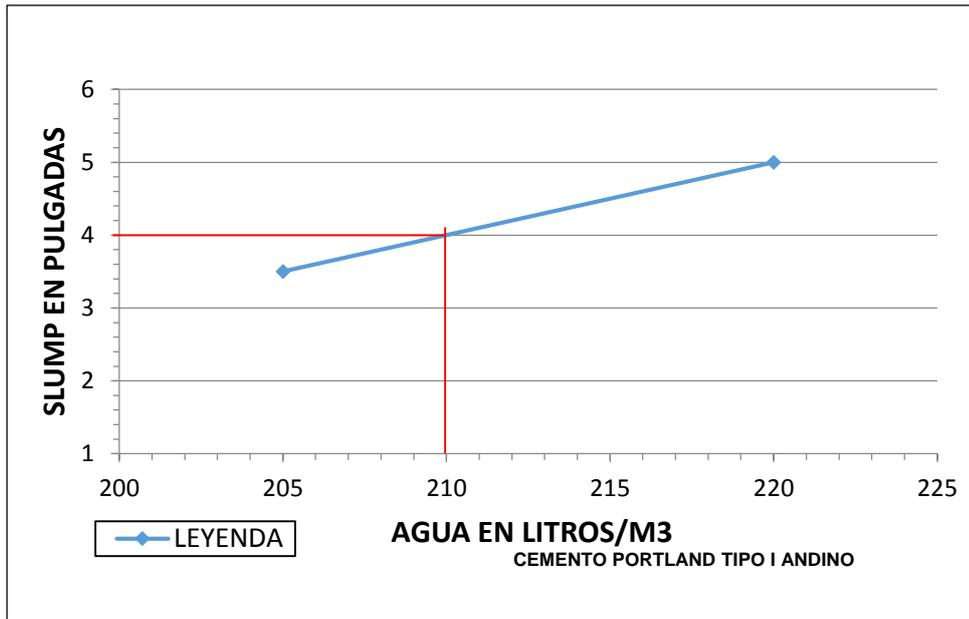


Gráfico 10. Cantidad de agua requerida para la relación a/c= 0.628- concreto + adiciones.

a/c	Cantidad de agua (Its)
0.628	210

• **Cálculo de la cantidad de cemento:**

F'cr	a/c
200	0.70
245	x
250	0.62

$$\frac{250 - 245}{250 - 200} = \frac{0.62 - x}{0.62 - 0.70}$$

$$x = 0.628$$

$$a/c = 0.628$$

$$C = \frac{210}{0.628} = 334.40 \text{ kg/m}^3$$

• **Cálculo de la cantidad de puzolana:**

Cantidad de Puzolana = % puzolana * cantidad de cemento

$$\text{Cantidad de Puzolana} = 5\% * 334.40 = 16.72 \text{ kg}$$

- **Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN 3/4”:**

% aire= 2%

- **Cálculo del volumen de la pasta:**

Material	Vol.
Agua	0.210
Cemento	0.106
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.336

- **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.336 = 0.664$$

- **Cálculo del peso seco por m3 de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

% ARENA 45 %

%PIEDRA 55 %

Peso seco arena= 793.477 kg

Peso seco piedra= 955.996 kg

- **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. Abs. Arena} = \frac{\text{Peso Seco Arena}}{\text{Peso Esp. Arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. Abs. Piedra} = \frac{\text{Peso Seco Piedra}}{\text{Peso Esp. Piedra} \times 1000}$$

Vol. Abs. Arena = 0.303 m³

Vol. Abs. Piedra = 0.361 m³

- **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

Peso húmedo arena = 802.072 kg

Peso húmedo piedra = 963.242 kg

- **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{peso seco arena} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{arena}} - \text{C. H}}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{pd}} - \text{C. H}}{100}$$

Agua efectiva arena = 3.597 lt

Agua efectiva piedra = 3.079 lt

Agua efectiva total = 6.676 lt

Tabla 50. Diseño de mezcla $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ puzolana.

DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ puzolana	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m^3)	Volumen absoluto (m^3)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m^3)
A/C: 0.628 Agua: 210 lt	CEMENTO	334.39	3150.0	0.106	1.00	317.68	1.00	16.52
	PUZOLANA 5%					16.72	0.05	0.87
	AGUA	210.00	1000.0	0.210	0.63	216.68	0.68	11.27
	ARENA	793.48	2619.8	0.303	2.37	802.07	2.52	41.71
	PIEDRA	956.00	2648.4	0.361	2.86	963.24	3.03	50.09
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2293.89					2316.39	

4.2.5. Mezcla $F'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ adición de puzolana

- Cálculo de la cantidad de agua:

a/c	Cantidad de agua (lts)
0.628	210

- Cálculo de la cantidad de cemento:

F'cr	a/c
200	0.70
245	x
250	0.62

$$\frac{250 - 245}{250 - 200} = \frac{0.62 - x}{0.62 - 0.70}$$

$$x = 0.628$$

$$a/c = 0.628$$

$$C = \frac{210}{0.628} = 334.40 \text{ kg/m}^3$$

- Cálculo de la cantidad de puzolana:

Cantidad de Puzolana = % puzolana * cantidad de cemento

$$\text{Cantidad de Puzolana} = 15\% * 334.40 = 50.16 \text{ kg}$$

- Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN $3/4''$:

$$\% \text{ aire} = 2\%$$

- Cálculo del volumen de la pasta:

Material	Vol.
Agua	0.210
Cemento	0.106
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.336

- **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.336 = 0.664$$

- **Cálculo del peso seco por m3 de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

$$\% \text{ ARENA } 45 \%$$

$$\% \text{ PIEDRA } 55 \%$$

Peso seco arena= 793.477 kg

Peso seco piedra= 955.996 kg

- **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. abs. arena} = \frac{\text{peso seco arena}}{\text{peso esp. arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. abs. piedra} = \frac{\text{peso seco piedra}}{\text{peso esp. piedra} \times 1000}$$

Vol. abs. arena = 0.303 m³

Vol. abs. piedra = 0.361 m³

- **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{C. H}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{C.H}{100}\right)$$

Peso húmedo arena = 802.072 kg

Peso húmedo piedra = 963.242 kg

- **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{peso seco arena} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{arena}} - C.H}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{pd}} - C.H}{100}$$

Agua efectiva arena = 3.597 lt

Agua efectiva piedra = 3.079 lt

Agua efectiva total= 6.676 lt

Tabla 51. Diseño de mezcla $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ puzolana.

DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ puzolana	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m ³)
A/C: 0.628 Agua: 210 lt	CEMENTO	334.39	3150.0	0.106	1.00	284.24	1.00	14.78
	PUZOLANA 15%					50.16	0.18	2.61
	AGUA	210.00	1000.0	0.210	0.63	216.68	0.76	11.27
	ARENA	793.48	2619.8	0.303	2.37	802.07	2.82	41.71
	PIEDRA	956.00	2648.4	0.361	2.86	963.24	3.39	50.09
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2293.89					2316.39	

4.2.6. Mezcla $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$ - 25% adición de puzolana

- Cálculo de la cantidad de agua:

a/c	Cantidad de agua (lts)
0.628	210

- Cálculo de la cantidad de cemento:

$F'cr$	a/c
200	0.70
245	x
250	0.62

$$\frac{250 - 245}{250 - 200} = \frac{0.62 - x}{0.62 - 0.70}$$

$$x = 0.628$$

$$a/c = 0.628$$

$$C = \frac{210}{0.628} = 334.40 \text{ kg/m}^3$$

- Cálculo de la cantidad de puzolana:

Cantidad de puzolana = % puzolana * cantidad de cemento

$$\text{Cantidad de puzolana} = 25\% * 334.40 = 83.60 \text{ kg}$$

- Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN $3/4''$:

$$\% \text{ aire} = 2\%$$

- Cálculo del volumen de la pasta:

Material	Vol.
Agua	0.210
Cemento	0.106
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.336

- **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.336 = 0.664$$

- **Cálculo del peso seco por m³ de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

$$\% \text{ ARENA } 45 \%$$

$$\% \text{ PIEDRA } 55 \%$$

Peso seco arena = 793.477 kg

Peso seco piedra = 955.996 kg

- **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. Abs. Arena} = \frac{\text{Peso Seco Arena}}{\text{Peso Esp. Arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. Abs. Piedra} = \frac{\text{Peso Seco Piedra}}{\text{Peso Esp. Piedra} \times 1000}$$

Vol. Abs. Arena = 0.303 m³

Vol. Abs. Piedra = 0.361 m³

- **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

Peso húmedo arena = 802.072 kg

Peso húmedo piedra = 963.242 kg

• **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{peso seco arena} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{arena}} - \text{C. H}}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{pd}} - \text{C. H}}{100}$$

Agua efectiva arena = 3.597 lt

Agua efectiva piedra = 3.079 lt

Agua efectiva tota l= 6.676 lt

Tabla 52. Diseño de mezcla $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 25\% \text{ puzolana}$.

DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 25\% \text{ puzolana}$	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m ³)
A/C: 0.628 Agua: 210 lt	CEMENTO	334.39	3150.0	0.106	1.00	250.80	1.00	13.04
	PUZOLANA 25%					83.60	0.33	4.35
	AGUA	210.00	1000.0	0.210	0.63	216.68	0.86	11.27
	ARENA	793.48	2619.8	0.303	2.37	802.07	3.20	41.71
	PIEDRA	956.00	2648.4	0.361	2.86	963.24	3.84	50.09
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2293.89				2316.39		120.45

4.2.7. Mezcla $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$ + 35% adición de puzolana

- Cálculo de la cantidad de agua:

a/c	Cantidad de agua (lts)
0.628	210

- Cálculo de la cantidad de cemento:

F'cr	a/c
200	0.70
245	x
250	0.62

$$\frac{250 - 245}{250 - 200} = \frac{0.62 - x}{0.62 - 0.70}$$

$$x = 0.628$$

$$a/c = 0.628$$

$$C = \frac{210}{0.628} = 334.40 \text{ kg/m}^3$$

- Cálculo de la cantidad de puzolana:

Cantidad de Puzolana = % puzolana * cantidad de cemento

$$\text{Cantidad de Puzolana} = 35\% * 334.40 = 117.04 \text{ kg}$$

- Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN $3/4$ '':

$$\% \text{ aire} = 2\%$$

- Cálculo del volumen de la pasta:

Material	Vol.
Agua	0.210
Cemento	0.106
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.336

- **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.336 = 0.664$$

- **Cálculo del peso seco por m³ de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

$$\% \text{ ARENA } 45 \%$$

$$\% \text{ PIEDRA } 55 \%$$

Peso seco arena = 793.477 kg

Peso seco piedra = 955.996 kg

- **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. abs. arena} = \frac{\text{peso seco arena}}{\text{peso esp. arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. abs. piedra} = \frac{\text{peso seco piedra}}{\text{peso esp. piedra} \times 1000}$$

Vol. abs. arena = 0.303 m³

Vol. abs. piedra = 0.361 m³

- **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{C.H}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{C.H}{100}\right)$$

Peso húmedo arena= 802.072 kg

Peso húmedo piedra= 963.242 kg

- **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{peso seco arena} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{arena}} - C.H}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{pd}} - C.H}{100}$$

Agua efectiva arena = 3.597 lt

Agua efectiva piedra = 3.079 lt

Agua efectiva total = 6.676 lt

Tabla 53. Diseño de mezcla $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 35\%$ puzolana.

DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 35\%$ puzolana	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m ³)
A/C: 0.628 Agua: 210 lt	CEMENTO	334.39	3150.0	0.106	1.00	217.36	1.00	11.30
	PUZOLANA 35%					117.04	0.54	6.09
	AGUA	210.00	1000.0	0.210	0.63	216.68	1.00	11.27
	ARENA	793.48	2619.8	0.303	2.37	802.07	3.69	41.71
	PIEDRA	956.00	2648.4	0.361	2.86	963.24	4.43	50.09
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2293.89					2316.39	

4.2.8. Mezcla F'c=210 kg/cm² + 5% adición de puzolana

- Cálculo de la cantidad de agua:

	AGUA (lt)	SLUMP (")
2° prueba	230	5.5
1° prueba	210	3

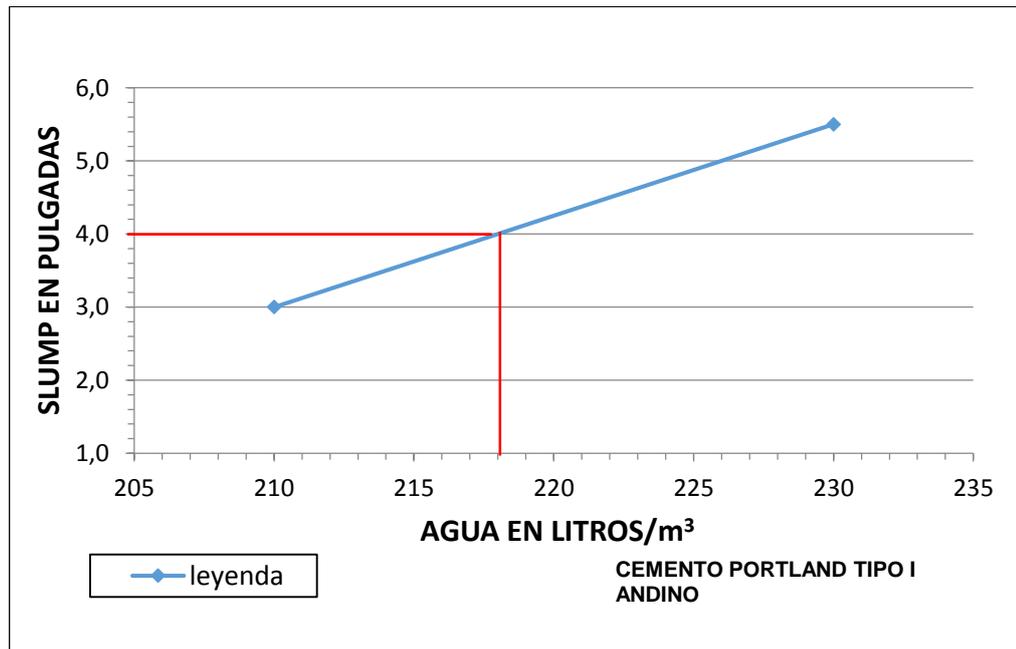


Gráfico 11. Cantidad de agua requerida para la relación a/c= 0.558 - concreto + adiciones.

a/c	Cantidad de agua (Its)
0.558	218

- Cálculo de la cantidad de cemento:

F'cr	a/c
250	0.62
294	x
300	0.55

$$\frac{300 - 294}{300 - 250} = \frac{0.55 - x}{0.55 - 0.62}$$

$$x = 0.558$$

$$a/c = 0.558$$

$$C = \frac{218}{0.558} = 390.68 \text{ kg/m}^3$$

- **Cálculo de la cantidad de puzolana:**

Cantidad de Puzolana = % puzolana * cantidad de cemento

$$\text{Cantidad de Puzolana} = 5\% * 390.68 = 19.53 \text{ kg}$$

- **Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN ^{3/4}”:**

$$\% \text{ aire} = 2\%$$

- **Cálculo del volumen de la pasta:**

Material	Vol.
Agua	0.218
Cemento	0.124
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.362

- **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.362 = 0.638$$

- **Cálculo del peso seco por m³ de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

$$\% \text{ ARENA } 45 \%$$

$$\% \text{ PIEDRA } 55 \%$$

Peso seco arena=762.557 kg

Peso seco piedra=918.743 kg

- **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. abs. arena} = \frac{\text{peso seco arena}}{\text{peso esp. arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. Abs. piedra} = \frac{\text{peso seco piedra}}{\text{peso esp. piedra} \times 1000}$$

Vol. abs. arena = 0.291 m³

Vol. abs. piedra = 0.347 m³

- **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

Peso húmedo arena = 770.817 kg

Peso húmedo piedra = 925.707 kg

- **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{peso seco arena} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{arena}} - \text{C. H}}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{pd}} - \text{C. H}}{100}$$

Agua efectiva arena = 3.457 lt

Agua efectiva piedra = 2.959 lt

Agua efectiva total = 6.416 lt

Tabla 54. Diseño de mezcla F'c= 210 kg/cm² + 5% puzolana.

DISEÑO DE MEZCLA F'c=210 kg/cm ² + 5% puzolana	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m ³)
A/C: 0.558 Agua: 218 lt	CEMENTO	390.68	3150.0	0.124	1.00	371.15	1.00	19.30
	PUZOLANA 5%					19.53	0.05	1.02
	AGUA	218.00	1000.0	0.218	0.56	224.42	0.60	11.67
	ARENA	762.56	2619.8	0.291	1.95	770.82	2.08	40.08
	PIEDRA	918.74	2648.4	0.347	2.35	925.71	2.49	48.14
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2290.00					2311.62	

4.2.9. Mezcla F'c=210 kg/cm² + 15% adición de puzolana

- Cálculo de la cantidad de agua:

a/c	Cantidad de agua (lts)
0.558	218

- Cálculo de la cantidad de cemento:

F'cr	a/c
250	0.62
294	x
300	0.55

$$\frac{300 - 294}{300 - 250} = \frac{0.55 - x}{0.55 - 0.62}$$

$$x = 0.558$$

$$a/c = 0.558$$

$$C = \frac{218}{0.558} = 390.68 \text{ kg/m}^3$$

- Cálculo de la cantidad de puzolana:

Cantidad de puzolana = % puzolana * cantidad de cemento

$$\text{Cantidad de puzolana} = 15\% * 390.68 = 58.60 \text{ kg}$$

- Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN ^{3/4}'':

$$\% \text{ aire} = 2\%$$

- Cálculo del volumen de la pasta:

Material	Vol.
Agua	0.218
Cemento	0.124
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.362

- **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.362 = 0.638$$

- **Cálculo del peso seco por m³ de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

$$\% \text{ ARENA } 45 \%$$

$$\% \text{ PIEDRA } 55 \%$$

Peso seco arena = 762.557 kg

Peso seco piedra = 918.743 kg

- **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. abs. arena} = \frac{\text{peso seco arena}}{\text{peso esp. arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. abs. piedra} = \frac{\text{peso seco piedra}}{\text{peso esp. piedra} \times 1000}$$

Vol. abs. arena = 0.291 m³

Vol. abs. piedra = 0.347 m³

- **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{\text{C.H}}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{C. H}{100}\right)$$

Peso húmedo arena = 770.817 kg

Peso húmedo piedra = 925.707 kg

- **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{peso seco arena} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{arena}} - C. H}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{pd}} - C. H}{100}$$

Agua efectiva arena = 3.457 lt

Agua efectiva piedra = 2.959 lt

Agua efectiva total = 6.416 lt

Tabla 55. Diseño de mezcla F'c= 210 kg/cm² + 15% puzolana.

DISEÑO DE MEZCLA F'c=210 kg/cm ² + 15% puzolana	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m ³)
A/C: 0.558 Agua: 218 lt	CEMENTO	390.68	3150.0	0.124	1.00	332.08	1.00	17.27
	PUZOLANA 15%					58.60	0.33	3.05
	AGUA	218.00	1000.0	0.218	0.56	224.42	0.77	11.67
	ARENA	762.56	2619.8	0.291	1.95	770.82	2.63	40.08
	PIEDRA	918.74	2648.4	0.347	2.35	925.71	3.16	48.14
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2290.00					2311.62	

4.2.10. Mezcla F'c=210 kg/cm² + 25% adición de puzolana

- **Cálculo de la cantidad de agua:**

a/c	Cantidad de agua (lts)
0.558	218

- **Cálculo de la cantidad de cemento:**

F'cr	a/c
250	0.62
294	x
300	0.55

$$\frac{300 - 294}{300 - 250} = \frac{0.55 - x}{0.55 - 0.62}$$

$$x = 0.558$$

$$a/c = 0.558$$

$$C = \frac{218}{0.558} = 390.68 \text{ kg/m}^3$$

- **Cálculo de la cantidad de puzolana:**

Cantidad de Puzolana = % puzolana * cantidad de cemento

$$\text{Cantidad de Puzolana} = 25\% * 390.68 = 97.67 \text{ kg}$$

- **Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN 3/4":**

% aire= 2%

- **Cálculo del volumen de la pasta:**

Material	Vol.
Agua	0.218
Cemento	0.124
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.362

- **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.362 = 0.638$$

- **Cálculo del peso seco por m³ de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

$$\% \text{ ARENA } 45 \%$$

$$\% \text{ PIEDRA } 55 \%$$

Peso seco arena = 762.557 kg

Peso seco piedra = 918.743 kg

- **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. abs. arena} = \frac{\text{peso seco arena}}{\text{peso esp. arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. abs. piedra} = \frac{\text{peso seco piedra}}{\text{peso esp. piedra} \times 1000}$$

Vol. abs. arena = 0.291 m³

Vol. abs. piedra = 0.347 m³

- **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

Peso húmedo arena = 770.817 kg

Peso húmedo piedra = 925.707 kg

• **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{peso seco arena} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{arena}} - \text{C. H}}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{pd}} - \text{C. H}}{100}$$

Agua efectiva arena = 3.457 lt

Agua efectiva piedra = 2.959 lt

Agua efectiva total = 6.416 lt

Tabla 56. Diseño de mezcla F'c= 210 kg/cm² + 25% puzolana.

DISEÑO DE MEZCLA F'c=210 kg/cm ² + 25% puzolana	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m ³)
A/C: 0.558 Agua: 218 lt	CEMENTO	390.68	3150.0	0.124	1.00	293.01	1.00	15.24
	PUZOLANA 25%					97.67	0.33	5.08
	AGUA	218.00	1000.0	0.218	0.56	224.42	0.77	11.67
	ARENA	762.56	2619.8	0.291	1.95	770.82	2.63	40.08
	PIEDRA	918.74	2648.4	0.347	2.35	925.71	3.16	48.14
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2290.00					2311.62	

4.2.11. Mezcla $F'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 35\%$ adición de puzolana

- Cálculo de la cantidad de agua:

a/c	Cantidad de agua (lts)
0.558	218

- Cálculo de la cantidad de cemento:

F'cr	a/c
250	0.62
294	x
300	0.55

$$\frac{300 - 294}{300 - 250} = \frac{0.55 - x}{0.55 - 0.62}$$

$$x = 0.558$$

$$a/c = 0.558$$

$$C = \frac{218}{0.558} = 390.68 \text{ kg/m}^3$$

- Cálculo de la cantidad de puzolana:

Cantidad de Puzolana = % puzolana * cantidad de cemento

$$\text{Cantidad de Puzolana} = 35\% * 390.68 = 136.74 \text{ kg}$$

- Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN $3/4''$:

$$\% \text{ aire} = 2\%$$

- Cálculo del volumen de la pasta:

Material	Vol.
Agua	0.218
Cemento	0.124
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.362

- **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.362 = 0.638$$

- **Cálculo del peso seco por m³ de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

$$\% \text{ ARENA } 45 \%$$

$$\% \text{ PIEDRA } 55 \%$$

Peso seco arena=762.557 kg

Peso seco piedra=918.743 kg

- **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. abs. arena} = \frac{\text{peso seco arena}}{\text{peso esp. arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. abs. piedra} = \frac{\text{peso seco piedra}}{\text{peso esp. piedra} \times 1000}$$

Vol. Abs. Arena = 0.291 m³

Vol. Abs. Piedra = 0.347 m³

- **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{\text{C.H}}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

Peso húmedo arena = 770.817 kg

Peso húmedo piedra = 925.707 kg

• **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{peso seco arena} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{arena}} - \text{C. H}}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{pd}} - \text{C. H}}{100}$$

Agua efectiva arena = 3.457 lt

Agua efectiva piedra = 2.959 lt

Agua efectiva total = 6.416 lt

Tabla 57. Diseño de mezcla F'c= 210 kg/cm² + 35% puzolana.

DISEÑO DE MEZCLA F'c=210 kg/cm ² + 35%Puzolana	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m ³)
A/C: 0.558 Agua: 218 lt	CEMENTO	390.68	3150.0	0.124	1.00	253.94	1.00	13.21
	PUZOLANA 35%					136.74	0.54	7.11
	AGUA	218.00	1000.0	0.218	0.56	224.42	0.88	11.67
	ARENA	762.56	2619.8	0.291	1.95	770.82	3.04	40.08
	PIEDRA	918.74	2648.4	0.347	2.35	925.71	3.65	48.14
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2290.00					2311.62	

4.2.12. Mezcla $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$ + 5% adición de puzolana

- Cálculo de la cantidad de agua:

	AGUA (lt)	SLUMP (")
2° prueba	240	5
1° prueba	210	2

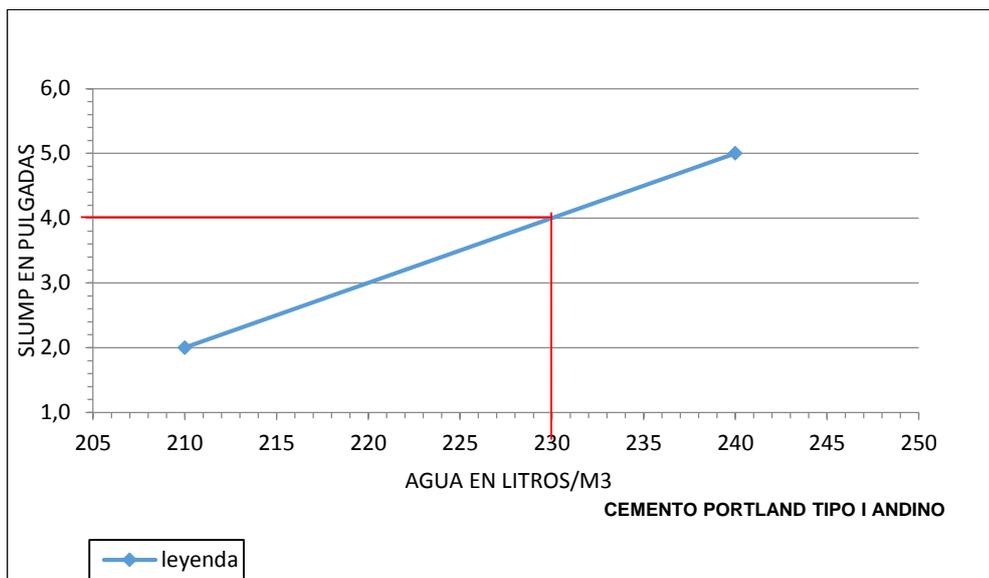


Gráfico 12. Cantidad de agua requerida para la relación $a/c= 0.382$ - concreto + adiciones.

a/c	Cantidad de agua (Its)
0.382	230

- Cálculo de la cantidad de cemento:

$F'cr$	a/c
400	0.43
434	x
450	0.38

$$\frac{450 - 434}{450 - 400} = \frac{0.38 - x}{0.38 - 0.43}$$

$$x = 0.382$$

$$a/c = 0.382$$

$$C = \frac{230}{0.382} = 602.09 \text{ kg/m}^3$$

- **Cálculo de la cantidad de puzolana:**

Cantidad de Puzolana = % puzolana * cantidad de cemento

$$\text{Cantidad de Puzolana} = 5\% * 602.09 = 30.10 \text{ kg}$$

- **Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN 3/4":**

% aire= 2%

- **Cálculo del volumen de la pasta:**

Material	Vol.
Agua	0.230
Cemento	0.191
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.441

- **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.441 = 0.559$$

- **Cálculo del peso seco por m³ de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

% ARENA 45 %

%PIEDRA 55 %

Peso seco arena = 667.992 kg

Peso seco piedra = 804.810 kg

• **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. abs. arena} = \frac{\text{peso seco arena}}{\text{peso esp. arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. abs. piedra} = \frac{\text{peso seco piedra}}{\text{peso esp. piedra} \times 1000}$$

Vol. abs. arena = 0.255 m³

Vol. abs. piedra = 0.304 m³

• **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{\text{C. H}}{100}\right)$$

Peso húmedo arena = 675.228 kg

Peso húmedo piedra = 810.910 kg

• **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{peso seco arena} \times \frac{\% \text{ ABS}_{\text{arena}} - \text{C. H}}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ ABS}_{\text{pd}} - \text{C. H}}{100}$$

Agua efectiva arena = 3.028 lt

Agua efectiva piedra = 2.592 lt

Agua efectiva total = 5.620 lt

Tabla 58. Diseño de mezcla F'c= 245 kg/cm² + 5% puzolana.

DISEÑO DE MEZCLA F'c=245 kg/cm ² + 5% puzolana	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m ³)
A/C: 0.382 Agua: 230 lt	CEMENTO	602.09	3150.0	0.191	1.00	571.99	1.00	29.74
	PUZOLANA 5%					30.10	0.05	1.57
	AGUA	230.00	1000.0	0.230	0.38	235.62	0.41	12.25
	ARENA	667.99	2619.8	0.255	1.11	675.23	1.18	35.11
	PIEDRA	804.81	2648.4	0.304	1.34	810.91	1.42	42.17
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2304.92				2323.85		120.84

4.2.13. Mezcla $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$ + 15% adición de puzolana

- Cálculo de la cantidad de agua:

a/c	Cantidad de agua (Its)
0.382	230

- Cálculo de la cantidad de cemento:

F'cr	a/c
400	0.43
434	x
450	0.38

$$\frac{450 - 434}{450 - 400} = \frac{0.38 - x}{0.38 - 0.43}$$

$$x = 0.382$$

$$a/c = 0.382$$

$$C = \frac{230}{0.382} = 602.09 \text{ kg/m}^3$$

- Cálculo de la cantidad de puzolana:

Cantidad de Puzolana = % puzolana * cantidad de cemento

$$\text{Cantidad de Puzolana} = 15\% * 602.09 = 90.31 \text{ kg}$$

- Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN $3/4''$:

$$\% \text{ aire} = 2\%$$

- Cálculo del volumen de la pasta:

Material	Vol.
Agua	0.230
Cemento	0.191
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.441

- **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.441 = 0.559$$

- **Cálculo del peso seco por m³ de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

$$\% \text{ ARENA } 45 \%$$

$$\% \text{ PIEDRA } 55 \%$$

Peso seco arena = 667.992 kg

Peso seco piedra = 804.810 kg

- **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. abs. arena} = \frac{\text{peso seco arena}}{\text{peso esp. arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. abs. piedra} = \frac{\text{peso seco piedra}}{\text{peso esp. piedra} \times 1000}$$

Vol. abs. arena = 0.255 m³

Vol. abs. piedra = 0.304 m³

- **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{C.H}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{C.H}{100}\right)$$

Peso húmedo arena= 675.228 kg

Peso húmedo piedra= 810.910 kg

• **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{peso seco arena} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{arena}} - C.H}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{pd}} - C.H}{100}$$

Agua efectiva arena = 3.028 lt

Agua efectiva piedra = 2.592 lt

Agua efectiva total= 5.620 lt

Tabla 59. Diseño de mezcla F'c= 245 kg/cm² + 15% puzolana.

DISEÑO DE MEZCLA F'c=245 kg/cm ² + 15%Puzolana	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m ³)
A/C: 0.382 Agua: 230 lt	CEMENTO	602.09	3150.0	0.191	1.00	511.78	1.00	26.61
	PUZOLANA 15%					90.31	0.18	4.70
	AGUA	230.00	1000.0	0.230	0.38	235.62	0.46	12.25
	ARENA	667.99	2619.8	0.255	1.11	675.23	1.32	35.11
	PIEDRA	804.81	2648.4	0.304	1.34	810.91	1.58	42.17
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2304.92				2323.85		120.84

4.2.14. Mezcla $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$ + 25% adición de puzolana

- Cálculo de la cantidad de agua:

a/c	Cantidad de agua (Its)
0.382	230

- Cálculo de la cantidad de cemento:

F'cr	a/c
400	0.43
434	x
450	0.38

$$\frac{450 - 434}{450 - 400} = \frac{0.38 - x}{0.38 - 0.43}$$
$$x = 0.382$$
$$a/c = 0.382$$

$$C = \frac{230}{0.382} = 602.09 \text{ kg/m}^3$$

- Cálculo de la cantidad de puzolana:

Cantidad de Puzolana = % puzolana * cantidad de cemento

$$\text{Cantidad de Puzolana} = 25\% * 602.09 = 150.52 \text{ kg}$$

- Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN $\frac{3}{4}$ '':

$$\% \text{ aire} = 2\%$$

- Cálculo del volumen de la pasta:

Material	Vol.
Agua	0.230
Cemento	0.191
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.441

- **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$
$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.441 = 0.559$$

- **Cálculo del peso seco por m³ de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) V_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

$$\% \text{ ARENA } 45 \%$$
$$\% \text{ PIEDRA } 55 \%$$

Peso seco arena = 667.992 kg

Peso seco piedra = 804.810 kg

- **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. abs. arena} = \frac{\text{peso seco arena}}{\text{peso esp. arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. abs. piedra} = \frac{\text{peso seco piedra}}{\text{peso esp. piedra} \times 1000}$$

Vol. abs. arena = 0.255 m³

Vol. abs. piedra = 0.304 m³

- **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{C.H}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{C.H}{100}\right)$$

Peso húmedo arena = 675.228 kg

Peso húmedo piedra = 810.910 kg

• **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{peso seco arena} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{arena}} - C.H}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{pd}} - C.H}{100}$$

Agua efectiva arena = 3.028 lt

Agua efectiva piedra = 2.592 lt

Agua efectiva total= 5.620 lt

Tabla 60. Diseño de mezcla $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ puzolana.

DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ puzolana	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m^3)	Volumen absoluto (m^3)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m^3)
A/C: 0.382 Agua: 230 lt	CEMENTO	602.09	3150.0	0.191	1.00	451.57	1.00	23.48
	PUZOLANA 25%					150.52	0.33	7.83
	AGUA	230.00	1000.0	0.230	0.38	235.62	0.52	12.25
	ARENA	667.99	2619.8	0.255	1.11	675.23	1.50	35.11
	PIEDRA	804.81	2648.4	0.304	1.34	810.91	1.80	42.17
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2304.92					2323.85	

4.2.15. Mezcla $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$ + 35% adición de puzolana

- Cálculo de la cantidad de agua:

a/c	Cantidad de agua (Its)
0.382	230

- Cálculo de la cantidad de cemento:

F'cr	a/c
400	0.43
434	x
450	0.38

$$\frac{450 - 434}{450 - 400} = \frac{0.38 - x}{0.38 - 0.43}$$

$$x = 0.382$$

$$a/c = 0.382$$

$$C = \frac{230}{0.382} = 602.09 \text{ kg/m}^3$$

- Cálculo de la cantidad de puzolana:

Cantidad de Puzolana = % puzolana * cantidad de cemento

$$\text{Cantidad de Puzolana} = 35\% * 602.09 = 210.73 \text{ kg}$$

- Cálculo del contenido de aire atrapado para TMN $\frac{3}{4}$ '':

$$\% \text{ aire} = 2\%$$

- Cálculo del volumen de la pasta:

Material	Vol.
Agua	0.230
Cemento	0.191
Aire	0.020
Vol. Pasta	0.441

- **Cálculo del volumen de los agregados:**

$$V_{\text{agreg}} = 1 - V_{\text{pasta}}$$

$$V_{\text{agreg}} = 1 - 0.441 = 0.559$$

- **Cálculo del peso seco por m³ de concreto del agregado grueso y fino:**

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$(1) v_{\text{agreg}} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso esp. de arena}} + \frac{\text{peso seco de la piedra}}{\text{peso esp. de piedra}}$$

$$(2) \% \text{ arena} = \frac{\text{peso seco de arena}}{\text{peso seco de arena} + \text{peso seco de la piedra}}$$

$$\% \text{ ARENA } 45 \%$$

$$\% \text{ PIEDRA } 55 \%$$

Peso seco arena = 667.992 kg

Peso seco piedra = 804.810 kg

- **Cálculo del volumen absoluto del agregado fino y grueso:**

$$\text{Vol. abs. arena} = \frac{\text{peso seco arena}}{\text{peso esp. arena} \times 1000}$$

$$\text{Vol. abs. piedra} = \frac{\text{peso seco piedra}}{\text{peso esp. piedra} \times 1000}$$

Vol. abs. arena = 0.255 m³

Vol. abs. piedra = 0.304 m³

- **Corrección del peso del agregado grueso y fino por contenido de humedad:**

$$\text{Peso húmedo arena} = \text{peso seco arena} \times \left(1 + \frac{C.H}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo piedra} = \text{peso seco piedra} \times \left(1 + \frac{C.H}{100}\right)$$

Peso húmedo arena = 675.228 kg

Peso húmedo piedra = 810.910 kg

• **Corrección de agua efectiva en el agregado grueso y fino:**

$$\text{Agua efectiva arena} = \text{peso seco arena} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{arena}} - C.H}{100}$$

$$\text{Agua efectiva piedra} = \text{peso seco piedra} \times \frac{\% \text{ABS}_{\text{pd}} - C.H}{100}$$

Agua efectiva arena = 3.028 lt

Agua efectiva piedra = 2.592 lt

Agua efectiva total= 5.620 lt

Tabla 61. Diseño de mezcla $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2 + 35\%$ Puzolana.

DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ + 35% puzolana	Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
		Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m^3)	Volumen absoluto (m^3)	Diseño unitario (kg)	Peso húmedo (kg)	Diseño unitario (kg)	Tanda de 0.052 (m^3)
A/C: 0.382 Agua: 230 lt	CEMENTO	602.09	3150.0	0.191	1.00	391.36	1.00	20.35
	PUZOLANA 35%					210.73	0.54	10.96
	AGUA	230.00	1000.0	0.230	0.38	235.62	0.60	12.25
	ARENA	667.99	2619.8	0.255	1.11	675.23	1.73	35.11
	PIEDRA	804.81	2648.4	0.304	1.34	810.91	2.07	42.17
	AIRE	2.00%		0.020				
	TOTAL	2304.92					2323.85	

CAPÍTULO V

ENSAYOS DEL CONCRETO

5.1. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

➤ **Generalidades**

• **Procedimiento de mezclado**

La norma N.T.P 339.183 establece los procedimientos para el mezclado, muestreo y elaboración de especímenes en laboratorio bajo un control riguroso de los materiales y condiciones de ensayo.

Para el mezclado se usó una mezcladora de 120 lts de capacidad y una eficiencia de 40%. Las tandas de ensayos elaboradas en laboratorio fueron de 0.052 m³, equivalente a 24 cilindros de 4" x 8" más una muestra de viga de 6"x 6"x18" considerando un desperdicio de 10%.



Fotografía 13. Materiales previamente pesados a utilizar en el mezclado.

La secuencia y procedimiento de mezclado, se detalla a continuación:

- a) Previo al mezclado, humedecer la mezcladora y tener limpia la mezcladora.
- b) Echar el agua de la mezcla aproximadamente a $\frac{1}{3}$ del volumen de agua.
- c) Echar el agregado grueso.
- d) Echar el agregado fino, dentro del primer minuto de inicio.
- e) Adicionar el cemento seguido de la puzolana, luego encender la mezcladora.
- f) Agregar el agua restante, dejar mezclar el concreto durante 3 minutos siguientes.
- g) Verter el concreto mezclado en una carretilla limpia y húmeda.
- h) Remezclar con una lampa para obtener un concreto homogéneo y uniforme.



Fotografía 14. Preparación de mezclas de concreto.

- **Operaciones previas**

Se debe tener en cuenta que el concreto usado en ensayos de asentamiento, aire incorporado y otros no será empleado para elaborar las pruebas de la resistencia a la compresión de probetas, tracción diametral y flexión.

El moldeo de las probetas se efectuará sobre una superficie horizontal, libre de vibraciones y se verificarán también que estén limpios y aceitados (se utilizó para esta operación el petróleo).

- **Moldeo de probetas**

El llenado de la probeta se efectuará de acuerdo a la N.T.P 339.183, evitando la segregación y vertiendo el concreto con la cuchara, la que se moverá alrededor de la coronación del cilindro.

Luego del remezclado del concreto, se llena de inmediato el molde hasta un tercio de su altura, compactando a continuación de manera enérgica con la barra mediante 25 golpes verticales, uniformemente repartidos en forma espiral, comenzando por el borde y terminado en el centro. El proceso se repite en las dos capas siguientes, de manera que la barra penetre hasta la capa

precedente no más de 1". En la última se coloca material en exceso, para enrasar a tope con el borde superior del molde, sin agregar material.

Después de consolidar cada capa se procederá a golpear ligeramente las paredes del molde suavemente de 10 a 15 veces con el martillo de goma para cerrar cualquier espacio producido por el varillado y para eliminar las burbujas grandes de aire que puedan haber quedado atrapadas.

Si en el llenado de la última capa, el material estuviera en exceso se retira lo conveniente con la plancha y luego se procede a enrasar la superficie.

En lo posible, las probetas no se moverán del sitio. Si fuera necesario, se trasladaran a mano a lugares vecinos inmediatamente después de consolidadas, colocándolas en espacios seguros o construcciones provisionarias.



Fotografía 15. Elaboración de probetas y viga.

- **Desmoldeo de probetas**

Las probetas se retiraran de los moldes después de 24 h \pm 8 h después de moldeadas. Se procederá soltando elementos de cierre y luego de un momento, se retirara cuidadosamente la probeta.

Se marcaran en la cara circular de la probeta las anotaciones de identificación del molde, utilizando lápiz de cera llevados a mano a la poza de curado.

- **Curado**

Después de desmoldar las probetas se colocan en la poza de curado o en recipientes conteniendo una solución saturada de agua de cal, a temperatura de 23°C \pm 2°C. La saturación se puede obtener incorporando tentativamente 3 gramos de cal hidratada por litro de agua. El agua utilizada será potable y limpia, no se encontrara en movimiento y cubrirá por completo todas las caras de la probeta.

Eventualmente, será permitido el curado de la probeta en ambientes de 95% a 100% de humedad relativa, a temperatura 23°C \pm 2°C.

Los valores de temperatura y humedad serán observados y registrados, durante el periodo de curado, para evaluar el proceso. Se recomienda el empleo de termómetros de máxima y mínima.

Cuando no se cumplen los términos del curado húmedo, se reduce la resistencia. Una reducción de siete días puede afectar en un 10% la resistencia, aun en climas suaves.

Las probetas permanecen en las pozas de curado hasta el día de su ensayo.



Fotografía 16. Curado de las probetas de concreto.

5.1.1. Slump (N.T.P 339.035)

Se realizó la prueba de slump o asentamiento, de acuerdo a los procedimientos de la norma N.T.P 339.035; explicados en el ítem 2.2.3.1 de la presente tesis.

El ensayo del slump es el primer ensayo realizado en el concreto recién mezclado, que determina si la mezcla se acepta o rechaza.



Fotografía 17. Ensayo de asentamiento del concreto.

Se han realizado pruebas de asentamiento (slump), a cada diseño de mezcla, los datos obtenidos se resumen en las tablas 62, 63 y 64.

Tabla 62. Asentamiento del concreto - F'c= 175 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	SLUMP (pulg.)	OBS
Patrón -175	4"	Cemento Portland tipo IP
175 + 5% Pz	3 3/8"	Cemento Portland tipo I +adición de puzolana
175 + 15% Pz	3 1/2"	Cemento Portland tipo I +adición de puzolana
175 + 25% Pz	3"	Cemento Portland tipo I +adición de puzolana
175 + 35% Pz	2 3/4"	Cemento Portland tipo I +adición de puzolana

Tabla 63. Asentamiento del concreto - F'c= 210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	SLUMP (pulg.)	OBS
Patrón -210	4	Cemento Portland tipo IP
210+ 5% Pz	3 3/4	Cemento Portland tipo I +adición de puzolana
210 + 15% Pz	3 1/4	Cemento Portland tipo I +adición de puzolana
210 + 25% Pz	3	Cemento Portland tipo I +adición de puzolana
210 + 35% Pz	2 1/2	Cemento Portland tipo I +adición de puzolana

Tabla 64. Asentamiento del concreto - F'c= 245 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	SLUMP (pulg.)	OBS
Patrón -245	4	Cemento Portland tipo IP
245 + 5% Pz	3 1/2	Cemento Portland tipo I +adición de puzolana
245 + 15% Pz	3 1/4	Cemento Portland tipo I +adición de puzolana
245 + 25% Pz	2 3/4	Cemento Portland tipo I +adición de puzolana
245 + 35% Pz	2 1/4	Cemento Portland tipo I +adición de puzolana

5.1.2. Exudación (N.T.P 339.077)

El ensayo de exudación se realizó de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma N.T.P 339.077, y que han sido descritos en el ítem 2.2.3.1 de esta tesis.



Fotografía 18. Ensayo de exudación del concreto.

Las tablas 65, 66 y 67 muestran los resultados de los ensayos de exudación realizados en concretos patrón y con adiciones de puzolana natural, dichos resultados están expresados en porcentajes.

La tabla 65 muestra los valores de agua total exudada y % de exudación para diseños de $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$; correspondientes a la mezcla patrón y con porcentajes de adición de puzolana natural.

Tabla 65. Exudación en el concreto - $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	AGUA TOTAL EXUDADA (ml)	% EXUDACIÓN
Patrón -175	65.3	3.06
175 + 5% Pz	61.4	2.85
175 + 15% Pz	58.6	2.70
175 + 25% Pz	54.6	2.53
175 + 35% Pz	46.3	2.14

La tabla 66, muestra los valores de agua total exudada y % de exudación para diseños de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$; correspondientes a la mezcla patrón y con porcentajes de adición de puzolana natural.

Tabla 66. Exudación en el concreto - F'c= 210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	AGUA TOTAL EXUDADA (ml)	% EXUDACIÓN
Patrón -210	64.2	3.08
210+ 5% Pz	60.3	2.92
210 + 15% Pz	54.7	2.64
210 + 25% Pz	51.8	2.51
210 + 35% Pz	46.3	2.23

La tabla 67 muestra los valores de agua total exudada y % de exudación para diseños de F'c= 245 kg/cm²; correspondientes a la mezcla patrón y con porcentajes de adición de puzolana natural.

Tabla 67. Exudación en el concreto - F'c= 245 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	AGUA TOTAL EXUDADA (ml)	% EXUDACIÓN
Patrón -245	58.4	2.88
245+ 5% Pz	54.1	2.66
245 + 15% Pz	50.6	2.48
245 + 25% Pz	42.7	2.11
245 + 35% Pz	37.4	1.85

5.1.3. Aire atrapado (N.T.P 339.080)

El ensayo de aire atrapado se realizó según el procedimiento detallado en la norma N.T.P 339.080 y que han sido descritos en el ítem 2.2.3.1 de esta tesis.



Fotografía 19. Ensayo de contenido de aire del concreto.

En la tabla 68, 69 y 70 se muestran los resultados de los ensayos de aire atrapado según $F'c$.

Tabla 68. % de Aire atrapado del concreto– $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	% AIRE ATRAPADO
Patrón -175	1.45%
175 + 5% Pz	1.56%
175 + 15% Pz	1.67%
175 + 25% Pz	1.74%
175 + 35% Pz	1.85%

Tabla 69. % de Aire atrapado del concreto – $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	% AIRE ATRAPADO
Patrón -210	1.24%
210+ 5% Pz	1.32%
210 + 15% Pz	1.45%
210 + 25% Pz	1.56%
210 + 35% Pz	1.67%

Tabla 70. % de Aire atrapado del concreto – $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	% AIRE ATRAPADO
Patrón -245	1.16%
245 + 5% Pz	1.28%
245 + 15% Pz	1.35%
245 + 25% Pz	1.46%
245 + 35% Pz	1.52%

5.1.4. Tiempo de fraguado (N.T.P 339.082)

El ensayo de tiempo de fraguado se realizó según el procedimiento detallado en la norma N.T.P 339.082 y que han sido descritos en el ítem 2.2.3.1 de esta tesis.



Fotografía 20. Ensayo de tiempo de fraguado del concreto.

Las tablas 71, 72 y 73 resumen los resultados de los tiempos de fragua inicial y final de los concretos patrón como con adiciones de puzolana natural.

Tabla 71. Tiempo de fragua inicial y final del concreto - $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	TFI (hr:min)	TFF (hr:min)
Patrón -175	6:13	8:36
175 + 5% Pz	6:05	8:19
175 + 15% Pz	5:57	8:08
175 + 25% Pz	5:31	7:44
175 + 35% Pz	5:07	7:25

Tabla 72. Tiempo de fragua inicial y final del concreto - $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	TFI (hr:min)	TFF (hr:min)
Patrón -210	5:37	8:13
210+ 5% Pz	5:23	7:56
210 + 15% Pz	5:05	7:49
210 + 25% Pz	4:47	7:34
210 + 35% Pz	4:17	7:11

Tabla 73. Tiempo de fragua inicial y final del concreto - $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	TFI (hr:min)	TFF (hr:min)
Patrón -245	5:11	7:53
245 + 5% Pz	4:53	7:47
245 + 15% Pz	4:19	7:07
245 + 25% Pz	4:08	6:53
245 + 35% Pz	3:47	6:49

5.1.5. Peso unitario compactado fresco (N.T.P 339.046)

El ensayo de peso unitario compactado del concreto se realizó según el procedimiento detallado en la norma N.T.P 339.046, y que han sido descritos en el ítem 2.2.3.1 de esta tesis.



Fotografía 21. Ensayo del peso unitario del concreto.

Las tablas 74, 75 y 76 muestran los resultados de los ensayos de peso unitario realizados a la muestras de los concretos patrón como con adiciones de puzolana natural.

Tabla 74. Peso unitario del concreto– F’c= 175 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (kg/m³)
Patrón -175	2311
175 + 5% Pz	2316
175 + 15% Pz	2323
175 + 25% Pz	2318
175 + 35% Pz	2312

Tabla 75. Peso unitario del concreto – F’c= 210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (kg/m³)
Patrón -210	2328
210+ 5% Pz	2332
210 + 15% Pz	2344
210 + 25% Pz	2338
210 + 35% Pz	2325

Tabla 76. Peso unitario del concreto – F’c= 245 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (kg/m³)
Patrón -245	2339
245 + 5% Pz	2344
245 + 15% Pz	2355
245 + 25% Pz	2342
245 + 35% Pz	2334

5.2. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

5.2.1. Resistencia a la compresión (N.T.P 339.034)



Fotografía 22. Ensayo de resistencia a la compresión.



Fotografía 23. Probetas roturadas.

5.2.1.1. $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Los datos de resistencia a la compresión de probetas según edades de rotura, se muestran en la tabla 77.

Tabla 77. Resistencia a la compresión vs edades- $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	EDAD (días)						
	1	3	7	14	28	45	60
Patrón -175	73.12	134.38	185.21	203.66	243.78	275.57	287.48
175 + 5% Pz	80.20	134.05	185.11	208.49	262.28	274.83	290.27
175 + 15% Pz	86.57	144.41	195.24	220.78	272.45	296.18	307.65
175 + 25% Pz	85.51	141.57	191.73	219.70	270.26	289.27	296.18
175 + 35% Pz	69.76	121.13	171.87	193.53	241.50	254.14	268.10

5.2.1.2. $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Los datos de resistencia a la compresión de probetas según edades de rotura para $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se muestran en la tabla 78.

Tabla 78. Resistencia a la compresión vs edades- $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Mezcla	Edad (días)						
	1	3	7	14	28	45	60
Patrón -210	91.22	166.44	226.22	245.63	290.94	310.12	319.53
210 + 5% Pz	93.05	173.95	225.26	251.73	304.16	313.43	322.35
210 + 15% Pz	104.54	184.63	240.37	265.70	316.26	333.93	334.84
210 + 25% Pz	101.28	180.76	237.81	257.92	310.99	326.91	329.52
210 + 35% Pz	85.79	151.72	208.44	233.66	287.83	301.44	311.19

5.2.1.3. $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$

Los datos de resistencia a la compresión de probetas según edades de rotura para $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, se muestran en la tabla 79.

