UNSAAC CUSCO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

"ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS F'c= 210, 280 y 350 kg/cm2 ELABORADOS CON AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019"

PRESENTADO POR:

Bachiller: Torres Nina Carlos Saúl

Bachiller: Vera Ccasa Guido Alex

Asesor: Mgt. Ing. Jose Carlos Solis Tito

Para optar el titulo profesional de Ingeniero Civil

CUSCO-PERU

2022

DEDICATORIA:

A Dios, Por darme la vida y estar siempre conmigo, guiándome en mí camino.

A toda mi familia, en especial a mi madre y hermanos por creer en mí.

A mis docentes que a lo largo de estos años me ayudaron en mi formación profesional, en especial Ing. Ivan Cruz, Ing. Victor Arangoitia, Ing. luz Marlene Nieto e Ing. Ignacio Solis, que gracias a ellos fue posible el trabajo de la presente investigación.
Atte. Carlos Saul Torres Nina

DEDICATORIA:

Gracias a Dios, por haberme dado la vida, acompañándome a lo largo de mi carrera y por darme la sabiduría y fortaleza para alcanzar mis objetivos.

A mis padres y hermanos por brindarme su apoyo incondicional.

A mis queridos docentes, que a lo largo de estos años me brindaron de los conocimientos necesarios para lograr este objetivo.

Este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes.

Atte. Guido Alex Vera Ccasa

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO 1 : PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO 4

1.1 Situación Problemática. 4

1.2 Formulación del Problema. 5

1.2.1 Problema General: 5

1.2.2 Problemas Específicos: 5

1.3 Objetivos de la Investigación 6

1.3.1 Objetivos General 6

1.3.2 Objetivo Específicos 6

1.4 Justificación de la Investigación: 7

1.4.1 Aspecto Técnico 7

1.4.2 Aspecto Ambiental 7

1.4.3 Aspecto Económico 7

1.5 Hipótesis 7

1.5.1 Hipótesis Específicas 8

1.6 Variables: 8

CAPITULO 2 :MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL. 10

2.1 Antecedentes del Problema de Estudio. 10

2.2 Bases Teóricas 12

2.2.1 EL Concreto 13

2.3 Bases cientificas 38

2.3.1 Norma Chilena 38

2.3.2 Norma Europea 39

2.3.3 Artículo (Jin-Keun Kim y Seong-Tae Yi, 2002). 41

2.3.4 Manual de Concreto – Estados Unidos 43

2.4 Las briqueteras cilindricas y cubicas: 45

2.4.1 Briqueteras cilindricas 45

2.4.2 Briqueteras cubicas: 45

CAPITULO 3 :METODOLOGIA 51

3.1 Tipo de investigacion 51

3.2 Diagrama de flujo de trabajo de ingenieria 52

3.3 Población y muestra 53

3.3.1 Población 53

3.3.2 Muestra 53

3.3.3 Canteras utilizadas para diseño de mezclas en la ciudad del Cusco 57

3.4 Ensayos y tecnicas para la recolección de datos 59

3.4.1 Muestreo del agregado 59

3.4.2 Cantidad de Material Fino que Pasa por el Tamiz (N° 200) 61

3.4.3 Método de Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad 64

3.4.4 Peso Unitario Compactado de los agregados 65

3.4.5 Peso Unitario Suelto de los Agregados. 67

3.4.6 Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos 67

3.4.7 Gravedad Específica y Absorción de agregados finos 70

3.4.8 Gravedad Específica y Absorción de Agregados Gruesos (MTC E 206 – 2000). 73

3.4.9 Abrasión los Ángeles (L.A) al Desgaste de los Agregados de Tamaños Menores de 37.5mm (1 ½") 76

3.5 RESULTADOS DE LABORATORIO 79

3.5.1 Propiedades del Agregado Fino 79

3.5.2 Propiedades del Agregado Grueso 85

3.6 DISEÑO DE MEZLAS 96

3.7 Diseño de Mezcla para Determinación de Desviación Estándar 96

3.7.1 Selección de la Resistencia Promedio a Partir de la Resistencia en Compresión Especificada 96

3.7.2 Selección de Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso. 96

3.7.3 Selección del Asentamiento 97

3.7.4 Selección del volumen Unitario de Agua. 98

3.7.5 Selección del Contenido de Aire Atrapado 98

3.7.6 Selección de la Relación Agua-Cemento por Resistencia y por Durabilidad 99

3.7.7 Determinación del Factor Cemento 99

3.7.8 Determinación del Contenido de Agregado Grueso. 100

3.7.9 Determinación de la Suma de los Volúmenes Absolutos de Cemento, Agua de Diseño, Aire y Agregado Grueso. 101

3.7.10 Determinación del volumen absoluto de agregado fino 102

3.7.11 Determinación del Peso Seco del Agregado Fino 102

3.7.12 Determinación de los Valores de Diseño del Cemento, Agua, Aire, Agregado Grueso y Agregado Fino. 103

3.7.13 Corrección de los Valores de Diseño por Humedad y Absorción del Agregado. 104

3.7.14 Determinación de la Proporción en Peso del Diseño..... 106

3.8 Elaboración y curado de las muestras..... 106

3.8.1 En el cemento..... 106

3.8.2 En la Relación Agua Cemento 107

3.8.3 En las Características y Proporciones de la Mezcla..... 107

3.8.4 En el Transporte, Colocación y Compactación..... 107

3.8.5 En el Control de la Temperatura al Momento de Vaciado 108

3.8.6 En el Manejo de los Especímenes Recién Elaborados. 112

3.8.7 En la Calidad de los Moldes..... 112

3.8.8 Codificación de los Especímenes..... 112

3.8.9 Curado del Concreto 113

3.9 Ensayo De Compresión..... 113

3.9.1 Preparación del Equipo 114

3.9.2 Ensayos y Recolección de Datos 114

3.10 Resultados de los Ensayos..... 115

CAPITULO 4 :ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 138

4.1 Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión..... 138

4.2 Ecuacion lineal de correlacion de las resistencias a la compresion 142

4.3 Comparación de la resistencia promedio a los 28 dias según tipo de briqueta..... 146

4.4 Comparación de Cada Tipo de Briqueta cubica con las Normas Extranjeras..... 148

4.4.1 Norma chilena 148

4.4.2 Norma europea 149

4.5 Comparación del Modo de Falla..... 150

4.6 Comparación de Las Desviaciones Estandar de las Briquetas Cubicas y Cilindricas 153

4.7 Comparación de costos de fabricación 159

CONCLUSIONES..... 167

RECOMENDACIONES. 170

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 172

ANEXOS 175

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consistencia del concreto en el Cono de Abrams 15