Tabla 79. Resistencia a la compresión vs edades- $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO DE MEZCLA	Edad (días)						
	1	3	7	14	28	45	60
Patrón 245	104.23	164.68	238.21	273.84	318.47	335.83	342.34
245 + 5% Pz	110.23	181.91	254.97	293.55	331.89	346.26	350.71
245 + 15% Pz	120.48	189.83	266.96	305.01	341.98	366.50	374.39
245 + 25% Pz	114.85	177.25	252.29	284.57	322.48	346.11	349.86
245 + 35% Pz	96.22	159.47	235.49	267.12	314.55	332.55	338.82

5.2.2. Resistencia a la tracción (N.T.P 339.084)

La prueba de la resistencia a la tracción se realizó mediante el ensayo de compresión diametral, de acuerdo a los procedimientos establecidos por la N.T.P y que han sido descritos en el ítem 2.2.3.2 de la presente tesis.



Fotografía 24. Ensayo de compresión diametral.



Fotografía 25. Probetas sometidas a compresión diametral.

Las tablas 80, 81 y 82 muestran los resultados del ensayo de resistencia a la tracción de los diseños de mezcla en análisis; a los 28 días.

Tabla 80. Resistencia a la tracción – F'c= 175 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	Resistencia a la tracción (kg/cm²)
Patrón -175	27.13
175 + 5% Pz	28.44
175 + 15% Pz	30.07
175 + 25% Pz	28.63
175 + 35% Pz	26.57

Tabla 81. Resistencia a la tracción – F'c= 210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	Resistencia a la tracción (kg/cm²)
Patrón -210	30.83
210+ 5% Pz	31.17
210 + 15% Pz	33.43
210 + 25% Pz	31.94
210 + 35% Pz	30.10

Tabla 82. Resistencia a la tracción – F'c= 245 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	Resistencia a la tracción (kg/cm²)
Patrón -245	34.77
245 + 5% Pz	35.83
245 + 15% Pz	37.10
245 + 25% Pz	35.07
245 + 35% Pz	34.26

5.2.3. Resistencia a la flexión (N.T.P 339.078)

La prueba de la resistencia a la flexión se realizó de acuerdo a los procedimientos establecidos por la N.T.P y que han sido descritos en el ítem 2.2.3.2 de la presente tesis.



Fotografía 26. Ensayo de resistencia a la flexión.

Las tablas 83, 84 y 85 muestran los resultados del ensayo de resistencia a la flexión tanto de concretos patrón como con adición de puzolana natural ensayada a los 28 días.

Tabla 83. Módulo de rotura – $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	MODULO ROTURA (kg/cm^2)
Patrón -175	36.36
175 + 5% Pz	37.31
175 + 15% Pz	38.63
175 + 25% Pz	36.56
175 + 35% Pz	35.98

Tabla 84. Módulo de rotura – F'c = 210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	MODULO ROTURA (kg/cm²)
Patrón -210	39.53
210+ 5% Pz	41.37
210 + 15% Pz	43.12
210 + 25% Pz	41.80
210 + 35% Pz	39.02

Tabla 85. Módulo de rotura – F'c = 245 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	MODULO ROTURA (kg/cm²)
Patrón -245	41.50
245 + 5% Pz	43.08
245 + 15% Pz	46.68
245 + 25% Pz	44.51
245 + 35% Pz	41.01

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE COSTOS DEL CONCRETO

En el siguiente capítulo se ha realizado el análisis de costos de los concretos patrón como con adiciones de puzolana natural, según F'c.

Para realizar este cálculo se ha tomado como referencia los precios actuales del mercado para poder realizar el costo total por m³ de concreto.

6.1. COSTOS DE MATERIALES

6.1.1. Costo del Cemento:

El costo del cemento al mes de mayo del 2017 por bolsa de 42.5 kg, es el siguiente:

Tipo de Cemento	Costo por bolsa de 42.5 kg S/.
Cemento Portland andino tipo I	22.50
Cemento Portland andino tipo IP	21.50

6.1.2. Costo de los agregados:

El costo de los agregados al mes de mayo del 2017 por metro cúbico en el mercado local fue de:

Agregados	Costo por metro cúbico S/.
Arena Gruesa	60.00
Piedra Chancada	60.00

6.1.3. Costo de la puzolana natural:

En el caso de la puzolana, el costo por kg debe incluir además del costo de material puesto en obra, el costo adicional por molienda y costo por tamizado.

- Costo de Extracción y Flete:

Este costo ha sido definido por el proveedor por metro cúbico que es S/. 65.00; este costo es del material puesto en obra por kilogramo el costo sería de S/. 0.065.

- Costo por Molienda:

Para calcular el costo de la molienda se debe considerar el costo del consumo de energía eléctrica que produce el funcionamiento del molino.

El molino funciona con un motor de 1 hp cuyo consumo eléctrico promedio es de 0.85 kWh.

Se calcula el costo de molienda teniendo en consideración que para moler 5kg de puzolana natural se usa el molino durante 25 minutos y que además el costo por cada 1 kWh determinado por la empresa proveedora de energía eléctrica, en este caso ELECTROCENTRO S.A es en costo aproximado considerando el cargo fijo e impuestos de S/. 0.80.

Entonces:

Cálculo del funcionamiento del motor y cantidad de kW consumidos:

Para moler un m³ de puzolana natural, se necesitan 5000 minutos.

$$\begin{array}{l} 25 \text{ min} - - - - 5 \text{ kg} \\ x \text{ min} - - - - 1 \text{ kg} \\ x = 5 \text{ minutos} \approx 0.083 \text{ horas} \end{array}$$

El costo por las 0.083 horas de uso del molino es: $0.083 \times 0.80 = S/ 0.066$

- **Costo por Tamizado:** Este costo implica el tiempo de horas hombre invertidas en el proceso de tamizado del material resultante de la molienda, en este caso por cada 1 kg de material molido se requieren en tamizado 1.5 minutos (0.025 horas); entonces por kg de puzolana natural se requieren 0.025 horas, el costo por jornal de 8 horas de un ayudante es de S/. 50.00, de ello el costo por tamizado resulta como: $50 \times 0.025 = S/ 0.156$.

Por tanto, el costo total por kilogramo de puzolana natural sería: $0.065+0.066+0.156= S/. 0.287$.

Con los costos mencionados se ha calculado el costo por metro cúbico de concreto para cada diseño de mezcla:

A. F'c = 175 kg/cm²

Las siguientes tablas muestran los costos del concreto patrón y con adiciones de puzolana natural para un F'c = 175 kg/cm².

CONCRETO PATRÓN F'C= 175 kg/cm ²				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo IP	bls	8.130	21.50	174.80
Agua potable	m ³	0.223	2.10	0.47
Arena	m ³	0.780	60.00	46.82
Piedra chancada	m ³	0.937	60.00	56.23
				278.32

CONCRETO F'C= 175 kg/cm² + 5% PUZOLANA				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo I	bls	7.475	22.50	168.18
Puzolana natural	kg	16.720	0.29	4.80
Agua potable	m ³	0.217	2.10	0.46
Arena	m ³	0.802	60.00	48.12
Piedra chancada	m ³	0.963	60.00	57.79
				279.35

CONCRETO F'C= 175 kg/cm² + 15% PUZOLANA				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo I	bls	6.688	22.50	150.48
Puzolana natural	kg	50.159	0.29	14.40
Agua potable	m ³	0.217	2.10	0.46
Arena	m ³	0.802	60.00	48.12
Piedra chancada	m ³	0.963	60.00	57.79
				271.25

CONCRETO F'C= 175 kg/cm² + 25% PUZOLANA				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo I	bls	5.901	22.50	132.77
Puzolana natural	kg	83.599	0.29	23.99
Agua potable	m ³	0.217	2.10	0.46
Arena	m ³	0.802	60.00	48.12
Piedra chancada	m ³	0.963	60.00	57.79
				263.14

CONCRETO F'C= 175 kg/cm² + 35% PUZOLANA				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo I	bls	5.114	22.50	115.07
Puzolana natural	kg	117.038	0.29	33.59
Agua potable	m ³	0.217	2.10	0.46
Arena	m ³	0.802	60.00	48.12
Piedra chancada	m ³	0.963	60.00	57.79
				255.04

B. F'c = 210 kg/cm²

Las siguientes tablas muestran los costos del concreto patrón y con adiciones de puzolana natural para un F'c = 210 kg/cm².

CONCRETO PATRÓN F'C= 210 kg/cm²				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo IP	bls	9.488	21.50	203.98
Agua potable	m ³	0.231	2.10	0.49
Arena	m ³	0.747	60.00	44.82
Piedra chancada	m ³	0.897	60.00	53.83
				303.12

CONCRETO F'C= 210 kg/cm² + 5% PUZOLANA				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo I	bls	8.733	22.50	196.49
Puzolana natural	kg	19.534	0.29	5.61
Agua potable	m ³	0.224	2.10	0.47
Arena	m ³	0.771	60.00	46.25
Piedra chancada	m ³	0.926	60.00	55.54
				304.36

CONCRETO F'C= 210 kg/cm² + 15% PUZOLANA				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo I	bls	7.814	22.50	175.81
Puzolana natural	kg	58.602	0.29	16.82
Agua potable	m ³	0.224	2.10	0.47
Arena	m ³	0.771	60.00	46.25
Piedra chancada	m ³	0.926	60.00	55.54
				294.89

CONCRETO F'C= 210 kg/cm² + 25% PUZOLANA				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo I	bls	6.894	22.50	155.12
Puzolana natural	kg	97.670	0.29	28.03
Agua potable	m ³	0.224	2.10	0.47
Arena	m ³	0.771	60.00	46.25
Piedra chancada	m ³	0.926	60.00	55.54
				285.42

CONCRETO F'C= 210 kg/cm² + 35% PUZOLANA				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo I	bls	5.975	22.50	134.44
Puzolana natural	kg	136.738	0.29	39.24
Agua potable	m ³	0.224	2.10	0.47
Arena	m ³	0.771	60.00	46.25
Piedra chancada	m ³	0.926	60.00	55.54
				275.95

B. F'c = 245 kg/cm²

Las siguientes tablas muestran los costos del concreto patrón y con adiciones de puzolana natural para un F'c = 245 kg/cm².

CONCRETO PATRÓN F'C= 245 kg/cm²				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo IP	bls	14.352	21.50	308.56
Agua potable	m ³	0.238	2.10	0.50
Arena	m ³	0.653	60.00	39.16
Piedra chancada	m ³	0.784	60.00	47.03
				395.26

CONCRETO F'C= 245 kg/cm² + 5% PUZOLANA				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo I	bls	13.459	22.50	302.82
Puzolana natural	kg	30.105	0.29	8.64
Agua potable	m ³	0.236	2.10	0.49
Arena	m ³	0.675	60.00	40.51
Piedra chancada	m ³	0.811	60.00	48.65
				401.12

CONCRETO F'C= 245 kg/cm² + 15% PUZOLANA				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo I	bls	12.042	22.50	270.94
Puzolana natural	kg	90.314	0.29	25.92
Agua potable	m ³	0.236	2.10	0.49
Arena	m ³	0.675	60.00	40.51
Piedra chancada	m ³	0.811	60.00	48.65
				386.53

CONCRETO F'C= 245 kg/cm² + 25% PUZOLANA				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo I	bls	10.625	22.50	239.07
Puzolana natural	kg	150.524	0.29	43.20
Agua potable	m ³	0.236	2.10	0.49
Arena	m ³	0.675	60.00	40.51
Piedra chancada	m ³	0.811	60.00	48.65
				371.93

CONCRETO F'C= 245 kg/cm² + 35% PUZOLANA				
Materiales	UND	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento Portland tipo I	bls	9.209	22.50	207.19
Puzolana natural	kg	210.733	0.29	60.48
Agua potable	m ³	0.236	2.10	0.49
Arena	m ³	0.675	60.00	40.51
Piedra chancada	m ³	0.811	60.00	48.65
				357.33

En la tabla 86 se muestra el resumen de costos de los concretos, por código de diseño de mezcla:

Tabla 86. Costos por m³ del concreto patrón y con adiciones de puzolana natural.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	COSTO POR M³
F'c = 175 kg/cm²	
Patrón -175	278.32
175 + 5% Pz	279.35
175 + 15% Pz	271.25
175 + 25% Pz	263.14
175 + 35% Pz	255.04
F'c = 210 kg/cm²	
Patrón -210	303.12
210+ 5% Pz	304.36
210 + 15% Pz	294.89
210 + 25% Pz	285.42
210 + 35% Pz	275.95
F'c = 245 kg/cm²	
Patrón -245	395.26
245 + 5% Pz	401.12
245 + 15% Pz	386.53
245 + 25% Pz	371.93
245 + 35% Pz	357.33

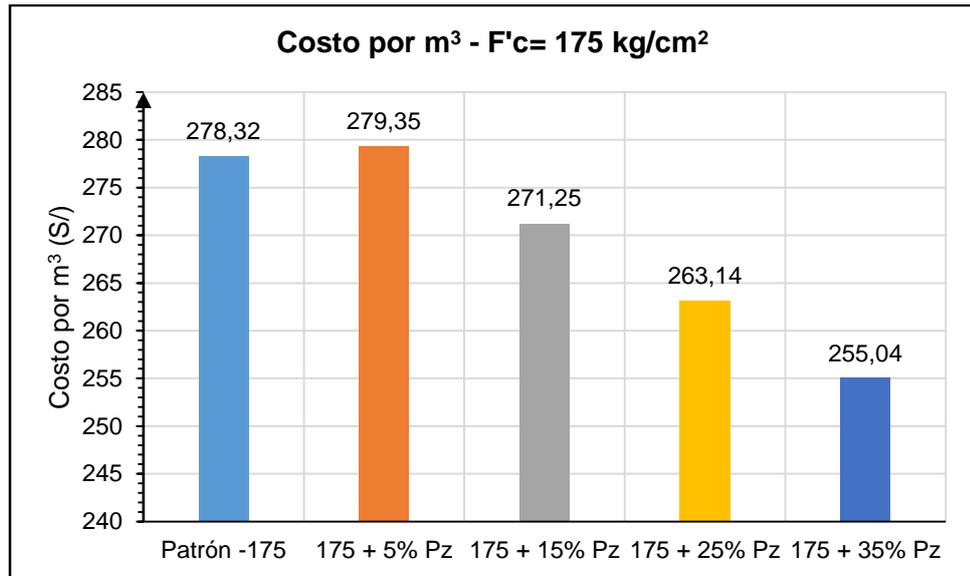


Gráfico 13. Costos por m³ del concreto F'c= 175 kg/cm².

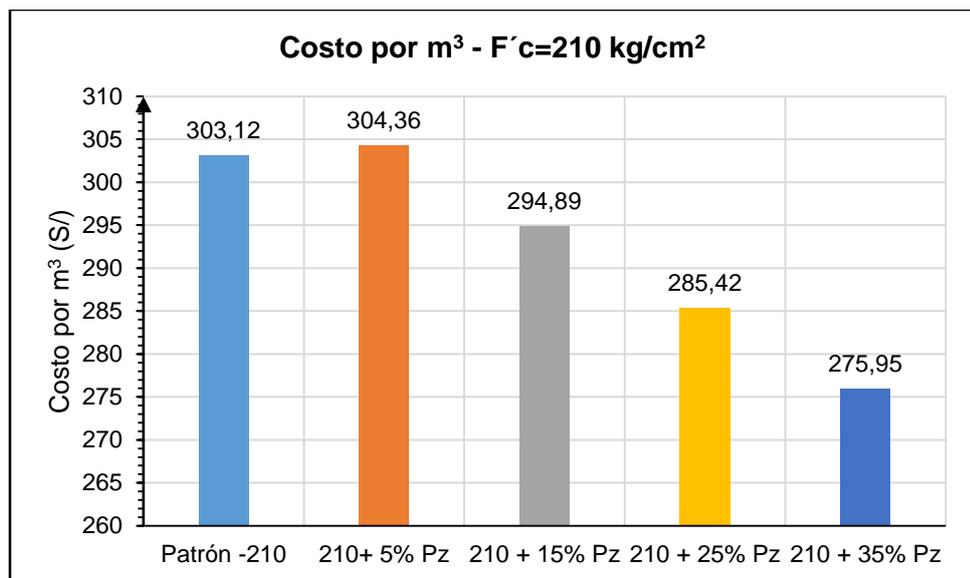


Gráfico 14. Costos por m³ del concreto F'c= 210 kg/cm².

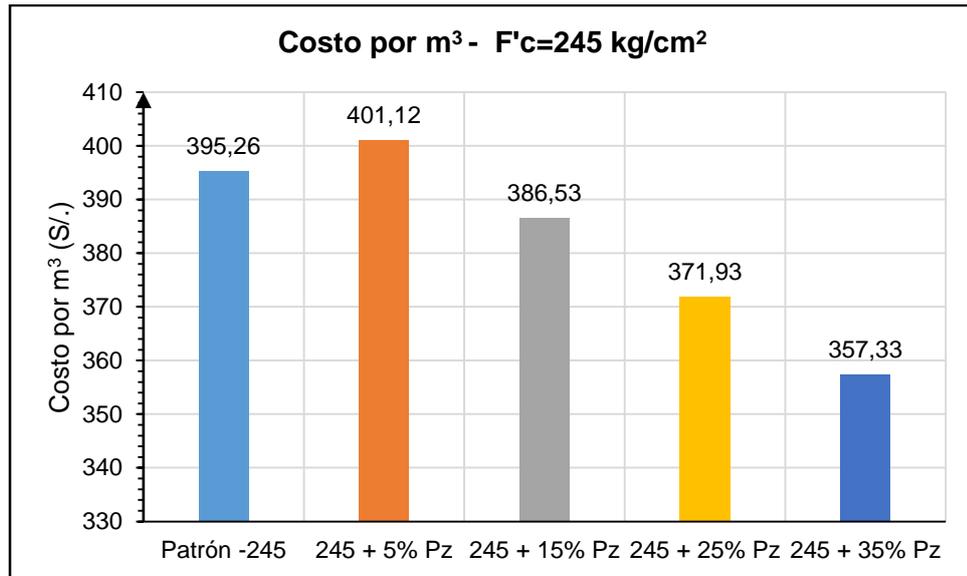


Gráfico 15. Costos por m³ del concreto F'c= 245 kg/cm².

De los gráficos 13, 14 y 15 se tiene que los costos de los concretos con adiciones de puzolana natural son menores al concreto patrón, el más económico según gráficos es el de dosis al 35%; sin embargo, los resultados de los ensayos en el concreto tanto en estado endurecido como el fresco demuestran que para esta dosis los resultados son desfavorables. La mezcla con dosis óptima que presenta mejores resultados en los ensayos realizados es la de 15% la cual presenta un costo intermedio e inferior a la del concreto patrón, teniendo un ahorro aproximado de entre 8 y 10 soles por m³.

CAPITULO VII

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el siguiente capítulo se realiza el análisis de resultados de cada una de las propiedades del concreto tanto en estado fresco y endurecido vistos en el capítulo V, se ha realizado un cuadro resumen de los ensayos para cada F'c y se realiza el análisis de cada propiedad.

7.1. $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

RESULTADOS ENSAYOS						
$F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$						
PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO						
Propiedades	En general	PATRÓN	CON ADICIÓN DE PUZOLANA NATURAL			
			+5%	+15%	+25%	+35%
Slump	Disminuye	4"	3 3/8"	3 1/2"	3"	2 3/4"
			menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón
Exudación	Disminuye	3.06%	2.85%	2.70%	2.53%	2.14%
			menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón
Aire atrapado	Aumenta	1.45%	1.56%	1.67%	1.74%	1.85%
			mayor al patrón	mayor al patrón	mayor al patrón	mayor al patrón
Tiempo de fraguado	Se acelera	08hr36min	08hr19min	08hr08min	07hr44min	07hr25min
			menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón
Peso Unitario	Aumenta	2311 kg/m^3	2316	2323	2318	2312
			mayor al patrón	mayor al patrón / máximo	mayor al patrón	menor al patrón
PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO						
Resistencia a la compresión (28d)	Aumenta	243.78 kg/cm^2	262.28	272.45	270.26	241.50
			mayor al patrón	mayor al patrón/máximo	mayor al patrón	menor al patrón
Resistencia a la tracción (28d)	Aumenta	27.13 kg/cm^2	28.44	30.07	28.63	26.57
			mayor al patrón	mayor al patrón/máximo	mayor al patrón	menor al patrón
Resistencia a la flexión (28d)	Aumenta	36.36 kg/cm^2	37.31	38.63	36.56	35.98
			mayor al patrón	mayor al patrón/máximo	mayor al patrón	menor al patrón

7.1.1. Slump

Tabla 87. Resultados ensayo de slump – F'c= 175 kg/cm²

COD. DE DISEÑO MEZCLA	SLUMP (pulg.)	% VARIACIÓN RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	Obs.
Patrón -175	4	-	-
175 + 5% Pz	3 3/8	15.63%	Menor al patrón
175 + 15% Pz	3 1/4	18.75%	Menor al patrón
175 + 25% Pz	3	25.00%	Menor al patrón
175 + 35% Pz	2 3/4	31.25%	Menor al patrón

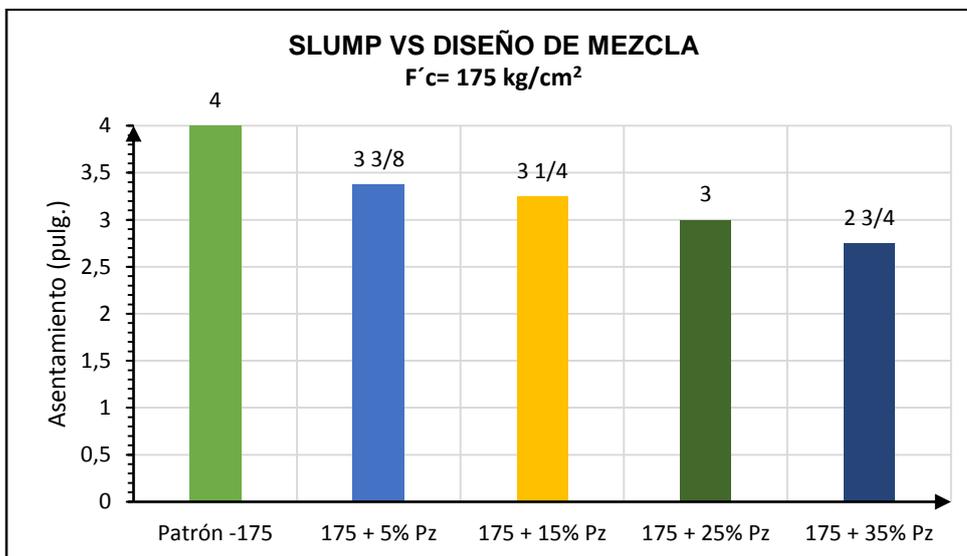


Gráfico 16. Asentamiento vs diseño de mezcla F'c= 175 kg/cm².

CONCLUSIÓN:

Del gráfico de barras se observa que el slump de las mezclas con adición de puzolana natural disminuye siendo menor al concreto patrón; es decir la mezcla pierde trabajabilidad conforme se le adiciona puzolana natural. Sin embargo, hasta mezclas con adición del 25% la mezcla se encuentra dentro del rango plástico.

7.1.2. Exudación

Tabla 88. Resultado ensayo de exudación- $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	AGUA TOTAL EXUDADA (ML)	% VARIACIÓN RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	OBS
Patrón -175	65.3	-	-
175 + 5% Pz	61.4	5.97%	Menor al patrón
175 + 15% Pz	58.6	10.26%	Menor al patrón
175 + 25% Pz	54.6	16.39%	Menor al patrón
175 + 35% Pz	46.3	29.10%	Menor al patrón

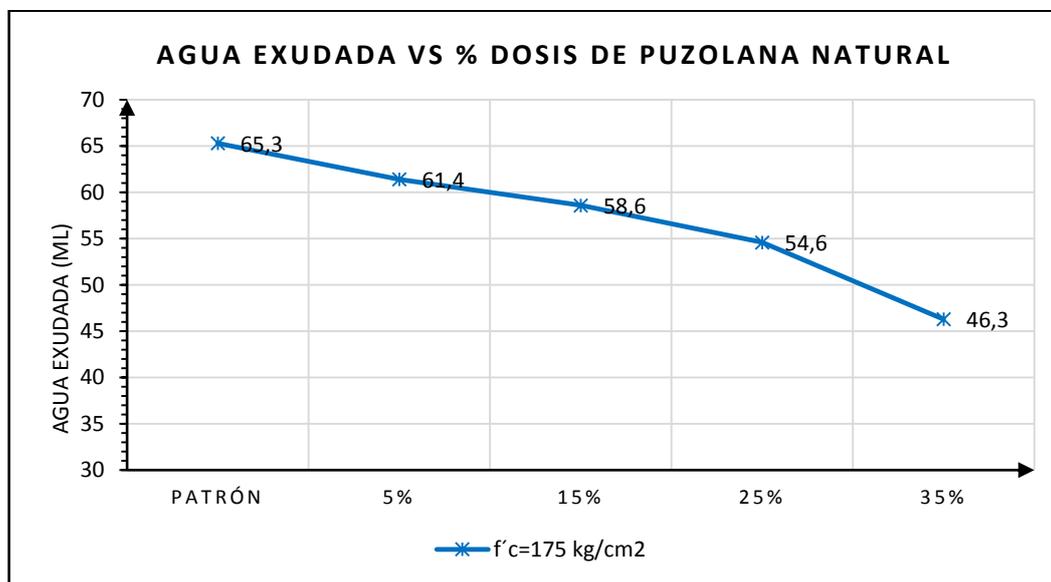


Gráfico 17. Agua exudada vs dosis de puzolana natural- $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

Se elaboró un gráfico de líneas (gráfico 17), donde se observa la cantidad de agua exudada en mililitros versus los diseños de mezcla. En el eje "X" se tienen los diseños de mezcla (patrón, con 5% de puzolana, con 10% de puzolana y con 15% de puzolana) siendo en total 4 puntos y en el eje "Y" la cantidad de agua exudada.

CONCLUSIÓN:

Del gráfico de líneas se observa que la exudación disminuye conforme se realizan las adiciones de puzolana natural; esto se debe a la finura de la puzolana que hace que el agua de la mezcla se retenga siendo menor la exudación.

7.1.3. Aire atrapado

Tabla 89. Resultados ensayo aire atrapado- $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	% DE AIRE ATRAPADO	% VARIACIÓ RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	OBS.
Patrón -175	1.45%	-	-
175 + 5% Pz	1.56%	7.59%	Mayor al patrón
175 + 15% Pz	1.67%	15.17%	Mayor al patrón
175 + 25% Pz	1.74%	20.00%	Mayor al patrón
175 + 35% Pz	1.85%	27.59%	Mayor al patrón

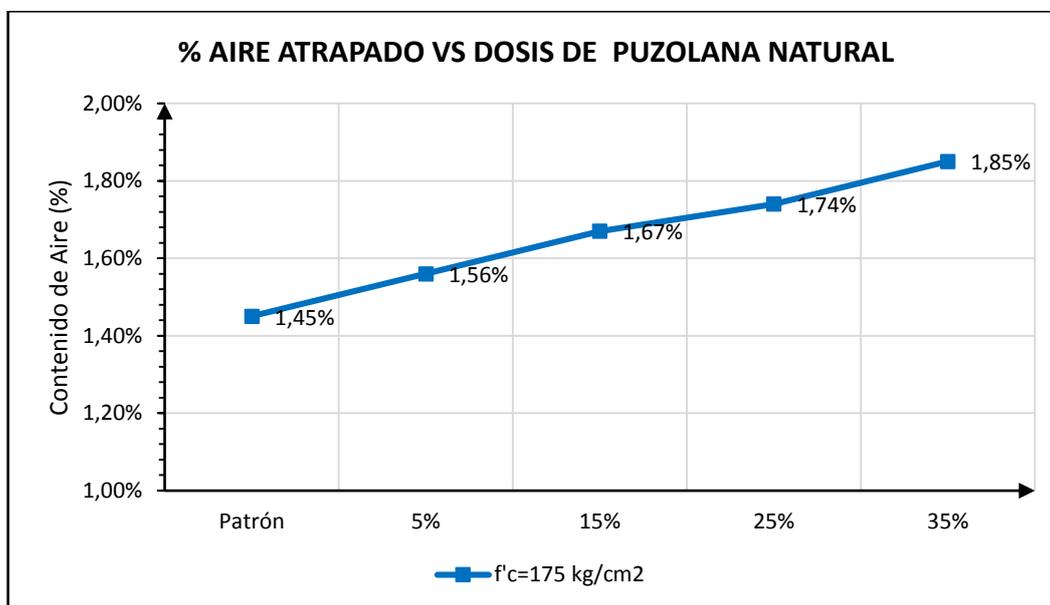


Gráfico 18. % Aire atrapado vs dosis de puzolana natural - $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$.

Se ha realizado el gráfico de líneas (gráfico 18) donde se representa el porcentaje de aire atrapado versus mezclas. En el eje "X" se tiene el tipo de concreto (patrón, con 5% de puzolana, 15% de puzolana, 25% de puzolana y con 35% de puzolana) y en el eje "Y" se tiene el porcentaje o contenido de aire.

CONCLUSIÓN:

De los resultados del ensayo de aire atrapado, en el gráfico 18 se observa que las líneas tienen pendiente positiva; por tanto, el porcentaje de aire atrapado se incrementa conforme se realizan las adiciones de puzolana natural; sin embargo,

los valores de aire atrapado son inferiores respecto al diseño teórico del método del ACI siendo para todos los diseños 2%, por lo que no hay variación significativa por razones de la adición.

7.1.4. Tiempo de fraguado

Tabla 90. Resultados ensayo tiempo de fragua- F'c = 175 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	TFI (hr min)	% VARIACIÓN TFI CON RESPECTO AL TFI DEL CONCRETO PATRÓN	Obs.	TFF (hr min)	% VARIACIÓN TFF CON RESPECTO AL TFF DEL CONCRETO PATRÓN	Obs.
Patrón -175	6:13	-	-	8:36	-	-
175 + 5% Pz	6:05	2.14%	Menor al patrón	8:19	3.29%	Menor al patrón
175 + 15% Pz	5:57	4.29%	Menor al patrón	8:08	5.43%	Menor al patrón
175 + 25% Pz	5:31	11.26%	Menor al patrón	7:44	10.08%	Menor al patrón
175 + 35% Pz	5:07	17.69%	Menor al patrón	7:25	13.76%	Menor al patrón

El gráfico 19 representa los tiempos de fragua inicial y final del concreto de diseño F'c= 175 kg/cm², donde la línea de color azul representa los tiempos de fragua final y la línea de color verde los tiempos de fragua inicial.

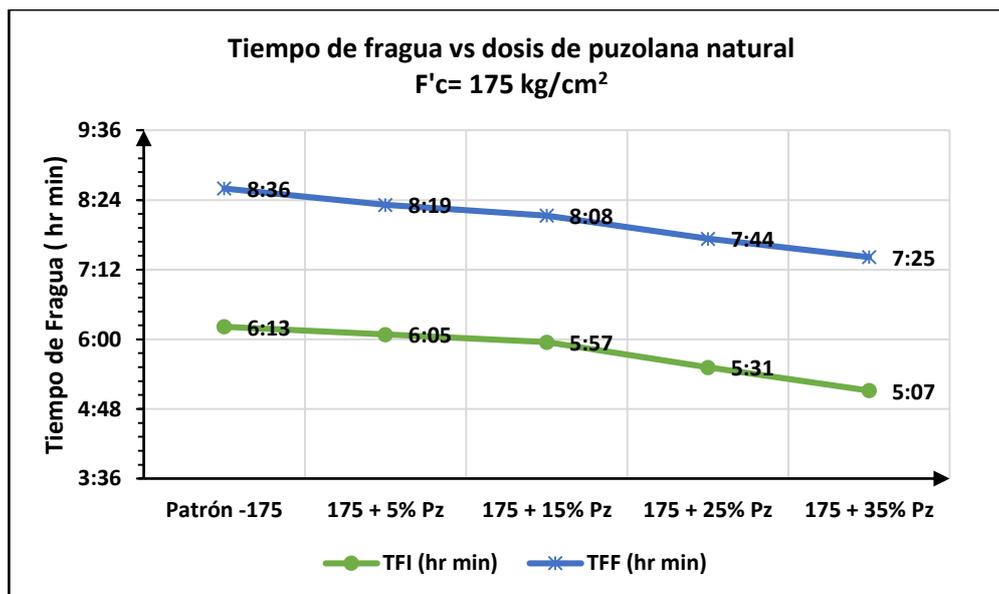


Gráfico 19. Tiempo de fragua vs dosis de puzolana natural – F'c=175 kg/cm².

CONCLUSIÓN:

De los resultados, los tiempos de fragua inicial como final de los concretos con adición de puzolana natural son menores al concreto patrón; por tanto, sufre una ligera aceleración conforme se le adiciona puzolana natural; sin embargo, esta aceleración es poco significativa en el concreto.

7.1.5. Peso unitario del concreto

Tabla 91. Resultados ensayo peso unitario- $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (kg/m^3)	% VAR. RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	OBS.
Patrón -175	2311	-	-
175 + 5% Pz	2316	0.22%	Mayor al patrón
175 + 15% Pz	2323	0.52%	Mayor al patrón
175 + 25% Pz	2318	0.30%	Mayor al patrón
175 + 35% Pz	2312	0.04%	Mayor al patrón

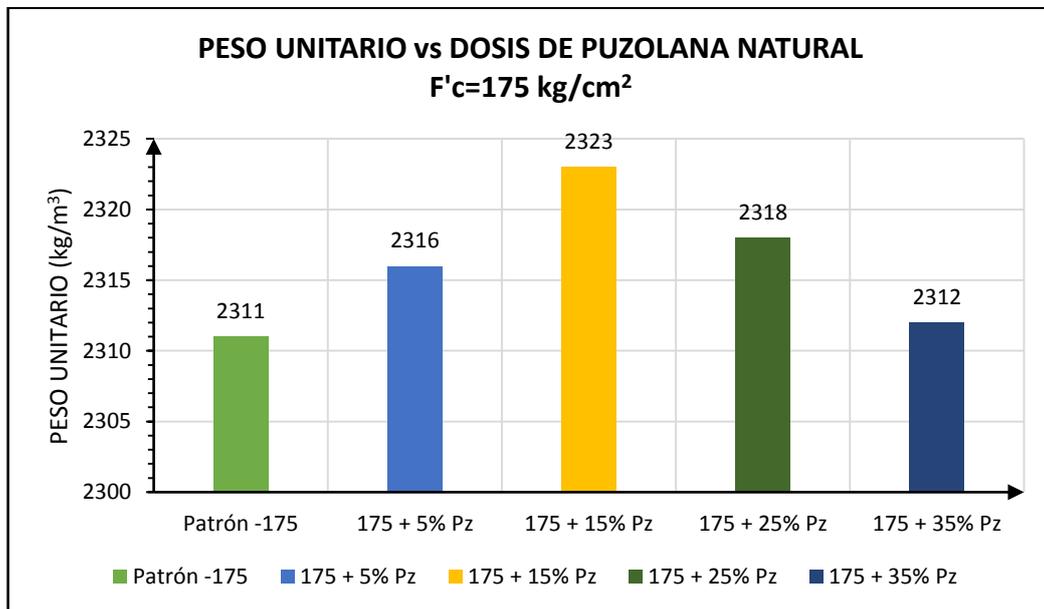


Gráfico 20. Peso unitario vs dosis de puzolana natural – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

CONCLUSIÓN:

Del gráfico 20 se observa que se mantiene la condición en que el peso unitario se incrementa conforme se realiza la adición, hasta que llega a un punto máximo

que se da cuando se adiciona 15% de puzolana; para porcentajes de adición mayor, el peso unitario empieza a decrecer. Sin embargo, el concreto no se ve afectado ya que los valores se encuentran dentro de los concretos de densidad normal.

7.1.6. Resistencia a la compresión

Los datos de resistencia a la compresión de probetas según edades de rotura, se muestran en la tabla 92.

Tabla 92. Resistencia a la compresión vs edades - $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	EDAD (días)						
	1	3	7	14	28	45	60
Patrón -175	73.12	134.38	185.21	203.66	243.78	275.57	287.48
175 + 5% Pz	80.20	134.05	185.11	208.49	262.28	274.83	290.27
175 + 15% Pz	86.57	144.41	195.24	220.78	272.45	296.18	307.65
175 + 25% Pz	85.51	141.57	191.73	219.70	270.26	289.27	296.18
175 + 35% Pz	69.76	121.13	171.87	193.53	241.50	254.14	268.10

Se ha realizado el gráfico de líneas N° 21, en el que se tienen las resistencias a la compresión alcanzadas según edades y dosis de puzolana natural; donde la línea azul representa las roturas a 1 día, la línea naranja las roturas a 3 días, la línea gris roturas a 7 días, la línea amarilla roturas a 14 días, la línea roja roturas a 28 días, la línea verde roturas a 45 días y la línea morada roturas a 60 días. Este gráfico nos permite analizar la evolución de las resistencias a edad determinada y observar la variación conforme se le adiciona puzolana natural y respecto del concreto patrón.

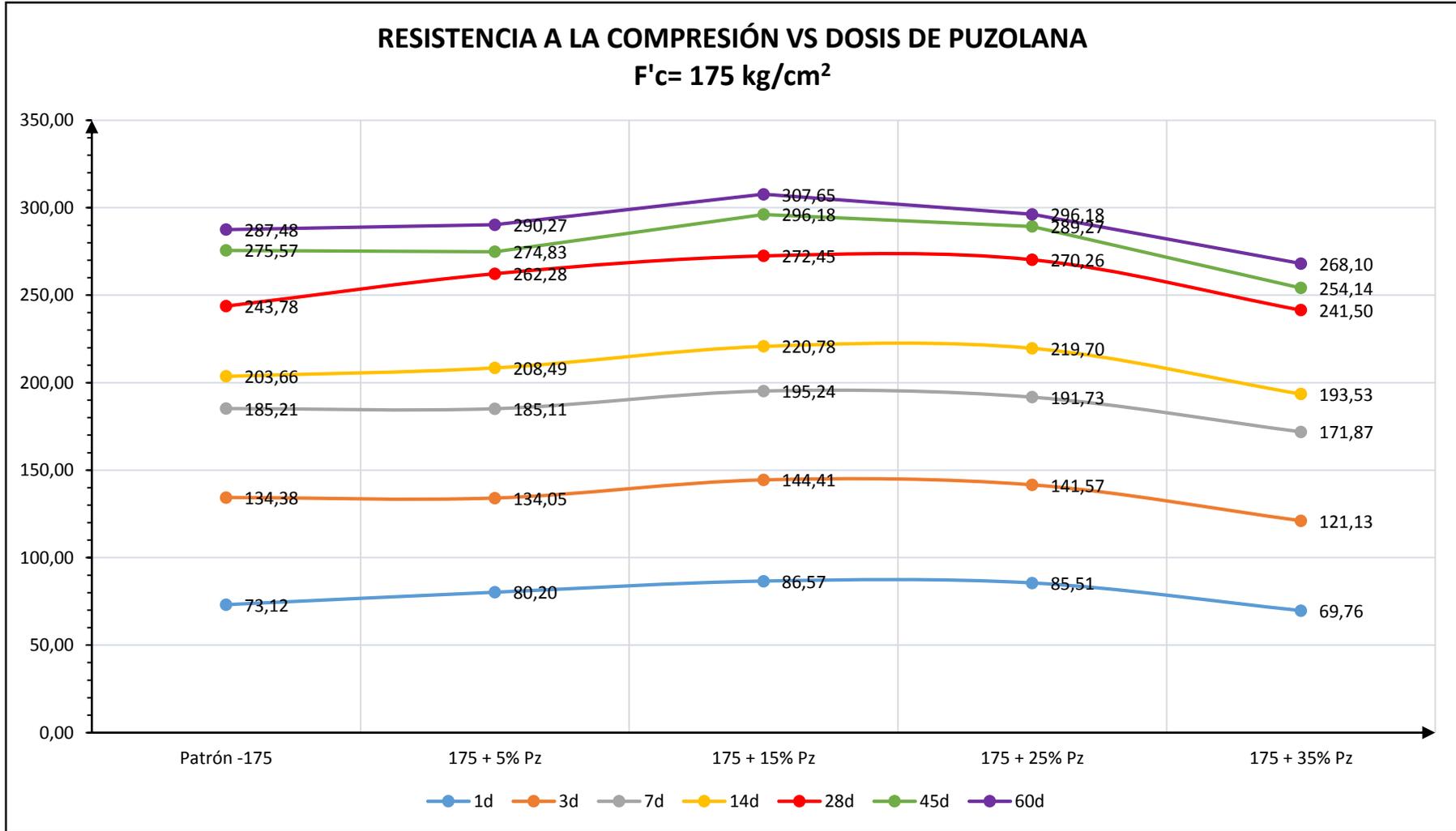


Gráfico 21. Resistencia a la compresión vs dosis de puzolana - F'c=210 kg/cm².

CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'c= 175 kg/cm²

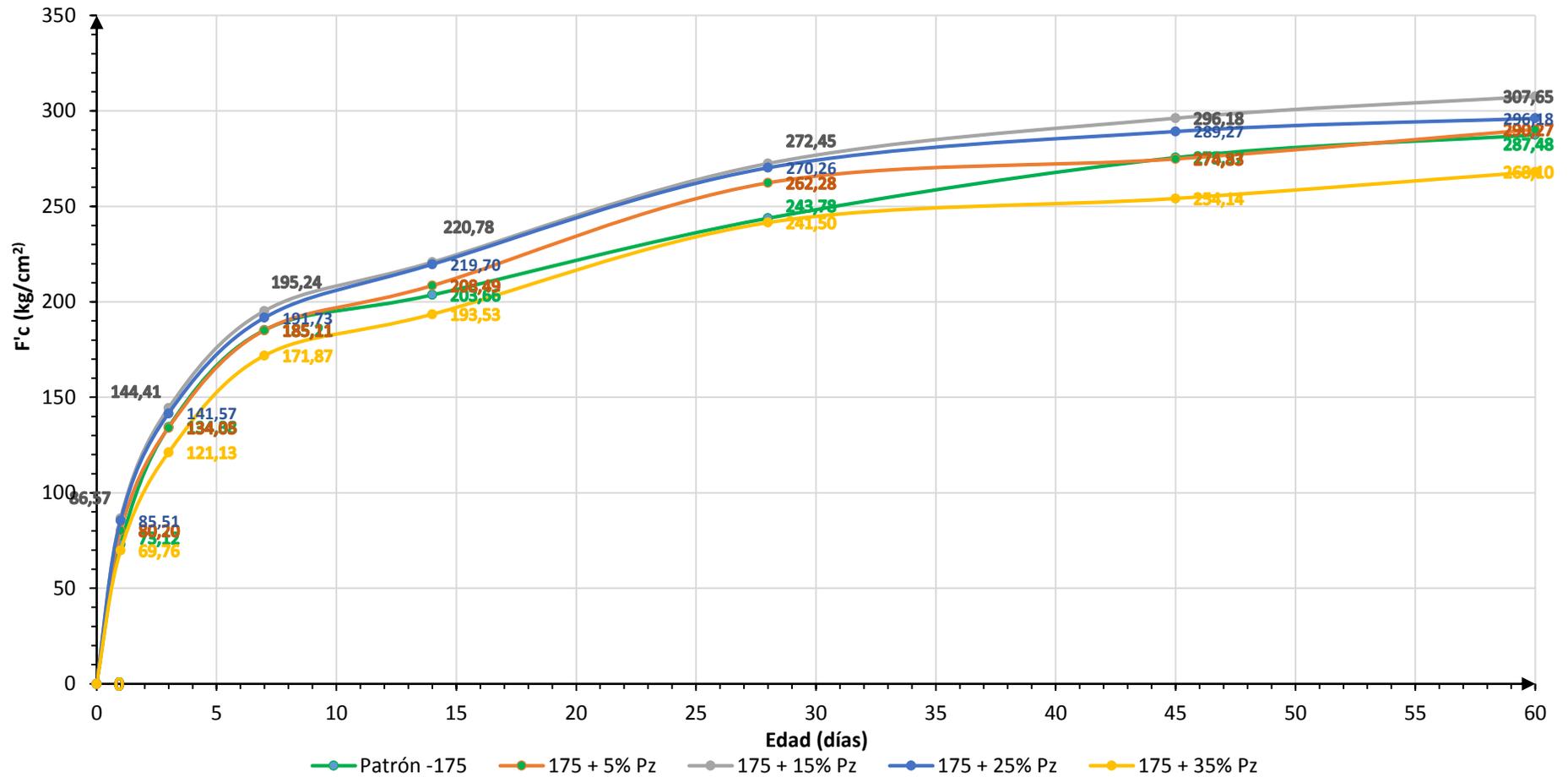


Gráfico 22. Curva de resistencia a la compresión - F'c= 175 kg/cm².

CONCLUSIONES:

- Del gráfico 21 se observa que la mayor resistencia o resistencia máxima se da cuando se adiciona el 15% de puzolana, además la resistencia a la compresión es mayor a la del concreto patrón; sin embargo, hasta el 25% de adición las resistencias superan la del concreto patrón y para dosis mayores al 25% las resistencias decrecen siendo menores a las del concreto patrón. Esta situación se mantiene conforme pasa el tiempo.
- En el gráfico 22, la curva de resistencia con valores de resistencia mayores es la de color gris que representa al concreto con adición de 15% de puzolana natural manteniéndose a lo largo de la evolución del concreto en el tiempo; para el concreto con adición de 35%, la curva de resistencia (curva amarilla) presenta valores por debajo de la curva de resistencia del concreto patrón (curva verde).

En la tabla 93 se muestra los porcentajes de resistencia alcanzada respecto al concreto patrón, siendo este el 100%.

Esta tabla nos permite analizar en qué porcentaje los valores de resistencia a la compresión de mezclas con adición de puzolana natural son mayores a los valores de resistencia del concreto patrón. En este caso teniendo los valores máximos alcanzados con adición del 15%, esta es en promedio hasta un 8% mayor al concreto patrón.

Tabla 93. Porcentaje de resistencia alcanzada respecto al C. Patrón – $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	Edad (días)						
	1	3	7	14	28	45	60
Patrón -175	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
175 + 5% Pz	109.68%	99.75%	99.94%	102.37%	107.59%	99.73%	100.97%
175 + 15% Pz	118.40%	107.46%	105.41%	108.41%	111.76%	107.48%	107.02%
175 + 25% Pz	116.95%	105.35%	103.52%	107.88%	110.86%	104.97%	103.03%
175 + 35% Pz	95.40%	90.14%	92.80%	95.03%	99.06%	92.22%	93.26%

En la tabla 94 se ha calculado el porcentaje de resistencia alcanzada en los concretos con adiciones de puzolana con respecto al $F'c$ de diseño, siendo para este caso $F'cr=245 \text{ kg/cm}^2$; que representaría el 100%.

Tabla 94. Porcentaje de resistencia alcanzada respecto al $F'cr$ de diseño – $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	Edad (días)						
	1	3	7	14	28	45	60
Patrón -175	29.84%	54.85%	75.60%	83.13%	99.50%	112.48%	117.34%
175 + 5% Pz	32.73%	54.72%	75.55%	85.10%	107.05%	112.18%	118.48%
175 + 15% Pz	35.34%	58.94%	79.69%	90.12%	111.20%	120.89%	125.57%
175 + 25% Pz	34.90%	57.78%	78.26%	89.67%	110.31%	118.07%	120.89%
175 + 35% Pz	28.47%	49.44%	70.15%	78.99%	98.57%	103.73%	109.43%

La tabla 94 muestra que el 70% de la resistencia del concreto tanto patrón como con adiciones de puzolana natural se logra a partir de los 7 días; sin embargo, a partir de los 28 días para mezclas con porcentajes de adición de hasta 25%, la resistencia alcanzada supera la resistencia de diseño.

7.1.7. Resistencia a la tracción

Tabla 95. Resultados ensayo tracción – $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (28 DÍAS)	% VARIACIÓN RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	OBS.
Patrón -175	27.13	-	
175 + 5% Pz	28.44	4.82%	mayor al patrón
175 + 15% Pz	30.07	10.82%	mayor al patrón
175 + 25% Pz	28.63	5.54%	mayor al patrón
175 + 35% Pz	26.57	2.06%	menor al patrón

Se ha elaborado el gráfico de barras 23 que nos permitirá analizar como varía la resistencia a la tracción conforme se le adiciona dosis de puzolana natural.

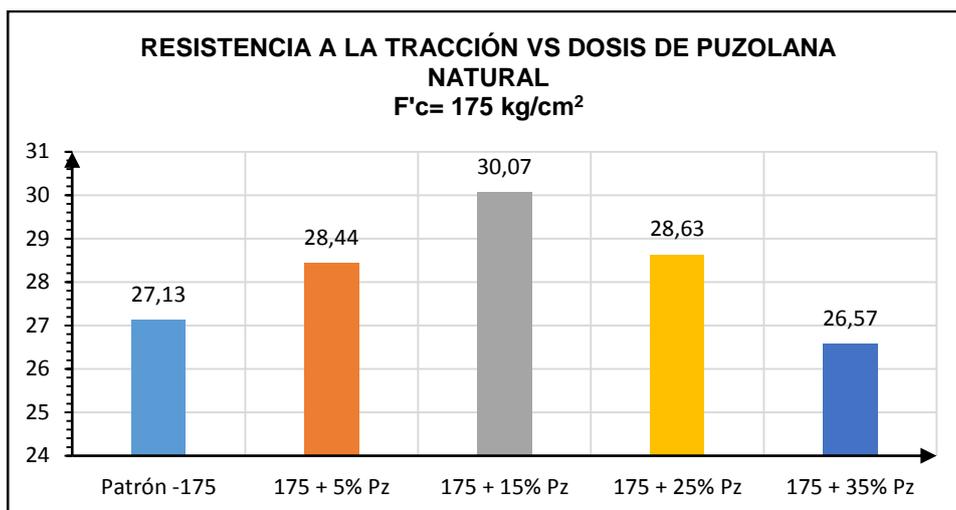


Gráfico 23. Resistencia a la tracción vs Dosis de puzolana natural- F'c=175 kg/cm².

CONCLUSIÓN:

La resistencia a la tracción es mayor que el concreto patrón para adiciones de hasta 15%; para adiciones mayores la resistencia a la tracción decrece siendo menor al concreto patrón. La resistencia máxima alcanzada se da con adiciones de 15%.

Relación Tracción/Compresión

Para realizar la comparación de la resistencia a la tracción como porcentaje de la resistencia a la compresión se ha realizado la tabla 96 que muestra la relación de la resistencia a la tracción respecto de la resistencia a la compresión.

Tabla 96. Relación de la resistencia a la tracción respecto a la resistencia a la compresión- F'c=175 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (28 DIAS)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (28 DÍAS)	RELACIÓN TRACCIÓN /COMPRESIÓN
Patrón -175	243.78	27.13	11.13%
175 + 5% Pz	262.28	28.44	10.84%
175 + 15% Pz	272.45	30.07	11.04%
175 + 25% Pz	270.26	28.63	10.59%
175 + 35% Pz	241.50	26.57	11.00%

Otazzi (34) menciona que “la resistencia a la tracción del concreto varía entre el 8% y el 15% de la resistencia a la compresión”.

CONCLUSIÓN:

Se observa en la tabla 96 que la relación tracción/compresión se encuentra entre porcentajes de 10.59% y 11.13%; y se encuentran dentro del intervalo de valores mencionado por Otazzi.

Otro de los ensayos utilizados para determinar de manera indirecta la resistencia a la tracción del concreto es el Split Test o llamado ensayo brasileño, calculándose como $1.7\sqrt{f_c}$ (kg/cm²).

Realizando la comparación entre estos ensayos, encontramos:

Tabla 97. Comparación del ensayo de compresión diametral vs Split test.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (28 DÍAS)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (kg/cm ²)	SPLIT TEST (kg/cm ²)
Patrón -175	243.78	27.13	26.54
175 + 5% Pz	262.28	28.44	27.53
175 + 15% Pz	272.45	30.07	28.06
175 + 25% Pz	270.26	28.63	27.95
175 + 35% Pz	241.50	26.57	26.42

CONCLUSIÓN:

De la tabla 97, los valores calculados con el ensayo brasileño versus el ensayo de compresión diametral; presentan resultados similares por lo que se considera que los resultados del ensayo son confiables.