Tabla 2. Tabla de tolerancia del tiempo de rotura 18

Tabla 3. Tabla de velocidad de carga para ensayos a compresión 22

Tabla 4. Conversión de límites permisibles para el Agua de mezcla y curado 30

Tabla 5. Granulometría para el agregado Fino 32

Tabla 6. REQUISITOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO GRUESO 34

Tabla 7. Límite de Partículas Perjudiciales 35

Tabla 8. Limites granulométricos para el agregado global 37

Tabla 9. Limites granulométricos 38

Tabla 10. Factor de conversión para las probetas en formas cubicas y cilíndricas 39

Tabla 11. Transformación de resultados de concretos normal y pesado 40

Tabla 12. Transformación de resultados de concretos liviano 41

Tabla 13: Cantidad total de muestra 56

Tabla 14: tamaño de muestras mínimas 61

Tabla 15. Cantidad mínima de muestras para ensayo 62

Tabla 16. Cantidad mínima de muestras para ensayo. 65

Tabla 17. Capacidad de medida 66

Tabla 18. Cantidad mínima de muestras para ensayo 68

Tabla 19. Cantidad mínima de muestras para ensayo. 74

Tabla 20. Carga abrasiva 77

Tabla 21. Granulometría de la muestra de agregado para ensayo 77

Tabla 22. Análisis granulométrico de Agregados Finos (agregado fino tratado). 79

Tabla 23. Cantidad de material fino que pasa por el tamiz No 200. 81

Tabla 24. Gravedad específica y absorción de agregados finos. 82

Tabla 25. Peso unitario suelto y compactado de agregado fino 83

Tabla 26. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad del Agregado Fino. 84

Tabla 27. Cantidad de material fino que pasa por el tamiz No 200. 85

Tabla 28. Peso Unitario suelto y compactado del agregado grueso. 85

Tabla 29. Análisis granulométrico de agregados gruesos 87

Tabla 30. Gravedad específica y absorción de agregados gruesos. 89

Tabla 31. Abrasión los ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm 90

Tabla 32. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de Agregados Gruesos. 91

Tabla 33.Peso unitario compactado del agregado global según porcentajes 92

Tabla 34. Limites granulométricos del agregado global. 93

Tabla 35. Análisis granulométrico del agregado global (Agregado Grueso 35% y Agregado Fino 65%). 94

Tabla 36. Resistencia a la compresión promedio. 96

Tabla 37. Limites granulométricos. 97

Tabla 38. Asentamiento para diferentes estructuras. 97

Tabla 39. Volumen unitario de agua. 98

Tabla 40. Contenido de aire atrapado. 98

Tabla 41. Relación Agua/Cemento por resistencia. 99

Tabla 42. Determinación del Factor Cemento 100

Tabla 43. Peso del agregado Grueso por unidad de volumen del concreto. 100

Tabla 44. f'c=210: Volúmenes absolutos y pesos específicos 101

Tabla 45. f'c=280: Volúmenes absolutos y pesos específicos 101

Tabla 46. f'c=350: Volúmenes absolutos y pesos específicos 102

Tabla 47. Determinación del volumen absoluto de agregado fino 102

Tabla 48. Determinación del Peso Seco del Agregado Fino 102

Tabla 49. f'c=210 :Diseño en estado seco 103

Tabla 50. f'c=280: Diseño en estado seco. 103

Tabla 51. f'c=350: Diseño en estado seco. 103

Tabla 52. Corrección de los Valores de Diseño por Humedad y Absorción del Agregado..... 104

Tabla 53. f'=210 Corrección por absorción y humedad. 104

Tabla 54. f'=280 Corrección por absorción y humedad. 105

Tabla 55. f'=350 Corrección por absorción y humedad. 105

Tabla 56. Resumen diseño para cada tipo de resistencia. 106

Tabla 57. Número de golpes de acuerdo norma técnica Peruana y Chilena 108

Tabla 58. Temperatura externa durante el vaciado 109

Tabla 59. Temperatura del calor de hidratacion 110

Tabla 60. Temperatura del agua de curado 111

Tabla 61. Tolerancia admisible para ensayos a compresión 114

Tabla 62. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cilíndricas 28 días..... 115

Tabla 63. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cilíndricas F'c=210..... 115

Tabla 64. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cilíndricas 28 días..... 118

Tabla 65. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cilíndricas F'c=280..... 118

Tabla 66. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cilíndricas 28 días..... 119

Tabla 67 Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cilíndricas F'c=350..... 119

Tabla 68. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cubicas 15cmx15cm 28 días 120

Tabla 69. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cubicas de 15cm x15cm F'c=210..... 120

Tabla 70. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cubicas 15cmx15cm 28 días 123

Tabla 71. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cubicas de 15cm x15cm F'c=280..... 123

Tabla 72. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cubicas 15cmx15cm 28 días 124

Tabla 73. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cubicas de 15cm x15cm F'c=350..... 124

Tabla 74. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cubicas 20cmx20cm 28 días 125

Tabla 75. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cubicas de 20cm x20cm F'c=210..... 125

Tabla 76. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cubicas 20cmx20cm 28 días 126

Tabla 77. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cubicas de 20cm x20cm F'c=280..... 126

Tabla 78. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cubicas 20cmx20cm 28 días 127

Tabla 79. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cubicas de 20cm x20cm F'c=350 127

Tabla 80. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cilíndricas 7 días..... 128

Tabla 81. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=210 briquetas cilíndricas 7 días..... 128

Tabla 82. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cilíndricas 14 días..... 128

Tabla 83. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=210 briquetas cilíndricas 14 días..... 128

Tabla 84. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cilíndricas 7 días..... 129

Tabla 85. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=280 briquetas cilíndricas 7 días..... 129

Tabla 86. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cilíndricas 14 días..... 129

Tabla 87. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=280 briquetas cilíndricas 14 días..... 129

Tabla 88. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cilíndricas 7 días..... 130

Tabla 89. Estadística esfuerzos a la compresión f'c=350 briquetas cilíndricas 7 días..... 130

Tabla 90. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cilíndricas 14 días..... 130

Tabla 91. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=350 briquetas cilíndricas 14 días..... 130

Tabla 92. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 15cm x 15cm a los 7 días 131

Tabla 93. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 15cm x 15cm 7 días 131

Tabla 94. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 15cm x 15cm a los 14 días .. 131

Tabla 95. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 15cm x 15cm 14 días 131

Tabla 96. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 15cm x 15cm a los 7 días 132

Tabla 97. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 15cm x 15cm 7 días 132

Tabla 98. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 15cm x 15cm a los 14 días .. 132

Tabla 99. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 15cm x 15cm 14 días 132

Tabla 100. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 15cm x 15cm a los 7 días .. 133

Tabla 101. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 15cm x 15cm 7 días 133

Tabla 102. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 15cm x 15cm a los 14 días 133

Tabla 103. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 15cm x 15cm 14 días 133

Tabla 104. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 20cm x 20cm a los 7 días .. 134

Tabla 105. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 20cm x 20cm 7 días 134

Tabla 106. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 20cm x 20cm a los 14 días 134

Tabla 107. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 20cm x 20cm 14 días 134

Tabla 108. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 20cm x 20cm a los 7 días .. 135

Tabla 109. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 20cm x 20cm 7 días 135

Tabla 110. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 20cm x 20cm a los 14 días 135

Tabla 111. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 20cm x 20cm 14 días 135

Tabla 112. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 20cm x 20cm a los 7 días .. 136

Tabla 113. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 20cm x 20cm 7días..... 136

Tabla 114. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 20cm x 20cm a los 14 días 136

Tabla 115. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 20cm x 20cm 14días..... 136

Tabla 116. Porcentaje de resitencia alcanzado a los 7 y 14 días, respecto a la resistencia de los 28 días f'c=210. . 141

Tabla 117. Porcentaje de resistencia alcanzado a los 7 y 14 días, respecto a la resistencia de los 28 días f'c=280. 141

Tabla 118. Porcentaje de resistencia alcanzado a los 7 y 14 días, respecto a la resistencia de los 28 días f'c=350. 141

Tabla 119. Comparación de la resistencia a la compresión expresado en porcentajes 148

Tabla 120. Comparación briqueta cubica de 20x20 cm con la norma Chilena ***NCh170.Of85.*** *..... 148*

Tabla 121. Comparación briqueta cubica de 15x15 cm con la norma Europea ***EN 206-1:2005.*** *..... 149*

Tabla 122. Cantidad de briquetas según tipo de falla 151

Tabla 123. Partida de concreto simple f'c=210kg/cm² 159

Tabla 124. Partida de concreto simple f'c=280kg/cm² 161

Tabla 125. Partida de concreto simple f'c=350kg/cm² 163

Tabla 126. Costo por m3 de briqueta f'c=210..... 165

Tabla 127. Costo por m3 de briqueta f'c=280..... 165

Tabla 128. Costo por m3 de briqueta f'c=350..... 165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Maquina compresora 19

Figura 2. Conversión de Resultados esbeltez vs resistencia. 44

Figura 3. Modelo para una briqueta cilindrica convencional. 45

Figura 4. Briquetera Cubica 46

Figura 5. Diagrama de trabajo 52

Figura 6. Cantera de Vicho 57

Figura 7. Cantera de Cunyac 58

Figura 8. Ensayo: Granulometría del agregado Fino 80

Figura 9. Ensayo: Cantidad de material fino 81

Figura 10. Ensayo: Absorción de agregados finos 82

Figura 11. Ensayo: Peso unitario suelto 83

Figura 12. Ensayo: Contenido de humedad 84

Figura 13. Ensayo: Peso unitario compactado 86

Figura 14. Curva granulométrica agregado grueso 88

Figura 15. Ensayo: Análisis granulométrico 88

Figura 16. Ensayo: Gravedad específica y porcentaje de absorción. 89

Figura 17. Ensayo: Abrasión los Ángeles 90

Figura 18. Ensayo: Contenido de humedad 91

Figura 19. Curva granulométrica agregado global 94

Figura 20. Ensayo: Agregado Global 95

Figura 21. Falla de Tipo lateral en briquetas Cilíndricas 116

Figura 22. Falla de Tipo Columnar en briquetas Cilíndricas 116

Figura 23. Falla de tipo Corte 117

Figura 24.Falla de tipo Extensional Simple en briqueta cubica de 20cm de arista. 121

Figura 25. Falla de tipo Columnar en briqueta cubica de 20cm de arista 121

Figura 26. Evolución de la Resistencia a la Compresión según tipo de Briquetas f'c=210 138

Figura 27. Evolución de la Resistencia a la Compresión según tipo de Briquetas f'c=280 139

Figura 28. Evolución de la Resistencia a la Compresión según tipo de Briquetas f'c=350 140

Figura 29. Correlación lineal briquetas "Cubicas de 15x15cm-Cilindricas Convencionales" para f'c=210kg/cm2 ... 142

Figura 30. Correlación lineal briquetas "Cubicas de 15x15cm-Cilindricas Convencionales" para f'c=280kg/cm2 ... 143

Figura 31. Correlación lineal briquetas "Cubicas de 15x15cm-Cilindricas Convencionales" para f'c=350kg/cm2 ... 143

Figura 32. Correlación lineal briquetas "Cubicas de 20x20cm-Cilindricas Convencionales" para f'c=210kg/cm2 ... 144

Figura 33. Correlación lineal briquetas "Cubicas de 20x20cm-Cilindricas Convencionales" para f'c=280kg/cm2 ... 145

Figura 34. Correlación lineal briquetas "Cubicas de 20x20cm-Cilindricas Convencionales" para f'c=350kg/cm2 ... 145

Figura 35. Comparación resistencia promedio a la compresión a los 28 días f'c=210 kg/cm^2 146

Figura 36. Comparación resistencia promedio a la compresión a los 28 días f'c=280 kg/cm^2 147