7.1.8. Resistencia a la flexión

Tabla 98. Resultados ensayo de flexión- $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	MODULO ROTURA (kg/cm^2)	% VARIACION RESPECTO AL C. PATRÓN	OBS.
Patrón -175	36.36	-	-
175 + 5% Pz	38.63	6.24%	Mayor al patrón
175 + 15% Pz	37.31	2.61%	Mayor al patrón
175 + 25% Pz	36.56	0.55%	Mayor al patrón
175 + 35% Pz	35.98	1.05%	Menor al patrón

Se ha elaborado el gráfico de barras 24 nos permitirá analizar como varía la resistencia a la flexión conforme se le adiciona dosis de puzolana natural.

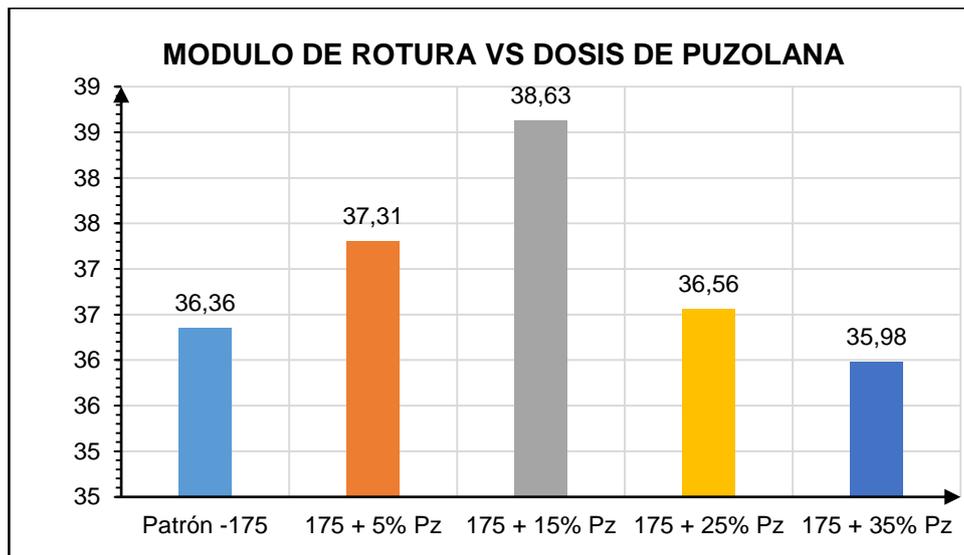


Gráfico 24. Módulo de rotura vs Dosis de puzolana – $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$.

CONCLUSIÓN:

El gráfico muestra que los valores de módulo de rotura alcanzados mediante el ensayo de flexión a los 28 días, son mayores que el concreto patrón hasta adiciones de 25%; sin embargo, para adiciones mayores la resistencia a la flexión decrece. De ello la mayor resistencia a la flexión se logra con adiciones de puzolana natural al 15%.

Relación MR/ F'c

Para calcular que porcentaje de la resistencia a la compresión a los 28 días, ha alcanzado el módulo de rotura ensayado en el ensayo de vigas, se ha elaborado la tabla 99.

Tabla 99. Relación del módulo de rotura respecto a la resistencia a la compresión- F'c= 175 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	MODULO ROTURA (kg/cm ²)	MR/F'c (%)
Patrón -175	36.36	14.92
175 + 5% Pz	38.63	14.73
175 + 15% Pz	37.31	13.69
175 + 25% Pz	36.56	13.53
175 + 35% Pz	35.98	14.90

CONCLUSIÓN:

La relación de resistencia a la tracción respecto a la resistencia a la compresión varía entre 13.53 % y 14.92 %.

7.2. $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

RESULTADOS ENSAYOS						
$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$						
PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO						
Propiedades	En general	PATRÓN	CON ADICIÓN DE PUZOLANA NATURAL			
			+5%	+15%	+25%	+35%
Slump	Disminuye	4"	3 3/4"	3 1/4"	3"	2 1/2"
			menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón
Exudación	Disminuye	3.08%	2.92%	2.64%	2.51%	2.23%
			menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón
Aire atrapado	Aumenta	1.24%	1.32%	1.45%	1.56%	1.67%
			mayor al patrón	mayor al patrón	mayor al patrón	mayor al patrón
Tiempo de fraguado	Se acelera	08hr13min	07hr56min	07hr49min	07hr34min	07hr11min
			menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón
Peso Unitario	Aumenta	2328 kg/m ³	2332	2344	2338	2325
			mayor al patrón	mayor al patrón / máximo	mayor al patrón	menor al patrón
PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO						
Resistencia a la Compresión (28d)	Aumenta	290.94 kg/cm ²	304.16	316.26	310.99	287.83
			mayor al patrón	mayor al patrón/máximo	mayor al patrón	menor al patrón
Resistencia a la Tracción (28d)	Aumenta	30.83 kg/cm ²	31.17	33.43	31.94	30.10
			mayor al patrón	mayor al patrón/máximo	mayor al patrón	menor al patrón
Resistencia a la Flexión (28d)	Aumenta	36.36 kg/cm ²	37.31	38.63	36.56	35.98
			mayor al patrón	mayor al patrón/máximo	mayor al patrón	menor al patrón

7.2.1. Slump

Tabla 100. Resultados ensayo de slump – F'c= 210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	SLUMP (pulg.)	% VARIACIÓN RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	Obs.
Patrón -210	4	-	-
210+ 5% Pz	3 3/4	6.25%	Menor al patrón
210 + 15% Pz	3 1/4	18.75%	Menor al patrón
210 + 25% Pz	3	25.00%	Menor al patrón
210 + 35% Pz	2 1/2	37.50%	Menor al patrón

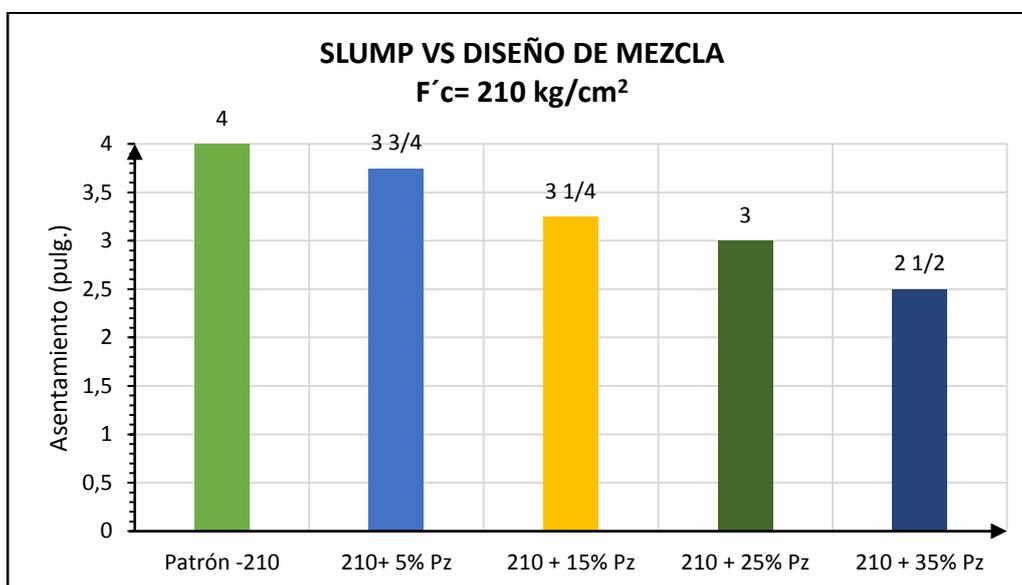


Gráfico 25. Slump vs diseño de mezcla F'c= 210 kg/cm².

CONCLUSIÓN:

Del gráfico de barras se observa que el slump de las mezclas con adición de puzolana natural disminuye siendo menor al concreto patrón; es decir, la mezcla pierde trabajabilidad conforme se le adiciona puzolana natural, sin embargo, hasta mezclas con adición del 25% la mezcla se encuentra dentro del rango plástico.

7.2.2. Exudación

Tabla 101.Resultado ensayo de exudación- F'c = 210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	AGUA TOTAL EXUDADA (ML)	% VARIACIÓN RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	OBS
Patrón -210	64.2	-	-
210+ 5% Pz	60.3	6.07%	Menor al patron
210 + 15% Pz	54.7	14.80%	Menor al patrón
210 + 25% Pz	51.8	19.31%	Menor al patrón
210 + 35% Pz	46.3	27.88%	Menor al patrón

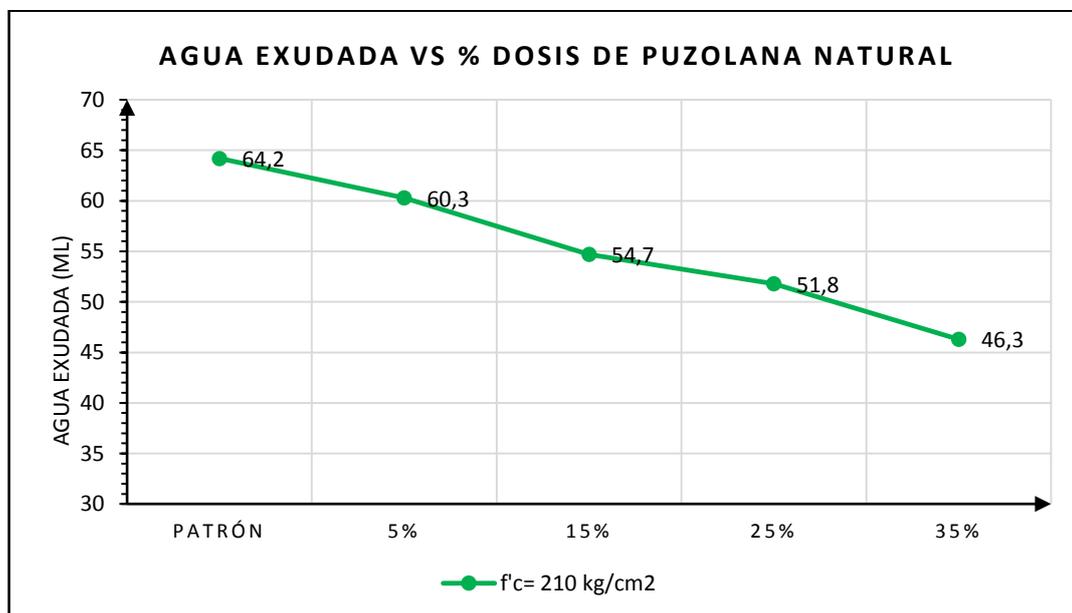


Gráfico 26. Agua exudada vs dosis de puzolana natural- F'c= 210 kg/cm².

Se elaboró un gráfico de líneas (gráfico 26), donde se observa la cantidad de agua exudada en mililitros versus los diseños de mezcla. En el eje "X" se tienen los diseños de mezcla (patrón, con 5% de puzolana, con 10% de puzolana y con 15% de puzolana) siendo en total 4 puntos y en el eje "Y" la cantidad de agua exudada.

CONCLUSIÓN:

Del gráfico de líneas se observa que la exudación disminuye conforme se realizan las adiciones de puzolana natural. Esto se debe a la finura de la

puzolana que hace que el agua de la mezcla se retenga siendo menor la exudación.

7.2.3. Aire atrapado

Tabla 102. Resultados ensayo aire atrapado- $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	% DE AIRE ATRAPADO	% VARIACIÓN RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	OBS.
Patrón -210	1.24%	-	-
210+ 5% Pz	1.32%	6.45%	Mayor al patrón
210 + 15% Pz	1.45%	16.94%	Mayor al patrón
210 + 25% Pz	1.56%	25.81%	Mayor al patrón
210 + 35% Pz	1.67%	34.68%	Mayor al patrón

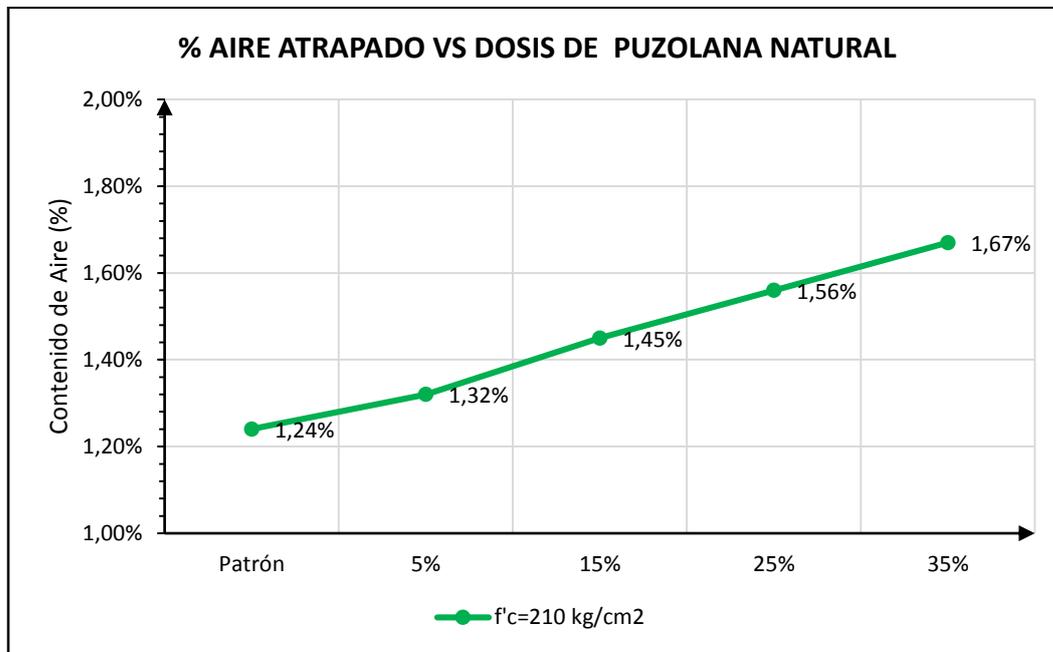


Gráfico 27. % Aire atrapado vs dosis de puzolana natural- $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$.

Se ha realizado el gráfico de líneas (gráfico 27), donde se representa el porcentaje de aire atrapado versus mezclas. En el eje "X" se tiene el tipo de concreto (patrón, con 5% de puzolana, 15% de puzolana, 25% de puzolana y con 35% de puzolana) y en el eje "Y" se tiene el porcentaje o contenido de aire.

CONCLUSIÓN:

De los resultados del ensayo de aire atrapado, en el gráfico 20 se observa que las líneas tienen pendiente positiva; por tanto, el porcentaje de aire atrapado se incrementa conforme se realizan las adiciones de puzolana natural; sin embargo, los valores de aire atrapado son inferiores respecto al diseño teórico del método del ACI siendo para todos los diseños 2%, por lo que no hay variación significativa por razones de la adición.

7.2.4. Tiempo de fraguado

Tabla 103. Resultados ensayo tiempo de fragua- F'c = 175 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	TFI (hr min)	% VARIACIÓN TFI CON RESPECTO AL TFI DEL CONCRETO PATRÓN	Obs.	TFF (hr min)	% VARIACIÓN TFF CON RESPECTO AL TFF DEL CONCRETO PATRÓN	Obs.
Patrón -210	5:37	-	-	8:13	-	-
210+ 5% Pz	5:23	4.15%	Menor al patrón	7:56	3.45%	Menor al patrón
210 + 15% Pz	5:05	9.50%	Menor al patrón	7:49	4.87%	Menor al patrón
210 + 25% Pz	4:47	14.84%	Menor al patrón	7:34	7.91%	Menor al patrón
210 + 35% Pz	4:17	23.74%	Menor al patrón	7:11	12.58%	Menor al patrón

El gráfico 28 representa los tiempos de fragua inicial y final del concreto de diseño F'c= 210 kg/cm²; donde la línea de color amarilla representa los tiempos de fragua final y la línea de color naranja los tiempos de fragua inicial.

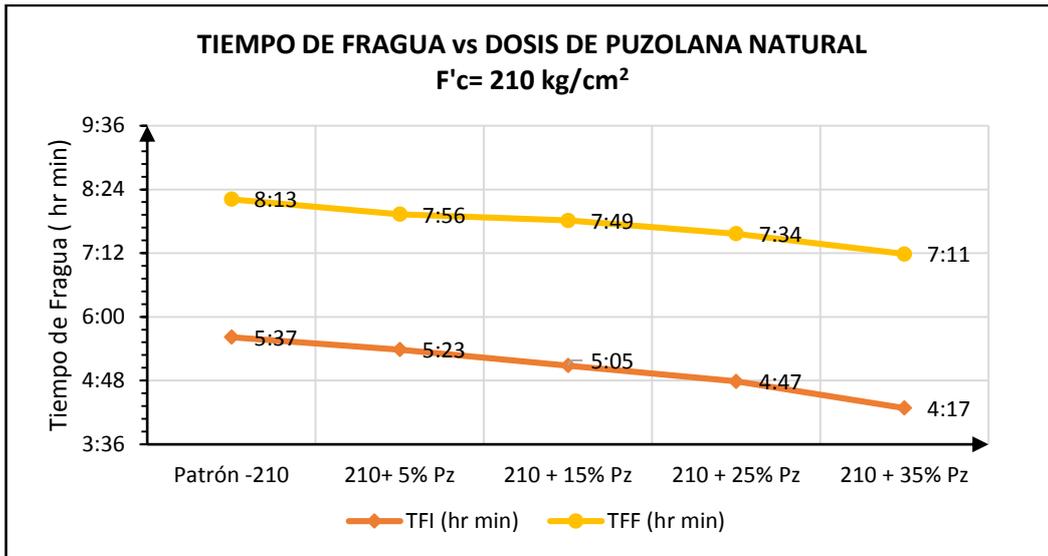


Gráfico 28. Tiempo de fragua vs dosis de puzolana natural – F'c=210 kg/cm².

CONCLUSIÓN:

De los resultados, los tiempos de fragua inicial como final de los concretos con adición de puzolana natural son menores al concreto patrón. Por tanto, sufre una ligera aceleración conforme se le adiciona puzolana natural; sin embargo, esta aceleración es poco significativa en el concreto.

En el caso de los concretos de F'c = 210 kg/cm², los tiempos de fragua inicial son menores entre 4 al 24% respecto del concreto patrón conforme se adiciona puzolana natural y los tiempos de fragua final son menores entre 3 al 13% respecto del patrón.

7.2.5. Peso unitario del concreto

Tabla 104. Resultados ensayo peso unitario- F'c = 210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (kg/m ³)	% VAR. RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	OBS.
Patrón -210	2328	-	-
210+ 5% Pz	2332	0.17%	Mayor al patrón
210 + 15% Pz	2344	0.69%	Mayor al patrón
210 + 25% Pz	2338	0.43%	Mayor al patrón
210 + 35% Pz	2325	0.13%	Menor al patrón

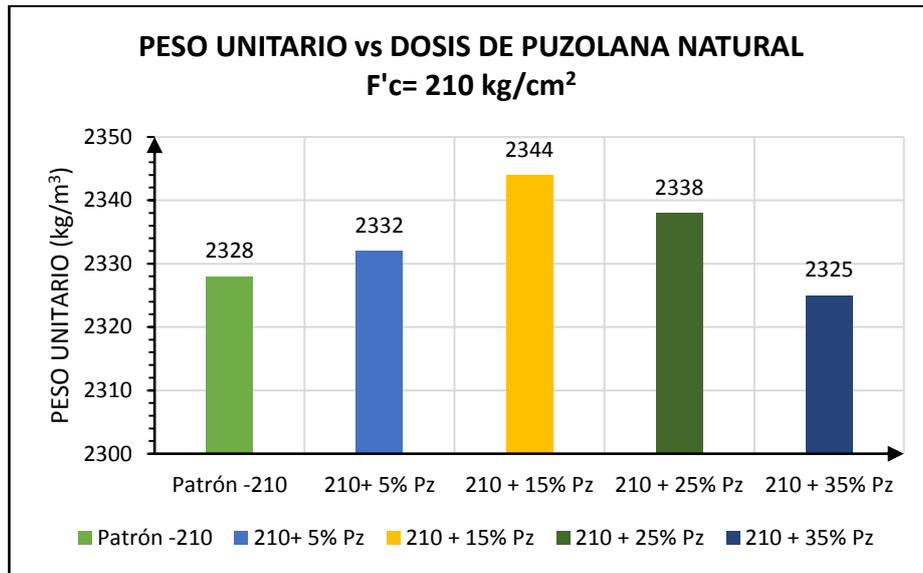


Gráfico 29. Peso unitario vs dosis de puzolana natural – F'c= 210 kg/cm².

CONCLUSIÓN:

Del gráfico 20 se observa que se mantiene la condición en que el peso unitario se incrementa conforme se realiza la adición, hasta que llega a un punto máximo que se da cuando se adiciona 15% de puzolana; para porcentajes de adición mayor el peso unitario empieza a decrecer; sin embargo, el concreto no se ve afectado ya que los valores se encuentran dentro de los concretos de densidad normal.

7.2.6. Resistencia a la compresión

Los datos de resistencia a la compresión de probetas según edades de rotura para F'c = 210 kg/cm² se muestran en la tabla 105.

Tabla 105. Resistencia a la compresión vs edades- F'c= 210 kg/cm².

Mezcla	Edad (días)						
	1	3	7	14	28	45	60
Patrón -210	91.22	166.44	226.22	245.63	290.94	310.12	319.53
210 + 5% Pz	93.05	173.95	225.26	251.73	304.16	313.43	322.35
210 + 15% Pz	104.54	184.63	240.37	265.70	316.26	333.93	334.84
210 + 25% Pz	101.28	180.76	237.81	257.92	310.99	326.91	329.52
210 + 35% Pz	85.79	151.72	208.44	233.66	287.83	301.44	311.19

En el gráfico 30 se ha representado las resistencias a la compresión alcanzadas según edades y dosis de puzolana natural, donde la línea azul representa las roturas a 1 día, la línea naranja las roturas a 3 días, la línea gris roturas a 7 días, la línea amarilla roturas a 14 días, la línea roja roturas a 28 días, la línea verde roturas a 45 días y la línea lila roturas a 60 días; este gráfico nos permite analizar la evolución de las resistencias a edad determinada y observar la variación conforme se le adiciona puzolana natural y respecto del concreto patrón.

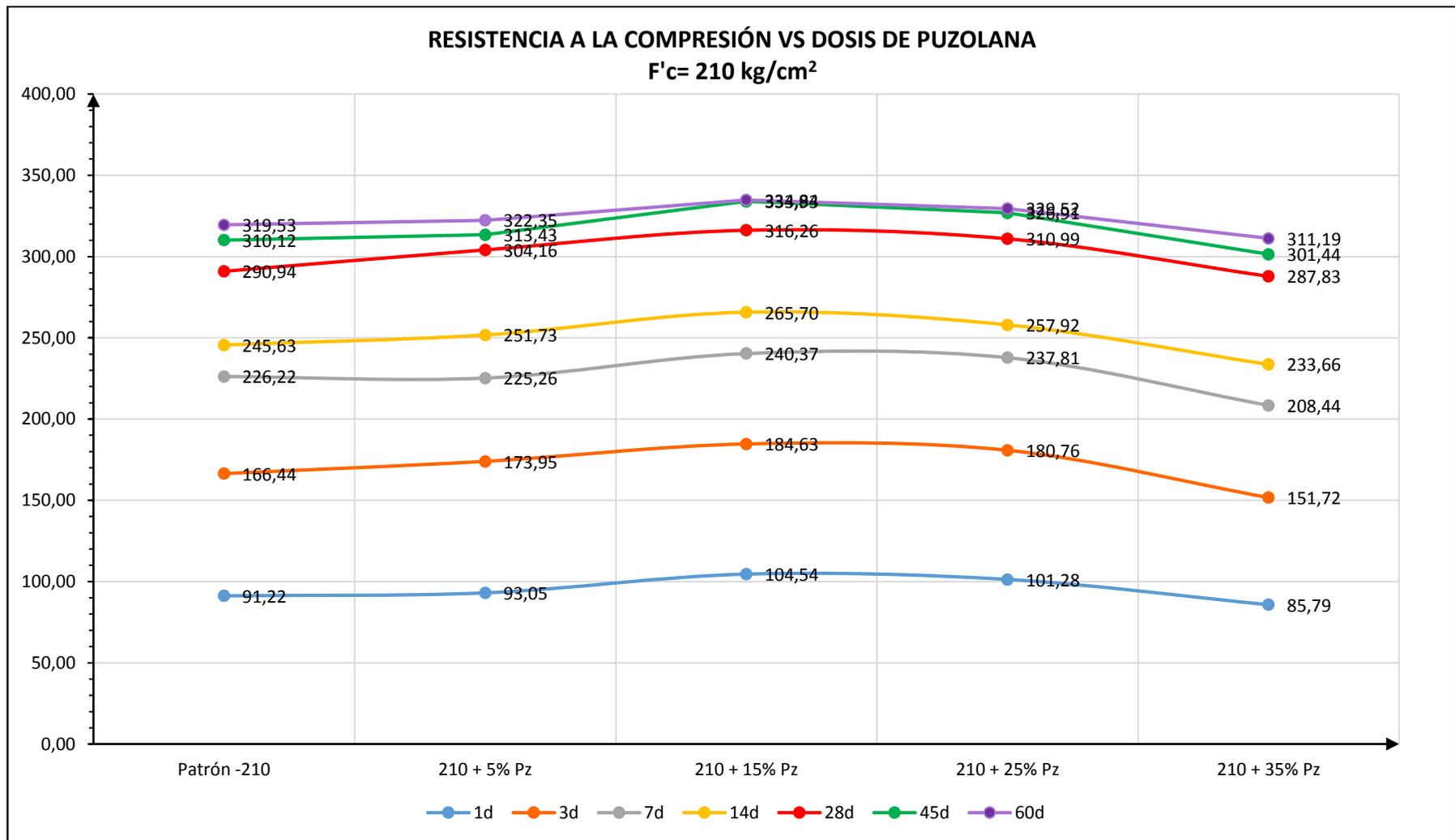


Gráfico 30. Resistencia a la compresión vs dosis de puzolana- F'c=210 kg/cm².

CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'c= 210 kg/cm²

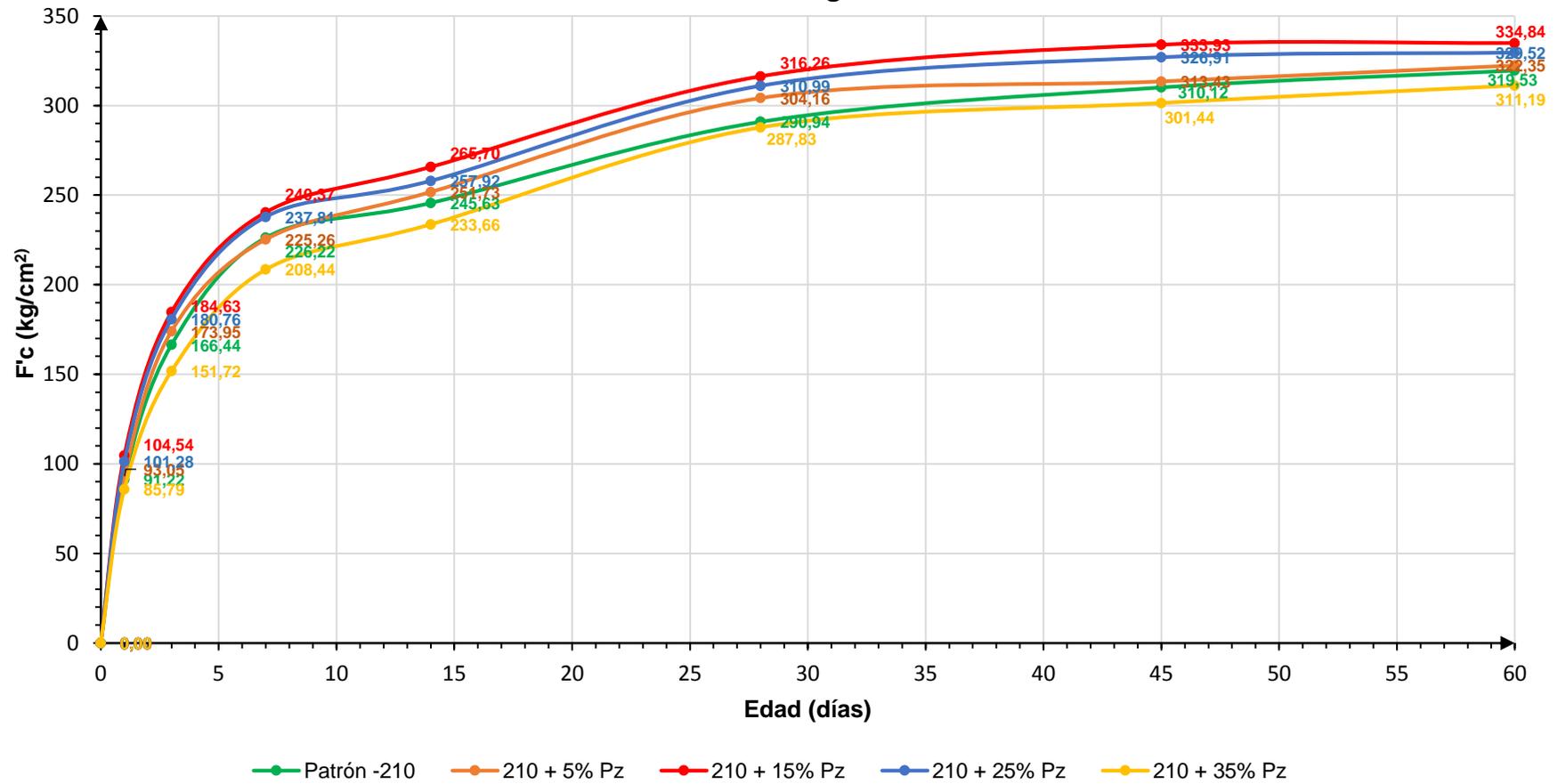


Gráfico 31. Curva de resistencia a la compresión - F'c= 210 kg/cm².

CONCLUSIONES:

- En el gráfico 30 se observa que la mayor resistencia o resistencia máxima se da cuando se adiciona el 15% de puzolana, además la resistencia a la compresión es mayor a la del concreto patrón; sin embargo, hasta el 25% de adición las resistencias superan la del concreto patrón y para dosis mayores al 25% las resistencias decrecen siendo menores a las del concreto patrón. Esta situación se mantiene conforme pasa el tiempo.
- En el gráfico 31, la curva de resistencia con valores de resistencia mayores es la de color rojo que representa al concreto con adición de 15% de puzolana natural, manteniéndose a lo largo de la evolución del concreto en el tiempo; para el concreto con adición de 35%, la curva de resistencia (curva amarilla) presenta valores por debajo de la curva de resistencia del concreto patrón (curva verde).

La tabla 106 muestra los porcentajes de resistencia alcanzada respecto al concreto patrón siendo este el 100%. En este caso teniendo los valores máximos alcanzados con adición del 15% esta es en promedio hasta un 8.73% mayor al concreto patrón.

Tabla 106, Porcentaje de resistencia alcanzada respecto al C. Patrón – F'c= 210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	Edad (días)						
	1	3	7	14	28	45	60
Patrón -210	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
210 + 5% Pz	102.01%	104.51%	99.58%	102.48%	104.54%	101.06%	100.88%
210 + 15% Pz	114.60%	110.93%	106.25%	108.17%	108.70%	107.68%	104.79%
210 + 25% Pz	111.03%	108.60%	105.13%	105.00%	106.89%	105.41%	103.13%
210 + 35% Pz	94.04%	91.15%	92.14%	95.13%	98.93%	97.20%	97.39%

La tabla 107 se ha elaborado para calcular el porcentaje de resistencia alcanzada en los concretos con adiciones de puzolana natural con respecto al F'c de diseño siendo para este caso F'cr=294 kg/cm² que representaría el 100%.

Tabla 107. Porcentaje de resistencia alcanzada respecto al F'cr de diseño – F'c= 210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	Edad (días)						
	1	3	7	14	28	45	60
Patrón -210	31.03%	56.61%	76.95%	83.55%	98.96%	105.48%	108.68%
210 + 5% Pz	31.65%	59.17%	76.62%	85.62%	103.46%	106.61%	109.64%
210 + 15% Pz	35.56%	62.80%	81.76%	90.37%	107.57%	113.58%	113.89%
210 + 25% Pz	34.45%	61.48%	80.89%	87.73%	105.78%	111.19%	112.08%
210 + 35% Pz	29.18%	51.60%	70.90%	79.48%	97.90%	102.53%	105.85%

CONCLUSIÓN:

Se observa que el 70% de la resistencia del concreto tanto patrón como con adiciones de puzolana natural se logra a partir de los 7 días; sin embargo, a los 28 días se observa que para porcentajes de adición de hasta 25% la resistencia tiene tendencia a crecimiento superando la resistencia de diseño.

7.2.7. Resistencia a la tracción

Tabla 108. Resultados ensayo tracción – F'c= 210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (28 DÍAS)	% VARIACIÓN RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	OBS.
Patrón -210	30.83	-	
210+ 5% Pz	31.17	1.09%	mayor al patrón
210 + 15% Pz	33.43	8.43%	mayor al patrón
210 + 25% Pz	31.94	3.58%	mayor al patrón
210 + 35% Pz	30.10	2.37%	menor al patrón

Se ha elaborado el gráfico de barras 32 que nos permitirán analizar como varía la resistencia a la tracción conforme se le adiciona dosis de puzolana natural.

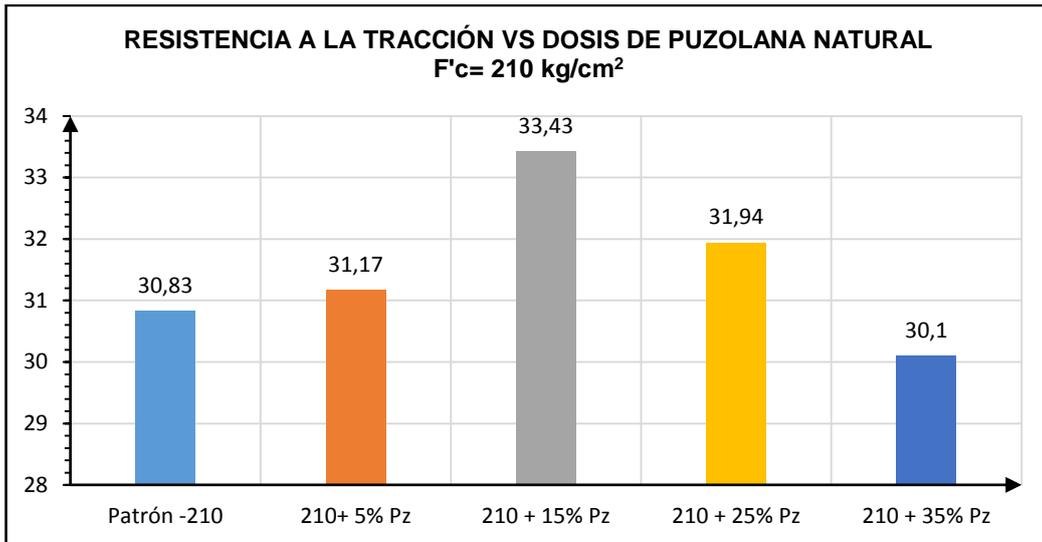


Gráfico 32. Resistencia a la tracción vs dosis de puzolana natural- F'c=210 kg/cm².

CONCLUSIÓN:

La resistencia a la tracción es mayor que el concreto patrón para adiciones de hasta 15; para adiciones mayores la resistencia a la tracción decrece siendo menor al concreto patrón. La resistencia máxima alcanzada se da con adiciones de 15%.

Relación Tracción/Compresión

Para realizar la comparación de la resistencia a la tracción como porcentaje de la resistencia a la compresión se ha realizado la tabla 109 que muestra la relación de la resistencia a la tracción respecto de la resistencia a la compresión.

Tabla 109. Relación de la resistencia a la tracción respecto a la resistencia a la compresión- F'c=210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (28 DIAS)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (28 DÍAS)	RELACIÓN TRACCIÓN /COMPRESIÓN
Patrón -210	290.94	30.83	10.60%
210+ 5% Pz	304.16	31.17	10.25%
210 + 15% Pz	316.26	33.43	10.57%
210 + 25% Pz	310.99	31.94	10.27%
210 + 35% Pz	287.83	30.10	10.46%

Otazzi (34) menciona que “la resistencia a la tracción del concreto, varía entre el 8% y el 15% de la resistencia a la compresión”.

CONCLUSIÓN:

Se observa en la tabla 109 que la relación tracción/compresión se encuentra entre porcentajes de 10.25% y 10.60% y se encuentran dentro del intervalo de valores mencionado por Otazzi.

Otro de los ensayos utilizados para determinar de manera indirecta, la resistencia a la tracción del concreto es el Split Test, o llamado ensayo brasileño, calculándose como $1.7\sqrt{f'c}$ (kg/cm²).

Realizando la comparación entre estos ensayos, encontramos:

Tabla 110. Comparación del ensayo de compresión diametral vs Split test - F'c=210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (28 DÍAS)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (kg/cm ²)	SPLIT TEST (kg/cm ²)
Patrón -210	290.94	30.83	29.00
210+ 5% Pz	304.16	31.17	29.65
210 + 15% Pz	316.26	33.43	30.23
210 + 25% Pz	310.99	31.94	29.98
210 + 35% Pz	287.83	30.10	28.84

CONCLUSIÓN:

De la tabla 110 los valores calculados con el ensayo brasileño versus el ensayo de compresión diametral presentan resultados similares; por lo que se considera que los resultados del ensayo son confiables.

7.2.8. Resistencia a la flexión

Tabla 111. Resultados ensayo de flexión- $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	MODULO ROTURA (kg/cm^2)	% VARIACION RESPECTO AL C. PATRÓN	OBS.
Patrón -210	39.53	-	-
210+ 5% Pz	41.37	4.65%	Mayor al patrón
210 + 15% Pz	43.12	9.08%	Mayor al patrón
210 + 25% Pz	41.80	5.74%	Mayor al patrón
210 + 35% Pz	39.02	1.29%	Menor al patrón

Se ha elaborado el gráfico de barras 33 que nos permitirá analizar como varía la resistencia a la flexión conforme se le adiciona dosis de puzolana natural.

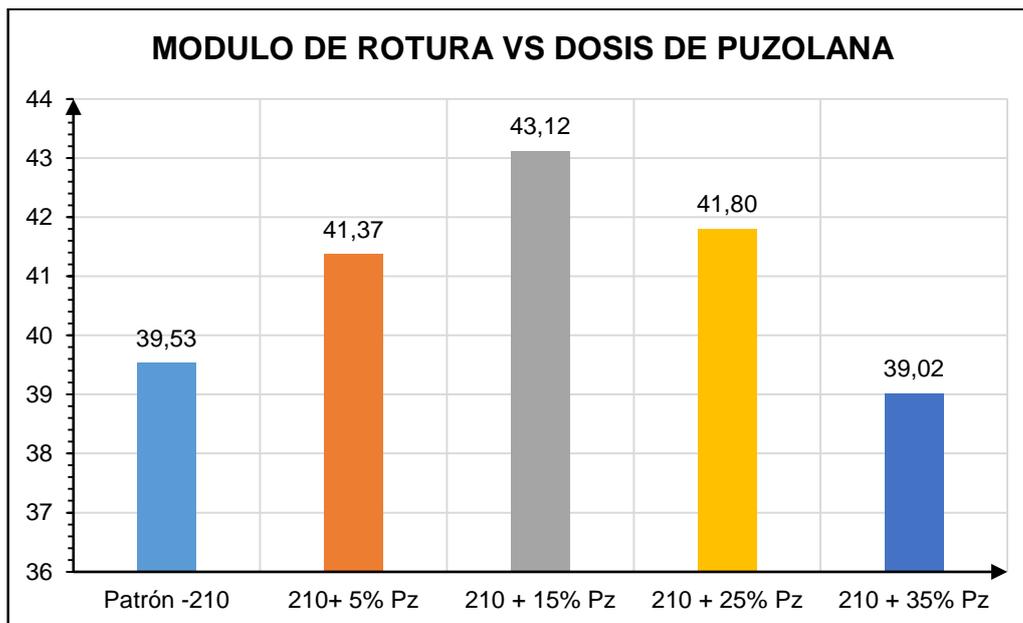


Gráfico 33. Módulo de rotura vs dosis de puzolana – $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$.

CONCLUSIÓN:

El gráfico muestra que los valores de módulo de rotura alcanzados mediante el ensayo de flexión a los 28 días son mayores que el concreto patrón hasta adiciones de 25%; sin embargo, para adiciones mayores la resistencia a la

flexión decrece. De ello la mayor resistencia a la flexión se logra con adiciones de puzolana natural al 15%.

Relación MR/ F'c

Para calcular que porcentaje de la resistencia a la compresión a los 28 días ha alcanzado el módulo de rotura ensayado en el ensayo de vigas se ha elaborado la tabla 112.

Tabla 112. Relación del módulo de rotura respecto a la resistencia a la compresión- F'c= 210 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	MODULO ROTURA (kg/cm²)	MR/F'c (%)
Patrón -210	39.53	13.59
210+ 5% Pz	41.37	13.60
210 + 15% Pz	43.12	13.63
210 + 25% Pz	41.80	13.44
210 + 35% Pz	39.02	13.56

CONCLUSIÓN:

La relación de resistencia a la tracción respecto a la resistencia a la compresión varía entre 13.44 % y 13.63%.

7.3. $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$

RESULTADOS ENSAYOS						
$F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$						
PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO						
Propiedades	En general	PATRÓN	CON ADICIÓN DE PUZOLANA NATURAL			
			+5%	+15%	+25%	+35%
Slump	Disminuye	4"	3 1/2"	3 1/4"	2 3/4"	2 1/4"
			menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón
Exudación	Disminuye	2.88%	2.66%	2.48%	2.11%	1.85%
			menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón
Aire atrapado	Aumenta	1.16%	1.28%	1.35%	1.46%	1.52%
			mayor al patrón	mayor al patrón	mayor al patrón	mayor al patrón
Tiempo de fraguado	Se acelera	07hr53min	07hr47min	07hr07min	06hr53min	06hr49min
			menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón	menor al patrón
Peso Unitario	Aumenta	2339 kg/m^3	2344	2355	2342	2334
			mayor al patrón	mayor al patrón / máximo	mayor al patrón	menor al patrón
PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO						
Resistencia a la Compresión (28d)	Aumenta	318.47 kg/cm^2	331.89	341.98	322.48	314.55
			mayor al patrón	mayor al patrón/máximo	mayor al patrón	menor al patrón
Resistencia a la Tracción (28d)	Aumenta	34.77 kg/cm^2	35.83	37.10	35.07	34.26
			mayor al patrón	mayor al patrón/máximo	mayor al patrón	menor al patrón
Resistencia a la Flexión (28d)	Aumenta	41.50 kg/cm^2	43.08	46.68	44.51	41.01
			mayor al patrón	mayor al patrón/máximo	mayor al patrón	menor al patrón

7.3.1. Slump

Tabla 113. Resultados ensayo de slump – F'c= 245 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	SLUMP (pulg.)	% VARIACIÓN RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	Obs.
Patrón -245	4	-	-
245+ 5% Pz	3 1/2	12.50%	Menor al patrón
245 + 15% Pz	3 1/4	18.75%	Menor al patrón
245 + 25% Pz	2 3/4	31.25%	Menor al patrón
245 + 35% Pz	2 1/4	43.75%	Menor al patrón

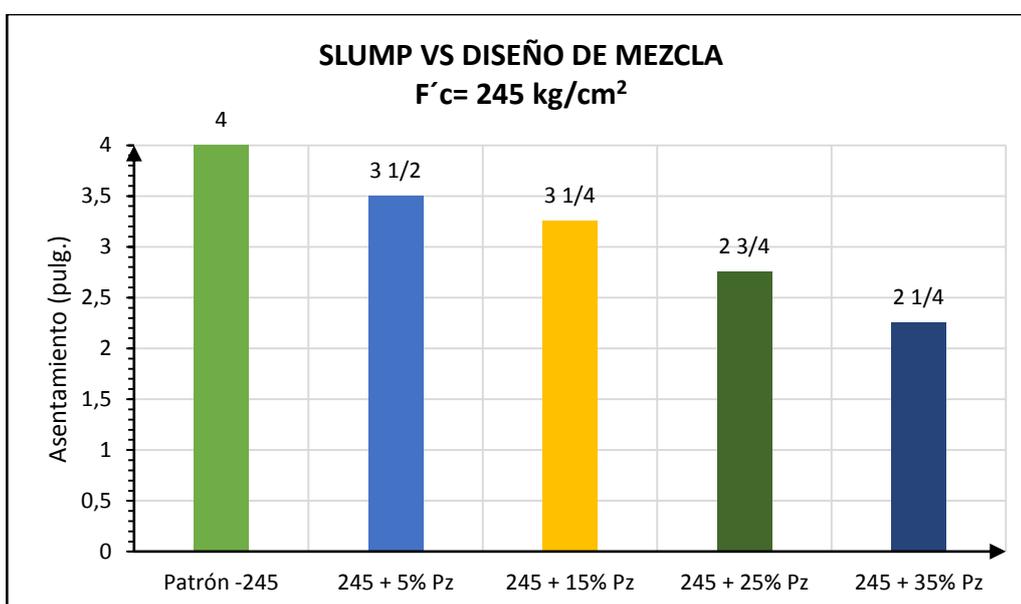


Gráfico 34. Slump vs diseño de mezcla F'c= 245 kg/cm².

CONCLUSIÓN:

Del gráfico de barras se observa que el slump de las mezclas con adición de puzolana natural disminuye siendo menor al concreto patrón; es decir, la mezcla pierde trabajabilidad conforme se le adiciona puzolana natural; sin embargo, hasta mezclas con adición del 25% la mezcla se encuentra dentro del rango plástico.

7.3.2. Exudación

Tabla 114. Resultado ensayo de exudación- $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	AGUA TOTAL EXUDADA (ML)	% VARIACIÓN RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	OBS
Patrón - 245	58.4	-	-
245 + 5% Pz	54.1	7.36%	Menor al patrón
245 + 15% Pz	50.6	13.36%	Menor al patrón
245 + 25% Pz	42.7	26.88%	Menor al patrón
245 + 35% Pz	37.4	35.96%	Menor al patrón

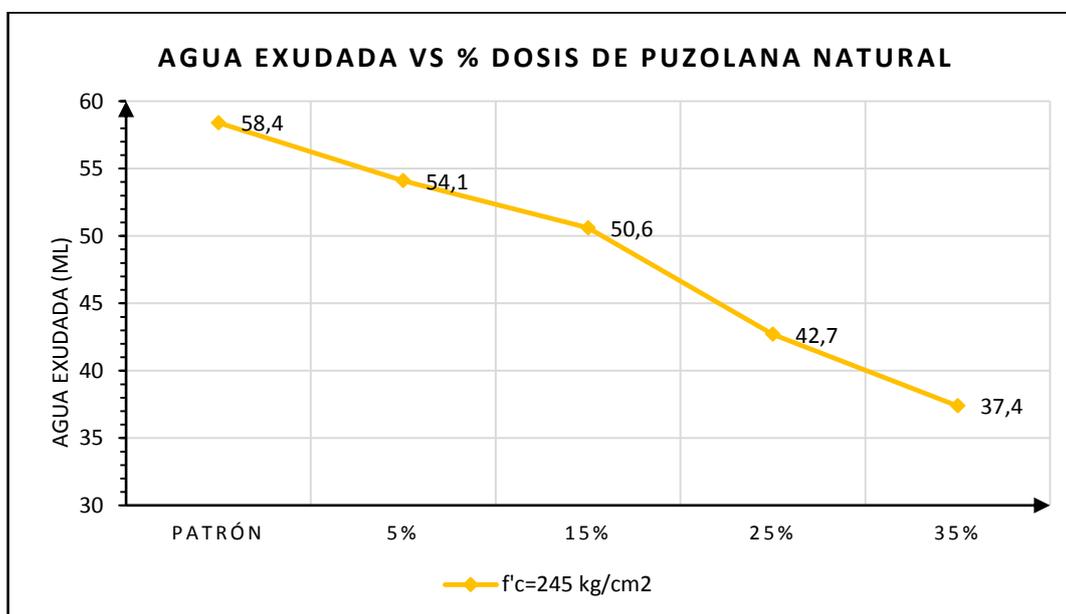


Gráfico 35. Agua exudada vs dosis de puzolana natural- $f'c= 245 \text{ kg/cm}^2$.

Se elaboró un gráfico de líneas (gráfico 35), donde se observa la cantidad de agua exudada en mililitros versus los diseños de mezcla. En el eje "X" se tienen los diseños de mezcla (patrón, con 5% de puzolana, con 10% de puzolana y con 15% de puzolana) siendo en total 4 puntos y en el eje "Y" la cantidad de agua exudada.

CONCLUSIÓN:

Del gráfico de líneas se observa que la exudación disminuye conforme se realizan las adiciones de puzolana natural. Esto se debe a la finura de la

puzolana que hace que el agua de la mezcla se retenga, siendo menor la exudación. Para el caso del $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, los concretos con adición de puzolana natural son menores al patrón, el agua exudada se reduce en porcentajes que van del 7 al 36% respecto del concreto patrón conforme se adiciona dosis de puzolana natural.

7.3.3. Aire atrapado

Tabla 115. Resultados ensayo aire atrapado- $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	% DE AIRE ATRAPADO	% VARIACIÓN RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	OBS.
Patrón -245	1.16%	-	-
245 + 5% Pz	1.28%	10.34%	Mayor al patrón
245 + 15% Pz	1.35%	16.38%	Mayor al patrón
245 + 25% Pz	1.46%	25.86%	Mayor al patrón
245 + 35% Pz	1.52%	31.03%	Mayor al patrón

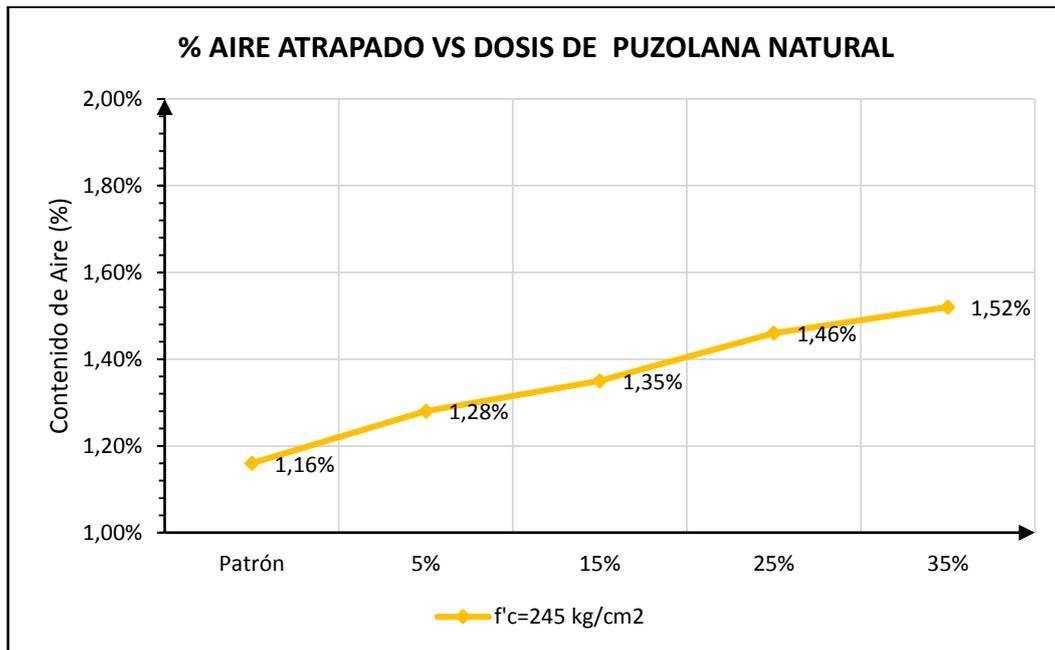


Gráfico 36. % Aire atrapado vs dosis de puzolana natural- $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$.

Se ha realizado el gráfico de líneas (gráfico 36) donde se representa el porcentaje de aire atrapado versus mezclas. En el eje "X" se tiene el tipo de concreto (patrón, con 5% de puzolana, 15% de puzolana, 25% de puzolana y con 35% de puzolana) y en el eje "Y" se tiene el porcentaje o contenido de aire.

CONCLUSIÓN:

De los resultados del ensayo de aire atrapado, en el gráfico 36 se observa que las líneas tienen pendiente positiva; por tanto, el porcentaje de aire atrapado se incrementa conforme se realizan las adiciones de puzolana natural; sin embargo, los valores de aire atrapado son inferiores respecto al diseño teórico del método del ACI siendo para todos los diseños 2%, por lo que no hay variación significativa por razones de la adición. Los concretos con adición de puzolana natural son mayores al patrón, el porcentaje de contenido de aire aumenta en porcentajes que van del 10 al 32% respecto del concreto patrón, conforme se adiciona dosis de puzolana natural.

7.3.4. Tiempo de fraguado

Tabla 116. Resultados ensayo tiempo de fragua- F'c = 245 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	TFI (hr min)	% VARIACIÓN TFI CON RESPECTO AL TFI DEL CONCRETO PATRÓN	Obs.	TFF (hr min)	% VARIACIÓN TFF CON RESPECTO AL TFF DEL CONCRETO PATRÓN	Obs.
Patrón -245	5:11	-	-	7:53	-	-
245 + 5% Pz	4:53	5.79%	Menor al patrón	7:47	1.27%	Menor al patrón
245 + 15% Pz	4:19	16.72%	Menor al patrón	7:07	9.73%	Menor al patrón
245 + 25% Pz	4:08	20.26%	Menor al patrón	6:53	12.68%	Menor al patrón
245 + 35% Pz	3:47	27.01%	Menor al patrón	6:49	13.53%	Menor al patrón

El gráfico 37 representa los tiempos de fragua inicial y final del concreto de diseño F'c= 245 kg/cm²; donde la línea de color morada representa los tiempos de fragua final y la línea de color azul los tiempos de fragua inicial.

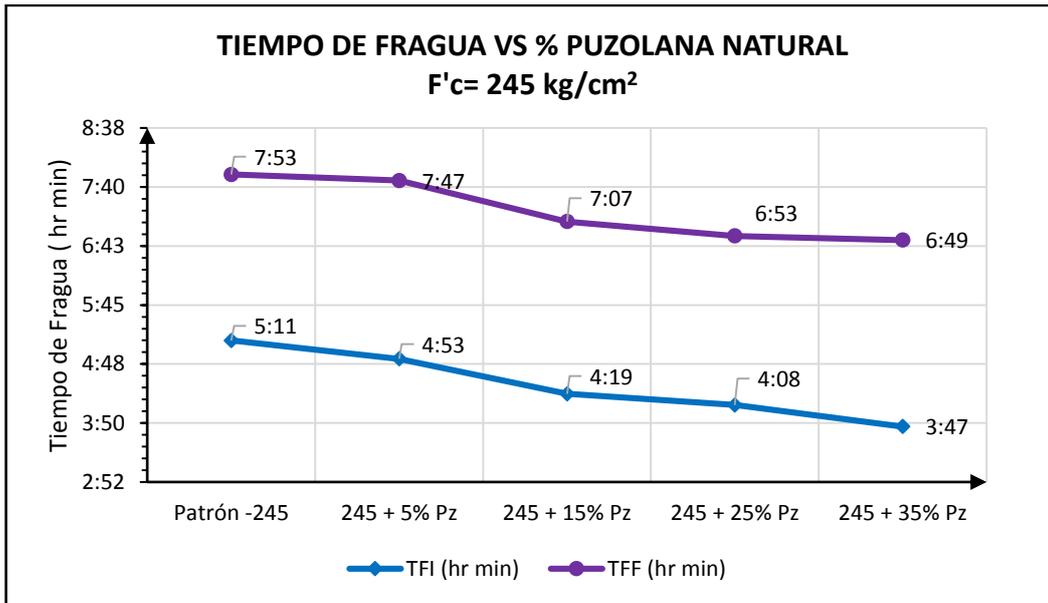


Gráfico 37. Tiempo de fragua vs dosis de puzolana natural – F'c=245 kg/cm².

CONCLUSIÓN:

De los resultados los tiempos de fragua inicial como final de los concretos con adición de puzolana natural son menores al concreto patrón. Por tanto, sufre una ligera aceleración conforme se le adiciona puzolana natural; sin embargo, esta aceleración es poco significativa en el concreto.

En concretos de F'c = 245 kg/cm² los tiempos de fragua inicial son menores entre 5 al 27% respecto del concreto patrón conforme se adiciona puzolana natural y los tiempos de fragua final son menores entre 1 al 14% respecto del patrón.

7.3.5. Peso unitario del concreto

Tabla 117. Resultados ensayo peso unitario- F'c = 245 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (kg/m ³)	% VAR. RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	OBS.
Patrón -245	2339	-	-
245 + 5% Pz	2344	0.21%	Mayor al patrón
245 + 15% Pz	2355	0.68%	Mayor al patrón
245 + 25% Pz	2342	0.13%	Mayor al patrón
245 + 35% Pz	2334	0.21%	Menor al patrón

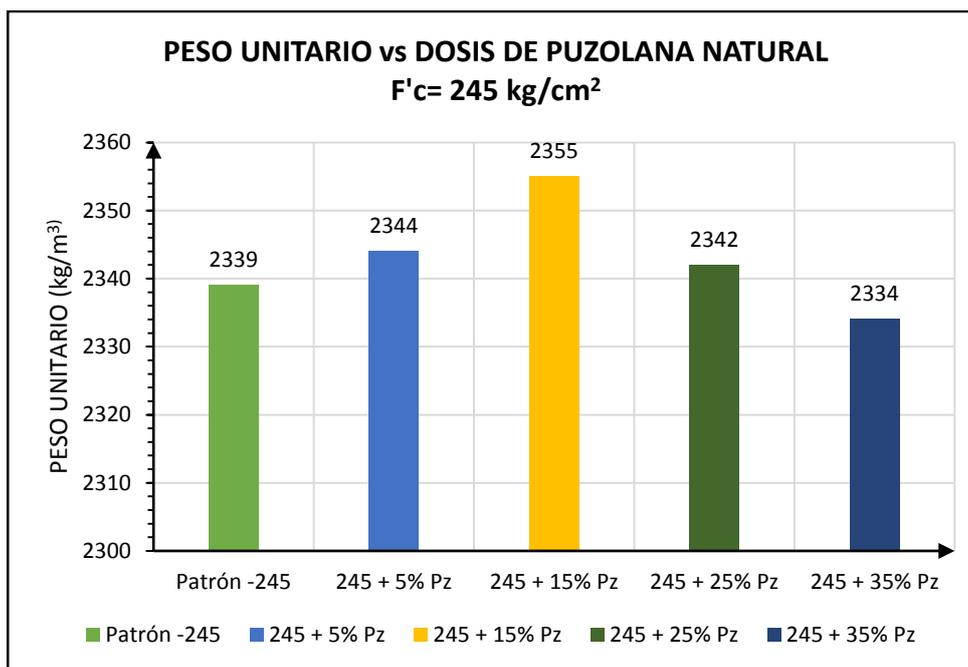


Gráfico 38. Peso unitario vs dosis de puzolana natural – F'c= 245 kg/cm².

CONCLUSIÓN:

Del gráfico 38 se observa que se mantiene la condición en que el peso unitario se incrementa conforme se realiza la adición hasta que llega a un punto máximo que se da cuando se adiciona 15% de puzolana; para porcentajes de adición mayor el peso unitario empieza a decrecer; sin embargo, el concreto no se ve afectado ya que los valores se encuentran dentro de los concretos de densidad normal.

7.3.6. Resistencia a la compresión

Los datos de resistencia a la compresión de probetas según edades de rotura para F'c = 245 kg/cm² se muestran en la tabla 118.

Tabla 118. Resistencia a la compresión vs edades- F'c= 245 kg/cm².

COD. DE DISEÑO DE MEZCLA	Edad (días)						
	1	3	7	14	28	45	60
Patrón 245	104.23	164.68	238.21	273.84	318.47	335.83	342.34
245 + 5% Pz	110.23	181.91	254.97	293.55	331.89	346.26	350.71
245 + 15% Pz	120.48	189.83	266.96	305.01	341.98	366.50	374.39
245 + 25% Pz	114.85	177.25	252.29	284.57	322.48	346.11	349.86
245 + 35% Pz	96.22	159.47	235.49	267.12	314.55	332.55	338.82

En el gráfico 39 se ha representado las resistencias a la compresión alcanzadas según edades y dosis de puzolana natural, donde la línea azul representa las roturas a 1 día, la línea naranja las roturas a 3 días, la línea gris roturas a 7 días, la línea amarilla roturas a 14 días, la línea roja roturas a 28 días, la línea verde roturas a 45 días y la línea lila roturas a 60 días. Este gráfico nos permite analizar la evolución de las resistencias a edad determinada y observar la variación conforme se le adiciona puzolana natural y respecto del concreto patrón.

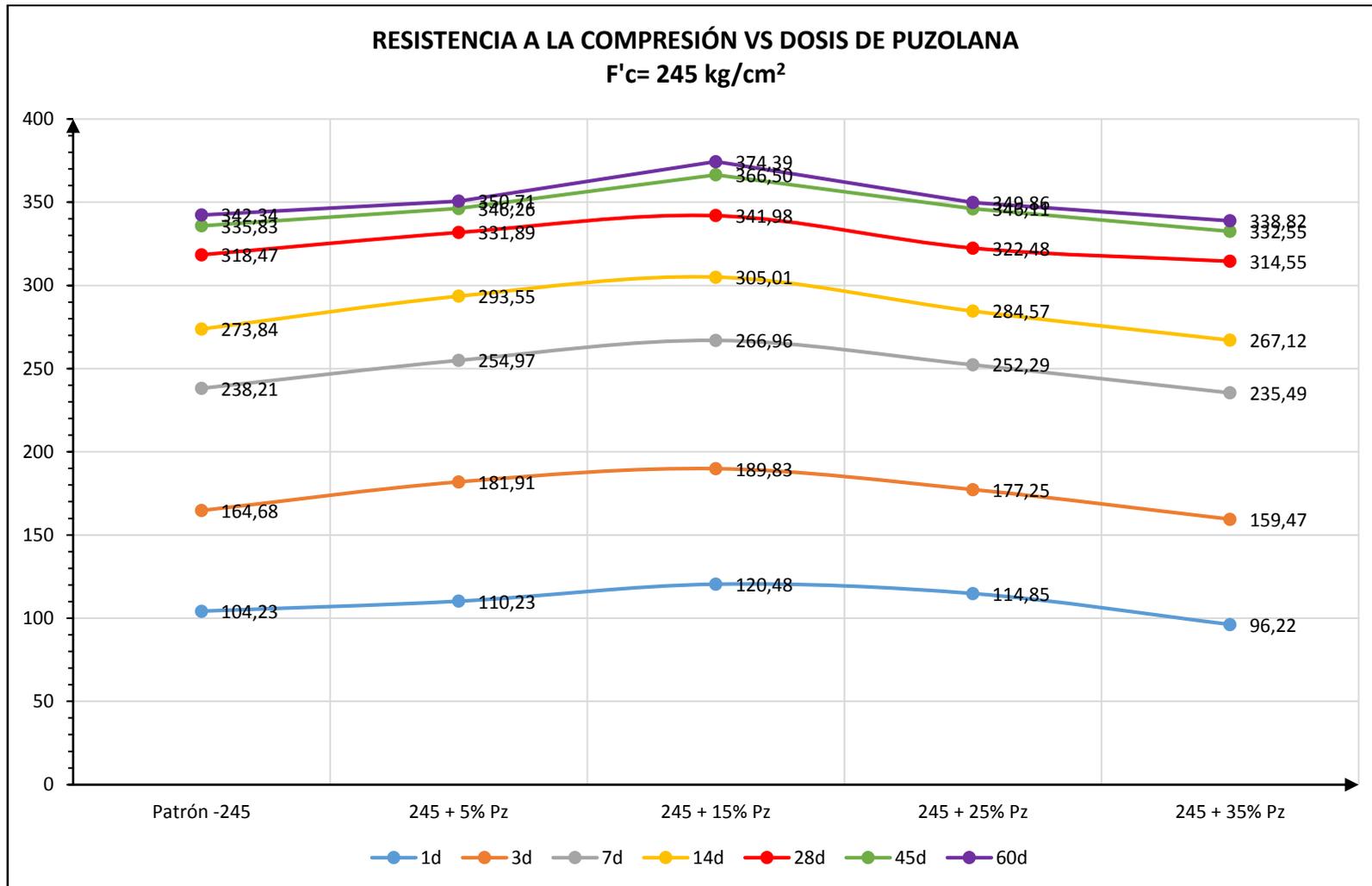


Gráfico 39. Resistencia a la compresión vs Dosis de Pozzolana- F'c=245 kg/cm².

CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'c= 245 kg/cm²

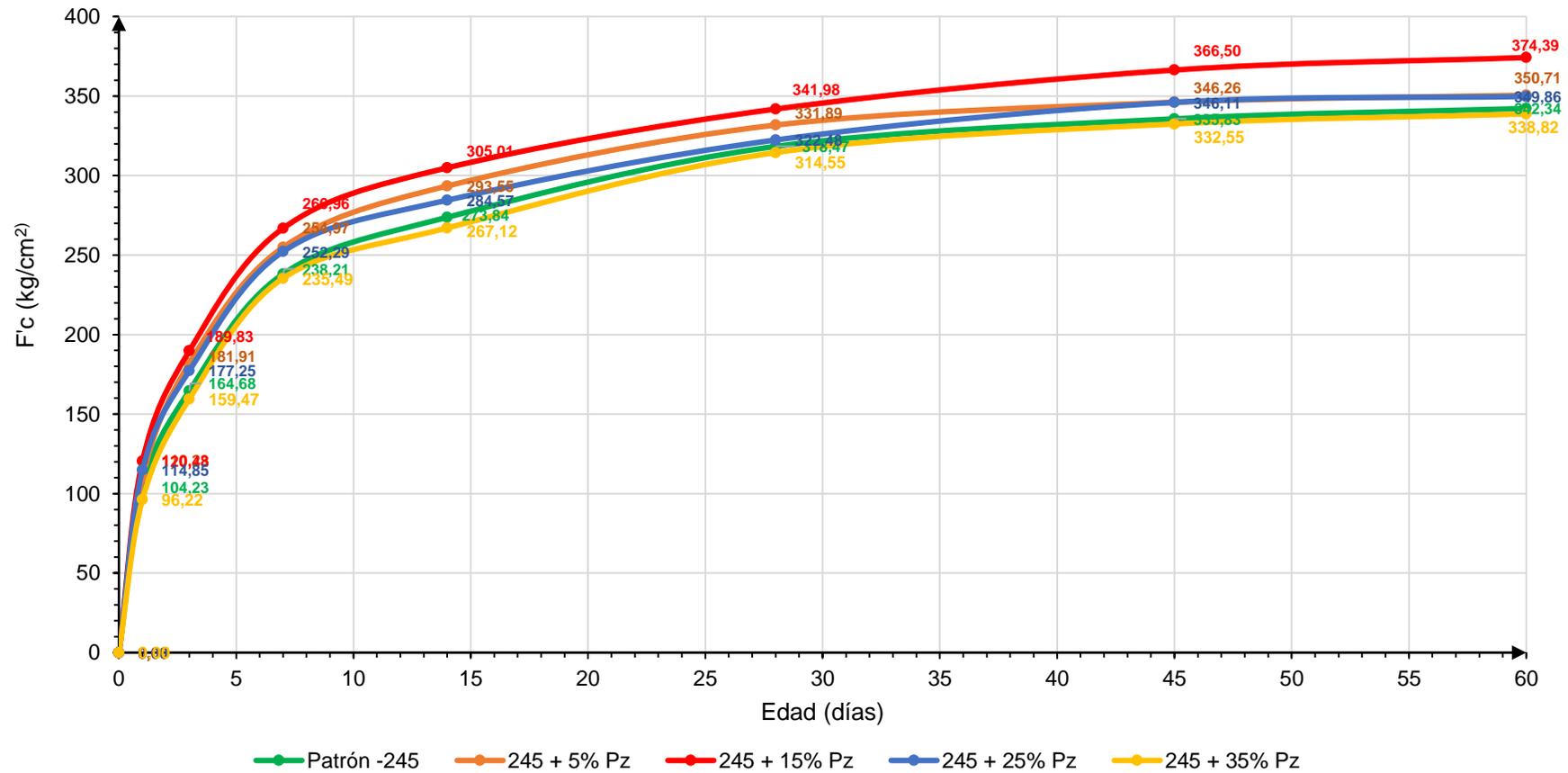


Gráfico 40. Curva de resistencia a la compresión - F'c= 245 kg/cm².

CONCLUSIONES:

- Del gráfico 39 se obtiene que la mayor resistencia o resistencia máxima se da cuando se adiciona el 15% de puzolana, además la resistencia a la compresión es mayor a la del concreto patrón; sin embargo, hasta el 25% de adición las resistencias superan la del concreto patrón y para dosis mayores al 25% las resistencias decrecen siendo menores a las del concreto patrón. Esta situación se mantiene conforme pasa el tiempo.
- En el gráfico 40 la curva de resistencia con valores de resistencia mayores es la de color azul que representa al concreto con adición de 15% de puzolana natural manteniéndose a lo largo de la evolución del concreto en el tiempo; para el concreto con adición de 35% la curva de resistencia (curva amarilla) presenta valores por debajo de la curva de resistencia del concreto patrón (curva verde).

La tabla 119 muestra los porcentajes de resistencia alcanzada respecto al concreto patrón siendo este el 100%. En este caso teniendo los valores máximos alcanzados con adición del 15%, esta es en promedio hasta un 11.45% mayor al concreto patrón.

Tabla 119. Porcentaje de resistencia alcanzada respecto al C. Patrón – F'c= 245 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	Edad (días)						
	1	3	7	14	28	45	60
Patrón 245	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
245 + 5% Pz	105.75%	110.47%	107.03%	107.20%	104.21%	103.11%	102.44%
245 + 15% Pz	115.58%	115.27%	112.07%	111.38%	107.38%	109.13%	109.36%
245 + 25% Pz	110.19%	107.64%	105.91%	103.92%	101.26%	103.06%	102.20%
245 + 35% Pz	92.31%	96.83%	98.86%	97.54%	98.77%	99.02%	98.97%

La tabla 120 muestra el porcentaje de resistencia alcanzada en los concretos con adiciones de puzolana con respecto al F'c de diseño siendo para este caso F'cr=329 kg/cm² que representaría el 100%.

Tabla 120. Porcentaje de resistencia alcanzada respecto al F'_{cr} de diseño – $F'_{c}= 245 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	Edad (días)						
	1	3	7	14	28	45	60
Patrón 245	31.68%	50.05%	72.41%	83.24%	96.80%	102.08%	104.05%
245 + 5% Pz	33.51%	55.29%	77.50%	89.22%	100.88%	105.25%	106.60%
245 + 15% Pz	36.62%	57.70%	81.14%	92.71%	103.94%	111.40%	113.80%
245 + 25% Pz	34.91%	53.88%	76.68%	86.50%	98.02%	105.20%	106.34%
245 + 35% Pz	29.25%	48.47%	71.58%	81.19%	95.61%	101.08%	102.99%

CONCLUSIONES:

- De acuerdo a la tabla se tiene que el 70% de la resistencia del concreto tanto patrón como con adiciones de puzolana natural se logra a partir de los 7 días; sin embargo, a los 28 días se observa que para porcentajes de adición de hasta 15% la resistencia alcanzada supera la resistencia de diseño.
- Se observa que las resistencias alcanzadas a partir de los 3 días para dosis de puzolana natural del 5%, 15% y 25%, se acercan y superan los valores alcanzados por el concreto patrón.
- La finura lograda mediante molienda de la puzolana natural, ayudó en la mejora de la resistencia a la compresión.

7.3.7. Resistencia a la tracción

Tabla 121. Resultados ensayo tracción – $F'_{c}= 245 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (28 DÍAS)	% VARIACIÓN RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN	OBS.
Patrón -245	34.77	-	
245 + 5% Pz	35.83	3.06%	mayor al patrón
245 + 15% Pz	37.10	6.71%	mayor al patrón
245 + 25% Pz	35.07	0.85%	mayor al patrón
245 + 35% Pz	34.26	1.46%	menor al patrón

Se ha elaborado el gráfico de barras 41 que nos permitirán analizar como varía la resistencia a la tracción conforme se le adiciona dosis de puzolana natural.

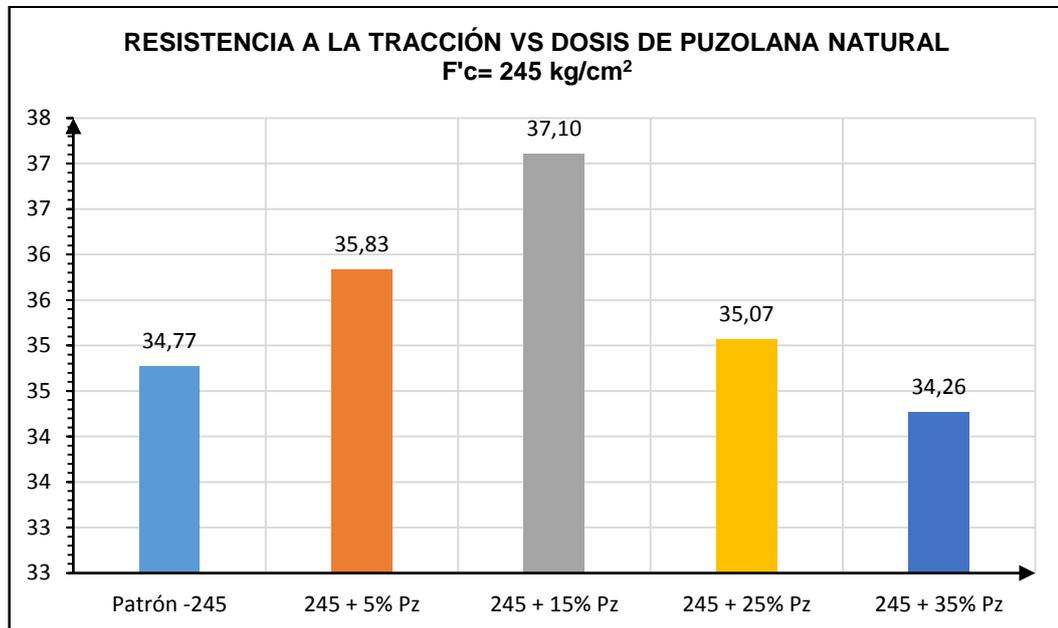


Gráfico 41. Resistencia a la tracción vs dosis de puzolana natural- $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$.

CONCLUSIÓN:

La resistencia a la tracción es mayor que el concreto patrón para adiciones de hasta 15%; para adiciones mayores la resistencia a la tracción decrece siendo menor al concreto patrón. La resistencia máxima alcanzada se da con adiciones de 15%.

Relación Tracción/Compresión

Para realizar la comparación de la resistencia a la tracción como porcentaje de la resistencia a la compresión se ha realizado la tabla 122 que muestra la relación de la resistencia a la tracción respecto de la resistencia a la compresión.

Tabla 122. Relación de la resistencia a la tracción respecto a la resistencia a la compresión – F'c =245 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (28 DIAS)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (28 DÍAS)	RELACIÓN TRACCIÓN /COMPRESIÓN
Patrón -245	318.47	34.77	10.92%
245 + 5% Pz	331.89	35.83	10.80%
245 + 15% Pz	341.98	37.10	10.85%
245 + 25% Pz	322.48	35.07	10.87%
245 + 35% Pz	314.55	34.26	10.89%

Otazzi (34) menciona que “la resistencia a la tracción del concreto, varía entre el 8% y el 15% de la resistencia a la compresión”.

CONCLUSIÓN:

Se observa en la tabla 122 que la relación tracción/compresión se encuentra entre porcentajes de 10.80% y 10.92%; y se encuentran dentro del intervalo de valores mencionado por Otazzi.

Otro de los ensayos utilizados para determinar de manera indirecta, la resistencia a la tracción del concreto es el Split Test, o llamado ensayo brasileño, calculándose como $1.7\sqrt{f'c}$ (kg/cm²).

Realizando la comparación entre estos ensayos, encontramos:

Tabla 123. Comparación del ensayo de compresión diametral vs Split test- F'c =245 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (28 DÍAS)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (kg/cm ²)	SPLIT TEST (kg/cm ²)
Patrón -245	318.47	34.77	30.34
245 + 5% Pz	331.89	35.83	30.97
245 + 15% Pz	341.98	37.10	31.44
245 + 25% Pz	322.48	35.07	30.53
245 + 35% Pz	314.55	34.26	30.15

CONCLUSIÓN:

De la tabla 123 los valores calculados con el ensayo brasileño versus el ensayo de compresión diametral presentan resultados similares por lo que se considera que los resultados del ensayo son confiables.

7.3.8. Resistencia a la flexión

Tabla 124. Resultados ensayo de flexión- $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$.

COD. DE DISEÑO MEZCLA	MODULO ROTURA (kg/cm^2)	% VARIACION RESPECTO AL C. PATRÓN	OBS.
Patrón -245	41.50	-	-
245 + 5% Pz	43.08	3.81%	Mayor al patrón
245 + 15% Pz	46.68	12.48%	Mayor al patrón
245 + 25% Pz	44.51	7.25%	Mayor al patrón
245 + 35% Pz	41.01	1.18%	Menor al patrón

Se ha elaborado el gráfico de barras 42 que nos permitirá analizar como varía la resistencia a la flexión conforme se le adiciona dosis de puzolana natural.

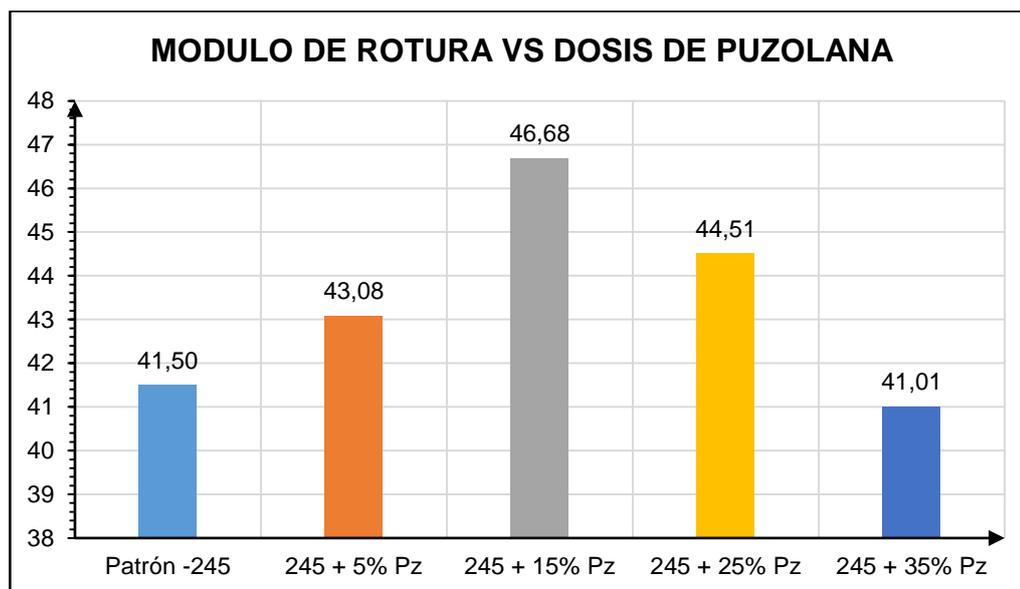


Gráfico 42. Módulo de rotura vs dosis de puzolana – $F'c= 245 \text{ kg/cm}^2$.

CONCLUSIÓN:

El gráfico muestra que los valores de módulo de rotura alcanzados mediante el ensayo de flexión a los 28 días son mayores que el concreto patrón hasta adiciones de 25%; sin embargo, para adiciones mayores la resistencia a la flexión decrece. De ello la mayor resistencia a la flexión se logra con adiciones de puzolana natural al 15%.

Relación MR/ f'c

Para calcular que porcentaje de la resistencia a la compresión a los 28 días ha alcanzado el módulo de rotura ensayado en el ensayo de vigas se ha elaborado la tabla 125.

Tabla 125. Relación del módulo de rotura respecto a la resistencia a la compresión- F'c= 245 kg/cm².

COD. DE DISEÑO MEZCLA	MODULO ROTURA (kg/cm ²)	MR/F'c (%)
Patrón -245	41.50	13.03
245 + 5% Pz	43.08	12.98
245 + 15% Pz	46.68	13.65
245 + 25% Pz	44.51	13.80
245 + 35% Pz	41.01	13.04

CONCLUSIÓN:

La relación de resistencia a la tracción respecto a la resistencia a la compresión varía entre 12.98% y 13.80%.

7.4. PORCENTAJE ÓPTIMO PARA USO EN EL CONCRETO

De los resultados obtenidos producto de los ensayos realizados tanto en estado fresco y endurecido de las mezclas con adición de puzolana natural, se puede determinar la dosis óptima de adición en el concreto.

El porcentaje óptimo de adición en el concreto será aquella en la que se logre una mejor resistencia a los 28 días, además de que se obtenga un concreto trabajable y que permita conseguir un mejor concreto de uso estructural.

Por tanto, el porcentaje de adición sería la de 15% que según resultados queda demostrado que este porcentaje permite obtener un concreto trabajable y plástico, en el que se reduce la exudación y se logra las mayores resistencias a la compresión, tracción y flexión; además de tener un ahorro de entre 8 y 9 soles por metro cúbico.

CAPITULO VIII

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

8.1. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Para comprobar si existe correlación entre la variable independiente porcentaje de puzolana natural y las variables dependientes: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión.

Por lo que se realizará el análisis de correlación y obtener el coeficiente de correlación de estas dos variables para lo cual se utilizará el programa SPSS V20.

1° Se tendrá que realizar el diagrama de dispersión y encontrar la curva que mejor se ajuste a los datos.

2° De los análisis de dispersión obtenidos, se sabe que los datos siguen una tendencia curvilínea ajustándose a una parábola.

3° Las relaciones curvilíneas, como en este caso definido por una curva parabólica presentan una tendencia variante en la que se tiene que los resultados primero ascienden y luego descienden.

4° Para el cálculo del coeficiente de correlación entre la variable independiente (% de puzolana natural) y variable dependiente (resistencia a la compresión, resistencia a la tracción o resistencia a la flexión). Dado que se trata de una relación curvilínea se realizará con el coeficiente ETA cuadrado o coeficiente de correlación no lineal.

➤ **Consideraciones para aplicación del coeficiente ETA cuadrado:**

El coeficiente de correlación no lineal (también conocido como “eta cuadrado”) exige las siguientes condiciones para su aplicación:

La relación debe darse entre dos variables, una categórica y otra cuantitativa. Sin embargo, esto conlleva a dos implicaciones:

- Pueden ser dos variables de razón de las cuales se categoriza una, como es el caso de esta tesis, en la que se tendrá que categorizar la variable independiente (% de puzolana).
- Puede haber una variable originalmente categórica y otra de razón.

➤ **Limitaciones**

Este coeficiente presenta las siguientes limitaciones:

- La relación se establece entre una variable independiente y una dependiente, lo cual implica que la influencia de “x” sobre “y” no siempre será la misma que la influencia de “y” sobre “x”.
- A medida que se añaden más variables al modelo, la proporción de varianza explicada por una sola de las variables se ve naturalmente disminuida.

➤ **Interpretación**

Se toma en cuenta la magnitud del resultado para indicar la proporción en la que una variable “x” explica una variable “y”; que se define en un rango de 0 a 1, siendo:

0-0,3 correlación baja.

0,4-0,6 correlación media.

0,7-1 correlación alta

Como se observa el coeficiente ETA siempre dará con resultado positivo, dada la naturaleza de su cálculo. Por lo tanto, el signo o direccionalidad no se toma en cuenta en el análisis ni se pueden definir, evidentemente, criterios como “directamente” o “inversamente” proporcional

8.1.1. Resistencia a la compresión

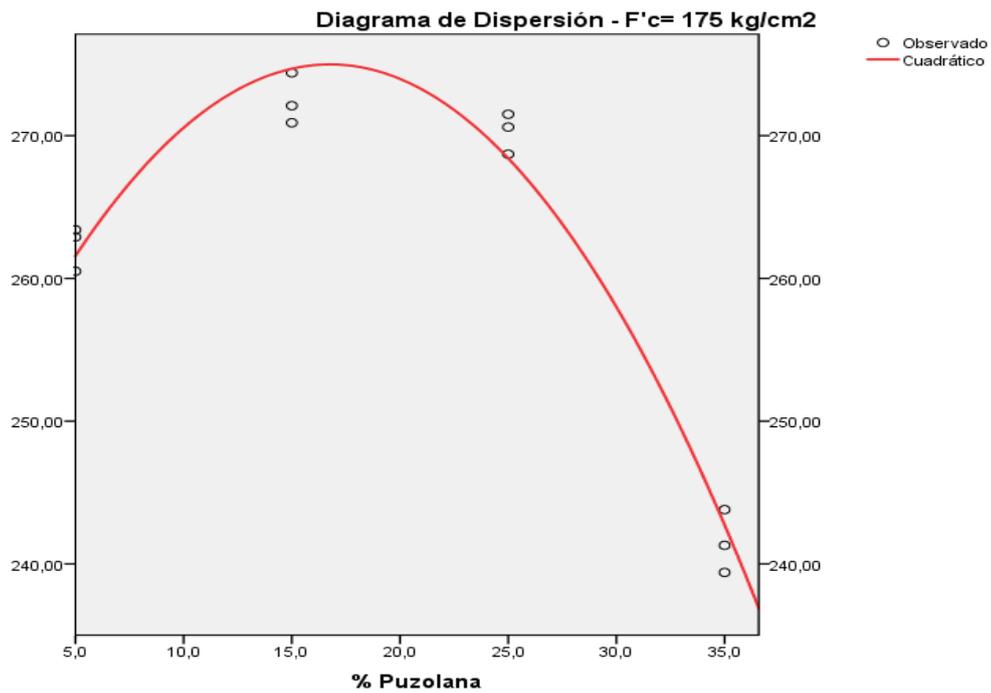
➤ Ingreso de datos en SPSS

	Variables			
	Dependiente			Independiente
	F'c= 175 kg/cm ²	F'c= 210 kg/cm ²	F'c= 245 kg/cm ²	% Puzolana
Número de valores positivos	12	12	12	12
Número de ceros	0	0	0	0
Número de valores negativos	0	0	0	0
Número de valores perdidos definidos por el usuario	0	0	0	0
Número de valores perdidos del sistema	0	0	0	0

➤ Diagramas de dispersión

- F'c= 175 kg/cm²

Curva de ajuste: La curva de regresión que mejor se ajusta a los datos de resistencia a la compresión, para este análisis a edad de 28 días, es la curva de función cuadrática.



Coefficientes

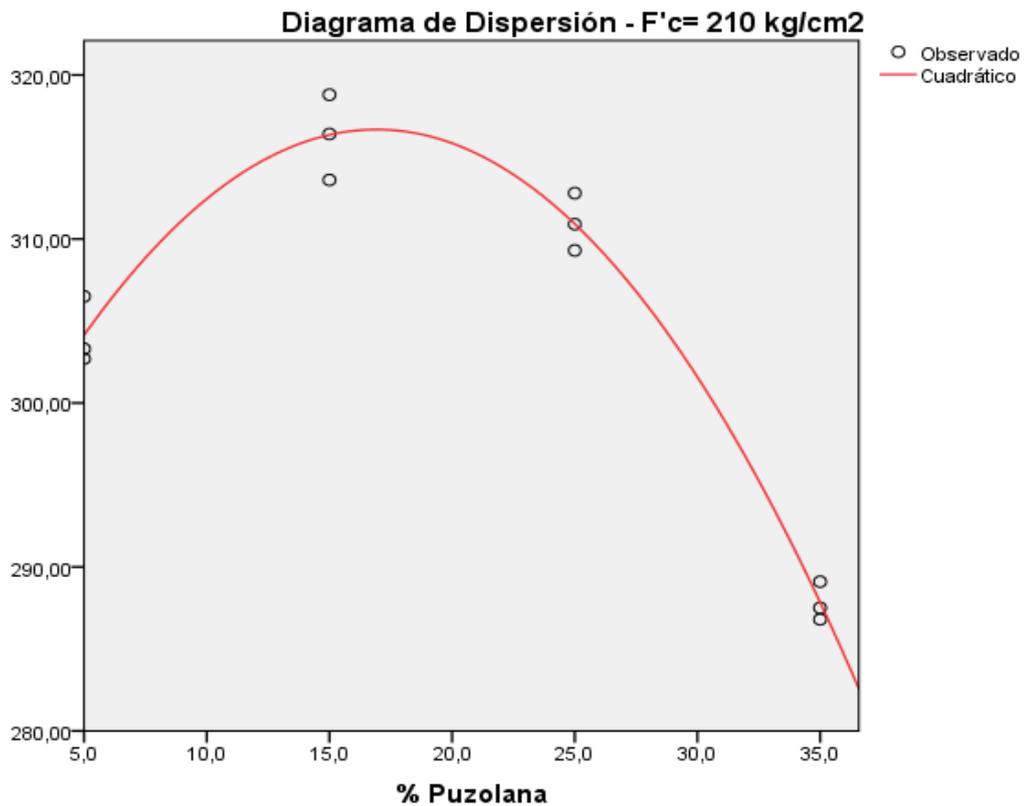
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% Pozolana	3,252	,293	2,954	11,110	,000
% Pozolana ** 2	-,097	,007	-3,627	-13,643	,000
(Constante)	247,735	2,449		101,162	,000

Por tanto, la función de la curva será:

$$F'c = 247.735 + 3.252 \times \%Puzolana - 0.097 \times \%puzolana^2$$

• $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Curva de ajuste: La curva de regresión que mejor se ajusta a los datos de resistencia a la compresión para este análisis a edad de 28 días, es la curva de función cuadrática.



Coefficientes

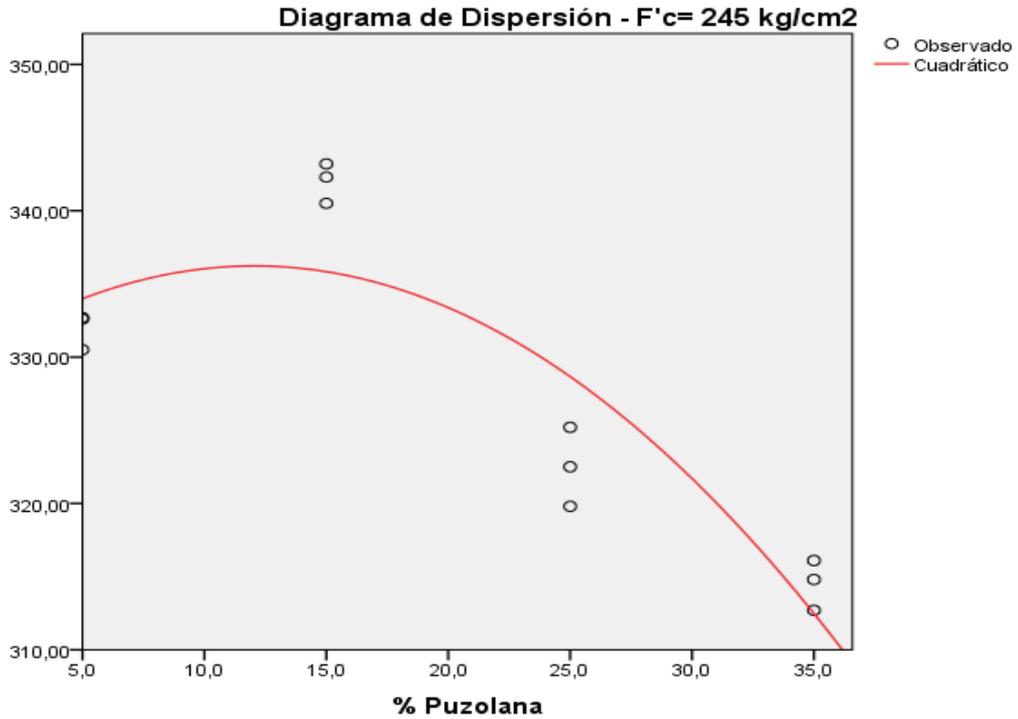
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% Pozzolana	2,986	,219	3,081	13,630	,000
% Pozzolana ** 2	-,088	,005	-3,732	-16,509	,000
(Constante)	291,413	1,833		158,951	,000

Por tanto, la función de la curva será:

$$F'c = 291.413 + 2.986 \times \%Puzolana - 0.088 \times \%puzolana^2$$

• $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$

Curva de ajuste: La curva de regresión que mejor se ajusta a los datos de resistencia a la compresión, para este análisis a edad de 28 días, es la curva de función cuadrática.



Coefficientes

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% Pozolana	1,086	,661	1,169	1,644	,135
% Pozolana ** 2	-,045	,016	-1,988	-2,796	,021
(Constante)	329,684	5,529		59,625	,000

Por tanto, la función de la curva será:

$$F'c = 329.684 + 1.086 \times \%Puzolana - 0.045 \times \%puzolana^2$$

➤ **Coeficiente eta cuadrado**

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Incluidos		Excluidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
F'c= 175 kg/cm ² * % Puzolana	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
F'c= 210 kg/cm ² * % Puzolana	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
F'c= 245 kg/cm ² * % Puzolana	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

Informe

% Puzolana		F'c= 175 kg/cm ²	F'c= 210 kg/cm ²	F'c= 245 kg/cm ²
	Media	262,2667	304,1667	331,9333
5% puzolana	N	3	3	3
	Desv. típ.	1,55027	2,04287	1,24231
	Media	272,4667	316,2667	342,0000
15% puzolana	N	3	3	3
	Desv. típ.	1,77858	2,60256	1,37477
	Media	270,2667	311,0000	322,5000
25 % puzolana	N	3	3	3
	Desv. típ.	1,42945	1,75214	2,70000
	Media	241,5000	287,8000	314,5333
35% puzolana	N	3	3	3
	Desv. típ.	2,20681	1,17898	1,71561
	Media	261,6250	304,8083	327,7417
Total	N	12	12	12
	Desv. típ.	12,85550	11,31688	10,85336

Tabla de ANOVA

			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
F'c= 175 kg/cm ² * % Puzolana	Inter- grupos	(Combinadas)	1792,942	3	597,647	191,554	,000
	Intra-grupos		24,960	8	3,120		
	Total		1817,902	11			
F'c= 210 kg/cm ² * % Puzolana	Inter- grupos	(Combinadas)	1377,976	3	459,325	119,254	,000
	Intra-grupos		30,813	8	3,852		
	Total		1408,789	11			
F'c= 245 kg/cm ² * % Puzolana	Inter- grupos	(Combinadas)	1268,416	3	422,805	123,748	,000
	Intra-grupos		27,333	8	3,417		
	Total		1295,749	11			

Medidas de asociación

	Eta	Eta cuadrado
F'c= 175 kg/cm ² * % Puzolana	,993	,986
F'c= 210 kg/cm ² * % Puzolana	,989	,978
F'c= 245 kg/cm ² * % Puzolana	,989	,979

CONCLUSIONES:

- La curva que mejor se ajusta a los resultados de resistencia a la compresión para resistencias F'c=175, 210 y 245 kg/cm² es la curva de función cuadrática.
- Los coeficientes ETA cuadrado para todos los F'c son cercanos a 1, por lo que se concluye que existe una correlación alta entre la variable independiente porcentaje de puzolana y la variable dependiente resistencia a la compresión.

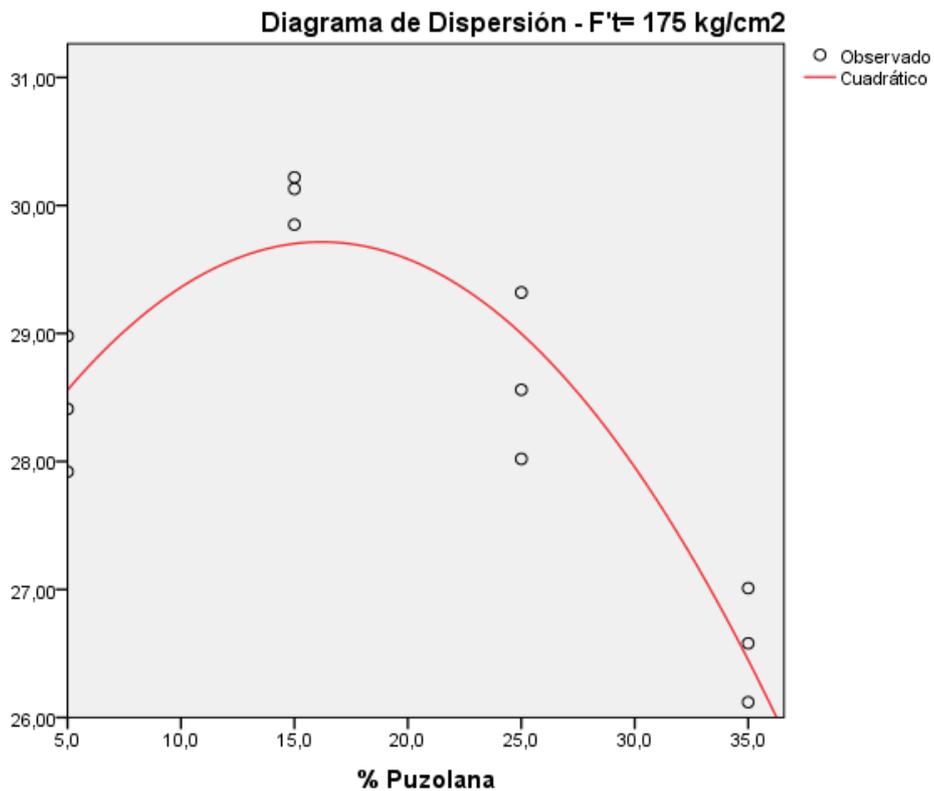
- Se comprueba la hipótesis H: La adición de la puzolana natural del distrito de Chongos Alto influye en el comportamiento del concreto en estado endurecido, en este caso resistencia a la compresión.

8.1.2. Resistencia a la tracción

➤ Diagramas de dispersión

- $F't = 175 \text{ kg/cm}^2$

Curva de ajuste: La curva de regresión que mejor se ajusta a los datos de resistencia a la tracción, para este análisis a edad de 28 días, es la curva de función cuadrática.



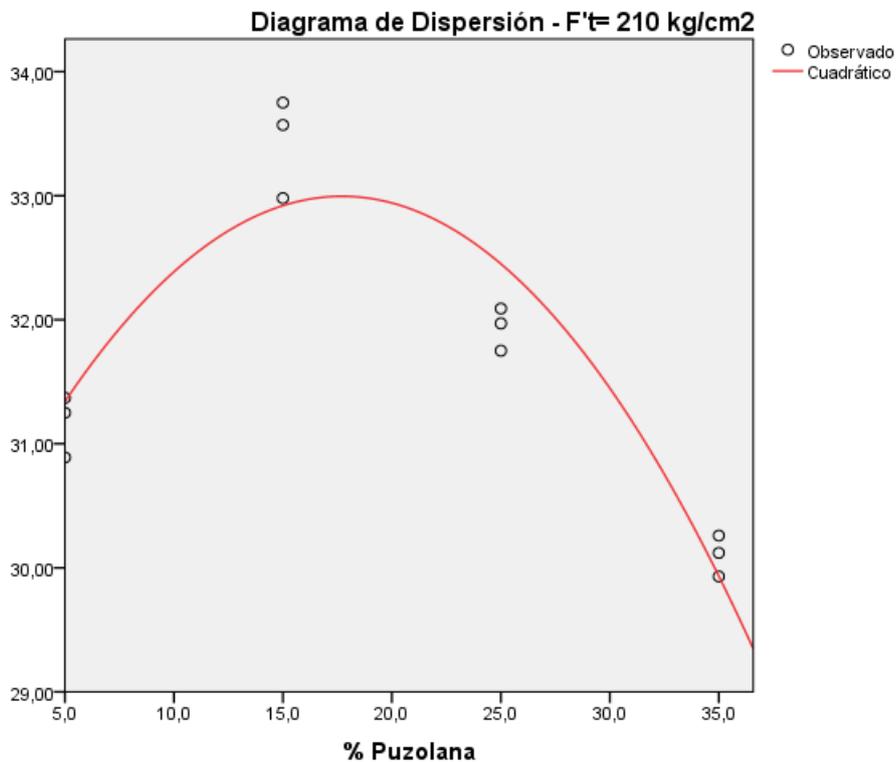
Coeficientes					
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% Puzolana	,299	,066	2,562	4,551	,001
% Puzolana ** 2	-,009	,002	-3,243	-5,760	,000
(Constante)	27,294	,550		49,650	,000

Por tanto, la función de la curva será:

$$F't = 27.294 + 0.299 \times \%Puzolana - 0.009 \times \%puzolana^2$$

- **F't= 210 kg/cm²**

Curva de ajuste: La curva de regresión que mejor se ajusta a los datos de resistencia a la tracción, para este análisis a edad de 28 días, es la curva de función cuadrática.



Coefficientes

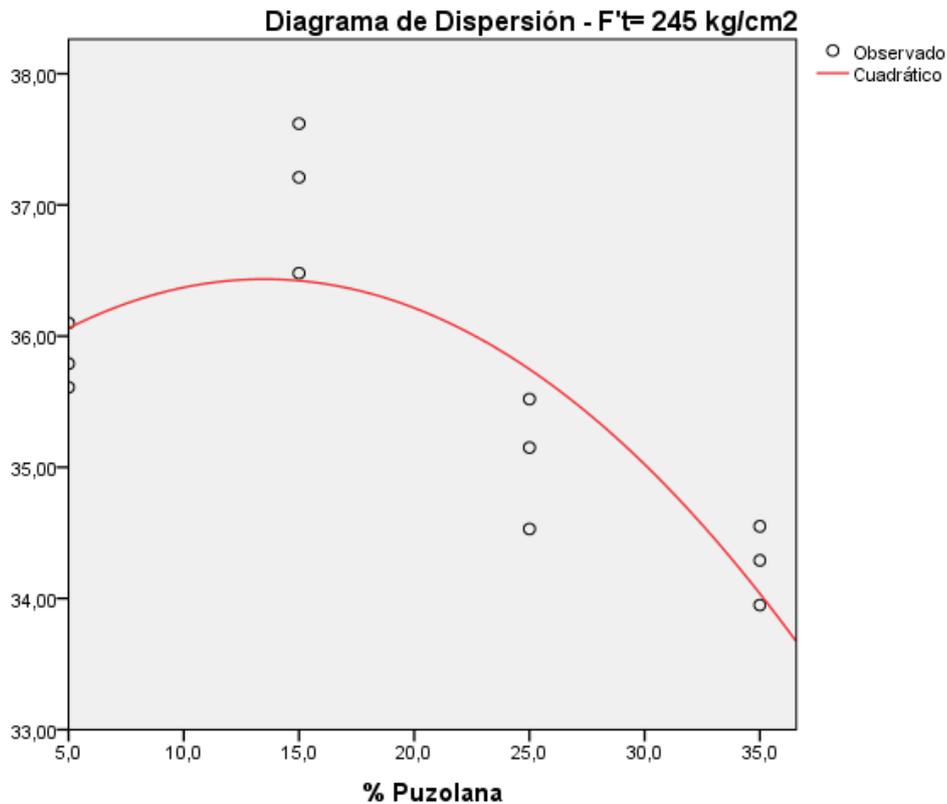
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% Puzolana	,363	,060	3,291	6,036	,000
% Puzolana ** 2	-,010	,001	-3,809	-6,986	,000
(Constante)	29,784	,503		59,232	,000

Por tanto, la función de la curva será:

$$F't = 29.784 + 0.363 \times \%Puzolana - 0.010 \times \%puzolana^2$$

- **F't= 245 kg/cm²**

Curva de ajuste: La curva de regresión que mejor se ajusta a los datos de resistencia a la tracción, para este análisis a edad de 28 días, es la curva de función cuadrática.