Figura 37. Comparación resistencia promedio a la compresión a los 28 días f'c=350 kg/cm^2 147

Figura 38. . Comparación:B. Cilindricas - B. Cubicas 20x20cm - Norma Chilena 20x20cm 148

Figura 39. Comparación:B. Cilindricas-B. Cubicas 15x15cm -Norma Europea 15x15cm 149

Figura 41. Modo de falla de las briquetas 150

Figura 41. Fractura de briquetas cubicas..... 151

Figura 42. Rotura de briquetas cilíndricas. 152

Figura 43.Grafica de la desviación estándar para briquetas cilíndricas f'c=210kg/cm2 153

Figura 44.Grafica de la desviación estándar para B. Cubicas 15x15cm f'c=210kg/cm2 154

Figura 45.Grafica de la desviación estándar para B. Cubicas 20x20cm f'c=210kg/cm2 154

Figura 46.Grafica de la desviación estándar para briquetas cilíndricas f'c=280kg/cm2 155

Figura 47.Grafica de la desviación estándar para B. Cubicas 15x15cm f'c=280kg/cm2 155

Figura 48.Grafica de la desviación estándar para B. Cubicas 20x20cm f'c=280kg/cm2 156

Figura 49.Grafica de la desviación estándar para briquetas cilíndricas f'c=350kg/cm2 156

Figura 50.Grafica de la desviación estándar para B. Cubicas 15x15cm f'c=350kg/cm2 157

Figura 51.Grafica de la desviación estándar para B. Cubicas 20x20cm f'c=350kg/cm2 157

Figura 52. Visita a la cantera de Vicho 175

Figura 53. . Visita a la cantera de Vicho 175

Figura 54. Muestreo del agregado grueso 176

Figura 55. Ensayo de peso unitario del Agregado Grueso 176

Figura 56. Ensayo de Peso Unitario compactado del Agregado grueso 177

Figura 57. Ensayo contenido de Finos del Agregado Fino 177

Figura 58. Cuatro muestras para el ensayo de contenido de finos en el Agregado Fino 178

Figura 59. Pesado del contenido de Finos después de sacar del Horno 179

Figura 60. Prueba de los ángeles del agregado grueso 180

Figura 61. Muestra para el Ensayo de abrasión del agregado Grueso 180

Figura 62. Muestra para realizar el ensayo de contenido de humedad del agregado grueso 181

Figura 63. Muestra para realizar el ensayo de gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado Grueso 181

Figura 64. Muestra en la probeta para realizar el ensayo de Porcentaje de absorción del agregado Fino 182

Figura 65. Ensayo de agregado global para una muestra de 55% Agregado Grueso y 45% de Agregado Fino 182

Figura 66. Agregado grueso saturado por 24 horas para realizar el ensayo de Gravedad Especifica y absorción. . 183

Figura 67. Obteniendo el peso del agregado saturado superficialmente seco sumergido en agua 184

Figura 68. Desbriquetado de las briquetas Cilíndricas y Cubicas 184

Figura 69. Curado de briquetas cubicas y Cilíndricas totalmente sumergidas 185

Figura 70. Traslado de las briquetas Cilíndricas y Cubicas al laboratorio para realizar el ensayo de resistencia a la compresión 185

Figura 71. Pesado de briqueta Cubica de 20cm de arista 186

Figura 72. Ensayo a la compresión de briquetas Cilíndricas a los 28 días de vaciado, nótese que presenta un tipo de falla columnar. 186

Figura 73. Ensayo a la compresión de briquetas Cilíndricas a los 28 días de vaciado 187

Figura 74. Verificación de que las caras superior e inferior sean paralelas. 187

Figura 75. Ensayo de resistencia a la compresión de briquetas cubicas de 20cm de arista 188

Figura 76. Ensayo de resistencia a la compresión de briquetas cubicas de 15cm de arista 188

Figura 77. Falla por Fracturación extensional tipo columnar en briquetas cubicas. 189

Figura 78. Lectura de resistencia a la compresión máxima alcanzada por una briqueta cubica de 20cm 190

Figura 79. Lectura de resistencia a la compresión máxima alcanzada por una briqueta cubica de 15cm 190

Figura 80. Ensayo de resistencia a la compresión de briquetas cilíndricas y cubicas en laboratorio 191

RESUMEN

La presente investigación se basa en la comparación de la resistencia a compresión, de briquetas cilíndricas y cúbicas, para resistencias de f’c= 210, 280 y 350 kg/cm2 las cuales fueron elaboradas y ensayadas en laboratorio, siguiendo estrictamente la norma peruana para briquetas cilíndricas, la norma chilena y europea para briquetas cubicas.

Se consideró como factores importantes, las características y propiedades del agregado que se empleó en el diseño, forma de las briquetas, la resistencia que se obtiene en los ensayos a compresión. Teniendo como factores influyentes el tiempo y tipo de curado.

En los ensayos de resistencia a compresión se obtuvo, que el promedio de las resistencias de briquetas cubicas son mayores en comparación al promedio de las briquetas cilíndricas.

Al realizar el análisis de datos se observó que las briquetas cubicas presentan una menor desviación estándar en sus resultados. Al realizar las comparaciones de nuestros resultados con la norma chilena y europea, notamos que la Norma de Chile (Nch170.Of85) y su tabla de transformaciones para briquetas cubicas de 20cm. es la que mejor se asemeja a los resultados obtenidos en esta investigación.

ABSTRACT

The present investigation is based on the comparison of the compressive strength, of cylindrical and cubic briquettes, for strengths of f'c = 210, 280 and 350 kg / cm2 which were elaborated and rehearsed in the laboratory, strictly following the Peruvian standard for briquettes cylindrical, and the norm Chilean and European for cubic briquettes.

It was considered as important factors, the characteristics and properties of the aggregate that has been used in the design, shape of the briquettes, the resistance obtained in the tests to compression. Taking as influencing factors the time and type of curing.

In the compressive strength tests it was obtained that the average of the resistance of Cubic briquettes are major compared to the average cylindrical briquettes.

When performing the data analysis, it is realized that the cubic briquettes have a lower standard deviation in your results. When making comparisons of our results with the Chilean and European standard, we note that the Chilean Standard (Nch170.Of85) and its table of transformations for cubic briquettes of 20cm. is the one that best resembles the results obtained in this research.

INTRODUCCIÓN

En el Perú la construcción se basa en la utilización de concreto como materia prima, el cual de acuerdo a la Norma Técnica Peruana, se define "como un material que resulta de la mezcla de agua, arena, grava, cemento y eventualmente aditivos, que en proporciones adecuadas, al fraguar y endurecer, adquiere resistencia" (NTP. 339.034).

La revolución tecnológica y los avances de la ciencia nos presentan constantemente innovaciones en el ámbito constructivo, es por ello que debemos estar en constante actualización, para poder utilizar esta tecnología y aplicarla de manera correcta.

En la búsqueda de obtener los mejores resultados a la hora de realizar los ensayos a compresión en las briquetas testigo de las obras de construcción, surge la necesidad de investigar e indagar sobre las mejores alternativas que se presentan a nivel mundial sobre estas. Tomando como referencia a la Norma de Chile, unos de los países que por su historia sísmica se encuentra a la vanguardia en la construcción y la Norma Europea por estar a la vanguardia de la tecnología.

En los últimos años tanto Chile como Europa han optado por emplear briquetas cubicas de 20cm y 15cm de arista respectivamente, para realizar los ensayos a compresión. Por lo mencionado surge la necesidad de tener una investigación que analice tres tipos de briquetas (Cilíndricas convencionales, cubicas de 15cm arista y Cubicas de 20cm de arista), para saber cuál de estas brinda los mejores resultados con el mismo número de muestras a las mismas condiciones de laboratorio.

En el capítulo número uno se realizó el análisis de la problemática tomando un contexto mundial, nacional y local, así como la formulación de los problemas a resolver, los objetivos a alcanzar por la investigación, la justificación por la cual se realizó la investigación y las hipótesis de los posibles resultados.

El capítulo numero dos se refiere a los antecedentes de estudio, las bases teóricas, científicas y se definen los términos de mayor relevancia para la presente investigación.

En capítulo número tres se refiere a las herramientas metodológicas empleadas en esta investigación, ensayos y técnicas para la recolección de datos, la elaboración de un diseño de mezcla final. Para finalmente la obtención de los resultados de las pruebas de compresión.

En el capítulo cuatro se realizó el análisis y comparación de resultados, dando nuestras conclusiones y recomendaciones finales. Además, se considera referencias y anexos.

CAPITULO I

CAPITULO 1 : PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Situación Problemática.

En nuestro medio, para determinar la resistencia del concreto vaciado en diferentes estructuras, se hace uso de briquetas cilíndricas que son sometidas a la rotura en forma axial, para determinar la resistencia a la compresión del concreto por medio de una relación entre la resistencia de la briqueta y la correspondiente a la estructura, luego de ser elaboradas en moldes apropiados y de ser curadas por espacios de 28 días. Existe, sin embargo, briquetas cubicas empleadas con este mismo fin en otros países (Norma Chilena NCH170 y Norma Europea EN206-1), las cuales son más versátiles en cuanto a su elaboración y posiblemente, más económicas, debido al menor volumen del concreto empleado y a la facilidad de manipulación. Sin embargo, se desconoce en nuestro medio la respuesta de las briquetas cubicas como medio para determinar la resistencia del concreto en las estructuras. Esta ausencia constituye una alternativa que debe ser estudiada para su empleo en la determinación de la resistencia del concreto, estableciéndose una relación entre los especímenes cúbicos y cilíndricos.

Por otra parte, las canteras de Vicho, ubicada en el Distrito de San Jeronimo – Cusco y Cunyac ubicada en la rivera del Rio Apurimac, en la zona de Cunyac, frontera entre Cusco y Apurimac; son las de mayor aporte a las construcciones que se realizan en la Región del Cusco, de acuerdo a la información proporcionada por los proveedores de estos materiales; sin embargo, no se conocen estudios actuales acerca de las propiedades mecánicas de los agregados de las referidas canteras.

1.2 Formulación del Problema.

1.2.1 Problema General:

PG: ¿Cuál es la relación entre la resistencia de las briquetas cubicas y la correspondiente resistencia de las briquetas cilíndricas, empleando agregados de las canteras de Vicho y Cunyac?

1.2.2 Problemas Específicos:

PE1: ¿Las propiedades del agregado grueso de la cantera de Vicho y agregado fino de la cantera de Cunyac cumplirán con los parámetros de los ensayos de laboratorio para el diseño de mezcla?

PE2: ¿Cuál será la diferencia en el proceso de vaciado y curado en briquetas cubicas y cilíndricas?

PE3: ¿Cuál es el tipo de fractura predominante que presentaran las briquetas cubicas y cilíndricas durante el ensayo de resistencia a la compresión?

PE4. ¿Qué tipo de briquetas presentara un menor costo de elaboración?

PE5: ¿Qué tipo de briquetas presentaran una menor desviación estándar a la hora analizar los resultados?

PE6. ¿Los valores obtenidos para briquetas cubicas son aproximados a lo recomendado por las Normas Chilena y Europea?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivos General

OG: Determinar la relación entre la resistencia de las briquetas cubicas y la correspondiente resistencia de las briquetas cilíndricas, haciendo uso de agregados de las canteras de Vicho y Cunyac.

1.3.2 Objetivo Específicos

OE1: Realizar los ensayos de laboratorio para verificar que las propiedades del agregado grueso de la cantera de Vicho y agregado fino de la cantera de Cunyac cumplan con los parámetros para un diseño de mezcla adecuado.

OE2: Indicar las diferencias en los procesos de vaciado y curado en las briquetas cubicas y cilíndricas.

OE3: Describir el tipo fractura que predomina en las briquetas cubicas y cilíndricas durante el ensayo a la compresión.

OE4.Realizar el análisis de costos de elaboración de los diferentes tipos de briquetas y comparar los resultados.

OE5: Hacer un análisis comparativo de las desviaciones estándar de briquetas cilíndricas y cúbicas.

OE6: Determinar si los valores obtenidos en los ensayos son aproximados a los recomendados por las normas Chilena y Europea.

1.4 Justificación de la Investigación:

1.4.1 Aspecto Técnico

Las normas peruanas no establecen criterios de correlación entre resultados de ensayos a compresión de diferentes formas de briquetas.