Coefficientes

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% Puzolana	,140	,084	1,417	1,660	,131
% Puzolana ** 2	-,005	,002	-2,152	-2,522	,033
(Constante)	35,491	,705		50,344	,000

Por tanto, la función de la curva será:

$$F't = 35.491 + 0.140 \times \%Puzolana - 0.005 \times \%puzolana^2$$

➤ **Coeficiente eta cuadrado**

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Incluidos		Excluidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
F't= 175 kg/cm ² * % Puzolana	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
F't= 210 kg/cm ² * % Puzolana	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
F't= 245 kg/cm ² * % Puzolana	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

Informe

% Puzolana		F't= 175 kg/cm ²	F't= 210 kg/cm ²	F't= 245 kg/cm ²
	Media	28,4367	31,1700	35,8333
5% puzolana	N	3	3	3
	Desv. típ.	,53050	,24980	,24786
	Media	30,0667	33,4333	37,1033
15% puzolana	N	3	3	3
	Desv. típ.	,19296	,40278	,57744
	Media	28,6333	31,9367	35,0667
25 % puzolana	N	3	3	3
	Desv. típ.	,65310	,17243	,50023
	Media	26,5700	30,1033	34,2633
35% puzolana	N	3	3	3
	Desv. típ.	,44508	,16563	,30089
Total	Media	28,4267	31,6608	35,5667

N	12	12	12
Desv. típ.	1,36267	1,28690	1,15265

Tabla de ANOVA

			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
F't= 175 kg/cm ² * % Puzolana	Inter- grupos	(Combinadas)	18,539	3	6,180	26,204	,000
	Intra-grupos		1,887	8	,236		
	Total		20,425	11			
F't= 210 kg/cm ² * % Puzolana	Inter- grupos	(Combinadas)	17,654	3	5,885	83,528	,000
	Intra-grupos		,564	8	,070		
	Total		18,217	11			
F't= 245 kg/cm ² * % Puzolana	Inter- grupos	(Combinadas)	13,143	3	4,381	23,822	,000
	Intra-grupos		1,471	8	,184		
	Total		14,615	11			

Medidas de asociación

	Eta	Eta cuadrado
F't= 175 kg/cm ² * % Puzolana	,953	,908
F't= 210 kg/cm ² * % Puzolana	,984	,969
F't= 245 kg/cm ² * % Puzolana	,948	,899

CONCLUSIONES:

- La curva que mejor se ajusta a los resultados de resistencia a la tracción para resistencias F¹c=175, 210 y 245 kg/cm² es la curva de función cuadrática.
- Los coeficientes ETA cuadrado para todos los F¹c son cercanos a 1, por lo que se concluye que existe una correlación alta entre la variable

independiente porcentaje de puzolana y la variable dependiente resistencia a la tracción.

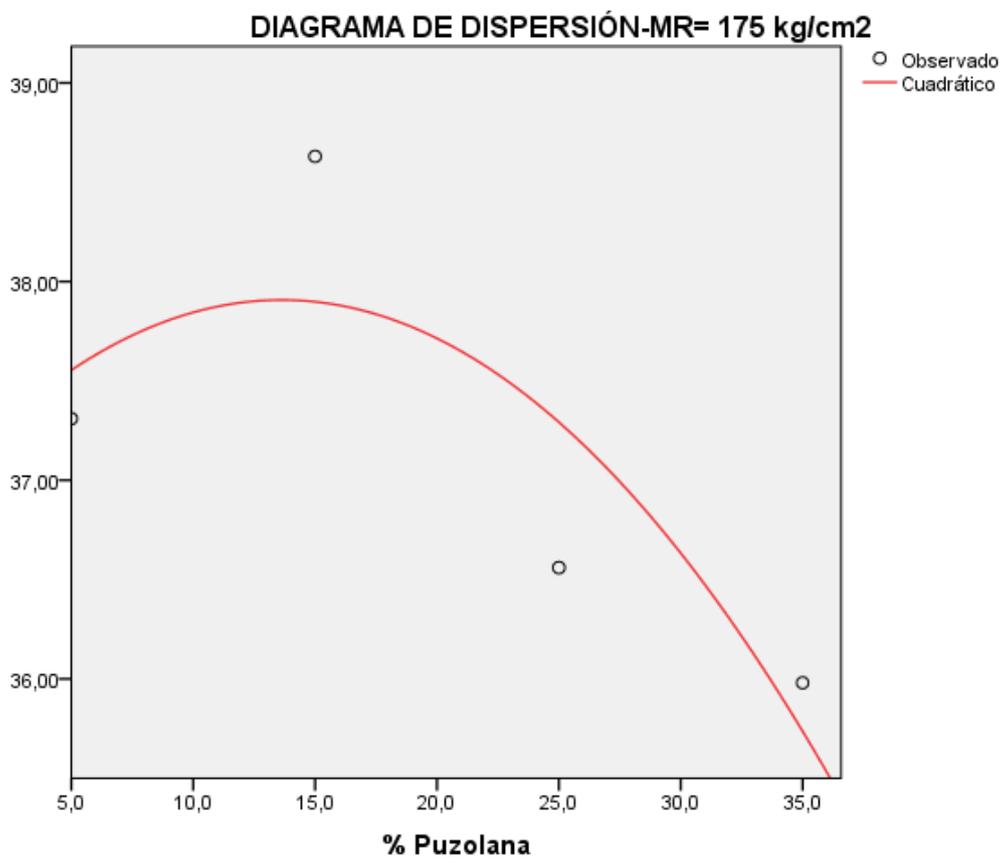
- Se comprueba la hipótesis H: La adición de la puzolana natural del Distrito de Chongos Alto influye en el comportamiento del concreto en estado endurecido, en este caso resistencia a la tracción.

8.1.3. Resistencia a la flexión

➤ Diagrama de dispersión

• Módulo de Rotura- 175 kg/cm²

Curva de ajuste: La curva de regresión que mejor se ajusta a los datos de resistencia a la flexión para este análisis a edad de 28 días, es el modelo de regresión cuadrático.



Coeficientes

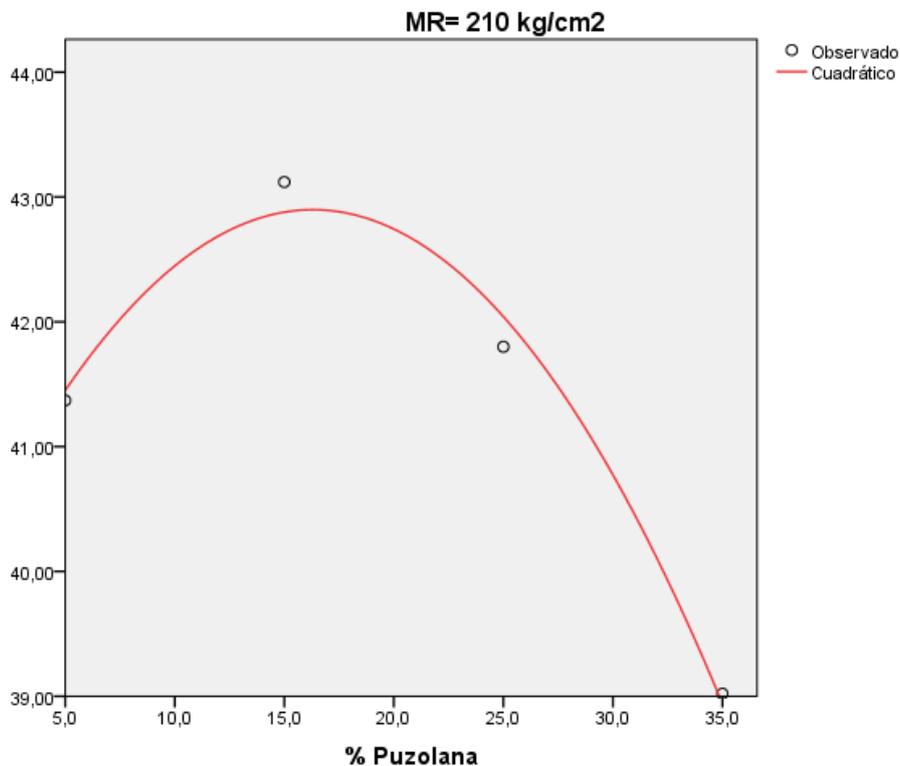
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% Puzolana	,129	,224	1,460	,579	,666
% Puzolana ** 2	-,005	,005	-2,196	-,871	,544
(Constante)	37,026	1,871		19,787	,032

Por tanto, la función cuadrática será:

$$MR = 37.026 + 0.129 \times \%Puzolana - 0.005 \times \%puzolana^2$$

• Módulo de Rotura- 210 kg/cm²

Curva de ajuste: La curva de regresión que mejor se ajusta a los datos de resistencia a la flexión para este análisis a edad de 28 días, es el modelo de regresión cuadrático.



Coeficientes

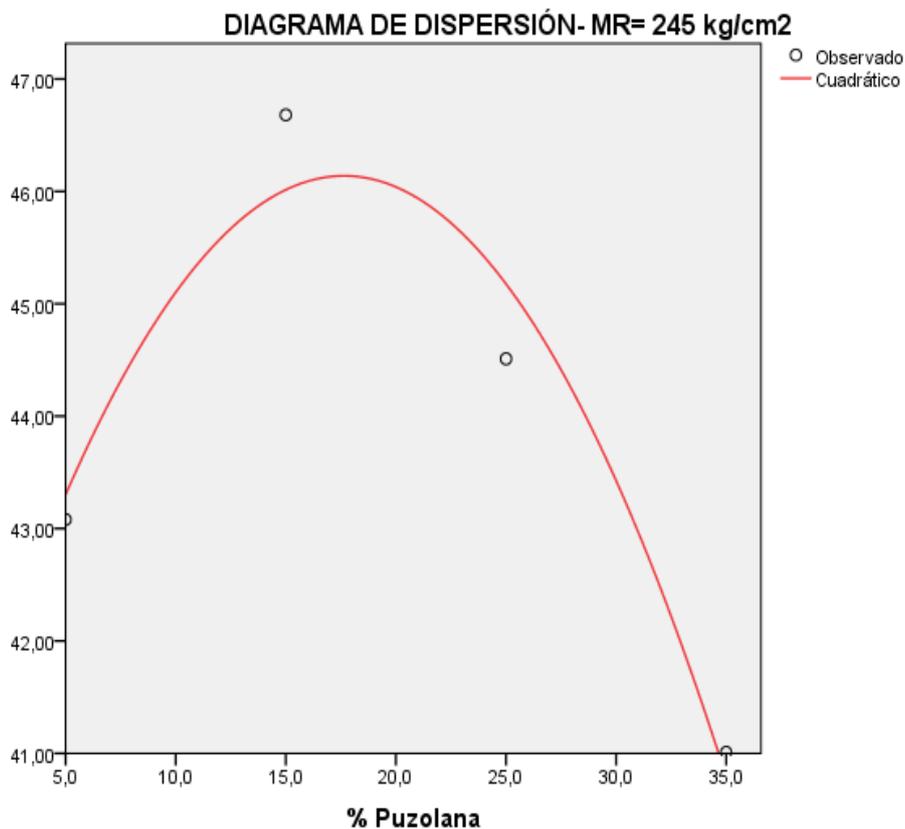
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% Puzolana	,369	,074	2,790	5,005	,126
% Puzolana ** 2	-,011	,002	-3,506	-6,292	,100
(Constante)	39,887	,617		64,610	,010

Por tanto, la función cuadrática será:

$$MR = 39.887 + 0.369 \times \%Puzolana - 0.011 \times \%puzolana^2$$

• Módulo de Rotura- 245 kg/cm²

Curva de ajuste: La curva de regresión que mejor se ajusta a los datos de resistencia a la flexión para este análisis a edad de 28 días, es el modelo de regresión cuadrático.



Coeficientes

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% Puzolana	,626	,203	3,386	3,078	,200
% Puzolana ** 2	-,018	,005	-3,934	-3,576	,174
(Constante)	40,615	1,703		23,856	,027

Por tanto, la función cuadrática será:

$$MR = 40.615 + 0.626 \times \%Puzolana - 0.018 \times \%puzolana^2$$

➤ **Coeficiente eta cuadrado**

Para el caso de la resistencia a la flexión se tiene un dato por cada diseño mezcla con adición de puzolana natural por lo que no se podrá realizar el cálculo del coeficiente ETA; sin embargo, los diagramas de dispersión de estos datos representativos se ajustan a un modelo de regresión cuadrático y basándonos en las demostraciones de cálculo de coeficiente ETA en la resistencia a la compresión y tracción se podría aseverar que para este caso la resistencia a la flexión cumple la misma condición de relación alta entre la variable dependiente e independiente dado que provienen de la misma muestra.

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. De acuerdo al estudio realizado por el Ing. Jesús Martínez Ildelfonso, la puzolana presenta actividad puzolánica mayor al 75%, lo que garantiza su uso como adición en el concreto.
2. Para usar la puzolana natural del distrito de Chongos Alto, en el concreto se deberá efectuar un tratamiento previo: molienda y tamizado, hasta obtener la finura adecuada que pueda mezclarse con el cemento.
3. Los ensayos de fineza de la puzolana natural del distrito de Chongos Alto, previamente tratada demuestran que las muestras son aptas para su uso como adición en el concreto.
4. Los resultados de los ensayos de asentamiento demuestran que al añadir porcentajes de puzolana natural el slump se reduce, disminuyendo la trabajabilidad en las mezclas; sin embargo, estas se encuentran en el rango plástico por lo que podrá ser utilizada en el vaciado de cualquier estructura.
5. El contenido de aire atrapado incrementa respecto del concreto patrón conforme se realizan adiciones de puzolana natural; sin embargo, para todos los casos los valores de contenido de aire no superan el contenido de aire de diseño el cual es 2%; por lo que la puzolana natural en estudio no incorpora contenido de aire significativo.
6. El uso de la puzolana como adición en el concreto reduce la exudación de las mezclas; ya que disminuye conforme se realizan las adiciones, lo que repercute favorablemente sobre la resistencia del concreto, esto se debe a la finura de la puzolana.

7. La adición de puzolana natural en el concreto, no varía significativamente los tiempos de fragua inicial y final, respecto del concreto patrón existe una ligera aceleración poco significativa en el concreto.
8. Los valores de peso unitario se encuentran dentro de los límites fijados por el Comité ACI para concretos normales, los cuales son 2240 kg/m^3 a 2400 kg/m^3 ; por tanto, la adición de puzolana natural en las mezclas de concreto no varía significativamente el peso unitario.
9. La adición de puzolana natural en las mezclas de concreto provocó un incremento en la resistencia a la compresión, tracción y flexión de las mezclas para adiciones de hasta 25%, superando a la resistencia alcanzada por los concretos patrones a cualquier edad. Para adiciones mayores al 25%, la resistencia a la compresión decrece llegando hasta valores inferiores a los de concretos patrón. Los valores máximos de resistencia a la compresión se dan para adiciones de 15%.
10. Se debe tener en cuenta que para lograr mejoras en las propiedades del concreto, se debe reemplazar puzolana natural por cemento, en porcentajes de 5 a 25%, siendo el óptimo la adición de 15%.
11. Cabe resaltar, que si bien es cierto las mezclas con adición de puzolana natural demoran en lograr resistencias altas tempranas; la actividad puzolánica se mantiene en el tiempo; haciendo que se logren y superen las resistencias alcanzadas en un concreto convencional a largo plazo.
12. El análisis de costos arroja un ahorro promedio económico de S/. 8.00 por metro cúbico de concreto, en concretos con 15% de adición de puzolana; sin embargo, al ser poco significativo el ahorro económico, debe resaltarse e incidir en el beneficio que la adición produce; mejorando las propiedades tanto en estado fresco como endurecido del concreto.

APLICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

1. Debido a la finura de la puzolana natural, su adición en el concreto brinda los finos que pueda carecer la arena; por lo que se logra una mezcla más consistente, menos porosa y uniforme, logrando una mezcla con características de impermeabilidad; por tanto, podrá utilizarse en obras donde se tenga este requisito de impermeabilidad. Ejm. Canales de irrigación.
2. Dado que la reacción puzolánica y cristalización de los componentes cementicios, disminuyen en el tiempo la permeabilidad de los concretos; se recomienda su uso en obras hidráulicas o aquellas destinadas para contención de líquidos.
3. Es posible utilizar concretos con adición de puzolana natural del Distrito de Chongos Alto en concretos para cimentaciones, por su buena resistencia a la acción de sulfatos.
4. Se puede hacer uso de la puzolana natural como componente de morteros para asentado de muros o de tarrajeo, con la finalidad de reducir y/o eliminar problemas de eflorescencia y humedad. Dado que la puzolana brinda características de impermeabilidad, se recomendaría su uso en estos casos.
5. Por el bajo contenido de alúmina y alta actividad puzolánica de la puzolana natural proveniente de la cantera Pititayo; presenta buena resistencia a los sulfatos; por tanto, puede ser utilizada en obras con moderado ataque de sulfatos.
6. Como se ha estudiado la adición de puzolana natural no varía significativamente el tiempo de fragua. Por tanto, se podrá hacer uso de estas mezclas debido a su lento fraguado, en vaciados masivos de estructuras como: canales, represas, etc.
7. Para obras en las que se necesite realizar vaciados masivos de concreto u obras en zonas de altas gradientes térmicas como es el caso de las zonas alto andinas de la Ciudad de Huancayo que presentan cambios bruscos de

temperatura durante el año; se recomienda el uso de la puzolana natural por su mejora en las propiedades del concreto.

8. Dado que el concreto posee muy baja resistencia a la tracción; la mejora en la resistencia a la tracción dada por la adición de puzolana natural en el concreto; tiene importancia en el agrietamiento por secado o disminución de temperatura ya que lo reduce. Bajo esta condición este concreto podrá ser utilizado en zonas de climas cálidos.

RECOMENDACIONES

De lo concluido en la presente tesis se plantean las siguientes recomendaciones:

- La elección del porcentaje de adición de puzolana natural óptima, es un proceso de gran importancia; en el que se debe tener en consideración muchos más aspectos que el económico, deberá tomarse en cuenta además la influencia de la misma en los siguientes aspectos: asentamiento, exudación, peso unitario, desarrollo de resistencia temprana, retraso o aceleración de fraguado, desarrollo de resistencia a largo plazo, incorporación de aire y durabilidad.
- Se recomienda el uso de la puzolana natural en la elaboración de concretos con valores de adición de hasta un 25% como reemplazo del cemento, que podrá ser empleado sin reducir su calidad y resistencia.
- De acuerdo a los resultados, el asentamiento de mezclas con adiciones de puzolana natural de hasta 25% se encuentra dentro del intervalo de 3" a 4", por lo que se considera como mezclas plásticas; sin embargo, se dificultaría su colocación en obra, por lo que se recomienda el uso de aditivo plastificante que ayude a mejorar la trabajabilidad.
- Se recomienda la utilización de este tipo de concretos, ya que se ha demostrado que son más económicos que los concretos con cementos puzolánicos y que a su vez son más económicos que los concretos convencionales elaborados con cemento tipo I.
- Se debe lograr la difusión del uso de la puzolana natural del Distrito de Chongos Alto en concretos, ya que además de conseguir concretos económicos se logran concretos sostenibles y de manera indirecta se contribuye con el medio ambiente; ya que la producción de cemento es una de las más contaminantes emitiendo 1 kg de CO₂ por cada kg de cemento producido.

- Se recomienda realizar ensayos de resistencia a la compresión a los 365 días, para verificar la actividad puzolánica.

LINEAS DE INVESTIGACIÓN

Se propone como líneas de investigación futura:

- Evaluar el uso de la puzolana natural del distrito de Chongos Alto como incorporación en morteros para asentado de muros.
- Analizar la puzolana natural del distrito de Chongos Alto como adición en el clínker, para cementos adicionados.
- Evaluar la actividad puzolánica del material mediante ensayos de resistencia a la compresión a los 365 días.
- Estudiar el uso de la puzolana natural del distrito de Chongos Alto como componente de elementos prefabricados o bloques de concreto.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) CONSTRUCTIVO, EL PORTAL DE LOS PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN [En línea] [Fecha de Consulta: 20 diciembre 2016]. Disponible en: <http://www.constructivo.com/cn/d/novedad.php?id=332>
- (2) ECOLOGÍA VERDE [En línea] [Fecha de Consulta: 06 enero 2017]. Disponible en: <http://www.ecologiaverde.com/tag/cemento/>
- (3) FEDERACIÓN INTERAMERICANA DEL CEMENTO. *Informe Estadístico 2013*. Bogotá – Colombia, 2013.
- (4) INGEMMET. *Compendio de Rocas y Minerales Industriales en el Perú*. Boletín N°19 Serie B- Geología Económica. Lima- Perú, 2009.
- (5) SALAZAR, A. *Texto: Puzolanas*. Lima- Perú, 2004.
- (6) MARTINEZ, F. *Puzolanas de la Provincia de Huancayo, excelentes para la Fabricación de Cementos Puzolánicos*. II Simposio Internacional Pequeños Productores Mineros De Junín. Huancayo – Perú, 2012.
- (7) VILLEGAS, C. *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 título de Maestro en Tecnología de la Construcción. Lima – Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.
- (8) SÁNCHEZ, C. *Estudio Experimental del Empleo de Diatomita en la Producción de Concreto de Alto Desempeño*. Tesis para optar el título de Ingeniería Civil. Lima- Perú: Universidad de Ciencias Aplicadas, 2008.
- (9) MARTINEZ, R; MIRANDA, J; NARVÁEZ, L; DE LA GARZA, A Y NARVÁEZ, E. *Estudio de una Puzolana Natural como Sustituto Parcial del Cemento en Morteros Contaminados con Sulfatos*. Coahuila- México: Congreso Internacional de Metalurgia y Materiales, 2013.

- (10) MORENO, D. *Mortero para la Fabricación de Block Usando Ceniza Volante*. Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil. Obregón-México: Instituto Tecnológico de Sonora, 2011.
- (11) MANCIPE, J; PEREIRA, L Y BERMÚDEZ, D. *Diseño de Concretos de Alta Resistencia a Partir de una Puzolana Natural*. Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil. Bogotá-Colombia: Universidad de la Salle, 2007.
- (12) PASQUEL, E. *Tópicos de Tecnología del Concreto*. Segunda Edición. Lima-Perú, 1998.
- (13) KOSMATKA, S; KERKHOFF, B; PANARESE, W Y TANESI, J. *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. EE.UU: Portland Cement Association, 2004.
- (14) N.T.P 334.009:2016. *Cemento Portland, Requisitos*. INACAL, Lima- Perú, 2016.
- (15) GONZALES, M. *La Industria del Cemento en el Perú*. Lima- Perú, 1999.
- (16) TORRE, A. *Curso Básico de Tecnología del Concreto*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2004.
- (17) BIONDI, A. Los Cementos Adicionados. *Revista Peruana de la Construcción*. Lima-Perú: UNACEM, pp. 50 – 53, 2017.
- (18) N.T.P 334.090:2015. *Cemento Portland adicionados. Requisitos*. INACAL, Lima- Perú, 2015.
- (19) MARTINEZ, E. *Reporte sobre el uso de las puzolanas en el hormigón*. Revista Ingeniería Estructural y Vial. Vol. XX, N° 4, 38-42. *La Habana*, pp. 38 – 42, 1999.
- (20) N.T.P 334.104:2011. *CEMENTOS. Ceniza Volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto. Especificaciones*. Segunda Edición. INACAL, Lima- Perú, 2011.

- (21) PETROFÍSICA IBÉRICA S.A [En línea] [Fecha de Consulta: 25 junio 2017].
Disponible en: <http://www.petrofisicaiberica.com/aplicaciones/>
- (22) N.T.P 334.088:2014. *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland*. INACAL, Lima- Perú, 2014.
- (23) N.T.P 400.011:2013. *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*. INACAL, Lima - Perú, 2013.
- (24) N.T.P 400.037:2014. *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. INACAL, Lima - Perú, 2014.
- (25) ORTIZ, A; AGUADO, A; AGULLÓ, L; GARCÍA, T Y ZERMEÑO, M. *Estudio experimental sobre la influencia de la temperatura ambiental en la resistencia del hormigón preparado. Bases Teóricas*. Revista Materiales de Construcción. Vol. 58, 291, 7-22. México, pp. 7 – 22, 2008.
- (26) RIVVA, E. *Materiales para el Concreto*. Segunda Edición. Lima- Perú: ICG, 2010.
- (27) N.T.P 339.046:2008. *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico del hormigón (concreto)*. INACAL, Lima - Perú, 2008.
- (28) N.T.P 339.082:2011. *CONCRETO: Método de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración*. INACAL, Lima - Perú, 2011.
- (29) N.T.P 339.083:2011. *CONCRETO: Método de ensayo normalizado para la determinación de contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión*. INACAL, Lima-Perú, 2011.

- (30) INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO.
Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el Método de Presión. Revista Construcción y Tecnología del Concreto. México, pp.68-71, 2012.
- (31) N.T.P 339.077:2013. *CONCRETO: Métodos de ensayos normalizados para la exudación del concreto.* INACAL, Lima - Perú, 2013.
- (32) N.T.P 339.084:2012. *CONCRETO: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.* INACAL, Lima - Perú, 2012.
- (33) N.T.P 339.078:2012. *CONCRETO: Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.* INACAL, Lima - Perú, 2012.
- (34) OTAZZI, G. *Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado.* Tesis para optar el grado académico de Magíster en Ingeniería Civil. Lima- Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2004.

NORMAS TÉCNICAS PERUANAS:

CEMENTO:

N.T.P. 334.009:2015. *CEMENTOS: Cementos Portland. Requisitos.*

N.T.P. 334.090:2015. *CEMENTOS: Cementos Portland adicionados. Requisitos.*

N.T.P. 334.104:2011. *CEMENTOS. Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto. Especificaciones.*

AGUA:

N.T.P. 339.088:2014. *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de Cemento Portland. Requisitos.*

AGREGADOS:

N.T.P. 400.010:2011. *AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras.*

N.T.P. 400.043:2015. *AGREGADOS. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo.*

N.T.P. 400.011:2013. *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concreto) en el laboratorio.*

N.T.P. 400.012:2013. *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.*

N.T.P. 400.017:2011. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos de los agregados.*

N.T.P. 400.018:2013. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (Nº 200) por lavado en agregados.*

N.T.P. 400.021:2013. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.*

N.T.P. 400.022:2013. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.*

N.T.P. 400.013:2013. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones.*

N.T.P. 400.024:2011. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto.*

N.T.P. 400.037:2014. *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.*

N.T.P. 339.185:2013. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.*

CONCRETO:

N.T.P. 339.183:2013. *CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.*

N.T.P. 339.035:2009. *CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.*

N.T.P. 339.080:2011. *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión.*

N.T.P. 339.046:2008. *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).*

N.T.P. 339.077:2013. *CONCRETO. Métodos de ensayo normalizados para exudación del hormigón (concreto).*

N.T.P. 339.082:2011. *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración.*

N.T.P. 339.034:2015. *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.*

N.T.P. 339.084:2012. *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.*

N.T.P. 339.078:2012. *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.*

ANEXOS

ANEXO A.
RESUMEN DERECHO MINERO SILVITA 2016

RESUMEN DEL DERECHO MINERO

Datos Generales			
Código	620005018	Nombre	SILVITA 2018
Fecha de Formulación	10/08/2018	Situación	EXTINGUIDO
Procedimiento	TRAMITE	Tipo	PETITORIO (D.LEG. 708)
Has. Formuladas	200.00	Sustancia	NO METALICA
Has. Rectificadas		Has. Formadas	
Has. Reducidas		Has. Disponibles	
Ubicación	REGION JUNIN desde el 10/08/2018		

Titular Referencial

Tipo	Nombre de Razón Social	Dirección	% Participación
NATURAL	JESUS FERNANDO MARTINEZ ILDEFONSO	JR. HUANCAS 337, DPTO. B JUNINHUANCAYOHUANCAYO	100

Demarcaciones

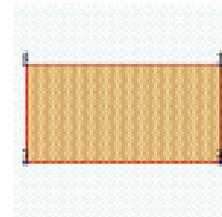
Departamento	Provincia	Distrito
JUNIN	HUANCAYO	CHICCHE
JUNIN	HUANCAYO	CHONGOS ALTO

Cartas

Código	Descripción	Zona UTM
25-M	HUANCAYO	18

Coordenadas WGS84

Vertice	Norte	Este
1	8,638,000.00	464,000.00
2	8,637,000.00	464,000.00
3	8,637,000.00	462,000.00
4	8,638,000.00	462,000.00



Pagos

Nro. Recibo	Monto	Fecha Pago	Nro. Cuenta	Banco	Concepto
6740500700050 007218	US \$1,600.00 S/ 305.00	09/08/2018 05/08/2018	070362957784 381021898	SCOTIABANK (WIESE LA NACION	Vigencia Trámite

Resoluciones

Nro. Resolución	Fecha Resolución	Decisión	Plazo
000000-2018-GR	04/11/2018	RECHAZO	15 días

ANEXO B.

PLANO CAPACIDAD DE CANTERA DE PUZOLANA

ANEXO C.

C.1 .ENSAYOS REALIZADOS EN LOS AGREGADOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO
(N.T.P. 400.012)

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA
 PROCEDENCIA : CANTERA ORCOTUNA- RIO MANTARO
 NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
 TESIS TA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
 FECHA DE ENSAYO : 06/08/2016
 FECHA DE EMISION : 10/08/2016

Hoja : 1/2

MUESTRA PROMEDIO

GRAFICA DE LA GRADACION

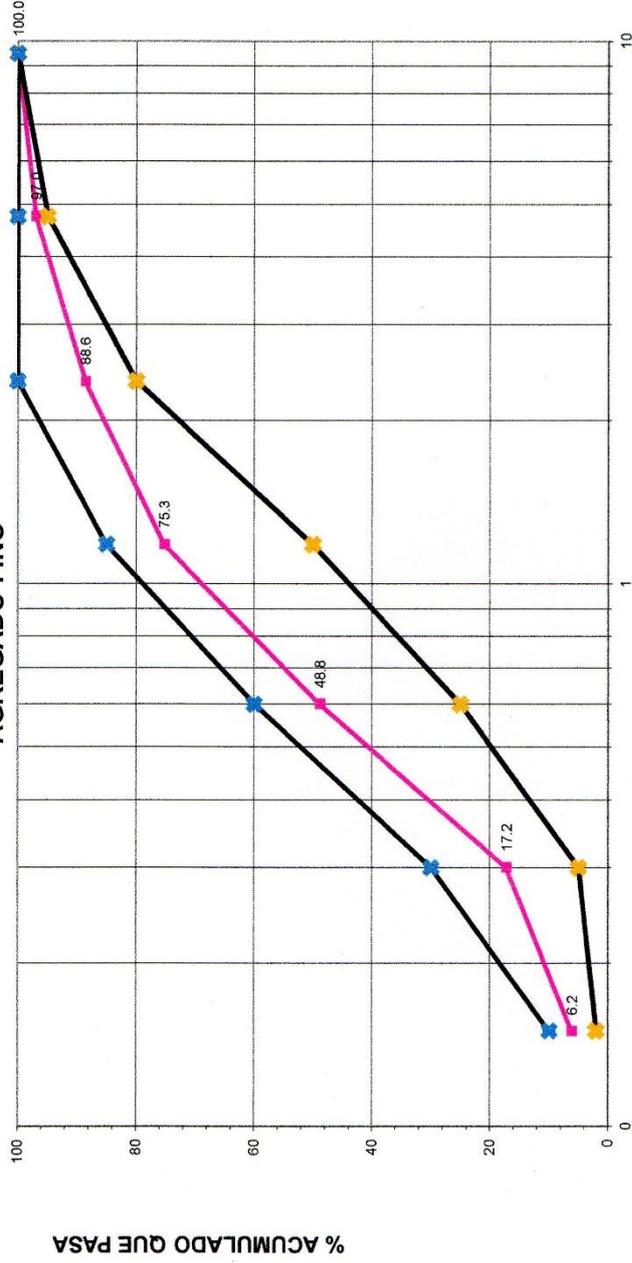
TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA	TAMIZ	% QUE PASA
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	3/8"	100
N°4	4.75	58.4	3.0	3.0	97.0	N°4	95
N°8	2.36	162.2	8.4	11.4	88.6	N°8	80
N°16	1.18	256.4	13.3	24.7	75.3	N°16	50
N°30	0.60	510.3	26.4	51.2	48.8	N°30	25
N°50	0.30	610.7	31.7	82.8	17.2	N°50	10
N°100	0.15	212.3	11.0	93.8	6.2	N°100	2
FONDO		119.1	6.2	100.0	0.0		
TOTAL		1929.5					

MODULO DE FINURA	MF
SUPERFICIE ESPECIFICA cm ² /gr	35.73

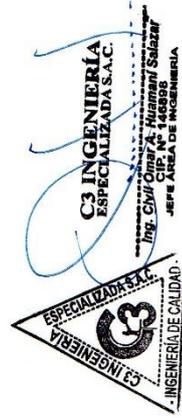


**CURVA GRANULOMETRICA
MUESTRA PROMEDIO
AGREGADO FINO**

Hoja: 2/2



ABERTURA EN (mm)



TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA
 PROCEDENCIA : CANTERA PILCOMAYO
 NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PIZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
 TESIS : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
 FECHA DE ENSAYO : 06/08/2016

Hoja: 1/2

: 10/08/2016
GRAFICA DE LA GRADACION

MUESTRA PROMEDIO
 FECHA DE EMISION

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	137.0	3.5	3.5	96.5
1/2"	12.50	1517.3	39.2	42.7	57.3
3/8"	9.50	1215.3	31.4	74.1	25.9
Nº4	4.75	931.7	24.1	98.2	1.8
Nº8	2.36	56.3	1.5	99.6	0.4
FONDO		14.8	0.4	100.0	0.0
TOTAL		3872.4			

TAMAÑO MAXIMO	TM	1"
TAMAÑO MAX. NOMINAL	TMN	3/4"
MODULO DE FINURA	MF	6.754
SUPERFICIE ESPECIFICA	S.E	2.153
NUMERO DE ASTM	Nº ASTM	67

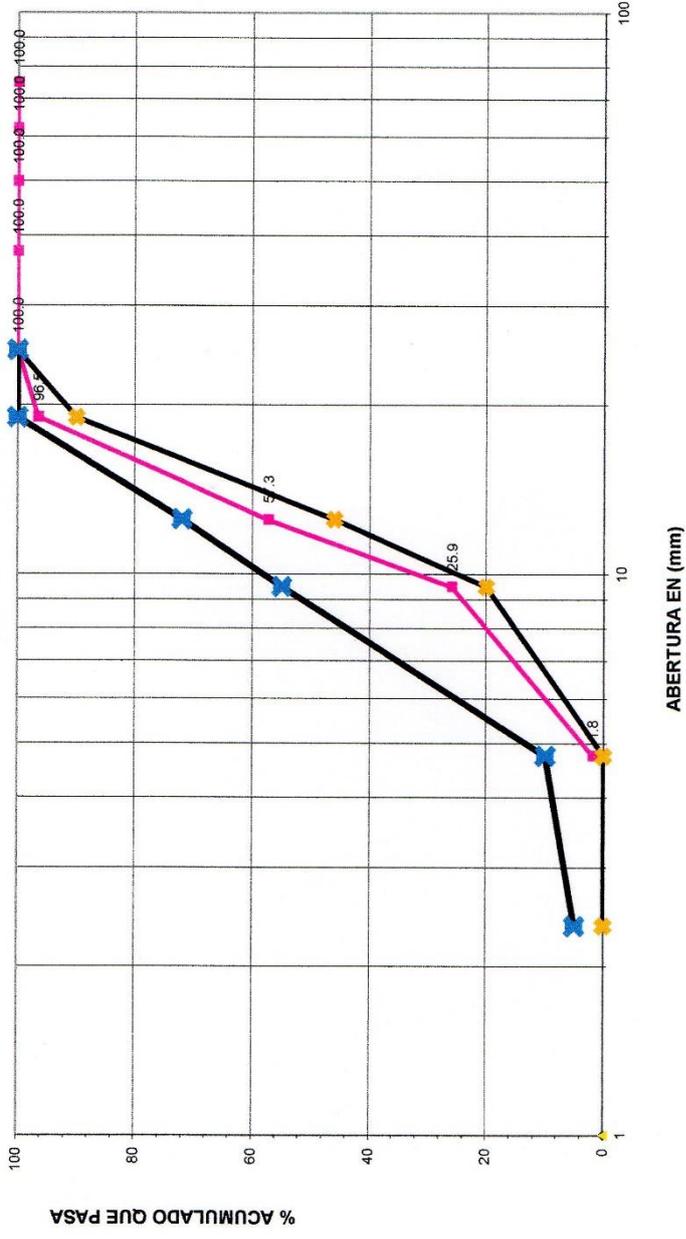
TAMIZ	% QUE PASA
3"	
2 1/2"	
2"	
1 1/2"	
1"	100
3/4"	90
1/2"	46
3/8"	20
Nº4	0
Nº8	0



G3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 Ing. Chile y Perú: **Humberto Salazar**
 Jefe Área de Ingeniería

**CURVA GRANULOMETRICA
MUESTRA PROMEDIO
AGREGADO GRUESO**

Hoja: 2/2



ENSAYO : IMPUREZAS ORGÁNICAS
MUESTRA : ARENA GRUESA
PROCEDENCIA : CANTERA ORCOTUNA- RIO MANTARO
 : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO
NOMBRE DE LA TESIS COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA $F'c = 175, 210$ y
 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 06/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 10/08/2016

ENSAYO IMPUREZAS ORGÁNICAS (N.T.P 400.013)			
MUESTRA	IDENTIFICACION	COLOR DEL PATRON GARDNER CT-97	RESULTADO
Nº01	CANTERA : ORCOTUNA - RIO MANTARO	Nº1	NO PRESENTA IMPUREZAS ORGANICAS
Nº02	CANTERA : ORCOTUNA - RIO MANTARO	Nº1	NO PRESENTA IMPUREZAS ORGANICAS
Nº03	CANTERA : ORCOTUNA - RIO MANTARO	Nº1	NO PRESENTA IMPUREZAS ORGANICAS





LABORATORIO DE AGREGADOS, SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

ENSAYO : MATERIAL PASANTE EN LA MALLA N°200
MUESTRA : PIEDRA CHANCADA
PROCEDENCIA : CANTERA PILCOMAYO
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F^c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 06/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 10/08/2016

**ENSAYO MATERIAL PASANTE EN LA MALLA N°200
NTP 400.018**

	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02	MUESTRA N°03
PESO INICIAL SECO	3215.6	3458.4	3526.1
PESO FINAL SECO	3208.2	3450.7	3517.2
% MALLA N° 200	0.23	0.22	0.25
PROMEDIO % MALLA N° 200		0.24	





LABORATORIO DE AGREGADOS, SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

ENSAYO : MATERIAL PASANTE EN LA MALLA N°200
MUESTRA : ARENA GRUESA
PROCEDENCIA : CANTERA ORCOTUNA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm2 - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 06/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 10/08/2016

ENSAYO MATERIAL PASANTE EN LA MALLA N°200 NTP 400.018			
	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02	MUESTRA N°03
PESO INICIAL SECO	2415.6	2234.1	2541.6
PESO FINAL SECO	2365.4	2188.4	2485.9
% MALLA N° 200	2.08	2.05	2.19
PROMEDIO % MALLA N° 200	2.11		



ENSAYO : PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
 MUESTRA : ARENA GRUESA
 PROCEDENCIA : CANTERA ORCOTUNA-RIO MANTARO
 NOMBRE DE LA : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION
 TESIS DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 Y 245 kg/cm2 - HUANCAYO - JUNIN
 TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
 FECHA DE ENSAYO : 07/08/2016
 FECHA DE EMISION : 10/08/2016

ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
 N.T.P. 400.021

I. DATOS

	MUESTRA Nº 01	MUESTRA Nº 02	MUESTRA Nº 03
1	Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua	968.1	968.4
2	Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón	656.2	656.8
3	Peso del agua (W = 1-2)	311.9	311.6
4	Peso de la arena secada al horno + peso del balón	648.7	648.3
5	Peso del balón	156.2	156.2
6	Peso de la arena secada al horno (A = 4-5)	492.5	492.1
7	Volumen del balón V = 500 ml	500	500

II. RESULTADOS

	PROMEDIO	
1	PESO ESPECIFICO DE MASA [P.E.M. = A / (V - W)]	2.62
2	PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO [P.E.M.S.S. = 500 / (V - W)]	2.66
3	PESO ESPECIFICO APARENTE [P.E.A. = A / (V - W) - (500 - A)]	2.73
4	PORCENTAJE DE ABSORCION [(500 - A) / A * 100]	1.52
		1.61
		2.61
		2.65
		2.73
		1.48
		2.63
		2.67
		2.74
		1.54



ENSAYO

: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

MUESTRA

: PIEDRA CHANCADA

PROCEDENCIA

: CANTERA PILCOMAYO

NOMBRE DE LA TESIS

: EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F.Cº 175, 210 y 245 kg/cm2 - HUANCAYO - JUNIN

TESISTA

: BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.

FECHA DE ENSAYO

: 07/08/2016

FECHA DE EMISION : 10/08/2016

ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

N.T.P. 400.021

I. DATOS

	MUESTRA Nº 01	MUESTRA Nº 02	MUESTRA Nº 03
1	Peso de la muestra secada al horno (A)	2968	2969
2	Peso de la muestra saturada con superficie seca (B)	3000	3000
3	Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla dentro del agua	2871	2868
4	Peso de la canastilla dentro del agua	989	989
5	Peso de la muestra saturada dentro del agua (C)	1882	1879

II. RESULTADOS

				PROMEDIO
1	PESO ESPECÍFICO DE MASA [P.E.M. = A / B - C]	2.65	2.65	2.64
2	PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO [P.E.M.S.S. = B / (B - C)]	2.68	2.68	2.68
3	PESO ESPECÍFICO APARENTE [P.E.A. = A / (A - C)]	2.73	2.72	2.72
4	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (B - A) / A * 100	1.08	1.04	1.11



LABORATORIO DE AGREGADOS, SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

ENSAYO : PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO
MUESTRA : PIEDRA CHANCADA
PROCEDENCIA : CANTERA PILCOMAYO
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE ENSAYO : 06/08/2016
FECHA DE EMISION : 10/08/2016

ENSAYO PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO
N. T. P. 400.017

I. PESO UNITARIO SUELTO SECO - P.USS

	MUESTRA Nº 01		MUESTRA Nº 02		MUESTRA Nº 03		PROMEDIO
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJAS (kg)	28.586	28.614	28.765	28.784	28.814	28.621	28.479
PESO DE LA VASIJAS (kg)	9.616	9.616	9.616	9.616	9.616	9.616	9.616
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (kg)	18.97	18.998	19.149	19.037	19.198	19.005	18.863
CONSTANTE (1/Vol.molde)	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4
PESO APARENTE SUELTO (kg/m ³)	1355	1357	1368	1369	1371	1358	1347
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO HUMEDO (kg/m ³)	1360		1367		1342		1360
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO SECO (kg/m ³)	1349		1357				1350

II. PESO UNITARIO COMPACTADO SECO - P.UCS

PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + VASIJAS (kg)	31.142	31.161	31.154	31.194	31.174	31.157	31.184	31.240	31.172
PESO DE LA VASIJAS (kg)	9.616	9.616	9.616	9.616	9.616	9.616	9.616	9.616	9.608
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (kg)	21.526	21.545	21.538	21.578	21.558	21.541	21.529	21.624	21.564
CONSTANTE (1/Vol.molde)	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4
PESO APARENTE COMPACTADO (kg/cm ³)	1538	1539	1538	1541	1540	1539	1538	1541	1540
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO HUMEDO (kg/m ³)	1540		1541		1541		1541		1540
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (kg/m ³)	1526		1528		1530		1529		1529



ENSAYO : PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO
MUESTRA : ARENA GRUESA
PROCEDENCIA : CANTERA ORCOTUNA-RIO MANTARO
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F^c 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE ENSAYO : 06/08/2016
FECHA DE EMISION : 10/08/2016

ENSAYO PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO
N.T.P. 400.017

I. PESO UNITARIO SUELTO SECO - PUS

	MUESTRA N°01			MUESTRA N°02			MUESTRA N°03			PROMEDIO
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASUJA (kg)	8.641	8.604	8.623	8.624	8.653	8.634	8.635	8.614	8.627	8.628
PESO DE LA VASUJA (kg)	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (kg)	4.885	4.848	4.867	4.868	4.897	4.878	4.879	4.858	4.871	4.872
CONSTANTE (1Vol.molde)	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4
PESO APARENTE SUELTO (kg/cm ³)	1726	1713	1720	1720	1730	1724	1724	1717	1721	1722
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO HUMEDO (kg/m ³)	1720			1725			1701			1703
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO SECO (kg/m ³)	1701			1707			1701			1703

II. PESO UNITARIO COMPACTADO SECO - PUCS

PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + VASUJA (kg)	8.931	8.957	8.961	9.015	8.994	9.004	8.997	9.021	9.012	8.988
PESO DE LA VASUJA (kg)	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (kg)	5.175	5.201	5.205	5.259	5.238	5.248	5.241	5.265	5.256	5.232
CONSTANTE (1Vol.molde)	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4
PESO APARENTE COMPACTADO (kg/cm ³)	1829	1838	1839	1858	1851	1854	1852	1860	1857	1849
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO HUMEDO (kg/m ³)	1835			1845			1857			1849
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (kg/m ³)	1816			1815			1836			1829





LABORATORIO DE AGREGADOS, SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

ENSAYO : CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO
MUESTRA : ARENA GRUESA
PROCEDENCIA : CANTERA ORCOTUNA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 07/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 10/08/2016

ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO NTP 339.185

	MUESTRA Nº 01	MUESTRA Nº 02	MUESTRA Nº 03	PROMEDIO
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr) + TARA	964.7	927.1	957.8	1.08
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (g) + TARA	955.4	918.4	948.2	
TARA	89.5	91.7	93.6	
CONTENIDO DE AGUA (kg)	9.3	8.7	9.6	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.07	1.05	1.12	





LABORATORIO DE AGREGADOS, SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

ENSAYO : CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO
MUESTRA : PIEDRA CHANCADA
PROCEDENCIA : CANTERA PILCOMAYO
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm2 - HUANCAYO – JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 07/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 10/08/2016

**ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO
NTP 339.185**

	MUESTRA N° 01	MUESTRA N° 02	MUESTRA N° 03	PROMEDIO
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (kg)	957.1	1002.8	1085.6	0.76
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (kg)	950.4	996.1	1078.4	
TARA	100.2	98.6	104.6	
CONTENIDO DE AGUA (kg)	6.7	6.7	7.2	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.79	0.75	0.74	



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GLOBAL
(N.T.P. 400.012)

Hoja: 1/3

MUESTRA : AGREGADO GRUESO 35% - AGREGADO FINO 65%
PROCEDENCIA : CANTERA PILCOMAYO - CANTERA ORCOTUNA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION
TESISTA : DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE ENSAYO : 08/08/2016
FECHA DE EMISION : 12/08/2016

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO GRUESO	PESO RETENIDO FINO	AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	65%	AGREGADO GLOBAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA AGREGADO GLOBAL
				% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO							
3"	75.00	0.0		0.0	0.0							0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0		0.0	0.0							0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0		0.0	0.0							0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0		0.0	0.0							0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0		0.0	0.0							0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	137.0		3.6	3.6			1.3				1.3	1.3	98.7
1/2"	12.50	1517.3		39.8	43.4			13.9				13.9	15.2	84.8
3/8"	9.50	1215.3	0.0	31.8	75.2	0.0	0.0	11.1	0.0	0.0	0.0	11.1	26.3	73.7
Nº4	4.75	931.7	58.4	24.4	99.6	3.0	3.0	8.5	2.0	10.5	10.5	36.8	42.4	57.6
Nº8	2.36	14.8	162.2	0.4	100.0	8.4	11.4	0.1	5.5	5.6	5.6	42.4	51.1	48.9
Nº16	1.18		256.4			13.3	24.7		8.6	8.6	8.6	51.1	68.3	31.7
Nº30	0.60		510.3			26.4	51.2		17.2	17.2	17.2	68.3		



Nº50	0.30	610.7	31.7	82.8	20.6	88.8	11.2
Nº100	0.15	212.3	11.0	93.8	7.2	96.0	4.0
FONDO		119.1	6.2	100.0	4.0	100.0	0.0
TOTAL	3816.1	1929.5	MF 6.784	MF 2.670	MF	4.110	

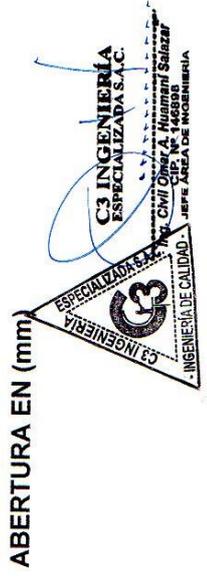
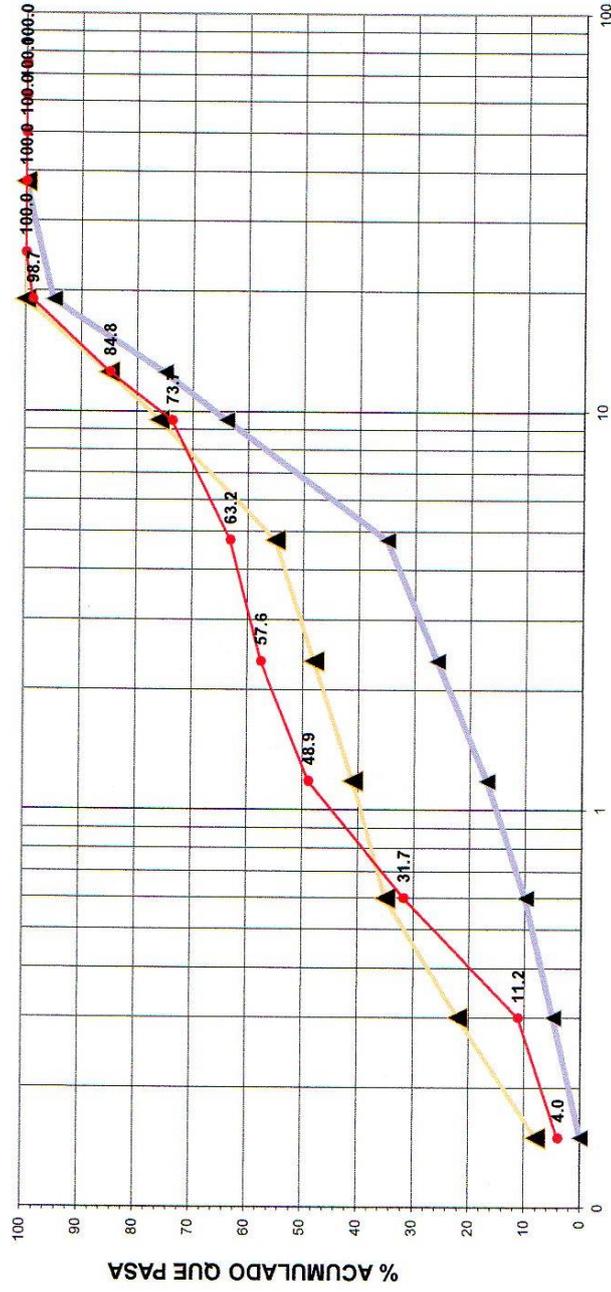
TAMAÑO MAXIMO	TM	1"
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	TMN	3/4"
MODULO DE FINURA	MF	4.110
SUPERFICIE ESPECIFICA	S.E	24.27

GRAFICA DE LA GRADACION

TAMIZ	ABERTURA mm	GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL			
		PORCENTAJE EN PESO (MASA) QUE PASA			
		TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 37.5 mm (1 1/2")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 19.0 mm (3/4")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 9.5 mm (3/8")	
3"	75.00	100	100		
1 1/2"	37.50	95	100	100	
3/4"	19.00	45	80	95	100
1/2"	12.50	39	70	85	100
3/8"	9.50	35	65	64	95
Nº4	4.75	25	50	35	55
Nº8	2.36	19	44	26	48
Nº16	1.18	14	36	17	41
Nº30	0.60	8	30	10	35
Nº50	0.30	4	20	5	22
Nº100	0.15	0	8	0	8



**CURVA GRANULOMETRICA
AGREGADO GLOBAL
35% AG - 65% AF**



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GLOBAL
(N.T.P 400.012)

MUESTRA : AGREGADO GRUESO 40% - AGREGADO FINO 60%
PROCEDENCIA : CANTERA PILCOMAYO - CANTERA ORCOTUNA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 Y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE ENSAYO : 08/08/2016
FECHA DE EMISION : 12/08/2016
 Hoja: 1/3

TAMIZ	ABERTURA mm	AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	AGREGADO O GLOBAL	PESO ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA AGREGADO GLOBAL
		PESO RETENIDO GRUESO	PESO RETENIDO FINO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO					
3"	75.00	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	137.0		3.6		3.6		0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	1517.3		39.8		43.4		1.4	1.4	98.6
3/8"	9.50	1215.3	0.0	31.8	0.0	75.2	0.0	12.7	17.3	82.7
Nº4	4.75	931.7	58.4	24.4	3.0	99.6	3.0	9.8	30.1	69.9
Nº8	2.36	14.8	162.2	0.4	8.4	100.0	11.4	0.2	41.7	58.3
Nº16	1.18		256.4		13.3		24.7		46.9	53.1
Nº30	0.60		510.3		26.4		51.2		54.8	45.2
									70.7	29.3



N°50	0.30	610.7			31.7	82.8	19.0	19.0	89.7	10.3
N°100	0.15	212.3			11.0	93.8	6.6	6.6	96.3	3.7
FONDO		119.1			6.2	100.0	3.7	3.7	100.0	0.0
TOTAL	3816.1	1929.5	MF	6.784	MF	2.670			MF	4.316

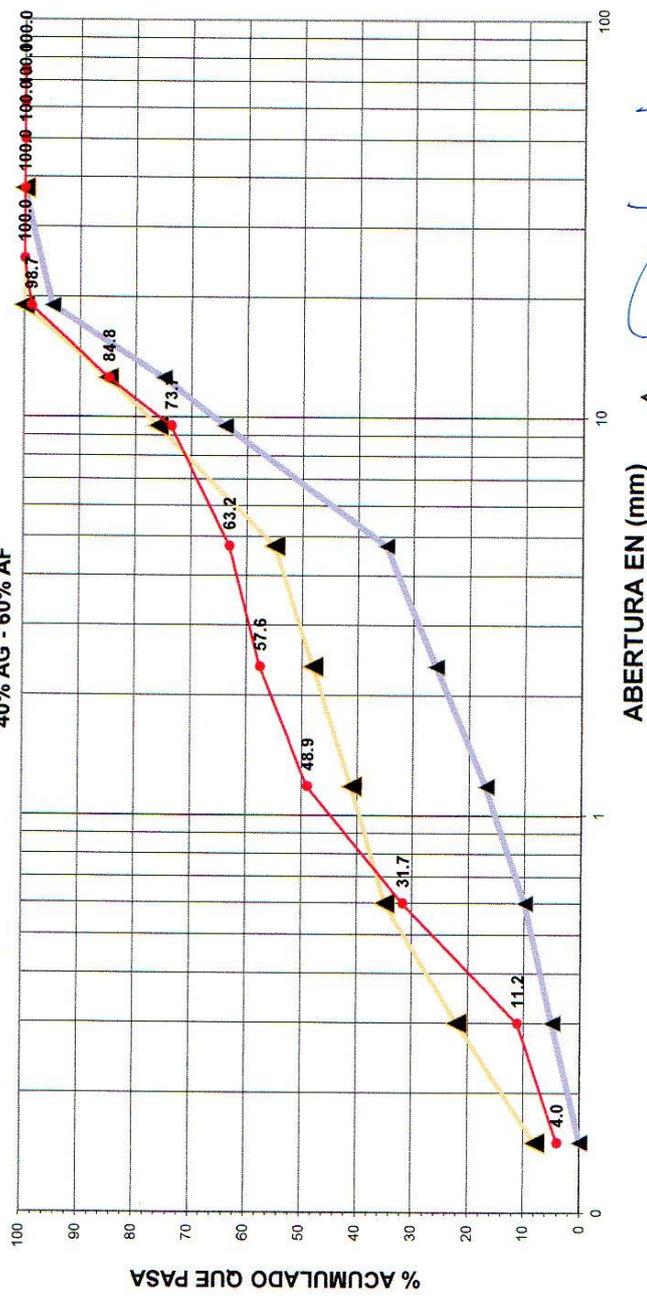
TAMAÑO MAXIMO	TM	1"
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	TMN	3/4"
MODULO DE FINURA	MF	4.316
SUPERFICIE ESPECIFICA	S.E	22.57

GRAFICA DE LA GRADACION

TAMIZ	GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL					
	PORCENTAJE EN PESO (MASA) QUE PASA					
	ABERTURA mm	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 37.5 mm (1 1/2")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 19.0 mm (3/4")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 9.5 mm (3/8")		
3"	75.00	100	100			
1 1/2"	37.50	95	100	100		
3/4"	19.00	45	80	95	100	
1/2"	12.50	39	70	85	100	100
3/8"	9.50	35	65	64	76	95
N°4	4.75	25	50	35	55	30
N°8	2.36	19	44	26	48	20
N°16	1.18	14	36	17	41	15
N°30	0.60	8	30	10	35	10
N°50	0.30	4	20	5	22	5
N°100	0.15	0	8	0	8	0
						8



**CURVA GRANULOMETRICA
AGREGADO GLOBAL
40% AG - 60% AF**



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GLOBAL
(N.T.P. 400.012)

MUESTRA : AGREGADO GRUESO 45% - AGREGADO FINO 55% Hoja: 1/3
 PROCEDENCIA : CANTERA PILCOMAYO - CANTERA ORCOTUNA
 NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION
 DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 Y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
 TESIS TA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
 FECHA DE ENSAYO : 08/08/2016 FECHA DE EMISION : 12/08/2016

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO GRUESO	PESO RETENIDO FINO	AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO		AGREGADO O GLOBAL	PESO ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA AGREGADO GLOBAL
				% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO			
3"	75.00	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	137.0		3.6	3.6			1.6	1.6	98.4
1/2"	12.50	1517.3		39.8	43.4			17.9	19.5	80.5
3/8"	9.50	1215.3	0.0	31.8	75.2	0.0	0.0	14.3	33.8	66.2
N°4	4.75	931.7	58.4	24.4	99.6	3.0	3.0	11.0	46.5	53.5
N°8	2.36	14.8	162.2	0.4	100.0	8.4	11.4	4.6	51.3	48.7
N°16	1.18		256.4			13.3	24.7	7.3	58.6	41.4

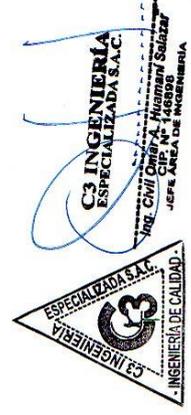


N°30	0.60	510.3	26.4	51.2	14.5	73.1	26.9
N°50	0.30	610.7	31.7	82.8	17.4	90.6	9.4
N°100	0.15	212.3	11.0	93.8	6.1	96.6	3.4
FONDO		119.1	6.2	100.0	3.4	100.0	0.0
TOTAL	3816.1	1929.5	MF 6.784	MF 2.670	MF	MF 4.521	

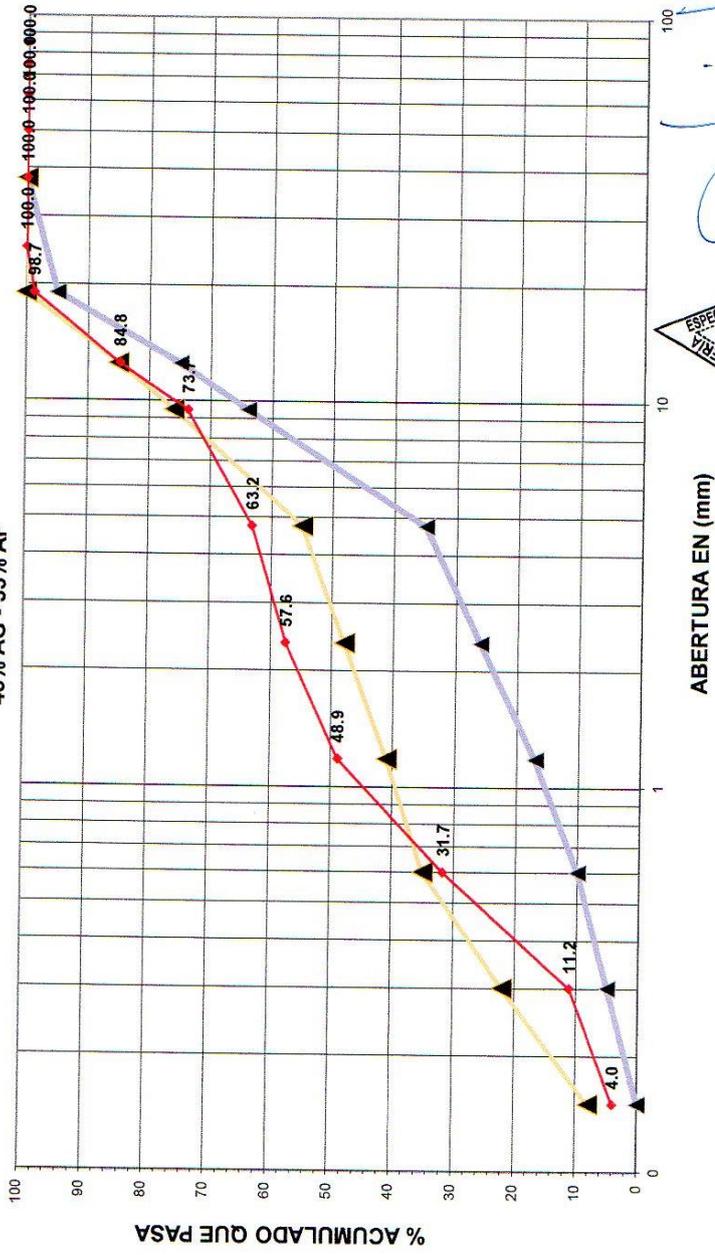
TAMAÑO MAXIMO	TM	1"
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	TMN	3/4"
MODULO DE FINURA	MF	4.521
SUPERFICIE ESPECIFICA	S.E	20.87

GRAFICA DE LA GRADACION

TAMIZ	ABERTURA mm	GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL					
		PORCENTAJE EN PESO (MASA) QUE PASA					
		TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 37.5 mm (1 1/2")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 19.0 mm (3/4")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 9.5 mm (3/8")			
3"	75.00	100	100				
1 1/2"	37.50	95	100	100			
3/4"	19.00	45	80	95	100		
1/2"	12.50	39	70	75	85	100	100
3/8"	9.50	35	65	64	76	95	100
N°4	4.75	25	50	35	55	30	65
N°8	2.36	19	44	26	48	20	50
N°16	1.18	14	36	17	41	15	40
N°30	0.60	8	30	10	35	10	30
N°50	0.30	4	20	5	22	5	15
N°100	0.15	0	8	0	8	0	8



**CURVA GRANULOMETRICA
AGREGADO GLOBAL
45% AG - 55% AF**



ABERTURA EN (mm)

**C3 INGENIERIA
ESPECIALIZADA S.A.C.**

Ing. Civil Omar A. Nuaman Salazar
JEFE AREA DE INGENIERIA

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GLOBAL
(N.T.P. 400.012)**

Hoja: 1/3

MUESTRA : AGREGADO GRUESO 50% - AGREGADO FINO 50%
PROCEDENCIA : CANTERA PILCOMAYO - CANTERA ORCOTUNA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F_c = 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 08/08/2016
FECHA DE EMISION : 12/08/2016

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO GRUESO	PESO RETENIDO FINO	AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO		AGREGADO O GLOBAL	PESO ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA AGREGADO GLOBAL
				% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO			
3"	75.00	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	137.0		3.6	3.6		1.8	1.8	1.8	98.2
1/2"	12.50	1517.3		39.8	43.4		19.9	19.9	21.7	78.3
3/8"	9.50	1215.3	0.0	31.8	75.2	0.0	0.0	15.9	37.6	62.4
Nº4	4.75	931.7	58.4	24.4	99.6	3.0	3.0	12.2	51.3	48.7
Nº8	2.36	14.8	162.2	0.4	100.0	8.4	11.4	0.2	55.7	44.3
Nº16	1.18		256.4			13.3	24.7	6.6	62.4	37.6



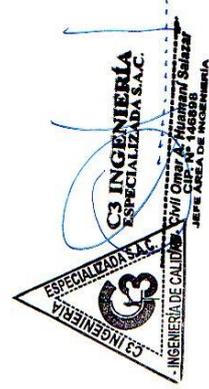
C3 INGENIERÍA
ESPECIALIZADA S.A.C.
RUC: 20107031210
CIP: N° 146998
Jefe: ABBA DE INGENIERIA

N°30	0.60	510.3	26.4	51.2	13.2	13.2	75.6	24.4
N°50	0.30	610.7	31.7	82.8	15.8	15.8	91.4	8.6
N°100	0.15	212.3	11.0	93.8	5.5	5.5	96.9	3.1
FONDO		119.1	6.2	100.0	3.1	3.1	100.0	0.0
TOTAL	3816.1	1929.5	MF 6.784	MF 2.670		MF	4.727	

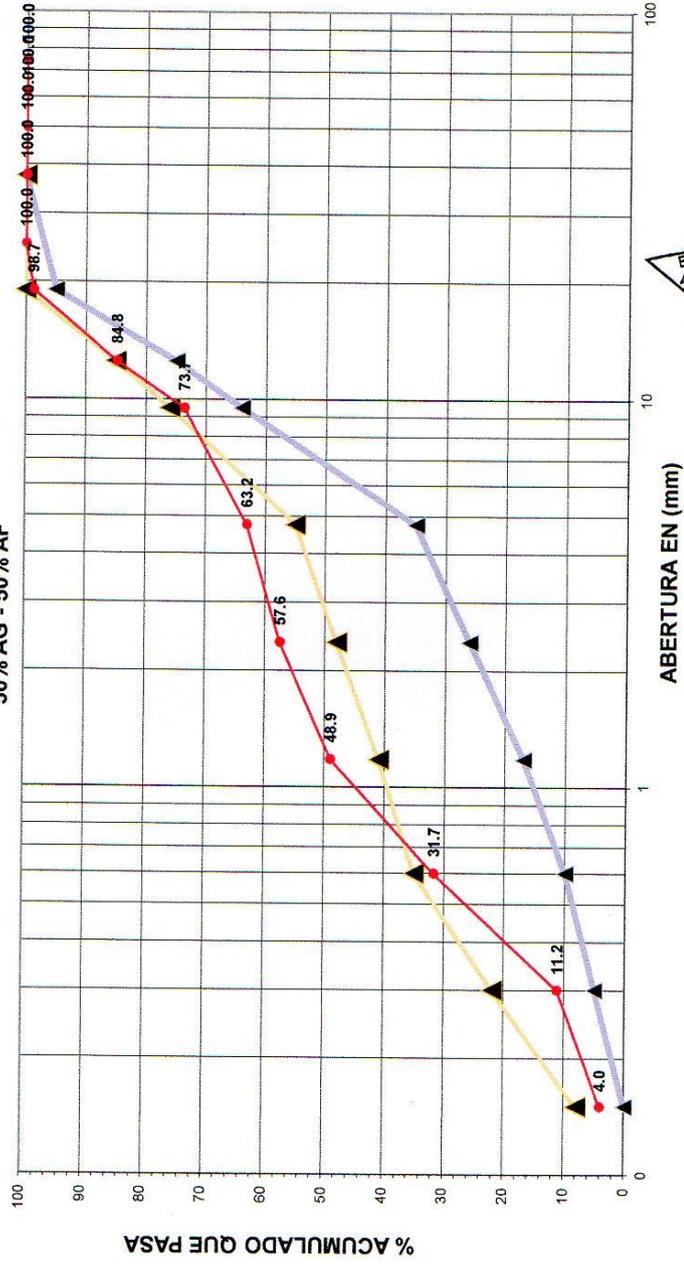
TAMAÑO MAXIMO	TM	1"
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	TMN	3/4"
MODULO DE FINURA	MF	4.727
SUPERFICIE ESPECIFICA	S.E	19.18

GRAFICA DE LA GRADACION

TAMIZ	ABERTURA mm	GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL		PORCENTAJE EN PESO (MASA) QUE PASA	
		TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 37.5 mm (1 1/2")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 19.0 mm (3/4")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 9.5 mm (3/8")	
3"	75.00	100	100		
1 1/2"	37.50	95	100	100	
3/4"	19.00	45	80	95	100
1/2"	12.50	39	70	85	100
3/8"	9.50	35	65	64	95
N°4	4.75	25	50	35	65
N°8	2.36	19	44	26	48
N°16	1.18	14	36	17	41
N°30	0.60	8	30	10	35
N°50	0.30	4	20	5	22
N°100	0.15	0	8	0	8



CURVA GRANULOMETRICA AGREGADO GLOBAL 50% AG - 50% AF



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GLOBAL
(N.T.P. 400.012)

Hoja: 1/3

MUESTRA : AGREGADO GRUESO 55% - AGREGADO FINO 45%
PROCEDENCIA : CANTERA PILCOMAYO - CANTERA ORCOTUNA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE ENSAYO : 08/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 12/08/2016

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO GRUESO	PESO RETENIDO FINO	AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO		AGREGADO O GLOBAL	PESO ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA AGREGADO GLOBAL
				% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO			
3"	75.00	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0		0.0	0.0			0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	137.0		3.6	3.6			2.0	2.0	98.0
1/2"	12.50	1517.3		39.8	43.4			21.9	23.8	76.2
3/8"	9.50	1215.3	0.0	31.8	75.2	0.0	0.0	17.5	41.4	58.6
Nº4	4.75	931.7	58.4	24.4	99.6	3.0	3.0	13.4	56.1	43.9
Nº8	2.36	14.8	162.2	0.4	100.0	8.4	11.4	0.2	60.1	39.9
Nº16	1.18		256.4			13.3	24.7	6.0	66.1	33.9



C3 INGENIERÍA
ESPECIALIZADA S.A.C.
Calle Comercio 1450 - Huancayo - Junín
CIP N° 146506
ÁREA DE INGENIERÍA

N°30	0.60	510.3	26.4	51.2	11.9	11.9	78.0	22.0
N°50	0.30	610.7	31.7	82.8	14.2	14.2	92.3	7.7
N°100	0.15	212.3	11.0	93.8	5.0	5.0	97.2	2.8
FONDO		119.1	6.2	100.0	2.8	2.8	100.0	0.0
TOTAL	3816.1	1929.5	MF 6.784	MF 2.670		MF 4.933		

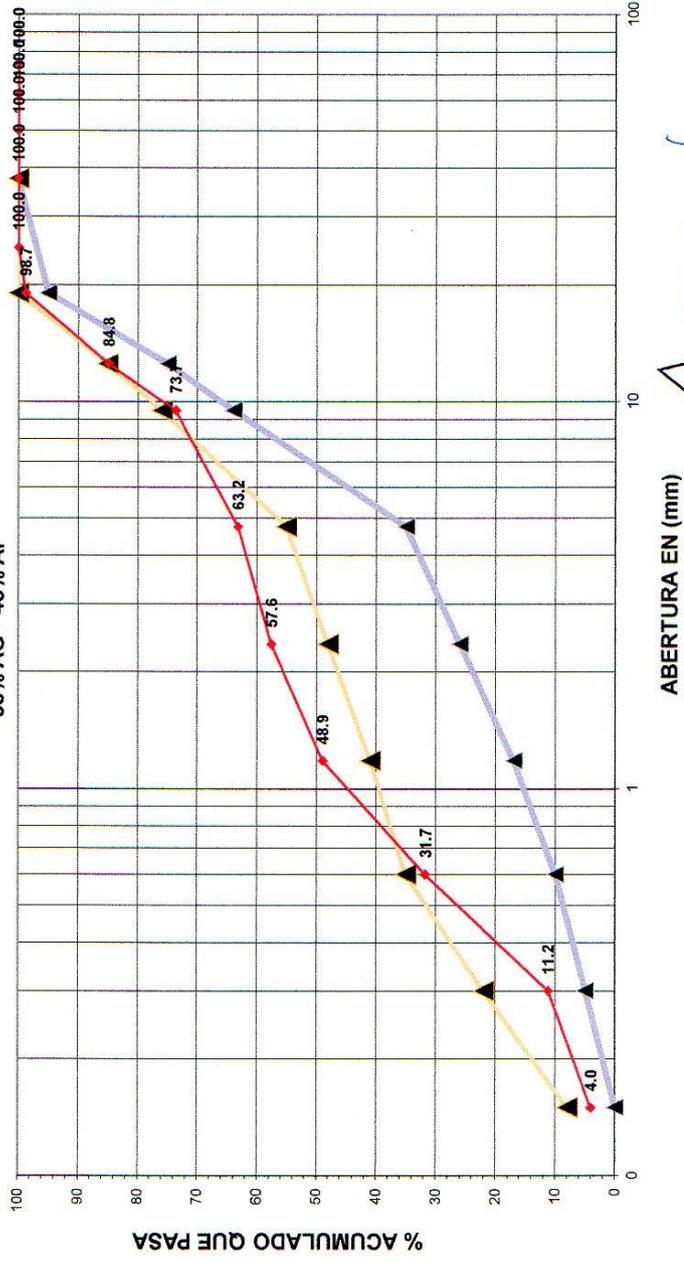
TAMAÑO MAXIMO	TM	1"
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	TMN	3/4"
MODULO DE FINURA	MF	4.933
SUPERFICIE ESPECIFICA	S.E	17.48

GRAFICA DE LA GRADACION

TAMIZ	ABERTURA mm	GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL			
		TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 37.5 mm (1 1/2")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 19.0 mm (3/4")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 9.5 mm (3/8")	PORCENTAJE EN PESO (MASA) QUE PASA
3"	75.00	100	100		
1 1/2"	37.50	95	100	100	
3/4"	19.00	45	80	100	
1/2"	12.50	39	70	85	100
3/8"	9.50	35	65	76	95
N°4	4.75	25	50	55	30
N°8	2.36	19	44	26	48
N°16	1.18	14	36	17	41
N°30	0.60	8	30	10	35
N°50	0.30	4	20	5	22
N°100	0.15	0	8	0	8



**CURVA GRANULOMETRICA
AGREGADO GLOBAL
55% AG - 45% AF**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GLOBAL
(N.T.P. 400.012)**

Hojas: 1/3

MUESTRA : AGREGADO GRUESO 60% - AGREGADO FINO 40%
PROCEDENCIA : CANTERA PILCOMAYO - CANTERA ORCOTUNA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE ENSAYO : 08/08/2016
FECHA DE EMISION : 12/08/2016

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO GRUESO	PESO RETENIDO FINO	AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	AGREGAD O GLOBAL	PESO ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA AGREGADO GLOBAL
				% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO					
3"	75.00	0.0		0.0				0.0		0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0		0.0				0.0		0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0		0.0				0.0		0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0		0.0				0.0		0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0		0.0				0.0		0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	137.0		3.6				2.2		2.2	2.2	97.8
1/2"	12.50	1517.3		39.8	43.4			23.9		23.9	26.0	74.0
3/8"	9.50	1215.3	0.0	31.8	75.2	0.0	0.0	19.1	0.0	19.1	45.1	54.9
N°4	4.75	931.7	58.4	24.4	99.6	3.0	3.0	14.6	1.2	15.9	61.0	39.0
N°8	2.36	14.8	162.2	0.4	100.0	8.4	11.4	0.2	3.4	3.6	64.6	35.4
N°16	1.18		256.4			13.3	24.7		5.3	5.3	69.9	30.1



N°30	0.60	510.3	26.4	51.2	10.6	10.6	80.5	19.5
N°50	0.30	610.7	31.7	82.8	12.7	12.7	93.1	6.9
N°100	0.15	212.3	11.0	93.8	4.4	4.4	97.5	2.5
FONDO		119.1	6.2	100.0	2.5	2.5	100.0	0.0
TOTAL	3816.1	1929.5	MF 6.784	MF 2.670	MF	MF	5.138	

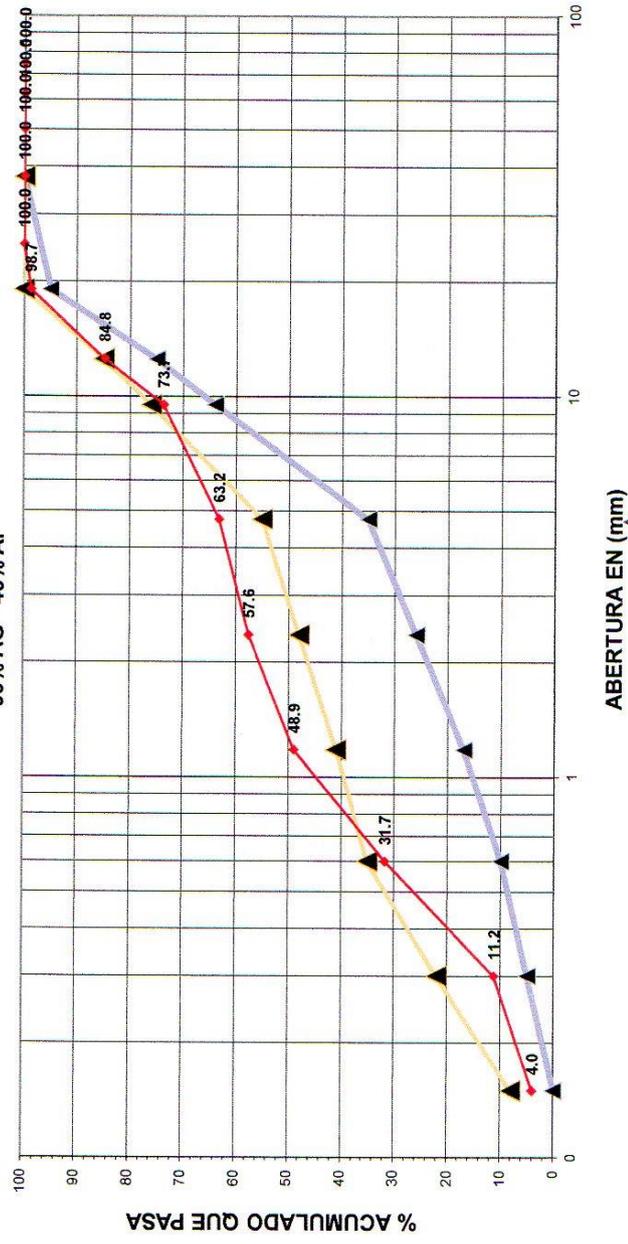
TAMAÑO MAXIMO	TM	1"
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	TMN	3/4"
MODULO DE FINURA	MF	5.138
SUPERFICIE ESPECIFICA	S.E	15.77

GRAFICA DE LA GRADACION

TAMIZ	ABERTURA mm	GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL			
		PORCENTAJE EN PESO (MASA) QUE PASA			
		TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 37.5 mm (1 1/2")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 19.0 mm (3/4")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 9.5 mm (3/8")	
3"	75.00	100	100		
1 1/2"	37.50	95	100	100	
3/4"	19.00	45	80	95	100
1/2"	12.50	39	70	75	85
3/8"	9.50	35	65	64	76
N°4	4.75	25	50	35	55
N°8	2.36	19	44	26	48
N°16	1.18	14	36	17	41
N°30	0.60	8	30	10	35
N°50	0.30	4	20	5	22
N°100	0.15	0	8	0	8



**CURVA GRANULOMETRICA
AGREGADO GLOBAL
60% AG - 40% AF**



ABERTURA EN (mm)



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GLOBAL
(N.T.P 400.012)

MUESTRA : AGREGADO GRUESO 65% - AGREGADO FINO 35% Hoja: 1/3
 PROCEDENCIA : CANTERA PILCOMAYO - CANTERA ORCOTUNA
 NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION
 DE CONCRETOS PARA F_c = 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
 TESIS TA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
 FECHA DE ENSAYO : 08/08/2016 FECHA DE EMISION : 12/08/2016

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO GRUESO	PESO RETENIDO FINO	AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	AGREGAD O GLOBAL	PESO ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA - PASA AGREGADO GLOBAL
				% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO					
3"	75.00	0.0		0.0	0.0			0.0		0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0		0.0	0.0			0.0		0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0		0.0	0.0			0.0		0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0		0.0	0.0			0.0		0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0		0.0	0.0			0.0		0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	137.0		3.6	3.6			2.3		2.3	2.3	97.7
1/2"	12.50	1517.3		39.8	43.4			25.8		25.8	28.2	71.8
3/8"	9.50	1215.3	0.0	31.8	75.2	0.0	0.0	20.7	0.0	20.7	48.9	51.1
Nº4	4.75	931.7	58.4	24.4	99.6	3.0	3.0	15.9	1.1	16.9	65.8	34.2
Nº8	2.36	14.8	162.2	0.4	100.0	8.4	11.4	0.3	2.9	3.2	69.0	31.0
Nº16	1.18		256.4			13.3	24.7		4.7	4.7	73.7	26.3



N°30	0.60	510.3	26.4	9.3	82.9	17.1
N°50	0.30	610.7	31.7	11.1	94.0	6.0
N°100	0.15	212.3	11.0	3.9	97.8	2.2
FONDO		119.1	6.2	2.2	100.0	0.0
TOTAL	3816.1	1929.5	MF 6.784	MF 5.344		

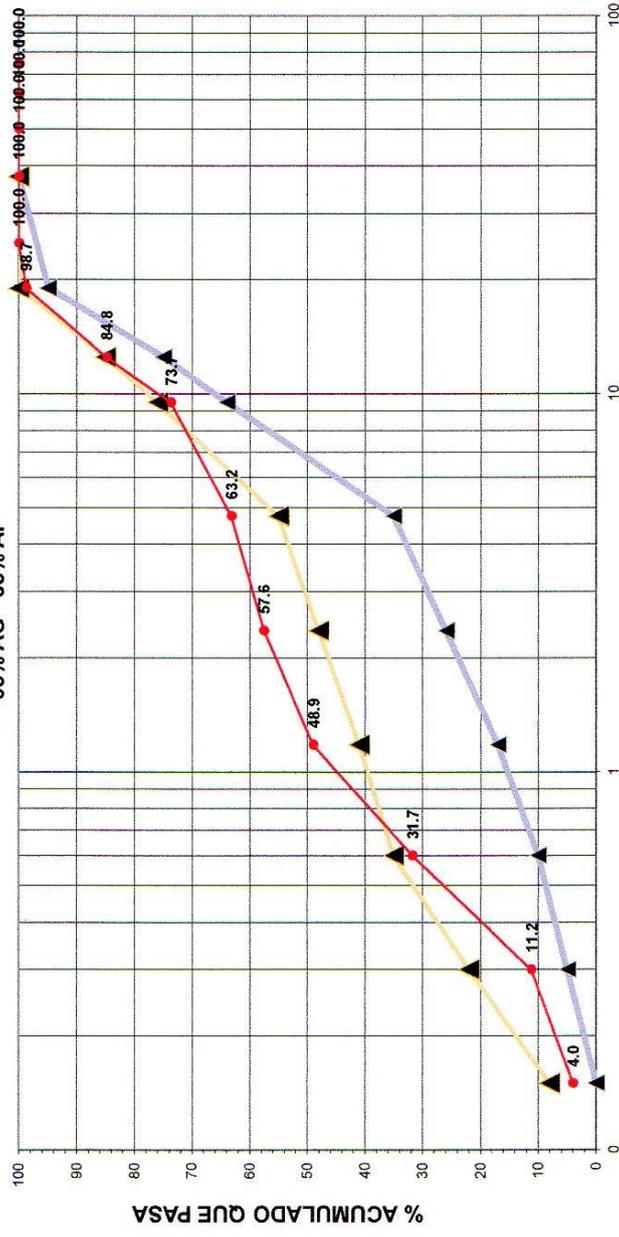
TAMAÑO MAXIMO	TM	1"
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	TMN	3/4"
MODULO DE FINURA	MF	5.344
SUPERFICIE ESPECIFICA	S.E	14.07

GRAFICA DE LA GRADACION

TAMIZ	ABERTURA mm	GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL					
		PORCENTAJE EN PESO (MASA) QUE PASA					
		TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 37.5 mm (1 1/2")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 19.0 mm (3/4")	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 9.5 mm (3/8")			
3"	75.00	100	100				
1 1/2"	37.50	95	100	100			
3/4"	19.00	45	80	95	100		
1/2"	12.50	39	70	75	85	100	
3/8"	9.50	35	65	64	76	95	100
N°4	4.75	25	50	35	55	30	65
N°8	2.36	19	44	26	48	20	50
N°16	1.18	14	36	17	41	15	40
N°30	0.60	8	30	10	35	10	30
N°50	0.30	4	20	5	22	5	15
N°100	0.15	0	8	0	8	0	8



**CURVA GRANULOMETRICA
AGREGADO GLOBAL
65% AG - 35% AF**



ENSAYO : PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GLOBAL
 MUESTRA : AGREGADO GLOBAL
 PROCEDENCIA : CANTERA ORCOTUNA - CANTERA PILCOMAYO
 NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
 TESIS : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
 FECHA DE ENSAYO : 09/08/2016 -10/08/2016
 FECHA DE EMISION : 12/08/2016

ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GLOBAL
 N. T. P. 400.021

AGREGADO FINO

CANTERA: ORCOTUNA - RIO MANTARO

I. RESULTADOS

1	PESO ESPECIFICO DE MASA [P.E.M. = A / B - C]	2.62
2	PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO [P.E.M.S.S. = B / (B - C)]	2.66
3	PESO ESPECIFICO APARENTE [P.E.A. = A / (A - C)]	2.73
4	PORCENTAJE DE ABSORCION (B - A) / A * 100	1.54

AGREGADO GRUESO

CANTERA PIEDRA CHANCADA 3/4" - PILCOMAYO - HUANCAYO

I. RESULTADOS

1	PESO ESPECIFICO DE MASA [P.E.M. = A / B - C]	2.65
---	--	------



ENSAYO : PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GLOBAL
MUESTRA : AGREGADO GLOBAL
PROCEDENCIA : CANTERA ORCOTUNA- CANTERA PILCOMAYO
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm2 - HUANCAYO – JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE ENSAYO : 09/08/2016 -10/08/2016
FECHA DE EMISION : 12/08/2016

ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GLOBAL

N.T.P. 400.021

2	PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO [P.E.M.S.S.S. = B / (B - C)]	2.68
3	PESO ESPECIFICO APARENTE [P.E.A. = A / (A - C)]	2.73
4	PORCENTAJE DE ABSORCION (B - A) / A * 100	1.08

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GLOBAL CON DIFERENTES PORCENTAJES DE COMBINACIONES

	COMBINACIONES					
	35%	40%	45%	50%	55%	60%
ARENA	35%	40%	45%	50%	55%	60%
PIEDRA	65%	60%	55%	50%	45%	40%
1	PESO ESPECIFICO DE MASA [P.E.M. = A / (B - C)]	2.64	2.64	2.64	2.63	2.63
2	PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO [P.E.M.S.S.S. = B / (B - C)]	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67
3	PESO ESPECIFICO APARENTE [P.E.A. = A / (A - C)]	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73
4	PORCENTAJE DE ABSORCION (B - A) / A * 100	1.24	1.26	1.28	1.31	1.35
						1.38



ENSAYO : PESO UNITARIO DEL AGREGADO GLOBAL
 MUESTRA : AGREGADO GLOBAL
 PROCEDENCIA : CANTERA ORCOTUNA- CANTERA PILCOMAYO
 NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
 TESIS TA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
 FECHA DE ENSAYO : 09/08/2016 -10/08/2016
 FECHA DE EMISION :12/08/2016

**ENSAYO PESO UNITARIO DEL AGREGADO GLOBAL
 N.T.P 400.017**

	01		02		03		04	
	ARENA	PIEDRA	ARENA	PIEDRA	ARENA	PIEDRA	ARENA	PIEDRA
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASUJA (kg)	34.458	34.521	34.536	35.375	35.485	35.541	35.968	35.947
PESO DE LA VASUJA (kg)	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (kg)	24.800	24.863	24.878	25.717	25.827	25.883	26.310	26.289
CONSTANTE (1/Vol.moide)	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4
PESO APARENTE SUELTO (kg/cm ³)	1771	1776	1777	1837	1845	1849	1879	1881
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO HUMEDO (kg/m ³)	1775		1844		1879		1877	
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO SECO (kg/m ³)	1761		1829		1867		1864	

II. PESO APARENTE COMPACTADO - PUCS

PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + VASUJA (kg)	38.324	38.258	38.226	38.748	38.712	38.704	39.265	39.217	39.204	38.958	38.901	38.941
PESO DE LA VASUJA (kg)	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (kg)	28.666	28.6	28.568	29.09	29.054	29.046	29.607	29.559	29.546	29.3	29.243	29.283
CONSTANTE (1/Vol.moide)	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4
PESO APARENTE COMPACTADO (kg/cm ³)	2048	2043	2041	2078	2075	2075	2115	2111	2110	2093	2089	2092
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO HUMEDO (kg/m ³)	2044		2076		2112		2098		2091		2077	
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (kg/m ³)	2028		2060		2098		2077		2077		2077	



Ing. Civil Gloria A. Humari Salazar
 CIP. N° 146888
 JEFE AREA DE INGENIERIA

ENSAYO : PESO UNITARIO DEL AGREGADO GLOBAL
MUESTRA : AGREGADO GLOBAL
PROCEDENCIA : CANTERA ORCOTUNA- CANTERA PILCOMAYO
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 09/08/2016 - 10/08/2016
FECHA DE EMISION : 12/08/2016
ENSAYO PESO UNITARIO DEL AGREGADO GLOBAL
N.T.P. 400.017

Hoja: 2/2

I. PESO APARENTE SUELTO - PUSS

MUESTRA N°	05		06		07	
	ARENA	55%	PIEDRA	60%	ARENA	65%
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJA (kg)	36.325	36.285	36.297	36.147	36.174	35.752
PESO DE LA VASIJA (kg)	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (kg)	26.667	26.627	26.639	26.543	26.516	26.094
CONSTANTE (1/vol.moide)	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4
PESO APARENTE SUELTO (kg/cm ³)	1905	1902	1903	1896	1894	1859
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO HUMEDO (kg/m ³)	1903		1894		1861	
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO SECO (kg/m ³)	1889		1880		1847	

II. PESO APARENTE COMPACTADO - PUCS

PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + VASIJA (kg)	38.636	38.614	38.604	38.414	38.458	38.467
PESO DE LA VASIJA (kg)	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (kg)	28.978	28.956	28.946	28.756	28.8	28.809
CONSTANTE (1/vol.moide)	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4
PESO APARENTE COMPACTADO (kg/cm ³)	2070	2068	2068	2054	2057	2058
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO HUMEDO (kg/m ³)	2069		2056		2015	
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (kg/m ³)	2053		2041		2013	
					1998	



MUESTRA : AGREGADO GLOBAL
PROCEDENCIA : CANTERA ORCOTUNA – CANTERA PILCOMAYO
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO – JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 08/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 12/08/2016

PESO UNITARIO SUELTO VS PORCENTAJE DE VACIOS

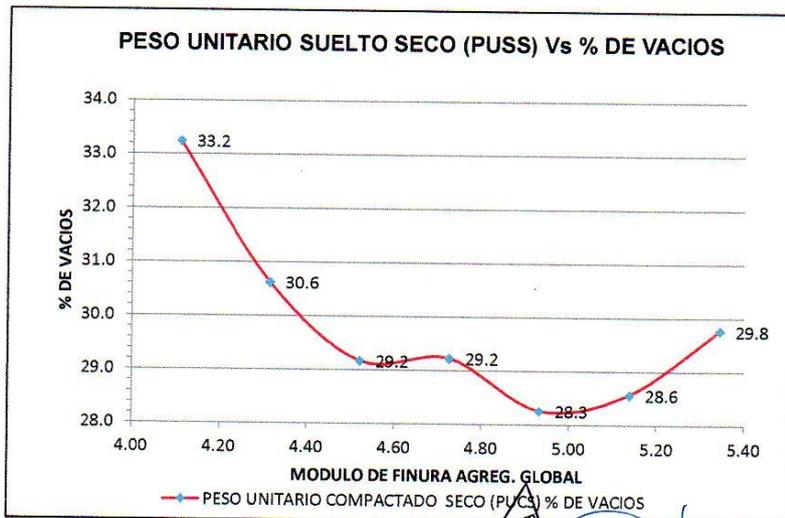
Peso Específico Global = $100 / (\% \text{Arenas} / \text{Pe. Arena} + \% \text{Piedras} / \text{Pe. Piedra})$

Pe. Arena	2.62	gr/cm³	P.e Piedra	2.65	gr/cm³
------------------	-------------	--------------------------	-------------------	-------------	--------------------------

% Vacios = $(\text{Pe. Global} - \text{PUSS}) / \text{Pe. Global} * 100$

% Vacios de la Arena	36.3	% Vacios de la Piedra	48.7
-----------------------------	-------------	------------------------------	-------------

MODULO FINURA GLOBAL	% ARENA	% PIEDRA	PESO ESPECIFICO GLOBAL kg/m ³	PUSS kg/m ³	% VACIOS
4.11	35	65	2638	1761	33.2
4.32	40	60	2637	1829	30.6
4.52	45	55	2635	1867	29.2
4.73	50	50	2634	1864	29.2
4.93	55	45	2633	1889	28.3
5.14	60	40	2631	1880	28.6
5.34	65	35	2630	1847	29.8



LABORATORIO DE AGREGADOS, SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

MUESTRA : AGREGADO GLOBAL
PROCEDENCIA : CANTERA ORCOTUNA – CANTERA PILCOMAYO
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm2 - HUANCAYO – JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 08/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 12/08/2016

PESO UNITARIO COMPACTADO VS PORCENTAJE DE VACIOS

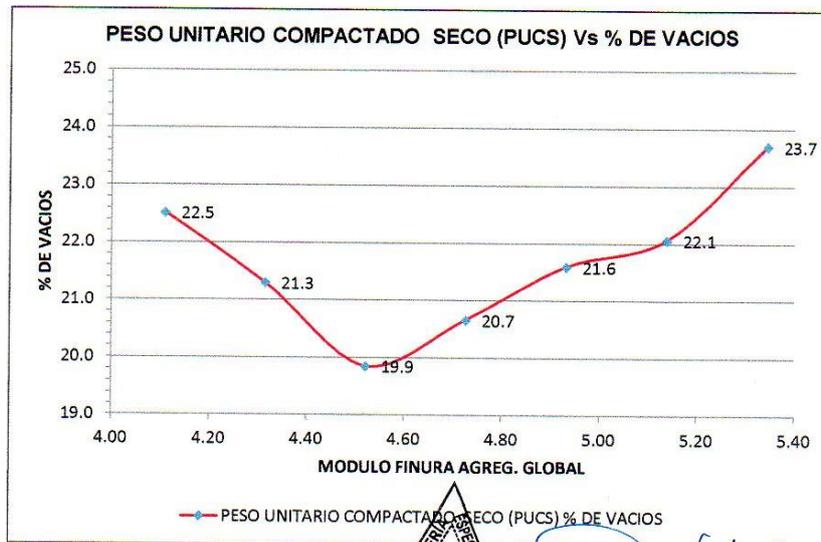
Peso Especifico Global = $100 / ((\% \text{Arena} / \text{Pe. Arena}) + (\% \text{Piedra} / \text{Pe. Piedra}))$

Pe. Arena	2.62	gr/cm3	P.e Piedra	2.62	gr/cm3
------------------	-------------	---------------	-------------------	-------------	---------------

% Vacios = $(\text{Pe. Global} - \text{PUCS}) / \text{Pe. Global} * 100$

% Vacios de la Arena	2.6	% Vacios de la Piedra	41.7
-----------------------------	------------	------------------------------	-------------

MODULO FINURA GLOBAL	% ARENA	% PIEDRA	PESO ESPECIFICO GLOBAL kg/m3	PUCS kg/m3	% VACIOS
4.11	35	65	2617	2028	22.5
4.32	40	60	2618	2060	21.3
4.52	45	55	2618	2098	19.9
4.73	50	50	2618	2077	20.7
4.93	55	45	2618	2053	21.6
5.14	60	40	2618	2041	22.1
5.34	65	35	2618	1998	23.7



G3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.
 Ing. Civil **Omar A. Huamani Salazar**
 CIP. N° 146896
 JEFE AREA DE INGENIERIA

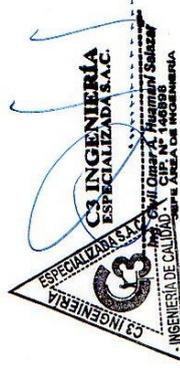
ENSAYO
MUESTRA
PROCEDENCIA
NOMBRE DE LA TESIS
TESISTA
FECHA DE ENSAYO

: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GLOBAL
: AGREGADO GLOBAL
: CANTERA ORCOTUNA - CANTERA PILCOMAYO
: EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F C= 175, 210 y 245 kg/cm2 - HUANCAYO - JUNIN
: BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
: 11/08/2016
: 12/08/2016
: FECHA DE EMISION

Hoja: 1/1

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GLOBAL
N.T.P. 339.185

MUESTRA N°	01	02	03	04	05	06	07
ARENA	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%
PIEDRA	65%	60%	55%	60%	45%	40%	35%
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (kg) + TARA	1258.4	1258.4	1316.6	1316.6	1258.4	1258.4	1258.4
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (kg) + TARA	1249.6	1249.6	1308.5	1308.5	1249.6	1249.6	1249.6
TARA	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5
CONTENIDO DE AGUA (kg)	8.8	8.8	8.1	8.1	8.8	8.8	8.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.76	0.76	0.67	0.67	0.76	0.76	0.76



**C.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
PUZOLANA NATURAL**

G3 Ingeniería especializada S.A.S. **LABORATORIO DE AGREGADOS, SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

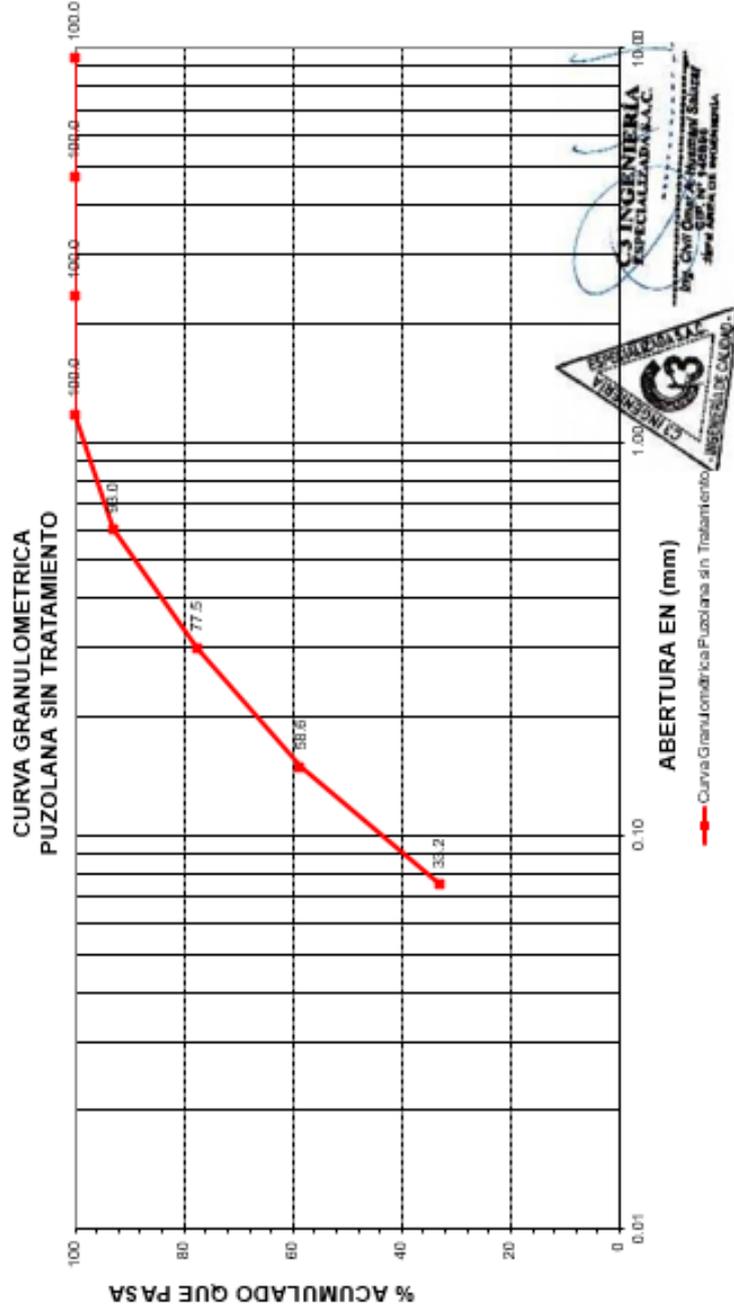
MUESTRA : PUZOLANA NATURAL SIN TRATAMIENTO **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA PUZOLANA NATURAL**
PROCEDENCIA : CANTERA PITTAYO – DISTRITO DE CHONGOS ALTO **Hoja:** 1/2
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 246 kg/cm2 - HUANCAYO – JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE ENSAYO : 08/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 10/08/2016

GRAFICA DE LA GRADACION

MUESTRA SIN TRATAMIENTO

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA	TAMIZ	% QUE PASA
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	3/8"	100
Nº4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0	Nº4	95
Nº8	2.36	0.0	0.0	0.0	100.0	Nº8	80
Nº16	1.18	0.0	0.0	0.0	100.0	Nº16	50
Nº30	0.60	140.4	7.0	7.0	93.0	Nº30	25
Nº50	0.30	309.8	15.5	22.5	77.5	Nº50	10
Nº100	0.15	378.2	18.9	41.4	58.6	Nº100	2
Nº200	0.08	508.1	25.4	66.8	33.2		
FONDO		683.5	33.2	74.8	25.4		
TOTAL		2000.0					





ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA PUZOLANA NATURAL

Hoja: 1/2

MUESTRA

: PUZOLANA NATURAL TRATADA

PROCEDENCIA

: CANTERA PITTAYO - DISTRITO DE CHONGOS ALTO

NOMBRE DE LA TESIS

: EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN

TESISTA

: BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.