El empleo de briquetas cubicas para hallar la resistencia a la compresión del concreto viene siendo empleado a nivel mundial tal es el caso de la norma europea (EN 206-1:2005) y la norma chilena (NCh170).

Este trabajo de investigación permitirá establecer una correlación entre los resultados de ensayos de resistencia a la compresión para briquetas cilíndricas y cúbicas, para concretos de diferentes resistencias.

Se busca tener una investigación que en el futuro abale el empleo de briquetas cubicas para ensayos de compresión en laboratorio, dejando recomendaciones para la correcta elaboración y manipulación de briquetas cubicas.

1.4.2 Aspecto Ambiental

Al tener un menor volumen las briquetas cubicas de 15cm de arista en comparación a las briquetas cilíndricas convencionales; los desechos (cemento y agregado) también serán menores después de realizar los ensayos de resistencia a la compresión en los laboratorios.

1.4.3 Aspecto Económico

La presente investigación busca cuantificar la diferencia de costos de elaboración de briquetas cubicas de 15 y 20 cm de arista con briquetas cilíndricas convencionales.

1.5 Hipótesis

HG : La relación entre la resistencia de las briquetas cubicas y la correspondiente resistencia de las briquetas cilíndricas, haciendo uso de agregados de las canteras de

Vicho y Cunyac, es una relación lineal.

1.5.1 Hipótesis Específicas

HE1: El agregado grueso de la cantera de Vicho y agregado fino de la cantera de Cunyac. Ambos cumplen con los parámetros en los ensayos de laboratorio para un diseño de concreto.

HE2: Las briquetas cubicas tendrán con un proceso de vaciado y curado idéntico al de las briquetas cilíndricas convencionales.

HE3: Ambos tipos de briquetas presentaran el mismo tipo de falla predominante.

HE4: Las briquetas cubicas de arista 15cm tendrán el menor costo de elaboración.

HE5: Las briquetas cubicas presentaran una menor desviación estándar.

HE6: Los resultados obtenidos en los ensayos a la compresión serán aproximados a los valores que nos recomiendan en las Normas Chilena y Europea.

1.6 Variables:

Variable Dependiente: X=F'c :(resistencia a la compresión).

Variable Independiente: Y=Briquetas cubicas y cilíndricas

Unidad de Análisis: Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil –UNSAAC.

Ámbito Geográfico: Ciudad de Cusco.

Periodo: 2019.

CAPITULO II

CAPITULO 2 :MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

2.1 Antecedentes del Problema de Estudio.

- **Gonzales Medrano R. (2004),** realizo un diseño de mezclas por el Método del ACI, de un concreto convencional para resistencias a compresión de: f'c = 210 kg/cm2 , f'c = 280 kg/cm2 , f'c = 350 kg/cm2 , elaboro un total de 108 muestras de concreto convencional de las cuales 54 especímenes fueron probetas cilíndricas y 54 especímenes fueron probetas cúbicas distribuidas en probetas con TMN de 3/4" y 1/2"; todas bajos la NTP y NCh.

  Como resultado se observó que al utilizar probetas cúbicas las resistencias a compresión alcanzadas son mayores en comparación con el uso de probetas cilíndricas.

  Con respecto a la de Norma Chile (NCh170.Of85) y su tabla de transformación a partir de probetas cúbicas de 20cm es la que mejor se asemeja a los resultados obtenidos en esta investigación.

- **Arriagada Verdugo A.(2011),** durante el desarrollo de esta investigación se comprobó que la normativa e investigación nacional referente a esta materia es escasa, no así a nivel internacional. Se recomienda entregar mayor consideración a este tipo de indagaciones, para así, desarrollar y proporcionar más datos experimentales adecuados a la situación actual de los hormigones fabricados en nuestro país, y que aporten a la hora de tomar decisiones en el diseño de probetas sometidas a la compresión.

  Los resultados permitieron establecer cuatro modelos de cálculo que expresan la resistencia obtenida en base a una probeta patrón, dando respuesta al problema planteado que contiene la siguiente investigación.

- **Keun Kim J. & Seong T.(2002),** los autores proponen una ecuacion de correspondencia. Considerando que la diferencia entre el resultado de cubos y cilindros no dependera de la geometría de la probeta sino de su esbeltez, se podría utilizar la fórmula propuesta por estos autores para transformar de probeta cilíndrica a cúbica y decir que:

  f cub=1,20 (*f* cil) donde:

  f cub :es la resistencia cubica a compresión en kg/cm2

  f cil : es la resistencia cilíndrica a compresión en kg/cm2

- **Instituto IDEIM-CHILE.(2007),** dan una relación lineal entre las resistencias de las probetas cúbicas y cilíndricas:

  f cub =1,01 (*f* cil) + 2,07 donde:

  f cub :es la resistencia cubica a compresión en kg/cm2

  f cil : es la resistencia cilíndrica a compresión en kg/cm2

- **Concrete Manual .(1975),** manual editado en el año, entrega información de ingeniería y propone métodos y procedimientos para administrar especificaciones técnicas y contratos de obras de concreto.

  Indican que el resultado no depende de la geometría de la probeta, se podría extrapolar esta conversión para probetas cúbicas de 20 cm de arista y cilindros de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, es decir:

  f cub=1,16 (*f* cil) donde:

  f cub :es la resistencia cubica a compresión en kg/cm2

  f cil : es la resistencia cilíndrica a compresión en kg/cm2

2.2 Bases Teóricas

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Nch170:** Norma Chilena encargada de normalizar al hormigón como material y asegura que el hormigón cumpla con los requisitos y estándares que la norma establece.
- **EN 206-1:2005:** Norma Europea de Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad del hormigón.
- **Briqueteras cubicas:** Molde metálico que se emplea para extraer testigos de concreto para realizar ensayos a compresión.
- **Testigos de concreto:** Especímenes de concreto generalmente tienen forma cilíndrica, se utilizan para evaluar la resistencia a la compresión del concreto.
- **Desbriquetado (desmoldado):** Retirado de los testigos de concreto de sus moldes, esta se realiza entre las 18 a 24 horas después de ser vaciados en sus moldes.
- **Curado: "**Proceso que se realiza después de desmoldar las briquetas y antes de que transcurran 30 minutos después de haber removido los moldes, se almacenan las briquetas en condiciones adecuadas de humedad, siempre cubiertas por agua a una temperatura de entre 23 y 25°C"(ASTM C31).
- **Resistencia a la compresión: "**Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento" (Universidad de Valladolid, 2014).
- ***f* cub:** Resistencia cubica a compresión en kg/cm2.
- ***f* cil :** Resistencia cilíndrica a compresión en kg/cm2

- desviación estándar: "Es la medida de dispersión más común, que indica que tan dispersos están los datos con respecto a la media. Se utiliza frecuentemente para representar la desviación estándar de una población (https://support.minitab.com).

2.2.1 EL Concreto

El concreto es un material que no resiste los esfuerzos a tracción, pero es muy resistente a los esfuerzos de compresión, "por lo que para ser usado en construcción es preciso reforzarlo con barras o mallados de acero, constituyendo entonces el concreto armado. Sin embargo, es necesario proteger las barras frente a la corrosión, pues el acero se oxida lentamente al contacto con el ambiente. Por este motivo, las piezas de concreto armado deben disponer de varios centímetros de concreto a cada lado de las barras" (Valle Moreno, 2001).

"El concreto es un material compuesto de resistencia controlada, esta mezcla está compuesta por la pasta; mezcla química de cemento y agua, y los agregados como grava y arena, alcanzando su resistencia de diseño a los 28 días. Tiene una amplia utilización en las estructuras de concreto más comunes como cimentaciones, columnas, placas macizas y aligeradas, muros de contención, cimientos, etc. Los materiales y el producto final son controlados y ensayados de acuerdo con el Reglamento Nacional de Construcciones y la norma ACI – 318 cumpliendo con los estándares de falla y criterios de aceptación establecidos por las normas mencionadas" (Cementos Yura, 2019).

Tipos de concreto.

- **Concreto Simple**

Es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua.

"El concreto simple se emplea para construir distintos tipos de estructuras, como autopistas, calles, puentes, túneles, pistas de aterrizaje, sistemas de riego y canalización, rompeolas,

embarcaderos y muelles, aceras, etc. En la albañilería, el concreto simple es utilizado también en forma de tabiques o bloques" (www.acerosarequipa.com,2019).

Cemento + A. fino + A. grueso + agua = Concreto simple

- **Concreto Armado**

"A este tipo de concreto se le introduce fierro de construcción para conseguir que ambos materiales trabajen conjuntamente para soportar cargas. Por lo general, se usa para vaciar columnas, vigas y techos" (www.acerosarequipa.com,2019).

Concreto simple + armaduras = Concreto armado

- **Concreto Estructural**

"Se denomina así al concreto simple, cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado, de acuerdo a especificaciones precisas, que garanticen una resistencia mínima pre-establecida en el diseño y una durabilidad adecuada" (www.acerosarequipa.com,2019).

- **Concreto Ciclópeo**

"Se denomina así al concreto simple que esta complementado con piedras de tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% del volumen total del concreto como máximo.

Este tipo de concreto se emplea generalmente en cimentaciones y sobrecimientos" (www.acerosarequipa.com,2019).

Concreto simple + piedra desplazadora = concreto ciclópeo.

- **Concreto Premezclado**.

Es el concreto que se prepara en una planta concretera y es transportada en un camión mixer hasta el lugar donde es requerido.

- **Concreto Prefabricado**

"El concreto prefabricado se refiere a la colocación del concreto en alguna ubicación diferente de su posición final en la estructura, usualmente en una planta. Cuando estos elementos han sido curados hasta alcanzar una resistencia suficiente para su manejo, son removidos de sus moldes y trasladados a la estructura, el concreto prefabricado puede ser estructural o arquitectónico"(https://www.probacons.com/ , 2018).

Propiedades del Concreto.

En Estado Fresco

- **Trabajabilidad**

"Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, manipulado y puesto en obra con los medios de compactación que se dispongan" (Durand,2014).

- **Consistencia**

"Está definida por la mayor o menor facilidad que tiene el concreto fresco para deformarse esta depende de:

- Cantidad de agua
- Tamaño máximo del agregado
- Granulometria
- Forma del agregado (influye en el método de compactación)" (Durand,2014).

Tabla 1. Consistencia del concreto en el Cono de Abrams

CONSISTENCIA EN CONO		
CONSISTENCIA	**TOLERANCIA(cm)**	**ASENTAMIENTO EN cm**
Seca	0	0-2
Plastica	+-1	3-5
Blanda	+-1	6-9
Fluida	+-1	10-15
Liquida	+-1	Mayor a 16

Fuente: http://ingcivil-notasapuntes.blogspot.com/2015/02/ensayo-de-consistencia-del-concreto.html

- **Homogeneidad**

"Propiedad del concreto para que sus componentes se distribuyan de manera uniforme y regular, esta característica depende de" (Durand,2014):

- Buen amasado(mezclado)
- Buen transporte
- Buena colocación en obra

La homogeneidad se pierde por tres causas principales

- Irregularidad en el mezclado
- Exceso de agua
- Mala cantidad y tamaño máximo del agregado grueso
- El excesivo vibrado de la mezcla

- **Segregación**

"Es la separación del Agregado Grueso del Mortero.

Es un fenómeno perjudicial para el concreto, causando en el concreto· llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc" (Pacco, 2008).

"En el proceso de diseño de mezclas, es necesario tener siempre presente el riesgo de segregación, pudiéndose disminuir este, mediante el aumento de finos (cemento o A. fino) y de la consistencia de la mezcla" (Pacco, 2008) .

- **Decantación**

Los áridos gruesos van al fondo de la mezcla y los finos se quedan en la parte superior de esta.

En Estado Endurecido

- **Impermeabilidad**

"Se entiende por permeabilidad por la capacidad de un material para dejar pasar a través de sus poros un fluido" (https://es.slideshare.net/).

El concreto en su conjunto es poroso y nunca será totalmente impermeable. Para poder mejorar esta característica se utilizan aditivos impermeabilizantes así como mantener una relación agua cemento muy baja.

- **Durabilidad**

"El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, productos químicos y el desgaste a los cuales estará sometido en su tiempo de servicio" (https://es.slideshare.net/). La resistencia del concreto puede ser mejorada con el aumento de la impermeabilidad en la misma.