FECHA DE ENSAYO

: 08/08/2016

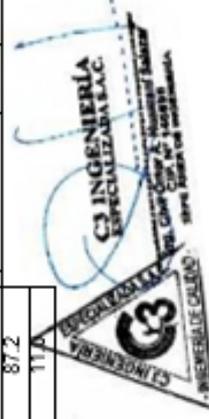
FECHA DE EMISION

: 10/08/2016

MUESTRA TRATADA

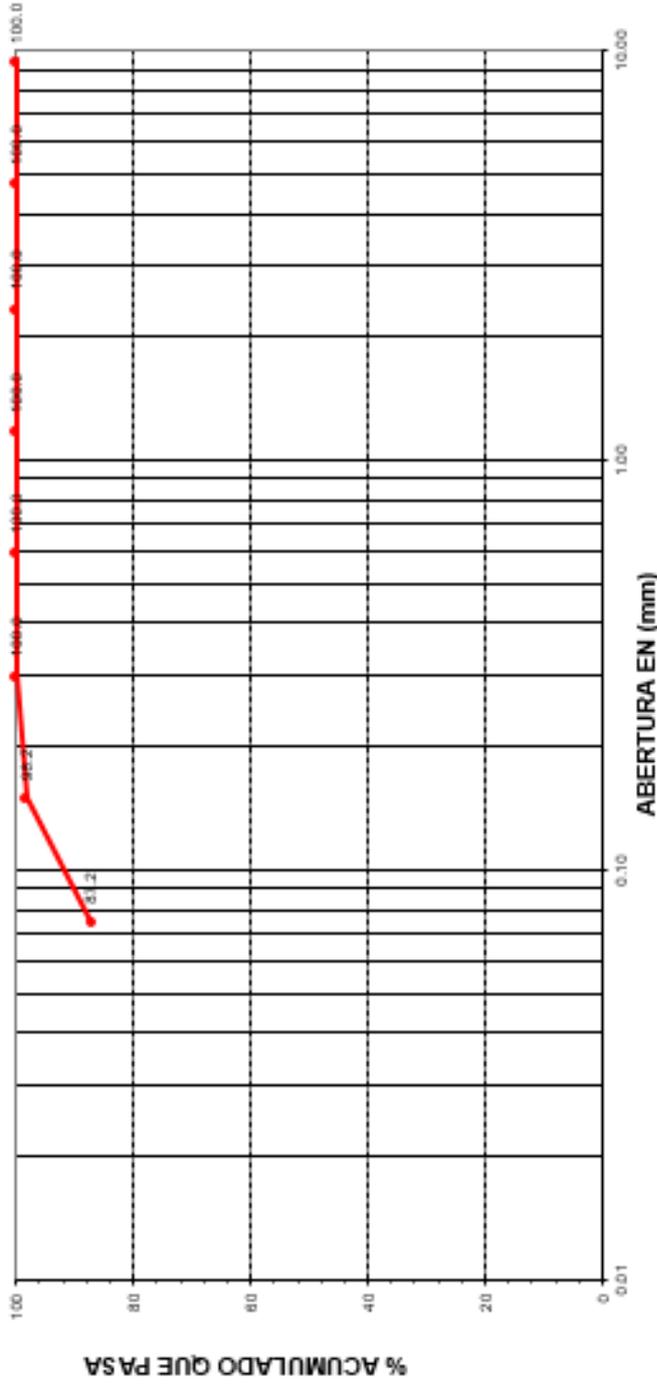
GRAFICA DE LA GRADACION

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA	TAMIZ	% QUE PASA
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	3/8"	100
Nº4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0	Nº4	95
Nº8	2.36	0.0	0.0	0.0	100.0	Nº8	80
Nº16	1.18	0.0	0.0	0.0	100.0	Nº16	50
Nº30	0.60	0.0	0.0	0.0	100.0	Nº30	25
Nº50	0.30	0.0	0.0	0.0	100.0	Nº50	10
Nº100	0.15	35.4	1.8	1.8	98.2	Nº100	2
Nº200	0.08	220.0	11.0	12.8	87.2		
FONDO		1744.6	87.2	89.0	11.0		
TOTAL		2000.0					



CURVA GRANULOMETRICA PUZOLANA TRATADA

Hoja: 2/2



— Curva Granométrica Pozzolana Tratada



C.3. ENSAYO FINEZA DE LA PUZOLANA

RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000-Chilca-Huancayo-Junín
CELULAR : 947898992 RPM: #947898992
TELEF. FIJO : (064) 215098
E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

NOMBRE DEL TESISISTA : BACH. ING. CIVIL LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION
EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA $F'c = 175, 210$ y 245 kg/cm^2 - HUANCAYO - JUNIN
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE EMISIÓN : CHILCA, 07 DE OCTUBRE DE 2017.

METODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA FINURA DE CEMENTANTES HIDRAULICOS MEDIANTE LA MALLA 0.045 mm (N°325)

A.S.T.M. C430

MUESTRA	TIPO DE MATERIAL CEMENTANTE	% RETENIDO EN LA MALLA N°325
M-1	Puzolana -	2.8
M-2	Cantera Pititayo -	2.6
M-3	Chongos Alto	3.1

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



C.4. ENSAYOS REALIZADOS EN EL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

ENSAYO : CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO
MUESTRA : PROMEDIO
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F_c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE EMISIÓN : 11/11/2016

**ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE
N.T.P. 339.088**

F _c	COD. DE DISEÑO MEZCLA	% DE CONTENIDO DE AIRE
----------------	-----------------------	------------------------

F _c =175 kg/cm ²	Patrón -175	1.45%
	175 + 5% Pz	1.56%
	175 + 15% Pz	1.67%
	175 + 25% Pz	1.74%
	175 + 35% Pz	1.85%

F _c =210 kg/cm ²	Patrón -210	1.24%
	210 + 5% Pz	1.32%
	210 + 15% Pz	1.45%
	210 + 25% Pz	1.56%
	210 + 35% Pz	1.67%

F _c =245 kg/cm ²	Patrón - 245	1.16%
	245 + 5% Pz	1.28%
	245 + 15% Pz	1.35%
	245 + 25% Pz	1.46%
	245 + 35% Pz	1.52%



ENSAYO : PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO
MUESTRA : PROMEDIO
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm2 - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE EMISIÓN : 11/11/2016

ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO
 N.T.P. 339,046

F'c	COD. DE DISEÑO MEZCLA	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO kg/m3
F'c=175 kg/cm2	Patrón -175	2311
	175 + 5% Pz	2316
	175 + 15% Pz	2323
	175 + 25% Pz	2318
	175 + 35% Pz	2312
F'c=210 kg/cm2	Patrón -210	2328
	210 + 5% Pz	2332
	210 + 15% Pz	2344
	210 + 25% Pz	2338
	210 + 35% Pz	2325
F'c=245 kg/cm2	Patrón - 245	2339
	245 + 5% Pz	2344
	245 + 15% Pz	2355
	245 + 25% Pz	2342
	245 + 35% Pz	2334

**LABORATORIO DE AGREGADOS, SUELOS,
 ASFALTO Y CONCRETO**

ENSAYO : EXUDACIÓN DEL CONCRETO
MUESTRA : PROMEDIO
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F^c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE EMISIÓN : 11/11/2016

ENSAYO DE EXUDACION DEL CONCRETO
 N.T.P. 339.077

F ^c	COD. DE DISEÑO DE MEZCLA	PESO DEL BALDE (kg)	PESO DEL BALDE + PESO DEL CONCRETO (kg)	PESO DEL CONCRETO (kg)	PESO DEL AGUA EN EL CONCRETO (kg)	AGUA TOTAL EXUDADA (kg) ^{10E-3}	% EXUDACION
----------------	--------------------------	---------------------	---	------------------------	-----------------------------------	--	-------------

F ^c =175 kg/cm ²	Patrón -175	8.452	16.254	7.802	2.132	65.3	3.06
	175 + 5% Pz	8.452	16.268	7.816	2.153	61.4	2.85
	175 + 15% Pz	8.452	16.274	7.822	2.168	58.6	2.70
	175 + 25% Pz	8.452	16.214	7.762	2.157	54.6	2.53
	175 + 35% Pz	8.452	16.159	7.707	2.164	46.3	2.14

F ^c =210 kg/cm ²	Patrón -210	8.263	17.263	9.000	2.085	64.2	3.08
	210 + 5% Pz	8.263	17.304	9.041	2.068	60.3	2.92
	210 + 15% Pz	8.263	17.315	9.052	2.074	54.7	2.64
	210 + 25% Pz	8.263	17.298	9.035	2.063	51.8	2.51
	210 + 35% Pz	8.263	17.285	9.022	2.078	46.3	2.23

F ^c =245 kg/cm ²	Patrón - 245	8.657	17.596	8.939	2.025	58.4	2.88
	245 + 5% Pz	8.657	17.614	8.957	2.034	54.1	2.66
	245 + 15% Pz	8.657	17.632	8.975	2.041	50.6	2.48
	245 + 25% Pz	8.657	17.601	8.944	2.028	42.7	2.11
	245 + 35% Pz	8.657	17.526	8.869	2.019	37.4	1.85



C3 INGENIERÍA
 ESPECIALIZADA S.A.C.
 Ing. Civil Omar A. Huamani Salazar
 CIP: N° 146898
 JEFE ÁREA DE INGENIERÍA

ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : PATRÓN - F'c= 175 KG/CM²
 : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE
NOMBRE DE LA TESIS CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE
 CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 21/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

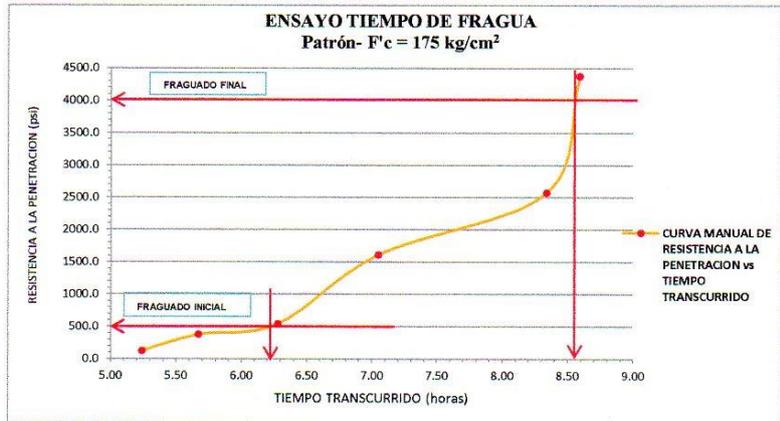
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

Patrón - F'c = 175 kg/cm²

Slump : 4"
 Temperatura del concreto : 21.5 °C
 Temperatura del ambiente : 19.2 °C
 Hora de inicio : 9:45 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
5.24	1.13	1.000	120.3	120.3
5.67	0.80	0.500	185.4	370.8
6.28	0.56	0.250	134.6	538.4
7.05	0.36	0.100	160.7	1607.0
8.34	0.25	0.050	128.4	2568.0
8.59	0.18	0.025	109.2	4368.0

DEL GRAFICO:
FRAGUADO INICIAL : 6 hr. 13 min.
FRAGUADO FINAL : 8 hr. 36 min.



ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : F'c= 175 KG/CM² + 5% DE PUZOLANA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 22/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

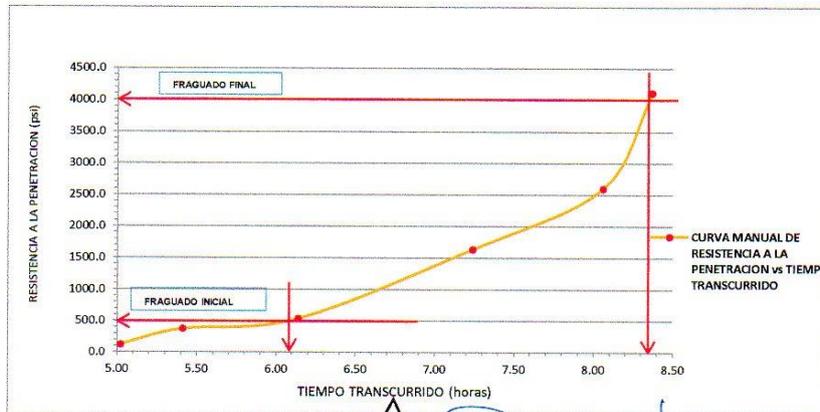
F'c = 175 kg/cm² + 5% DE PUZOLANA

Slump : 3 3/8"
 Temperatura del concreto : 20.8 °C
 Temperatura del ambiente : 18.4 °C
 Hora de inicio : 10:45 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
5.02	1.13	1.000	118.2	118.2
5.41	0.80	0.500	184.4	368.8
6.14	0.56	0.250	132.5	530.0
7.24	0.36	0.100	162.8	1628.0
8.06	0.25	0.050	129.7	2594.0
8.37	0.18	0.025	102.6	4104.0

DEL GRAFICO:

FRAGUADO INICIAL	: 6 hr. 05 min.
FRAGUADO FINAL	: 8 hr. 19 min.



**C3 INGENIERÍA
ESPECIALIZADA S.A.C.**
 Ing. Civil Omar A. Huamani Salazar
 CIP N° 146896
 JEFE AREA DE INGENIERIA

ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : F'c= 175 KG/CM² + 15% DE PUZOLANA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 23/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

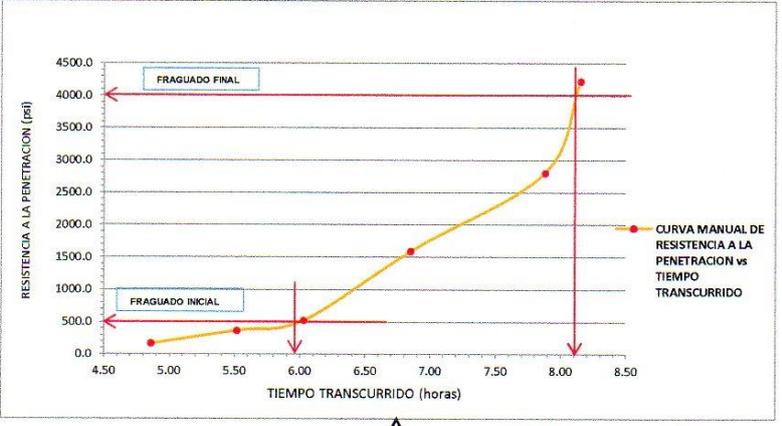
F'c = 175 kg/cm² + 15% DE PUZOLANA

Slump : 3 1/2"
 Temperatura del concreto : 21.4 °C
 Temperatura del ambiente : 19.2 °C
 Hora de inicio : 10:22 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
4.86	1.13	1.000	160.5	160.5
5.52	0.80	0.500	182.4	364.8
6.03	0.56	0.250	130.2	520.8
6.85	0.36	0.100	158.7	1587.0
7.88	0.25	0.050	140.2	2804.0
8.15	0.18	0.025	105.6	4224.0

DEL GRAFICO:

FRAGUADO INICIAL	: 5 hr. 57 min.
FRAGUADO FINAL	: 8 hr. 08 min.



**C3 INGENIERÍA
ESPECIALIZADA S.A.C.**
 Ing.-Civil Omar A. Huamani Salazar
 CIP. N° 146898
 JEFE AREA DE INGENIERIA

ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : F'c= 175 KG/CM² + 25% DE PUZOLANA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 24/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

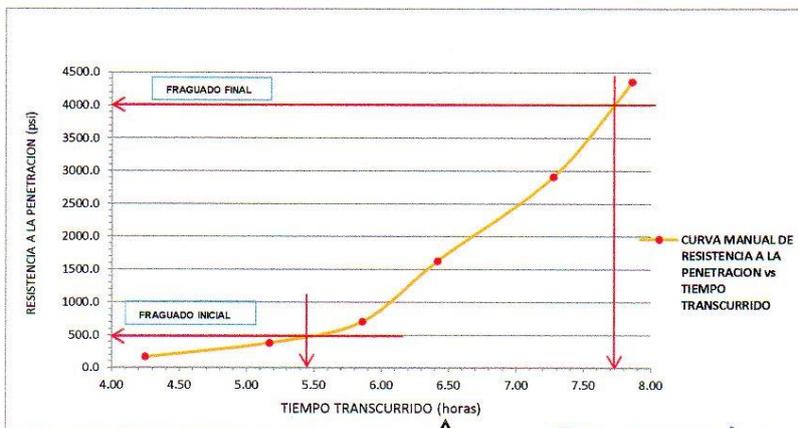
F'c = 175 kg/cm² + 25% DE PUZOLANA

Slump : 3"
 Temperatura del concreto : 20.8 °C
 Temperatura del ambiente : 18.6 °C
 Hora de inicio : 9:30 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
4.25	1.13	1.000	165.2	165.2
5.17	0.80	0.500	189.5	379.0
5.86	0.56	0.250	175.8	703.2
6.42	0.36	0.100	162.8	1628.0
7.28	0.25	0.050	145.7	2914.0
7.86	0.18	0.025	108.9	4356.0

DEL GRAFICO:

FRAGUADO INICIAL	: 5 hr. 31 min.
FRAGUADO FINAL	: 7 hr. 44 min.



**C3 INGENIERÍA
ESPECIALIZADA S.A.C.**
 Ing. Civil Omar A. Huamani Salazar
 CIP. N° 146898
 JEFE ÁREA DE INGENIERÍA

ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : F'c= 175 KG/CM² + 35% DE PUZOLANA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 27/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

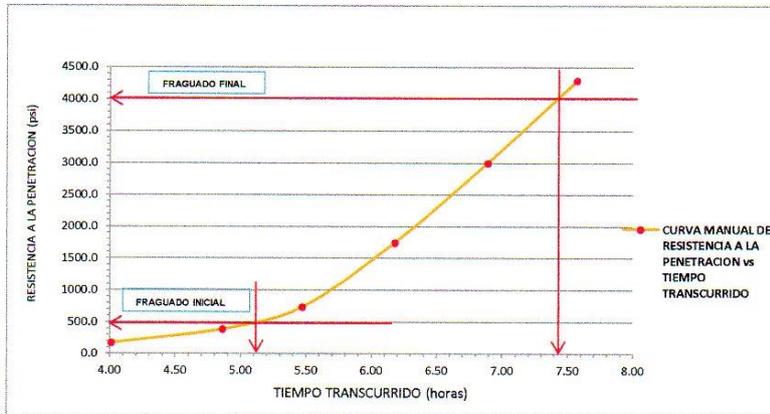
F'c = 175 kg/cm² + 35% DE PUZOLANA

Slump : 2 3/4"
 Temperatura del concreto : 20.2 °C
 Temperatura del ambiente : 18.7 °C
 Hora de inicio : 10:34 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
4.01	1.13	1.000	168.2	168.2
4.86	0.80	0.500	192.6	385.2
5.47	0.56	0.250	182.4	729.6
6.18	0.36	0.100	173.6	1736.0
6.89	0.25	0.050	149.8	2996.0
7.57	0.18	0.025	107.1	4284.0

DEL GRAFICO:

FRAGUADO INICIAL	: 5 hr. 07 min.
FRAGUADO FINAL	: 7 hr. 25 min.



**G3 INGENIERÍA
ESPECIALIZADA S.A.C.**
 Ing. Civil Omar A. Huamani Salazar
 CIP. N° 146698
 JEFE AREA DE INGENIERIA

ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : PATRÓN - F'c= 210 KG/CM²
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO – JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 28/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

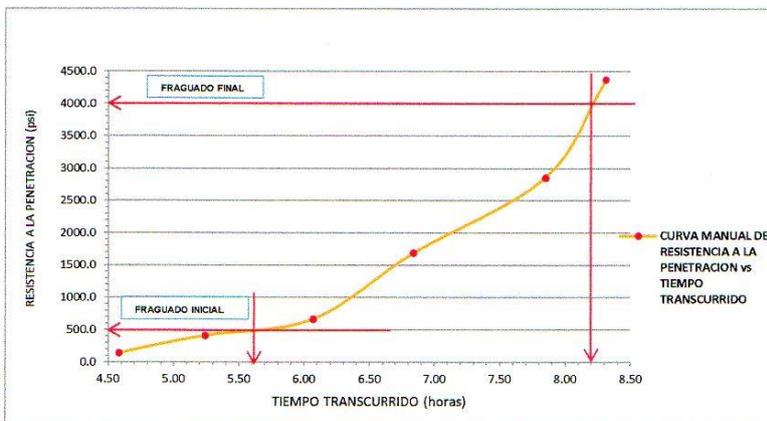
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
 N.T.P. 339.082

PATRÓN - F'c = 210 kg/cm²

Slump : 4"
 Temperatura del concreto : 20.7 °C
 Temperatura del ambiente : 19.3 °C
 Hora de inicio : 11:27 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
4.58	1.13	1.000	140.2	140.2
5.24	0.80	0.500	205.6	411.2
6.07	0.56	0.250	165.8	663.2
6.84	0.36	0.100	168.5	1685.0
7.85	0.25	0.050	142.6	2852.0
8.31	0.18	0.025	109.2	4368.0

DEL GRAFICO:	
FRAGUADO INICIAL	: 5 hr. 57 min.
FRAGUADO FINAL	: 8 hr. 13 min.



**C3 INGENIERÍA
 ESPECIALIZADA S.A.C.**
 Ing. Civil Omar A. Huamani Salazar
 CIP N° 146898
 JEFE AREA DE INGENIERIA

ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : F'c= 210 KG/CM² + 5 % DE PUZOLANA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 29/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

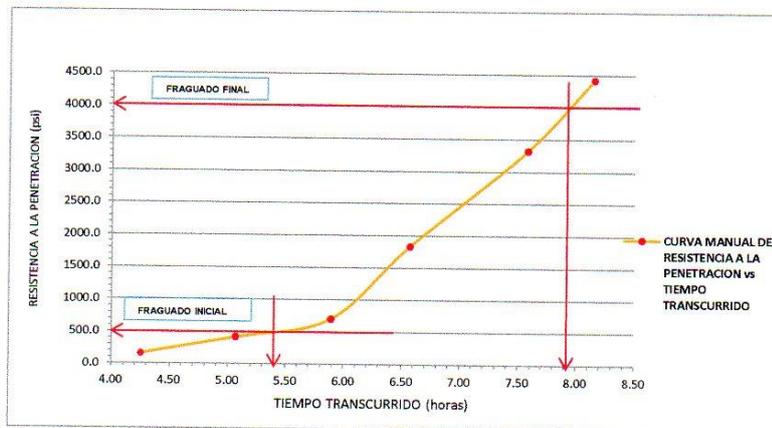
F'c = 210 kg/cm² + 5% DE PUZOLANA

Slump : 3 3/4"
 Temperatura del concreto : 20.1 °C
 Temperatura del ambiente : 18.7 °C
 Hora de inicio : 10:30 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
4.25	1.13	1.000	152.6	152.6
5.07	0.80	0.500	208.4	416.8
5.89	0.56	0.250	174.6	698.4
6.57	0.36	0.100	182.4	1824.0
7.58	0.25	0.050	165.8	3316.0
8.15	0.18	0.025	110.5	4420.0

DEL GRAFICO:

FRAGUADO INICIAL	: 5 hr. 23min.
FRAGUADO FINAL	: 7 hr. 56 min.



**C3 INGENIERÍA
ESPECIALIZADA S.A.C.**
 Ing. Civil Omar A. Huamani Salazar
 CIP. N° 148898
 JEFE AREA DE INGENIERIA

ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : F'c= 210 KG/CM² + 15 % DE PUZOLANA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 30/08/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

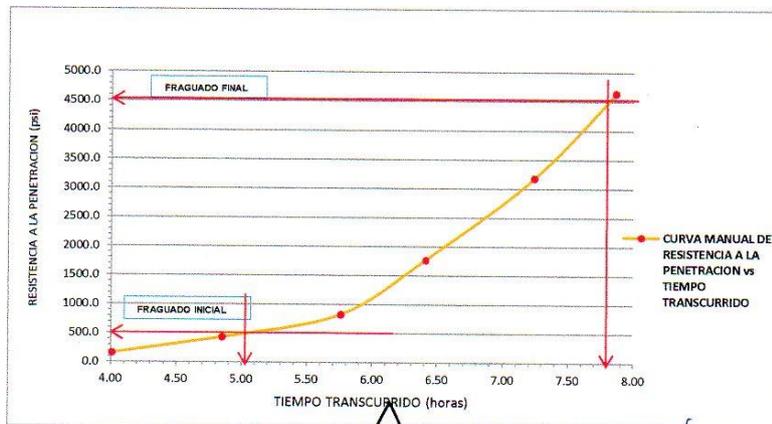
F'c = 210 kg/cm² + 15% DE PUZOLANA

Slump : 3 1/4"
 Temperatura del concreto : 21.5 °C
 Temperatura del ambiente : 20.6 °C
 Hora de inicio : 9.42 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
4.01	1.13	1.000	156.2	156.2
4.85	0.80	0.500	215.8	431.6
5.76	0.56	0.250	205.6	822.4
6.41	0.36	0.100	176.3	1763.0
7.24	0.25	0.050	158.6	3172.0
7.86	0.18	0.025	115.8	4632.0

DEL GRAFICO:

FRAGUADO INICIAL	: 5 hr. 05 min.
FRAGUADO FINAL	: 7 hr. 49 min.



**C3 INGENIERÍA
ESPECIALIZADA S.A.C.**
 Ing. Civil Omar A. Huamani Salazar
 CIP N° 146898
 JEFE AREA DE INGENIERIA

ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : F'C= 210 KG/CM² + 25 % DE PUZOLANA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'C= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 01/09/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

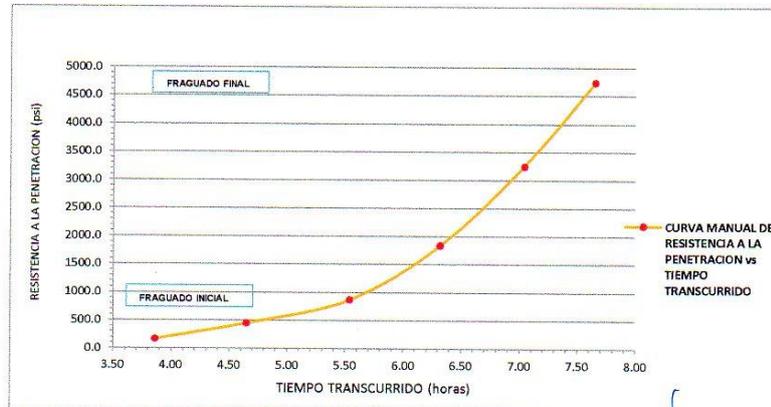
F'c = 210 kg/cm² + 25% DE PUZOLANA

Slump : 3"
 Temperatura del concreto : 20.3 °C
 Temperatura del ambiente : 18.7 °C
 Hora de inicio : 10:10 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
3.86	1.13	1.000	162.3	162.3
4.65	0.80	0.500	225.4	450.8
5.54	0.56	0.250	216.3	865.2
6.32	0.36	0.100	182.6	1826.0
7.04	0.25	0.050	162.3	3246.0
7.65	0.18	0.025	118.4	4736.0

DEL GRAFICO:

FRAGUADO INICIAL	: 4 hr. 47 min.
FRAGUADO FINAL	: 7 hr. 34 min.



**C3 INGENIERÍA
ESPECIALIZADA S.A.C.**
 Ing. Civil Omar A. Huamani Salazar
 CIP: N° 146898
 JEFE AREA DE INGENIERIA

ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : F'c= 210 KG/CM² + 35 % DE PUZOLANA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 02/09/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

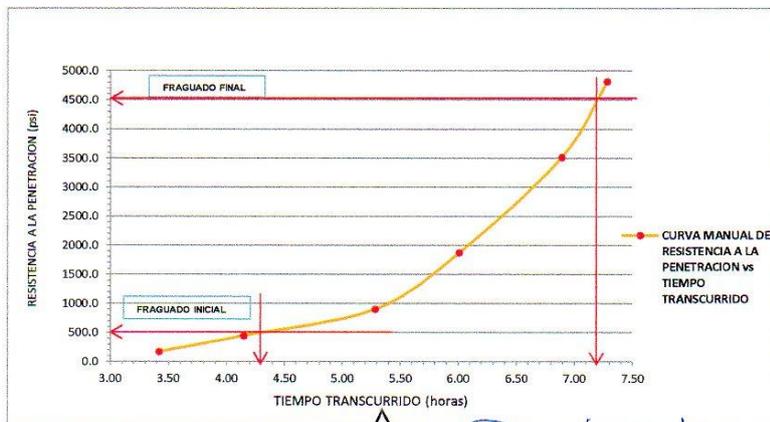
F'c = 210 kg/cm² + 35% DE PUZOLANA

Slump : 2 1/2"
 Temperatura del concreto : 19.6 °C
 Temperatura del ambiente : 18.2 °C
 Hora de inicio : 10:05 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
3.42	1.13	1.000	165.8	165.8
4.15	0.80	0.500	221.1	442.2
5.28	0.56	0.250	224.5	898.0
6.01	0.36	0.100	186.7	1867.0
6.89	0.25	0.050	175.4	3508.0
7.28	0.18	0.025	120.3	4812.0

DEL GRAFICO:

FRAGUADO INICIAL	: 4 hr. 17 min.
FRAGUADO FINAL	: 7 hr. 11 min.



ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : PATRÓN - F'c= 245 KG/CM²
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 03/09/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

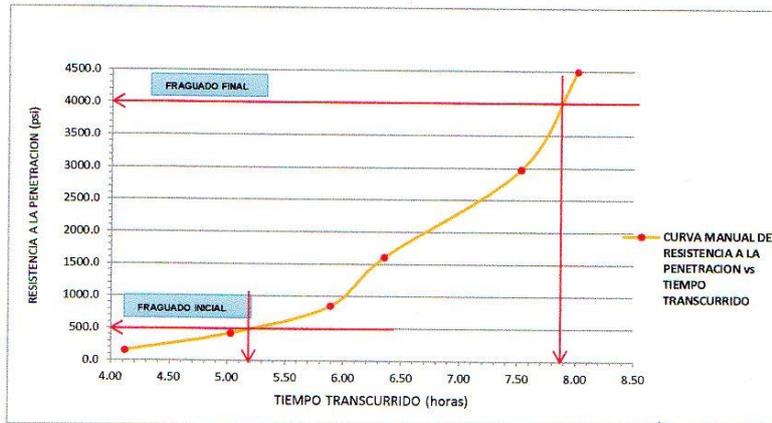
PATRÓN - F'c = 245 kg/cm²

Slump : 4"
 Temperatura del concreto : 21.2 °C
 Temperatura del ambiente : 20.6 °C
 Hora de inicio : 10.14 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
4.12	1.13	1.000	156.2	156.2
5.03	0.80	0.500	210.5	421.0
5.89	0.56	0.250	212.4	849.6
6.35	0.36	0.100	160.5	1605.0
7.53	0.25	0.050	148.7	2974.0
8.01	0.18	0.025	112.4	4496.0

DEL GRAFICO:

FRAGUADO INICIAL	: 5 hr. 11 min.
FRAGUADO FINAL	: 7 hr. 53 min.



**C3 INGENIERÍA
ESPECIALIZADA S.A.C.**
 Ing. Civil Omar A. Huamani Salazar
 CIP. N° 146898
 JEFE AREA DE INGENIERIA

ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : F'c= 245 KG/CM² + 5 % DE PUZOLANA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 04/09/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

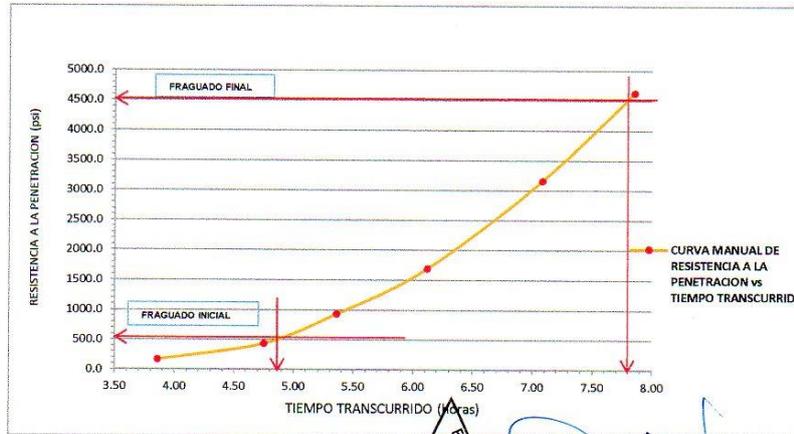
F'c = 245 kg/cm² + 5% DE PUZOLANA

Slump : 3 1/2"
 Temperatura del concreto : 20.8 °C
 Temperatura del ambiente : 18.5 °C
 Hora de inicio : 10.40 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
3.86	1.13	1.000	162.5	162.5
4.75	0.80	0.500	215.6	431.2
5.36	0.56	0.250	232.7	930.8
6.12	0.36	0.100	168.4	1684.0
7.08	0.25	0.050	157.8	3156.0
7.85	0.18	0.025	115.6	4624.0

DEL GRAFICO:

FRAGUADO INICIAL	: 4 hr. 56 min.
FRAGUADO FINAL	: 7 hr. 47 min.



ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : F'c= 245 KG/CM² + 15 % DE PUZOLANA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 05/09/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

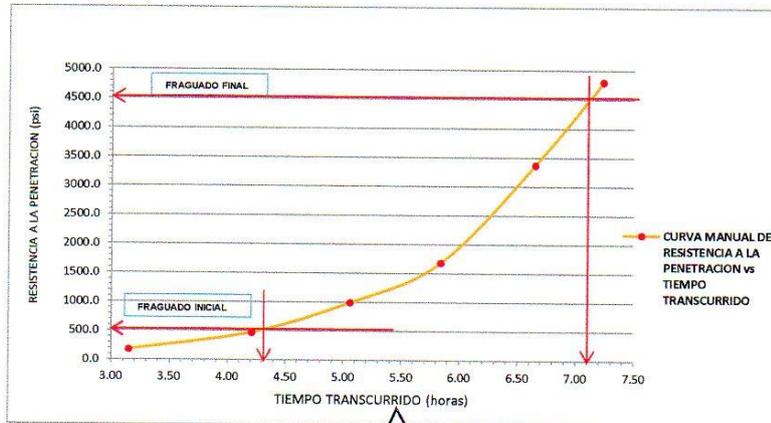
F'c = 245 kg/cm² + 15% DE PUZOLANA

Shump : 3 1/4"
 Temperatura del concreto : 21.4 °C
 Temperatura del ambiente : 20.6 °C
 Hora de inicio : 11.02 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
3.15	1.13	1.000	172.4	172.4
4.21	0.80	0.500	235.8	471.6
5.06	0.56	0.250	246.9	987.6
5.84	0.36	0.100	167.5	1675.0
6.65	0.25	0.050	168.4	3368.0
7.23	0.18	0.025	119.8	4792.0

DEL GRAFICO:

FRAGUADO INICIAL	: 4 hr. 19 min.
FRAGUADO FINAL	: 7 hr. 07 min.



ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : F'c= 245 KG/CM²+ 25 % DE PUZOLANA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO – JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 06/09/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

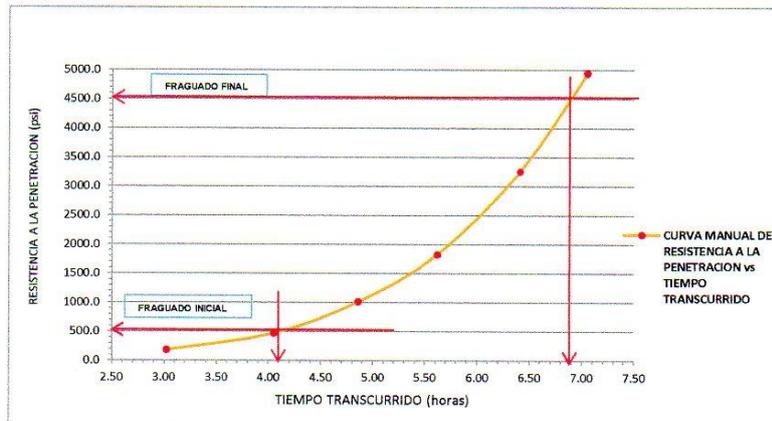
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

F'c = 245 kg/cm² + 25% DE PUZOLANA

Slump : 2 3/4"
 Temperatura del concreto : 21.7 °C
 Temperatura del ambiente : 20.9 °C
 Hora de inicio : 10.18 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
3.02	1.13	1.000	176.2	176.2
4.05	0.80	0.500	234.1	468.2
4.86	0.56	0.250	252.6	1010.4
5.62	0.36	0.100	182.4	1824.0
6.41	0.25	0.050	162.7	3254.0
7.05	0.18	0.025	123.5	4940.0

DEL GRAFICO:	
FRAGUADO INICIAL	: 4 hr. 08 min.
FRAGUADO FINAL	: 6 hr. 53 min.



**C3 INGENIERÍA
ESPECIALIZADA S.A.C.**
 Ing. Civil Omar A. Huamán Salazar
 CIP. N° 146896
 JEFE ÁREA DE INGENIERÍA

ENSAYO : TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
MUESTRA : F'c= 245 KG/CM² + 35 % DE PUZOLANA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE ENSAYO : 07/09/2016 **FECHA DE EMISION** : 11/11/2016

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
N.T.P. 339.082

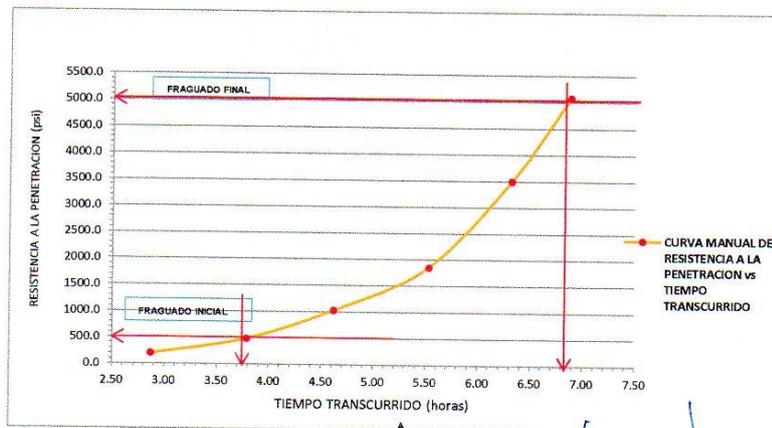
F'c = 245 kg/cm² + 35% DE PUZOLANA

Slump : 2 1/4"
 Temperatura del concreto : 21.2 °C
 Temperatura del ambiente : 20.6 °C
 Hora de inicio : 8:50 a.m.

TIEMPO Hr Min	DIAMETRO DE AGUJA pulg	AREA pulg ²	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION lb / pulg ²
2.87	1.13	1.000	192.5	192.5
3.79	0.80	0.500	242.6	485.2
4.62	0.56	0.250	256.8	1027.2
5.53	0.36	0.100	184.5	1845.0
6.32	0.25	0.050	174.6	3492.0
6.88	0.18	0.025	126.9	5076.0

DEL GRAFICO:

FRAGUADO INICIAL	: 3 hr. 47 min.
FRAGUADO FINAL	: 6 hr. 49 min.



**C3 INGENIERIA
ESPECIALIZADA S.A.C.**
 Ing. Civil Omar A. Huamani Salazar
 CIP. N° 146899
 JEFE AREA DE INGENIERIA

**C.5.ENSAYOS REALIZADOS EN EL CONCRETO EN ESTADO
ENDURECIDO**

ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS Hoja: 1/2
MUESTRA : PATRON - F'c= 175 kg/cm²
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 Y 245 kg/cm² - HUANCAYO – JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE EMISION : 11/11/2016

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
N.T.P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD dias	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kN)	F _c (kg/cm ²)	PROMEDIO f _c (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION	
1	DISEÑO PATRON F _c = 175 kg/cm ²	21-08-16	22-08-16	1	10.14	20.14	1.99	80.75	60.24	76.1	73.12	3.00	4.10%	8.20	
2		21-08-16	22-08-16	1	10.21	20.18	1.98	81.87	58.74	73.2					
3		21-08-16	22-08-16	1	10.23	20.21	1.98	82.19	56.48	70.1	134.38	2.18	1.62%	3.07	
4		21-08-16	24-08-16	3	10.14	20.23	2.00	80.75	108.35	136.9					
5		21-08-16	24-08-16	3	10.18	20.15	1.98	81.39	106.58	133.6	185.21	2.46	1.33%	2.59	
6		21-08-16	24-08-16	3	10.12	20.16	1.99	80.44	104.67	132.7					
7		21-08-16	28-08-16	7	10.24	20.24	1.98	82.35	147.85	183.1	203.66	0.95	0.47%	0.93	
8		21-08-16	28-08-16	7	10.12	20.21	2.00	80.44	145.57	184.6					
9		21-08-16	28-08-16	7	10.16	20.14	1.98	81.07	149.36	187.9	209.66	202.8	203.5		
10		21-08-16	04-09-16	14	10.24	20.16	1.97	82.35	165.24	204.7					
11		21-08-16	04-09-16	14	10.21	20.21	1.98	81.87	162.76	202.8	162.42	162.42	203.5		
12		21-08-16	04-09-16	14	10.18	20.23	1.99	81.39	162.42	203.5					

13	21-08-16	18-09-16	28	10.23	20.14	1.97	82.19	198.45	246.3	243.78	2.47	1.01%	2.02
14	21-08-16	18-09-16	28	10.15	20.17	1.99	80.91	193.36	243.8				
15	21-08-16	18-09-16	28	10.16	20.16	1.98	81.07	191.82	241.3				
16	21-08-16	05-10-16	45	10.14	20.16	1.99	80.75	215.46	272.1				
17	21-08-16	05-10-16	45	10.18	20.12	1.98	81.39	219.62	275.2	275.57	3.62	1.31%	2.62
18	21-08-16	05-10-16	45	10.21	20.11	1.97	81.87	224.23	279.4				
19	21-08-16	20-10-16	60	10.15	20.15	1.99	80.91	228.69	288.3				
20	21-08-16	20-10-16	60	10.13	20.13	1.99	80.60	225.40	285.3	287.48	1.94	0.68%	1.26
21	21-08-16	20-10-16	60	10.18	20.16	1.98	81.39	230.52	288.9				



ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS
MUESTRA : F'c= 175 kg/cm² + 5% DE PUZOLANA Hoja: 1/2
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE EMISION : 11/11/2016

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
 N.T.P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACION	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD dias	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	Fc (kg/cm ²)	PROMEDIO Fc (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	DISEÑO f'c = 175 kg/cm ² + 5% DE PUZOLANA	22-08-16	23-08-16	1	10.24	20.18	1.97	82.35	64.52	79.9	80.20	1.92	2.39%	4.74
2		22-08-16	23-08-16	1	10.15	20.12	1.98	80.91	65.24	82.2				
3		22-08-16	23-08-16	1	10.17	20.21	1.99	81.23	62.47	78.4				
4		22-08-16	25-08-16	3	10.21	20.16	1.97	81.87	106.66	132.9				
5		22-08-16	25-08-16	3	10.24	20.21	1.97	82.35	107.48	133.1	134.05	1.83	1.36%	2.45
6		22-08-16	25-08-16	3	10.18	20.14	1.98	81.39	108.65	136.2				
7		22-08-16	29-08-16	7	10.12	20.18	1.99	80.44	148.96	188.9				
8		22-08-16	29-08-16	7	10.23	20.23	1.98	82.19	147.29	182.8	185.11	1.31	1.79%	3.30
9		22-08-16	29-08-16	7	10.15	20.14	1.98	80.91	145.68	183.6				
10		22-08-16	05-09-16	14	10.21	20.21	1.98	81.87	167.59	208.8				
11		22-08-16	05-09-16	14	10.24	20.25	1.98	82.35	169.24	209.6	208.49	1.30	0.62%	1.22
12		22-08-16	05-09-16	14	10.16	20.18	1.99	81.07	164.58	207.1				
13		22-08-16	19-09-16	28	10.15	20.15	1.99	80.91	208.59	262.9	262.28	1.52	0.58%	1.08



14	22-08-16	19-09-16	28	10.17	20.16	1.98	81.23	209.74	263.4				
15	22-08-16	19-09-16	28	10.24	20.18	1.97	82.35	210.36	260.5				
16	22-08-16	06-10-16	45	10.16	20.21	1.99	81.07	218.47	274.9				
17	22-08-16	06-10-16	45	10.15	20.17	1.99	80.91	216.85	273.4			1.06	
18	22-08-16	06-10-16	45	10.21	20.14	1.97	81.87	221.76	276.3	274.83	1.46	0.53%	
19	22-08-16	21-10-16	60	10.17	20.26	1.99	81.23	230.14	289.0				
20	22-08-16	21-10-16	60	10.12	20.23	2.00	80.44	232.56	294.9				
21	22-08-16	21-10-16	60	10.18	20.14	1.98	81.39	228.95	286.9	290.27	4.15	1.43%	
													2.75



ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS
MUESTRA : f'c= 175 kg/cm² + 15% DE PUZOLANA Hoja: 1/2
 : EVALUACIÓN DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICIÓN EN LA ELABORACION
NOMBRE DE LA TESIS DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE EMISION : 11/11/2016

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 N.T.P. 399.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	f'c (kg/cm ²)	PROMEDIO f'c (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	DISEÑO f'c = 175 kg/cm ² + 15% DE PUZOLANA	23-08-16	24-08-16	1	10.21	20.15	1.97	81.87	69.58	86.7	86.57	0.72	0.83%	1.64
2		23-08-16	24-08-16	1	10.18	20.22	1.99	81.39	68.47	85.8				
3		23-08-16	24-08-16	1	10.22	20.21	1.98	82.08	70.15	87.2				
4		23-08-16	26-08-16	3	10.15	20.14	1.98	80.91	113.26	142.8				
5		23-08-16	26-08-16	3	10.13	20.19	1.99	80.60	115.67	146.4	144.41	1.83	1.27%	2.50
6		23-08-16	26-08-16	3	10.15	20.14	1.98	80.91	114.27	144.0				
7		23-08-16	30-08-16	7	10.16	20.16	1.98	81.07	154.26	194.1				
8		23-08-16	30-08-16	7	10.21	20.14	1.97	81.87	156.34	194.8	195.24	1.44	0.74%	1.42
9		23-08-16	30-08-16	7	10.23	20.15	1.97	82.19	158.69	196.9				
10		23-08-16	06-09-16	14	10.14	20.23	2.00	80.75	176.49	222.9				
11		23-08-16	06-09-16	14	10.18	20.21	1.99	81.39	175.24	219.6	220.78	1.85	0.84%	1.50
12		23-08-16	06-09-16	14	10.15	20.14	1.98	80.91	174.36	219.8				



13																														
14																														
15																														
16																														
17																														
18																														
19																														
20																														
21																														



ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS
MUESTRA : f'c= 175 kg/cm² + 25% DE PUZOLANA Hoja: 1/2
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE EMISION : 11/11/2016

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
 N.T.P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACION	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD dias	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	f'c (kg/cm ²)	PROMEDIO f'c (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR(S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION	
1	DISEÑO f'c = 175 kg/cm ² + 25% DE PUZOLANA	24-08-16	25-08-16	1	10.15	20.21	1.99	80.91	68.15	85.9	85.51	0.87	1.02%	1.87	
2		24-08-16	25-08-16	1	10.18	20.15	1.98	81.39	67.44	84.5					
3		24-08-16	25-08-16	1	10.21	20.18	1.98	81.87	69.12	86.1					
4		24-08-16	27-08-16	3	10.17	20.14	1.98	81.23	114.15	143.3					
5		24-08-16	27-08-16	3	10.16	20.26	1.99	81.07	112.96	141.4	141.57	141.57	1.67	1.18%	2.34
6		24-08-16	27-08-16	3	10.14	20.12	1.98	80.75	110.85	140.0					
7		24-08-16	31-08-16	7	10.16	20.16	1.98	81.07	152.68	192.1					
8		24-08-16	31-08-16	7	10.18	20.15	1.98	81.39	154.71	193.9	191.73	191.73	2.36	1.23%	2.44
9		24-08-16	31-08-16	7	10.23	20.21	1.98	82.19	152.47	189.2					
10		24-08-16	07-09-16	14	10.19	20.18	1.98	81.55	174.58	218.4					
11		24-08-16	07-09-16	14	10.14	20.16	1.99	80.75	175.24	221.3	219.70	219.70	1.52	0.69%	1.36
12		24-08-16	07-09-16	14	10.16	20.14	1.98	81.07	174.38	219.4					



13	24-08-16	21-09-16	28	10.21	20.15	1.97	81.87	215.64	268.7	270.26	1.47	0.54%	1.07
14	24-08-16	21-09-16	28	10.24	20.13	1.97	82.35	218.47	270.6				
15	24-08-16	21-09-16	28	10.18	20.18	1.98	81.39	216.68	271.5				
16	24-08-16	08-10-16	45	10.16	20.21	1.99	81.07	231.47	291.2				
17	24-08-16	08-10-16	45	10.12	20.24	2.00	80.44	228.74	290.1				
18	24-08-16	08-10-16	45	10.14	20.26	2.00	80.75	226.85	286.5				
19	24-08-16	23-10-16	60	10.15	20.18	1.99	80.91	234.16	295.2				
20	24-08-16	23-10-16	60	10.19	20.12	1.97	81.55	238.45	298.2				
21	24-08-16	23-10-16	60	10.21	10.18	1.00	81.87	236.89	295.1	296.18	1.78	0.60%	1.05



ENSAYO
MUESTRA

: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS
: F'c= 175 kg/cm² + 35% DE PUZOLANA

Hoja: 1/2

NOMBRE DE LA TESIS
TESISTA
FECHA DE EMISION

: EVALUACIÓN DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICIÓN EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
: BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
: 11/11/2016

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
N.T.P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	Fc (kg/cm ²)	PROMEDIO Fc (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION	
1	DISEÑO f'c = 175 kg/cm ² + 35% DE PUZOLANA	27-08-16	28-08-16	1	10.12	20.21	2.00	80.44	56.62	71.8	69.76	1.80	2.58%	4.85	
2		27-08-16	28-08-16	1	10.15	20.20	1.99	80.91	54.27	68.4					
3		27-08-16	28-08-16	1	10.21	20.25	1.98	81.87	55.43	69.1					
4		27-08-16	30-08-16	3	10.16	20.18	1.99	81.07	96.25	121.1					
5		27-08-16	30-08-16	3	10.13	20.23	2.00	80.60	94.78	120.0					
6		27-08-16	30-08-16	3	10.18	20.16	1.98	81.39	97.63	122.3					
7		27-08-16	03-09-16	7	10.23	20.17	1.97	82.19	138.66	172.1					
8		27-08-16	03-09-16	7	10.17	20.13	1.98	81.23	135.74	170.4					
9		27-08-16	03-09-16	7	10.16	20.16	1.98	81.07	137.59	173.1					
10		27-08-16	10-09-16	14	10.12	20.17	1.99	80.44	154.26	195.6					
11		27-08-16	10-09-16	14	10.18	20.21	1.99	81.39	152.47	191.1		193.53	2.29	1.19%	2.35
12		27-08-16	10-09-16	14	10.21	20.18	1.98	81.87	155.6	193.9					

13	27-08-16	24-09-16	28	10.23	20.14	1.97	82.19	194.45	241.3			
14	27-08-16	24-09-16	28	10.15	20.17	1.99	80.91	193.36	243.8	241.50	2.16	0.89%
15	27-08-16	24-09-16	28	10.20	20.16	1.98	81.71	191.82	239.4			
16	27-08-16	11-10-16	45	10.17	20.22	1.99	81.23	200.14	251.3			
17	27-08-16	11-10-16	45	10.23	20.23	1.98	82.19	204.78	254.1	254.14	2.84	1.12%
18	27-08-16	11-10-16	45	10.15	20.18	1.99	80.91	203.86	257.0			
19	27-08-16	26-10-16	60	10.18	20.21	1.99	81.39	213.52	267.6			
20	27-08-16	26-10-16	60	10.14	20.16	1.99	80.75	212.68	268.6	268.10	0.53	0.20%
21	27-08-16	26-10-16	60	10.22	20.14	1.97	82.03	215.61	268.1			



ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS
 MUESTRA : PATRON - Fc= 210 kg/cm2
 Hoja: 1/2
 NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA Fc= 175, 210 y 245 kg/cm2 - HUANCAYO - JUNIN
 TESIS TA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
 FECHA DE EMISION : 11/11/2016

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 N.T.P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	Fc (kg/cm ²)	PROMEDIO Fc (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (s)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	DISEÑO Fc = 210 kg/cm ² PATRON	28-08-16	29-08-16	1	10.24	20.14	1.97	82.35	75.24	93.2	91.22	2.08	2.28%	4.53
2		28-08-16	29-08-16	1	10.15	20.16	1.99	80.91	72.53	91.4				
3		28-08-16	29-08-16	1	10.21	20.13	1.97	81.87	71.48	89.1				
4		28-08-16	31-08-16	3	10.25	20.16	1.97	82.52	135.86	167.9				
5		28-08-16	31-08-16	3	10.17	20.14	1.98	81.23	130.92	164.4	166.44	1.84	1.10%	2.13
6		28-08-16	31-08-16	3	10.12	20.13	1.99	80.44	131.69	167.0				
7		28-08-16	04-09-16	7	10.17	20.16	1.98	81.23	182.43	229.1				
8		28-08-16	04-09-16	7	10.23	20.14	1.97	82.19	180.14	223.5	226.22	2.76	1.22%	2.44
9		28-08-16	04-09-16	7	10.14	20.17	1.99	80.75	178.96	226.0				
10		28-08-16	11-09-16	14	10.16	20.23	1.99	81.07	195.62	246.1				
11		28-08-16	11-09-16	14	10.21	20.12	1.97	81.87	196.46	244.8	245.63	0.76	0.31%	0.55
12		28-08-16	11-09-16	14	10.26	20.18	1.97	82.68	199.2	246.0				



13	28-08-16	25-09-16	28	10.15	20.15	1.99	80.91	228.64	288.2	290.94	2.36	0.81%	1.48
14	28-08-16	25-09-16	28	10.12	20.17	1.99	80.44	230.69	292.5				
15	28-08-16	25-09-16	28	10.10	20.15	2.00	80.12	229.41	292.1				
16	28-08-16	12-10-16	45	10.16	20.14	1.98	81.07	248.69	312.9				
17	28-08-16	12-10-16	45	10.23	20.12	1.97	82.19	247.47	307.1	310.12	2.90	0.93%	1.86
18	28-08-16	12-10-16	45	10.21	20.15	1.97	81.87	249.14	310.4				
19	28-08-16	27-10-16	60	10.15	20.17	1.99	80.91	252.34	318.1				
20	28-08-16	27-10-16	60	10.12	20.13	1.99	80.44	253.41	321.3	319.53	1.66	0.52%	1.02
21	28-08-16	27-10-16	60	10.17	20.15	1.98	81.23	254.16	319.1				



ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS
MUESTRA : F'c= 210 kg/cm² + 5% DE PUZOLANA Hoja: 1/2
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE EMISION : 11/11/2016

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
N.T.P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACION	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD dias	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	Fc (kg/cm ²)	PROMEDIO Fc (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (s)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	DISEÑO f'c = 210 kg/cm ² + 5% DE PUZOLANA	29-08-16	30-08-16	1	10.15	20.15	1.99	80.91	74.25	93.6	93.05	1.73	1.85%	3.57
2		29-08-16	30-08-16	1	10.18	20.12	1.98	81.39	75.36	94.4				
3		29-08-16	30-08-16	1	10.21	20.21	1.98	81.87	73.14	91.1				
4		29-08-16	01-09-16	3	10.17	20.15	1.98	81.23	140.25	176.1				
5		29-08-16	01-09-16	3	10.13	20.13	1.99	80.60	138.54	175.3	173.95	3.09	1.77%	3.27
6		29-08-16	01-09-16	3	10.21	20.24	1.98	81.87	136.79	170.4				
7		29-08-16	05-09-16	7	10.18	20.16	1.98	81.39	180.02	225.6				
8		29-08-16	05-09-16	7	10.24	20.12	1.96	82.35	182.69	226.3	225.26	1.21	0.54%	1.04
9		29-08-16	05-09-16	7	10.12	20.18	1.99	80.44	176.58	223.9				
10		29-08-16	12-09-16	14	10.16	20.21	1.99	81.07	198.56	249.8				
11		29-08-16	12-09-16	14	10.24	20.15	1.97	82.35	204.53	253.3	251.73	1.78	0.71%	1.39
12		29-08-16	12-09-16	14	10.21	20.13	1.97	81.87	202.7	252.1				



13	29-08-16	26-09-16	28	10.14	20.17	1.99	80.75	240.15	303.3		2.04	0.67%	1.26
14	29-08-16	26-09-16	28	10.16	20.14	1.98	81.07	243.61	306.5	304.46			
15	29-08-16	26-09-16	28	10.12	20.16	1.99	80.44	238.68	302.7				
16	29-08-16	13-10-16	45	10.14	20.16	1.99	80.75	249.75	315.5				
17	29-08-16	13-10-16	45	10.25	20.12	1.96	82.52	248.69	307.4	313.43	5.30	1.69%	3.19
18	29-08-16	13-10-16	45	10.18	20.18	1.98	81.39	253.28	317.4				
19	29-08-16	28-10-16	60	10.21	20.25	1.98	81.87	259.74	323.6				
20	29-08-16	28-10-16	60	10.23	20.16	1.97	82.19	258.46	320.7	322.95	1.46	0.45%	0.88
21	29-08-16	28-10-16	60	10.18	20.13	1.98	81.39	257.53	322.7				



ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS
MUESTRA : F'c= 210 kg/cm² +15% DE PUZOLANA Hoja: 1/2
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE EMISION : 11/11/2016

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
 N.T.P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACION	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD dias	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	F _c (kg/cm ²)	PROMEDIO F _c (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION	
1	DISEÑO f'c = 210 kg/cm ² + 15% DE PUZOLANA	30-08-16	31-08-16	1	10.18	20.21	1.99	81.39	83.14	104.2	104.54	2.06	1.97%	3.90	
2		30-08-16	31-08-16	1	10.21	20.15	1.97	81.87	85.69	106.8					
3		30-08-16	31-08-16	1	10.23	20.12	1.97	82.19	82.74	102.7					
4		30-08-16	02-09-16	3	10.14	20.18	1.99	80.75	144.21	182.2					
5		30-08-16	02-09-16	3	10.12	20.22	2.00	80.45	146.98	186.3		184.63	2.20	1.19%	2.27
6		30-08-16	02-09-16	3	10.08	20.13	2.00	79.80	145.04	185.4					
7		30-08-16	06-09-16	7	10.24	20.14	1.97	82.35	194.25	240.6					
8		30-08-16	06-09-16	7	10.21	20.16	1.97	81.87	194.31	242.1		240.37	1.83	0.76%	1.51
9		30-08-16	06-09-16	7	10.24	20.14	1.97	82.40	192.63	238.4					
10		30-08-16	13-09-16	14	10.18	20.18	1.98	81.39	210.05	263.2					
11		30-08-16	13-09-16	14	10.12	20.21	2.00	80.44	212.36	269.3		265.70	3.18	1.20%	2.28
12		30-08-16	13-09-16	14	10.14	20.14	1.99	80.75	209.47	264.6					



13	30-08-16	27-09-16	28	10.22	20.12	1.97	82.03	256.38	318.8				
14	30-08-16	27-09-16	28	10.17	20.16	1.98	81.23	251.96	316.4	316.26	2.58	0.82%	1.63
15	30-08-16	27-09-16	28	10.15	20.19	1.99	80.91	248.79	313.6				
16	30-08-16	14-10-16	45	10.23	20.16	1.97	82.19	268.51	333.2				
17	30-08-16	14-10-16	45	10.12	20.12	1.99	80.44	265.63	336.8	333.93	2.63	0.79%	1.53
18	30-08-16	14-10-16	45	10.18	20.18	1.98	81.39	264.71	331.7				
19	30-08-16	29-10-16	60	10.15	20.15	1.99	80.91	267.16	336.8				
20	30-08-16	29-10-16	60	10.24	20.12	1.96	82.35	269.36	333.6	334.84	1.70	0.51%	0.95
21	30-08-16	29-10-16	60	10.14	20.16	1.99	80.75	264.52	334.1				



ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS
MUESTRA : F'c= 210 kg/cm² + 25% DE PUZOLANA
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE EMISION : 11/11/2016

Hoja: 1/2

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
N. T. P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	f _c (kg/cm ²)	PROMEDIO f _c (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	DISEÑO f'c = 210 kg/cm ² + 25% DE PUZOLANA	01-09-16	02-09-16	1	10.15	20.21	1.99	80.91	81.56	102.8	101.28	1.67	1.65%	3.27
2		01-09-16	02-09-16	1	10.14	20.15	1.99	80.75	80.38	101.5				
3		01-09-16	02-09-16	1	10.21	20.12	1.97	81.87	79.87	99.5				
4		01-09-16	04-09-16	3	10.23	20.24	1.98	82.19	145.68	180.8	180.76	1.29	0.71%	1.43
5		01-09-16	04-09-16	3	10.15	20.16	1.99	80.91	142.36	179.5				
6		01-09-16	04-09-16	3	10.18	20.13	1.98	81.39	145.26	182.0				
7		01-09-16	08-09-16	7	10.24	20.18	1.97	82.35	190.25	235.6	237.81	2.13	0.89%	1.79
8		01-09-16	08-09-16	7	10.15	20.21	1.99	80.91	188.74	237.9				
9		01-09-16	08-09-16	7	10.18	20.13	1.98	81.39	191.42	239.9				
10		01-09-16	15-09-16	14	10.21	20.18	1.98	81.87	208.14	259.3	257.92	1.26	0.49%	0.95
11		01-09-16	15-09-16	14	10.20	20.23	1.98	81.71	206.36	257.6				
12		01-09-16	15-09-16	14	10.16	20.15	1.98	81.07	204.7	256.8				



13	01-09-16	29-09-16	28	10.13	20.16	1.99	80.60	245.68	310.9	310.99	1.76	0.57%	1.13
14	01-09-16	29-09-16	28	10.14	20.12	1.98	80.75	244.85	309.3				
15	01-09-16	29-09-16	28	10.16	20.17	1.99	81.07	248.61	312.8	326.91	2.59	0.79%	1.44
16	01-09-16	16-10-16	45	10.12	20.23	2.00	80.44	260.14	329.9				
17	01-09-16	16-10-16	45	10.16	20.25	1.99	81.07	258.46	325.2	329.52	1.53	0.46%	0.91
18	01-09-16	16-10-16	45	10.17	20.21	1.99	81.23	259.36	325.7				
19	01-09-16	31-10-16	60	10.21	20.12	1.97	81.87	263.41	328.2	329.52	1.53	0.46%	0.91
20	01-09-16	31-10-16	60	10.22	20.14	1.97	82.03	266.85	331.2				
21	01-09-16	31-10-16	60	10.15	20.17	1.99	80.91	261.16	329.2				



ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS
MUESTRA : F'c= 210 kg/cm2 + 35% DE PUZOLANA Hoja: 1/2
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm2 - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE EMISION : 11/11/2016

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
N.T.P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACION	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD dias	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm2)	CARGA MAXIMA (KN)	Fc (kg/cm2)	PROMEDIO Fc (kg/cm2)	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION	
1	DISEÑO f'c = 210 kg/cm2 + 35% DE PUZOLANA	02-09-16	03-09-16	1	10.16	20.17	1.99	81.07	68.26	85.9	85.79	1.46	1.70%	3.39	
2		02-09-16	03-09-16	1	10.12	20.21	2.00	80.44	66.47	84.3					
3		02-09-16	03-09-16	1	10.18	20.18	1.98	81.39	69.58	87.2					
4			02-09-16	05-09-16	3	10.21	20.14	1.97	81.87	120.25	149.8	151.72	1.74	1.14%	2.24
5			02-09-16	05-09-16	3	10.23	20.18	1.97	82.19	123.46	153.2				
6			02-09-16	05-09-16	3	10.15	20.21	1.99	80.91	120.68	152.1				
7			02-09-16	09-09-16	7	10.16	20.14	1.98	81.07	164.58	207.1	208.44	1.21	0.58%	1.11
8			02-09-16	09-09-16	7	10.17	20.15	1.98	81.23	166.74	209.4				
9			02-09-16	09-09-16	7	10.23	20.21	1.98	82.19	168.32	208.9				
10			02-09-16	16-09-16	14	10.12	20.23	2.00	80.44	186.51	236.5	233.66	2.48	1.06%	1.95
11			02-09-16	16-09-16	14	10.25	20.16	1.97	82.52	187.64	231.9				
12			02-09-16	16-09-16	14	10.26	20.17	1.97	82.68	188.48	232.5				



13	02-09-16	30-09-16	28	10.21	20.15	1.97	81.87	230.21	286.8	287.83	1.20	0.42%	0.81
14	02-09-16	30-09-16	28	10.24	20.13	1.97	82.35	232.15	287.5				
15	02-09-16	30-09-16	28	10.13	20.14	1.99	80.60	228.47	289.1	301.44	2.46	0.82%	1.58
16	02-09-16	17-10-16	45	10.16	20.16	1.98	81.07	240.15	302.1				
17	02-09-16	17-10-16	45	10.18	20.18	1.98	81.39	238.36	298.7	311.19	2.18	0.70%	1.28
18	02-09-16	17-10-16	45	10.17	20.23	1.99	81.23	241.69	303.5				
19	02-09-16	01-11-16	60	10.12	20.21	2.00	80.44	244.58	310.1	309.7	2.18	0.70%	1.28
20	02-09-16	01-11-16	60	10.21	20.15	1.97	81.87	248.61	309.7				
21	02-09-16	01-11-16	60	10.18	20.22	1.99	81.39	250.32	313.7				



ENSAYO MUESTRA

: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS

: PATRON - $F_c = 245 \text{ kg/cm}^2$

Hoja: 1/2

NOMBRE DE LA TESIS TESIS

: EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA $F_c = 175, 210 \text{ y } 245 \text{ kg/cm}^2$ - HUANCAYO - JUNIN

TESISTA

: BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.

FECHA DE EMISION

: 11/11/2016

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

N.T.P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	f_c (kg/cm ²)	PROMEDIO f_c (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION	
1	DISEÑO $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ PATRON	03-09-16	04-09-16	1	10.15	20.14	1.98	80.91	82.14	103.5	104.23	2.22	2.13%	4.11	
2		03-09-16	04-09-16	1	10.12	20.16	1.99	80.44	84.16	106.7					
3		03-09-16	04-09-16	1	10.18	20.21	1.99	81.39	81.74	102.4	167.3	164.68	2.37	1.44%	2.83
4		03-09-16	06-09-16	3	10.25	20.23	1.97	82.52	135.32						
5		03-09-16	06-09-16	3	10.24	20.15	1.97	82.35	132.54	164.2	236.4	238.21	1.61	0.68%	1.32
6		03-09-16	06-09-16	3	10.16	20.12	1.98	81.07	129.25	162.6					
7		03-09-16	10-09-16	7	10.23	20.24	1.98	82.19	190.52	236.4	238.6	238.21	1.61	0.68%	1.32
8		03-09-16	10-09-16	7	10.24	20.15	1.97	82.35	192.68	238.6					
9		03-09-16	10-09-16	7	10.18	20.19	1.98	81.39	191.17	239.6	271.4	275.84	2.75	1.00%	1.97
10		03-09-16	17-09-16	14	10.16	20.16	1.98	81.07	215.74	271.4					
11		03-09-16	17-09-16	14	10.21	20.21	1.98	81.87	219.35	273.3	276.8	275.84	2.75	1.00%	1.97
12		03-09-16	17-09-16	14	10.17	20.24	1.99	81.23	200.47	276.8					



13	03-09-16	01-10-16	28	10.21	20.16	1.97	81.87	255.61	318.4	318.47	1.64	0.51%	1.03
14	03-09-16	01-10-16	28	10.24	20.12	1.96	82.35	258.47	320.1				
15	03-09-16	01-10-16	28	10.13	20.14	1.99	80.60	250.36	316.9	335.83	2.61	0.78%	1.56
16	03-09-16	18-10-16	45	10.16	20.17	1.99	81.07	268.98	338.4				
17	03-09-16	18-10-16	45	10.18	20.19	1.98	81.39	265.87	333.2	342.34	3.57	1.04%	2.01
18	03-09-16	18-10-16	45	10.23	20.21	1.98	82.19	270.68	335.9				
19	03-09-16	02-11-16	60	10.26	20.23	1.97	82.68	275.14	339.4	342.34	3.57	1.04%	2.01
20	03-09-16	02-11-16	60	10.18	20.25	1.99	81.39	276.36	346.3				
21	03-09-16	02-11-16	60	10.24	20.17	1.97	82.35	275.51	341.2	342.34	3.57	1.04%	2.01



ENSAYO MUESTRA

: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS

: F'c= 245 kg/cm² + 5% DE PUZOLANA

: EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 Y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN

NOMBRE DE LA TESIS TESIS TA

: BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.

FECHA DE EMISION

: 11/11/2016

Hoja: 1/2

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
N.T.P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACION	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD dias	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	f _c (kg/cm ²)	PROMEDIO f _c (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION	
1	DISEÑO f _c = 245 kg/cm ² + 5% DE PUZOLANA	04-09-16	05-09-16	1	10.24	20.21	1.97	82.35	90.25	111.8	110.23	1.60	1.45%	2.89	
2		04-09-16	05-09-16	1	10.21	20.15	1.97	81.87	88.56	110.3					
3		04-09-16	05-09-16	1	10.15	20.13	1.98	80.91	86.14	108.6					
4		04-09-16	07-09-16	3	10.18	20.18	1.98	81.39	145.63	182.5					
5		04-09-16	07-09-16	3	10.16	20.24	1.99	81.07	142.58	179.4		181.91	2.30	1.26%	2.46
6		04-09-16	07-09-16	3	10.21	20.16	1.97	81.87	147.58	183.9					
7		04-09-16	11-09-16	7	10.25	20.14	1.96	82.52	205.36	253.9					
8		04-09-16	11-09-16	7	10.22	20.08	1.96	82.03	203.14	252.6		254.97	3.10	1.22%	2.31
9		04-09-16	11-09-16	7	10.24	20.16	1.97	82.35	208.69	258.5					
10		04-09-16	18-09-16	14	10.18	20.17	1.98	81.39	231.46	290.1					
11		04-09-16	18-09-16	14	10.16	20.13	1.98	81.07	232.78	292.9		293.55	3.88	1.32%	2.61
12		04-09-16	18-09-16	14	10.12	20.11	1.99	80.44	234.98	297.7					



G3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
Civil Omar A. Huamán Salazar
JEFE AREA DE INGENIERIA

13	04-09-16	02-10-16	28	10.15	20.16	1.99	80.91	262.14	330.5	331.89	1.24	0.38%	0.66
14	04-09-16	02-10-16	28	10.24	20.15	1.97	82.35	268.59	332.7				
15	04-09-16	02-10-16	28	10.18	20.12	1.98	81.39	265.37	332.6				
16	04-09-16	19-10-16	45	10.16	20.21	1.99	81.07	275.86	347.1	346.26	0.84	0.24%	0.48
17	04-09-16	19-10-16	45	10.24	20.23	1.98	82.35	279.63	346.3				
18	04-09-16	19-10-16	45	10.18	20.17	1.98	81.39	275.61	345.4				
19	04-09-16	03-11-16	60	10.24	20.14	1.97	82.35	280.41	347.3	350.71	3.56	1.01%	2.02
20	04-09-16	03-11-16	60	10.16	20.11	1.98	81.07	281.69	354.4				
21	04-09-16	03-11-16	60	10.12	20.16	1.99	80.44	276.34	350.4				



ENSAYO MUESTRA

: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS**

: F_c = 245 kg/cm² + 15% DE PUZOLANA

: EVALUACIÓN DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICIÓN EN LA

ELABORACIÓN DE CONCRETOS PARA F_c = 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN

: BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.

: 11/11/2016

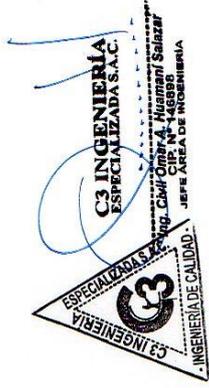
Hoja: 1/2

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
N.T.P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD dias	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	F _c (kg/cm ²)	PROMEDIO F _c (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION	
1	DISEÑO f _c = 245 kg/cm ² + 15% DE PUZOLANA	05-09-16	06-09-16	1	10.15	20.15	1.99	80.91	94.52	119.2	120.48	1.66	1.37%	2.64	
2		05-09-16	06-09-16	1	10.12	20.18	1.99	80.44	96.47	122.3					
3		05-09-16	06-09-16	1	10.18	20.12	1.98	81.39	95.71	119.9					
4		05-09-16	08-09-16	3	10.24	20.21	1.97	82.35	154.63	191.5					
5		05-09-16	08-09-16	3	10.21	20.23	1.98	81.87	150.74	187.8		189.83	1.88	0.99%	1.96
6		05-09-16	08-09-16	3	10.23	20.14	1.97	82.19	153.26	190.2					
7		05-09-16	12-09-16	7	10.15	20.16	1.99	80.91	210.25	265.0		266.96	2.12	0.80%	1.57
8		05-09-16	12-09-16	7	10.17	20.18	1.98	81.23	212.92	266.6					
9		05-09-16	12-09-16	7	10.22	20.14	1.97	82.03	216.54	269.2					
10		05-09-16	19-09-16	14	10.12	20.12	1.99	80.44	240.17	304.6		305.01	2.46	0.81%	1.59
11		05-09-16	19-09-16	14	10.18	20.15	1.98	81.39	241.63	302.8					
12		05-09-16	19-09-16	14	10.14	20.24	2.00	80.75	243.58	307.7					



13		05-09-16	03-10-16	28	10.21	20.19	1.98	81.87	275.46	343.2					
14		05-09-16	03-10-16	28	10.23	20.16	1.97	82.19	274.38	340.5				0.40%	0.78
15		05-09-16	03-10-16	28	10.16	20.23	1.99	81.07	272.04	342.3		341.98	1.36		
16		05-09-16	20-10-16	45	10.14	20.17	1.99	80.75	289.35	365.5					
17		05-09-16	20-10-16	45	10.16	20.14	1.98	81.03	291.42	366.9			0.90	0.25%	0.46
18		05-09-16	20-10-16	45	10.19	20.12	1.97	81.55	293.57	367.2					
19		05-09-16	04-11-16	60	10.21	20.16	1.97	81.87	300.15	373.9					
20		05-09-16	04-11-16	60	10.23	20.18	1.97	82.19	301.52	374.2			0.59	0.16%	0.30
21		05-09-16	04-11-16	60	10.25	20.21	1.97	82.52	303.41	375.1					

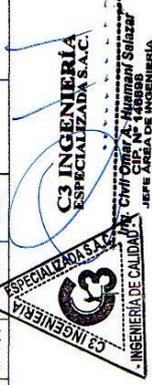


ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS
MUESTRA : F_c = 245 kg/cm² + 25% DE PUZOLANA Hoja: 1/2
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F_c = 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.
FECHA DE EMISION : 11/11/2016

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

N.T.P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD dias	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	F _c (kg/cm ²)	PROMEDIO F _c (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (s)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	DISEÑO F _c = 245 kg/cm ² + 25% DE PUZOLANA	06-09-16	07-09-16	1	10.24	20.23	1.98	82.35	90.25	111.8	114.85	2.71	2.36%	4.47
2		06-09-16	07-09-16	1	10.12	20.21	2.00	80.44	91.38	115.9				
3		06-09-16	07-09-16	1	10.15	20.16	1.99	80.91	92.74	116.9				
4		06-09-16	09-09-16	3	10.18	20.15	1.98	81.39	142.52	178.6				
5		06-09-16	09-09-16	3	10.13	20.13	1.99	80.60	141.19	178.7	177.25	2.41	1.36%	2.38
6		06-09-16	09-09-16	3	10.17	20.18	1.98	81.23	138.95	174.5				
7		06-09-16	13-09-16	7	10.19	20.16	1.98	81.55	200.15	250.3				
8		06-09-16	13-09-16	7	10.21	20.15	1.97	81.87	204.36	254.6	252.29	2.15	0.85%	1.69
9		06-09-16	13-09-16	7	10.24	20.24	1.98	82.35	203.41	251.9				
10		06-09-16	20-09-16	14	10.13	20.12	1.99	80.60	225.36	285.2				
11		06-09-16	20-09-16	14	10.16	20.16	1.98	81.07	228.74	287.8	284.57	3.57	1.25%	2.48
12		06-09-16	20-09-16	14	10.12	20.18	1.99	80.44	21.38	280.7				



13	06-09-16	04-10-16	28	10.15	20.13	1.98	80.91	255.81	322.5					
14	06-09-16	04-10-16	28	10.16	20.17	1.99	81.07	258.47	325.2					
15	06-09-16	04-10-16	28	10.14	20.16	1.99	80.75	253.16	319.8				322.48	0.84%
16	06-09-16	21-10-16	45	10.12	20.12	1.99	80.44	275.68	349.6					
17	06-09-16	21-10-16	45	10.13	20.15	1.99	80.60	271.36	343.4					
18	06-09-16	21-10-16	45	10.16	20.18	1.99	81.07	274.47	345.3				346.11	0.91%
19	06-09-16	05-11-16	60	10.18	20.13	1.98	81.39	278.61	349.1					
20	06-09-16	05-11-16	60	10.23	20.19	1.97	82.19	280.69	348.3				349.86	0.57%
21	06-09-16	05-11-16	60	10.21	20.21	1.98	81.87	282.63	352.1				1.99	1.08



ENSAYO

: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS

MUESTRA

: F'c= 245 kg/cm² + 35% DE PUZOLANA

Hoja: 1/2

NOMBRE DE LA TESIS

: EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA

TESISTA

: ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO -- JUNIN

FECHA DE EMISION

: BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI.

: 11/11/2016

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

N.T.P. 339.034

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	F _c (kg/cm ²)	PROMEDIO F _c (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	DISEÑO f'c = 245 kg/cm ² + 35% DE PUZOLANA	07-09-16	08-09-16	1	10.21	20.24	1.98	81.87	74.85	93.3	96.22	3.12	3.24%	6.47
2		07-09-16	08-09-16	1	10.15	20.18	1.99	80.91	78.91	99.5				
3		07-09-16	08-09-16	1	10.16	20.21	1.99	81.07	76.25	95.9				
4		07-09-16	10-09-16	3	10.24	20.23	1.98	82.35	125.62	155.6				
5		07-09-16	10-09-16	3	10.21	20.17	1.98	81.87	128.48	160.1	159.47	3.62	2.27%	4.49
6		07-09-16	10-09-16	3	10.16	20.15	1.98	81.07	129.36	162.8				
7		07-09-16	14-09-16	7	10.28	20.19	1.96	83.00	192.53	236.6				
8		07-09-16	14-09-16	7	10.31	20.21	1.96	83.48	190.47	232.7	235.49	2.42	1.03%	1.88
9		07-09-16	14-09-16	7	10.25	20.16	1.97	82.52	191.85	237.2				
10		07-09-16	21-09-16	14	10.24	20.23	1.98	82.35	215.62	267.1				
11		07-09-16	21-09-16	14	10.13	20.25	2.00	80.60	212.43	268.8	267.12	1.70	0.64%	1.27
12		07-09-16	21-09-16	14	10.15	20.18	1.99	80.91	210.58	265.5				



13		07-09-16	05-10-16	28	10.16	20.23	1.99	81.07	248.57	312.7				
14		07-09-16	05-10-16	28	10.21	20.15	1.97	81.87	252.68	314.8	314.55	1.71	0.54%	1.08
15		07-09-16	05-10-16	28	10.23	20.18	1.97	82.19	254.74	316.1				
16		07-09-16	22-10-16	45	10.18	20.16	1.98	81.39	265.31	332.5				
17		07-09-16	22-10-16	45	10.21	20.13	1.97	81.87	268.59	334.6	332.55	2.04	0.61%	1.23
18		07-09-16	22-10-16	45	10.23	20.18	1.97	82.19	266.36	330.5				
19		07-09-16	06-11-16	60	10.21	20.23	1.98	81.87	270.29	336.7				
20		07-09-16	06-11-16	60	10.20	20.25	1.99	81.71	271.18	338.5	338.52	2.26	0.67%	1.33
21		07-09-16	06-11-16	60	10.24	20.17	1.97	82.35	275.51	341.2				



ENSAYO : RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESION DIAMETRAL
MUESTRA : F'c= 175 KG/CM²
 : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE
NOMBRE DE LA TESIS CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE
 CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE EMISIÓN : 11/11/2016

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL
 N.T.P. 339.084**

DISEÑO DE MEZCLA	DIMENSIONES EN cm		CARGA kilonewton	RESISTENCIA TRACCION DIAMETRAL kg/cm ²	PROMEDIO RESISTENCIA TRACCION DIAMETRAL kg/cm ²
	DIAMETRO	LONGITUD			
F'c = 175 kg/cm ²	10.21	20.21	84.65	26.64	27.13
	10.16	20.15	88.02	27.92	
	10.14	20.12	84.30	26.83	
F'c = 175 kg/cm ² + 5% PUZOLANA	10.25	20.16	92.22	28.98	28.44
	10.21	20.14	89.97	28.41	
	10.17	20.21	88.37	27.92	
F'c = 175 kg/cm ² + 15% PUZOLANA	10.23	20.23	95.13	29.85	30.07
	10.12	20.24	95.04	30.13	
	10.16	20.26	95.80	30.22	
F'c = 175 kg/cm ² + 25% PUZOLANA	10.24	20.18	93.30	29.32	28.63
	10.21	20.15	90.49	28.56	
	10.15	20.13	88.17	28.02	
F'c = 175 kg/cm ² + 35% PUZOLANA	10.18	20.18	85.45	27.01	26.57
	10.16	20.23	82.68	26.12	
	10.24	20.12	84.33	26.58	



ENSAYO : RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESION DIAMETRAL
MUESTRA : F'c= 210 KG/CM²
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO - JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE EMISIÓN : 11/11/2016

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL
N.T.P. 339.084**

DISEÑO DE MEZCLA	DIMENSIONES EN cm		CARGA kilonewton	RESISTENCIA TRACCION DIAMETRAL kg/cm ²	PROMEDIO RESISTENCIA TRACCION DIAMETRAL kg/cm ²
	DIAMETRO	LONGITUD			
F'c = 210 kg/cm ²	10.24	20.13	97.7	30.79	30.83
	10.12	20.15	97.4	31.02	
	10.16	20.21	97.0	30.69	
F'c = 210 kg/cm ² + 5% PUZOLANA	10.18	20.16	97.6	30.89	31.17
	10.15	20.23	98.8	31.25	
	10.13	20.24	99.0	31.37	
F'c = 210 kg/cm ² + 15% PUZOLANA	10.17	20.17	106.0	33.57	33.43
	10.21	20.13	104.4	32.98	
	10.23	20.14	107.1	33.75	
F'c = 210 kg/cm ² + 25% PUZOLANA	10.24	20.19	102.2	32.09	31.94
	10.15	20.12	100.5	31.97	
	10.16	20.23	100.5	31.75	
F'c = 210 kg/cm ² + 35% PUZOLANA	10.18	20.15	94.5	29.93	30.10
	10.16	20.18	95.1	30.12	
	10.14	20.12	95.1	30.26	



**C3 INGENIERÍA
ESPECIALIZADA S.A.C.**
 Ing. Civil Omar A. Huamani Salazar
 CIP. N° 146898
 JEFE ÁRBA DE INGENIERIA

ENSAYO : RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESION DIAMETRAL
MUESTRA : F'c= 245 KG/CM²
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'c= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO – JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE EMISIÓN : 11/11/2016

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL
N.T.P. 339.084**

DISEÑO DE MEZCLA	DIMENSIONES EN cm		CARGA kilonewton	RESISTENCIA TRACCION DIAMETRAL kg/cm ²	PROMEDIO RESISTENCIA TRACCION DIAMETRAL kg/cm ²
	DIAMETRO	LONGITUD			
F'c = 245 kg/cm ²	10.24	20.18	111.3	34.98	34.77
	10.13	20.16	108.4	34.46	
	10.18	20.12	110.0	34.87	
F'c = 245 kg/cm ² + 5% PUZOLANA	10.21	20.17	112.9	35.61	35.83
	10.14	20.16	113.6	36.10	
	10.17	20.13	112.8	35.79	
F'c = 245 kg/cm ² + 15% PUZOLANA	10.22	20.18	115.9	36.48	37.10
	10.14	20.15	118.4	37.62	
	10.12	20.21	117.2	37.21	
F'c = 245 kg/cm ² + 25% PUZOLANA	10.16	20.18	111.0	35.15	35.07
	10.19	20.13	109.1	34.53	
	10.23	20.17	112.9	35.52	
F'c = 245 kg/cm ² + 35% PUZOLANA	10.17	20.15	109.0	34.55	34.26
	10.12	20.23	108.1	34.29	
	10.16	20.25	107.6	33.95	

C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.
ING. Civil Omar A. Huamán Salazar
 CIP. N° 146698
 JEFE ÁREA DE INGENIERÍA

INGENIERÍA DE CALIDAD

ENSAYO : RESISTENCIA A LA FLEXION
MUESTRA : F'C= 175 KG/CM², F'C= 210 KG/CM² Y F'C= 245 KG/CM²
NOMBRE DE LA TESIS : EVALUACION DE LA PUZOLANA NATURAL DEL DISTRITO DE CHONGOS ALTO COMO ADICION EN LA ELABORACION DE CONCRETOS PARA F'C= 175, 210 y 245 kg/cm² - HUANCAYO – JUNIN
TESISTA : BACH. LILIA FIORELLA GIRALDEZ CANDIOTTI
FECHA DE EMISIÓN : 11/11/2016

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL HORMIGON EN VIGAS
SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO**

N.T.P. 339.078

F'c	COD DE DISEÑO DE MEZCLA	CARGA kilonewton	LUZ LIBRE ENTRE APOYOS cm	ANCHO PROMEDIO cm	ALTURA PROMEDIO cm	MODULO ROTURA f'r (kg/cm ²)	MODULO ROTURA f'r Mpa
F'c = 175 kg/cm ²	Patrón -175	27.27	45.0	15.1	15.1	36.36	3.56
	175 + 5% Pz	27.99	45.0	15.1	15.1	37.31	3.66
	175 + 15% Pz	28.98	45.0	15.1	15.1	38.63	3.79
	175 + 25% Pz	27.42	45.0	15.1	15.1	36.56	3.58
	175 + 35% Pz	26.81	45.0	15.0	15.1	35.98	3.53
F'c = 210 kg/cm ²	Patrón -210	29.65	45.0	15.1	15.1	39.53	3.88
	210+ 5% Pz	31.03	45.0	15.1	15.1	41.37	4.06
	210 + 15% Pz	32.13	45.0	15.0	15.1	43.12	4.23
	210 + 25% Pz	31.35	45.0	15.1	15.1	41.80	4.10
	210 + 35% Pz	29.27	45.0	15.1	15.1	39.02	3.83
F'c = 245 kg/cm ²	Patrón -245	30.51	45.0	15.0	15.0	41.50	4.07
	245 + 5% Pz	32.31	45.0	15.1	15.1	43.08	4.22
	245 + 15% Pz	35.01	45.0	15.1	15.1	46.68	4.58
	245 + 25% Pz	33.39	45.0	15.1	15.1	44.51	4.36
	245 + 35% Pz	30.76	45.0	15.1	15.1	41.01	4.02



ANEXO D.
FOTOGRAFÍAS



FOTO N°01: VISITA A LA CANTERA DE LA PIEDRA CHANCADA
EN PILCOMAYO – HUANCAYO.



FOTO N°02: VISITA A LA CANTERA DE LA ARENA EN ORCOTUNA.



FOTO N°03: CANTERA DE PUZOLANA NATURAL EN ANEXO PITITAYO.



FOTO N°04: REALIZACION DEL CUARTEO PARA SU POSTERIOR ENSAYO DEL ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO.



FOTO N°05: REALIZACION DEL ENSAYO DEL ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO.



FOTO N°06: REALIZACION DEL ENSAYO DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO.



FOTO N°07: REALIZACION DEL ENSAYO DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO.



FOTO N°08: REALIZACION DEL CUARTEO PARA SU POSTERIOR ENSAYO DEL ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO.



FOTO N°09: REALIZACION DEL ENSAYO DEL ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO.



FOTO N°10: REALIZACION DEL ENSAYO DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO.



FOTO N°11: REALIZACION DEL ENSAYO DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO.



FOTO N°12: REALIZACION DEL ENSAYO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO.



FOTO N°13: REALIZACION DEL ENSAYO DEL IMPUREZAS ORGANICAS DEL AGREGADO FINO.



FOTO N°14: REALIZACION DE TAMIZADO DE PUZOLANA NATURAL.



FOTO N°15: REALIZACION DEL MEZCLADO
DEL CONCRETO CONVENCIONAL.



FOTO N°16: ADICION DE LA PUZOLANA NATURAL DURANTE EL MEZCLADO DEL CONCRETO CONVENCIONAL.



FOTO N°17: REALIZACION DEL ENSAYO DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO.



FOTO N°18: REALIZACION DEL ENSAYO DEL SLUMP DEL CONCRETO.



FOTO N°19: REALIZACION DEL ENSAYO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO.



FOTO N°20. REALIZACION DEL ENSAYO DEL TIEMPO DE FRAGADO DEL CONCRETO.



FOTO N°21. REALIZACION DEL ENSAYO DE EXUDACION DEL CONCRETO



FOTO N°22: REALIZACION DEL ENSAYO DE EXUDACION DEL CONCRETO



FOTO N°23: ELABORACION DE PROBETAS Y VIGAS DE CONCRETO $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$.



FOTO N°24: ELABORACION DE PROBETAS Y VIGAS DE CONCRETO $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.



FOTO N°25: ELABORACION DE PROBETAS Y VIGAS DE CONCRETO $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$.



FOTO N°26: REALIZACION DEL ENSAYO DE COMPRESION AXIAL DE PROBETAS.



FOTO N°27: REALIZACION DEL ENSAYO DE COMPRESION DIAMETRAL DE PROBETAS



FOTO N°28: REALIZACION DEL ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS.



FOTO N°29: VISITA DEL ASESOR DE TESIS ING JOSEPH A. CASTAÑEDA L.
A LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO.

ANEXO E.
CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-345-2016

Peticionario : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
Atención : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361- Jesús María – Lima
Tipo de equipo : Prensa de concreto
Marca : A&A INSTRUMENTS
Número de serie : 130709
Modelo : LM-02
Capacidad máxima : 2000 kN
División de escala (d) : 0,01
Resolución : 0,1 kN
Procedimiento : CHINA
Tipo : Digital
Método de Calibración : Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Maquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Maquinas de ensayo de tracción/ compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.
Temp. (°C) y H.R.(%) inicial : 23,4°C /61%
Temp. (°C) y H.R.(%) final : 23,4°C / 61%
Patrones de Referencia : Trazabilidad Celda de Carga HBM con LLF = 0,37, Patrón utilizado Celda de carga de 3 001 kN con incertidumbre del orden de 0,3% con certificado de calibración LEDI-PUCP, informe INF-LE 301-14.
Número de páginas : 3
Fecha de Calibración : 2016-08-10

Este certificado de calibración solo se puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.



Fecha
2016-08-12

Hecho por

Víctor José Torres
TÉCNICO DE LABORATORIO

Revisado por

JOSEPH ARNALDO
RUMICHE ORMEÑO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIR N° 89045



Resultados de medición

Con 01 Canister (patrón)

Número de medición	Contenido de aire en el equipo (%)	Promedio contenido de aire en el equipo (%)	contenido de aire con 01 Canister (%)	Error (% de aire)	Incertidumbre K=2
1	5,0	5,0	5,0	0,0	0,1
2	5,0				
3	5,0				

Con 02 Canister (patrón)

Número de medición	Contenido de aire en el equipo (%)	Promedio contenido de aire en el equipo (%)	contenido de aire con 01 Canister (%)	Error (% de aire)	Incertidumbre K=2
1	10,0	10,0	10,0	0,0	0,1
2	10,0				
3	9,9				

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre. Expandida de medición que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al Uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El cero "0" inicial del cual debe partir la aguja negra del equipo se encuentra indicado con una aguja de color amarillo, los cuales deben estar una sobre la otra al inicio del ensayo.

El equipo se encuentra calibrado.



**Incertidumbre**

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

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

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al Uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCMA-031-2016**

Peticionario : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
Atención : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361- Jesús María – Lima
Tipo de equipo : Medidor contenido de aire de concreto fresco "Washington"
Capacidad del equipo : 0% - 10% de aire
División de escala : 0,1% hasta 6%; 0,2% de 6% a 8% y 0,5% de 8% hasta 10%
Marca : ELE – INTERNATIONAL
Capacidad del recipiente : 1/4 de pie cúbico
Modelo : LM-02
Número de serie : 34-3265
Procedimiento : USA
Temp. (°C) y H.R.(%) inicial : 23,4°C /61%
Temp. (°C) y H.R.(%) final : 23,4°C / 61%
Método de Calibración : Norma ASTM C-231
Patrones de Referencia : 02 Canister marca FORNEY modelo LA-0316-95/ACCU-CAL, con números De serie 48258 y 48254, certificado de calibración CSA-1721-13 y CSA-1720-13 respectivamente; cada uno de 5% de capacidad con respecto a un volumen 1/4 de pie cúbico.
Número de páginas : 2
Fecha de Calibración : 2016-08-10

Este certificado de calibración solo se puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2016-08-11	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JOSEPH ARNALDO RUMIÑO ORMAZO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 88945



Resultados de medición

Con 01 Canister (patrón)

Número de medición	Contenido de aire en el equipo (%)	Promedio contenido de aire en el equipo (%)	contenido de aire con 01 Canister (%)	Error (% de aire)	Incertidumbre K=2
1	5,0	5,0	5,0	0,0	0,1
2	5,0				
3	5,0				

Con 02 Canister (patrón)

Número de medición	Contenido de aire en el equipo (%)	Promedio contenido de aire en el equipo (%)	contenido de aire con 01 Canister (%)	Error (% de aire)	Incertidumbre K=2
1	10,0	10,0	10,0	0,0	0,1
2	10,0				
3	9,9				

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre. Expandida de medición que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al Uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El cero "0" inicial del cual debe partir la aguja negra del equipo se encuentra indicado con una aguja de color amarillo, los cuales deben estar una sobre la otra al inicio del ensayo.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMI-010-2016**

Peticionario : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 Atención : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361- Jesús María – Lima
 Tipo de Instrumento : HORNO
 Resolución : 0,1 °C
 Marca : AYA INSTRUMENTS
 Número de serie : 13074
 Modelo : STHX-1A
 Procedencia : CHINA
 Método de Calibración : Método de Calibración por comparación directa
 Temp. (°C) y H.R.(%) inicial : 19,6°C / 64%
 Temp. (°C) y H.R.(%) final : 19,9°C / 64%
 Patrones de Referencia : La calibración se efectuó por comparación con patrones que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, tomando como referencia el Procedimiento de Calibración de Medios Isotermos con aire como medio Termostático del SNM-INDECOPI
 Se utilizó un termómetro patrón con certificado de Calibración N° LT-076-2013 trazable al SNM-INDECOPI
 Número de páginas : 3
 Fecha de Calibración : 2016-08-10

Este certificado de calibración solo se puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2016-08-11	 Vladimir Tello Tormo <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMENO INGENIERO CIVIL <small>Reg. CIP. N° 99945</small>

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Temperatura Ambiente Promedio: 19,4 °C
 Tiempo de calibración del equipo: 40 minutos
 Tiempo de estabilización del equipo: 2 h 30 min

TEMPERATURA DE TRABAJO: 110°C													
Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación del termómetro patrones										Temperatura promedio (°C)	Tmax- Tmin
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110.0	111.6	112.6	112.6	112.3	111.6	112.6	112.3	112.6	110.2	111.6	112.0	2.4
2	110.0	111.5	112.8	112.6	112.6	111.5	111.5	112.6	112.8	110.3	111.5	112.0	2.5
4	110.0	111.4	112.1	112.6	112.7	111.4	111.3	112.7	112.1	110.5	111.4	111.8	2.2
6	110.0	111.2	111.6	112.8	112.9	111.2	112.6	112.9	111.6	110.6	111.2	111.9	2.3
8	110.0	111.1	111.8	112.5	112.5	111.1	111.3	112.5	111.8	110.5	111.1	111.6	2.0
10	110.0	111.4	112.2	112.6	112.7	111.4	111.6	112.5	112.2	110.4	111.4	111.8	2.2
12	110.0	111.5	111.2	112.4	112.6	111.5	111.5	112.7	111.2	110.5	111.5	111.7	2.2
14	110.0	111.8	111.3	112.3	112.9	111.8	111.6	112.6	111.3	110.6	111.8	111.8	2.0
16	110.0	111.2	111.4	112.8	112.6	111.2	111.7	112.9	111.4	110.6	111.2	111.7	2.3
18	110.0	111.2	111.5	112.6	112.6	111.2	111.8	112.6	111.5	110.4	111.2	111.7	2.2
20	110.0	111.3	111.6	112.8	112.7	111.3	111.6	112.6	111.6	110.3	111.3	111.7	2.5
22	110.0	111.5	111.8	112.6	112.7	111.5	112.3	112.7	111.8	110.5	111.5	111.8	2.2
24	110.0	111.8	111.6	112.8	112.9	111.8	112.8	112.9	111.6	110.6	111.8	112.0	2.3
26	110.0	111.2	111.8	112.6	113.2	111.6	112.6	113.2	111.8	110.8	111.6	112.1	2.4
28	110.0	111.6	111.6	112.6	112.8	111.4	112.6	112.8	111.6	110.6	111.4	111.8	2.2
30	110.0	111.4	111.8	111.8	112.9	111.3	112.5	112.9	111.8	110.8	111.3	111.9	2.1
32	110.0	111.3	112.3	111.8	113.1	111.8	112.4	113.1	112.3	110.7	111.8	112.1	2.4
34	110.0	111.8	112.3	111.3	113.2	111.6	112.4	113.2	112.3	110.0	111.6	112.0	2.3
36	110.0	111.6	112.3	111.3	113	111.5	112.4	113.0	112.3	110.4	111.5	111.9	2.6
38	110.0	111.5	111.8	111.3	111.1	111.6	112.9	111.1	111.8	110.2	111.6	111.6	2.7
40	110.0	111.6	111.7	111.8	113.1	111.5	112.1	113.1	111.7	110.3	111.5	111.9	2.8
T.PROM	110.0	111.5	111.9	112.3	112.7	111.5	112.1	112.7	111.9	110.5	111.5	111.8	
T.MAX	110.0	111.8	112.8	112.3	113.2	111.8	112.9	113.2	112.8	110.9	111.8		
T.MIN	110.0	111.1	111.2	111.3	111.1	111.1	111.3	111.1	111.2	110.2	111.1		
DTT	0.0	0.7	1.6	1.5	2.1	0.7	1.6	2.1	1.6	0.7	0.7		

DTT: Diferencia de Temperatura (T. Max - T. Min)





DESVIACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO		INCERTIDUMBRE (°C)
EN EL TIEMPO (°C)	EN EL ESPACIO (°C)	
2,1	2,2	1,6

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ que corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al Uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-412-2016**

Peticionario : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 Atención : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361- Jesús María – Lima
 Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático
 Marca : OHAUS Clase : III
 Número de serie : 40912619 Tipo : Digital
 Código de identificación : No indica. Procedimiento : China
 Capacidad máxima : 15000 g Modelo : R31P30
 División de escala (d) : 1,0 g
 División de verificación (e) : 10,0 g
 Método de Calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y Clase IIII - PC 001 Indecopi - tercera edición
 Temp. (°C) y H.R.(%) inicial : 18,6°C / 83%
 Temp. (°C) y H.R.(%) final : 18,6°C / 83%
 Patrones de Referencia : Trazabilidad INDECOPI, 01 juego de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1g a 500g con certificado de calibración N° LM-C-564-2012, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calibración N° LM-C-563-2012, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificado de calibración N° LM-650-2012, y LM-651-2012, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calibración N° LM-C-654-2012, y 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 10 kg con certificados de calibración N° LM-C-652-2012 y LM-C-6523-2012.
 Número de páginas : 3
 Fecha de Calibración : 2016-08-10

Este certificado de calibración solo se puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2016-08-10	 Vladimir Yelo Torre <small>TECNICO LABORATORIO</small>	 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMAÑO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 88045



RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	No
Cursor	No
Nivelacion	Si

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

T. (°C)	Inicial	Final
	18,6	18,6

H. R. (%)	Inicial	Final
	83	83

Medición N°	Carga L1 = 15000 g			Carga L2 = 15000 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	0,7	4,3	30000	0,4	4,6
2	15000	0,7	4,3	30000	0,4	4,6
3	15000	0,7	4,3	30000	0,4	4,6
4	15000	0,7	4,3	30000	0,4	4,6
5	15000	0,6	4,4	30000	0,4	4,6
6	15000	0,6	4,4	30000	0,5	4,5
7	15000	0,6	4,4	30000	0,5	4,5
8	15000	0,7	4,3	30000	0,5	4,5
9	15000	0,7	4,3	30000	0,5	4,5
10	15000	0,6	4,4	30000	0,5	4,5

Δ

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	3
5	4
1	

Posición de las cargas

T. (°C)	Inicial	Final
	18,5	18,6

H.R. (%)	Inicial	Final
	83	83

Posición de carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga en cero* (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E(g)	E (g)
1	10	100	0,1	4,9	10000	10000	0,2	4,8	-0,1
2	10	100	0,1	4,9	10000	9999	0,3	3,7	-1,2
3	10	100	0,1	4,9	10000	10000	0,3	4,7	-0,2
4	10	100	0,1	4,9	10000	10000	0,2	4,8	-0,1
5	10	100	0,1	4,9	10000	10001	0,2	5,8	-0,9

* Valor entre 0 y 10e

$$E = l + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$





ENSAYO DE PESAJE

T. (°C)	Inicial	Final
	18,5	18,5

H. R.(%)	Inicial	Final
	82	83

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P. * (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
100	100	0,1	4,9	(*)					
200	200	0,2	4,8	-0,1	200	0,2	4,8	-0,1	10,0
500	500	0,2	4,8	-0,1	500	0,2	4,8	-0,1	10,0
1000	1000	0,5	4,5	-0,4	1000	0,5	4,5	-0,4	10,0
2000	2000	0,4	4,6	-0,3	2000	0,4	4,6	-0,3	10,0
5000	5000	0,1	4,9	0,0	5000	0,1	4,9	0,0	10,0
10000	10000	0,2	4,8	-0,1	10000	0,2	4,8	-0,1	20,0
15000	15000	0,7	4,3	-0,6	15000	0,7	4,3	-0,6	20,0
20000	20000	0,5	4,5	-0,4	20000	0,5	4,5	-0,4	20,0
25000	25000	0,4	4,6	-0,3	25000	0,4	4,6	-0,3	30,0
30000	30000	0,3	4,7	-0,2	30000	0,3	4,7	-0,2	30,0

(*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} e - L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

E.M.P. * = Error máxima permisible

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN	$U = 0,0027g + (0,000041)I$
------------------------------	-----------------------------

I = Indicación de la balanza

E = Error de la balanza

Eo = Error en cero

Ec = Error corregido

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al Uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR** LTDA

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	43,81 μm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	45,76 μm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	34,04 μm
MALLA No. MESH No.	325
SERIE No. SERIAL No.	59578
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	$\pm 1,63 \mu\text{m}$

FECHA
DATE

2016 - 09 - 14

FIRMA
SIGN



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



ANEXO F.
ENCUESTAS