2.2.1.1 Resistencia del Concreto a la Compresión

Definición

"La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm2, MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión, se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada (f´c) para una estructura determinada.

Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de la elaboración de briquetas de concreto, se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras"(Osorio, 2019).

Importancia

Los resultados de las pruebas de Resistencia a Compresión del concreto son empleados fundamentalmente para verificar que la mezcla del concreto empleada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada (f'c) en la memoria descriptiva del proyecto donde se está empleando esta.

"También se puede utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia en elementos estructurales que permitan definir la programación de los siguientes procesos constructivos en la ejecución de una obra" (Valencia & Ibarra, 2013, p.12).

Tolerancias De Tiempo Para Realizar El Ensayo De Resistencia

Tabla 2. Tabla de tolerancia del tiempo de rotura

TOLERANCIAS DE TIEMPO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE RESISTENCIA		
Edad de ensayo	Tolerancia de tiempo permisible NTP 339.034	
	HORAS	%
24 h	+-0.5	+-2.1
3d	+-2	+-2.8
7d	+-6	+-3.6
28d	+-20	+-3.0
90d	+-48	+-2.2

Fuente: ASTM C31

Prensa Para Ensayo de Resistencia a la Compresión

Para realizar los ensayos de resistencia a la compresión se utilizó un equipo de la marca Humboldt de la serie HCM-5000Pi7P.

Figura 1. Maquina compresora

Fuente:Panel fotografico propio

Figura 2. Maquina a la compresión modelo: HCM-5000Pi7P

Fuente: Catalogo de Humboldt

Características del equipo

HCM-5000P Albañilería Serie Prisma Máquinas 500000 (2,224kN) de mampostería Prism Máquinas con una gama de prueba de 1 a 100% de la capacidad de la máquina, con una precisión de ± 5% de la carga indicada. máquinas de prueba de compresión serie de mampostería están disponibles en dos configuraciones del marco de carga para el ensayo de prismas de mampostería de una o de dos bloques de bloque de tamaño completo de hasta 12" (304 mm) de ancho.

- Pruebas de bloques de mampostería, prismas, adoquines y unidades de muros de contención 500000 (2,224kN) gama de prueba con una precisión de ± 0,5% de la carga indicada
- La configuración estándar incluye platinas para el ensayo de 6" x 12" (150 x 300 mm) cilindros barra de tracción se incluye para la más segura, más fácil y más rápido el cambio de placas de prueba y espaciadores.

- Las estructuras de carga de trabajo pesado utilizan el mismo diseño probado y el proceso de fabricación se encuentran en todas nuestras máquinas, con una amplia apertura horizontal y gran compresión de la platina mesa para facilitar la carga de las muestras pesadas. soporte de montaje incluido de la máquina también coloca el plato inferior a una altura de trabajo cómoda. único, sistema de doble platina inferior Esta máquina cuenta con una placa de desgaste endurecido de manera continua a 60 HRC o superior y está diseñado para un mantenimiento rápido y fácil sin necesidad de alquiler de equipos costosos para eliminar la placa, a diferencia de los sistemas de una sola placa engorrosos usados en unidades de la competencia. Cambio de placas de prueba y los separadores es rápido, fácil y seguro con nuestra barra de tracción, que se utiliza para ajustar la altura vertical de trabajo dentro del marco de carga, y el sistema de soporte de vehículo opcional, que cuenta con un brazo pesado montado en la esquina posterior izquierda de la carga marco que pivota sobre dos juntas abisagradas. Cuando no se utiliza la placa de bloque, se puede almacenar convenientemente en el brazo de la ménsula. Incluye soporte de montaje. platinas de prueba opcionales y accesorios aumentan la versatilidad de las máquinas de bloques y el prisma (Catalogo Humboldt HCM-5000P Máquinas prisma de la serie de albañilería).

Velocidad de Carga

"Aplicar la carga en forma continua y constante. En el rango de 14 a 34 MPa/s durante la última mitad de la fase de carga como se indica en la tabla 4"(Castillón, 2004).

Tabla 3. Tabla de velocidad de carga para ensayos a compresión

Velocidad de Carga 2kg/cm2/s - 3kg/cm2/s		
f'c Kg/cm2	**Tiempo de ensayo**	
	MÁXIMO	**MÍNIMO**
1000	8min 20seg	5min 33seg
900	7min 30seg	5min 0seg
800	6min 40seg	4min 27seg
750	6min 15seg	4min 10seg
700	5min 50seg	3min 53seg
600	5min 0seg	3min 20seg
550	4min 35 seg	3min 3seg
500	4min 10seg	2min 47seg
450	3min 45seg	2min 30seg
400	3min 20seg	2min 13seg
350	2min 55seg	1min 57seg
300	2min 30seg	1min 40seg
280	2min 20seg	1min 33seg
245	2min 2seg	1min 22seg
210	1min 45seg	1min 10seg
175	1min 28seg	0min 58seg
100	0min 50seg	0min 33seg

Fuente: **ASTM C31**

Algunas Consideraciones:

El área de contacto de las briquetas debe ser plana para que la carga se distribuya uniformemente.

"La velocidad de la aplicación de la carga debe apegarse a lo establecido en la norma y en lo especificado en el manual de la máquina, ya que una velocidad lenta dará como resultado una resistencia menor y una velocidad rápida una resistencia mayor, obteniendo resultados irreales.

La veracidad de los resultados es de suma importancia, por lo que la prensa de ensaye debe estar calibrada, verificada y en buenas condiciones de uso.

El personal encargado de este proceso debe estar consciente de la importancia de la prueba. No se trata de aplastar cilindros o cubos nada más. Estamos evaluando un producto que se usará para construir edificaciones donde van a vivir, trabajar o transitar personas, una prueba mal ejecutada o inventar resultados puede acarrear dramáticas consecuencias" (González, 2011).

La resistencia a la compresión es conforme segun **(**ACI 318.08**)** si:

a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos a 28 días será mayor o igual a f'c.

b) Ningún ensayo individual de resistencia será menor que f'c en más de 35 kg/cm2 cuando f'c es 350 kg/cm^2 o menor.

c) 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.

"Según la ASTM C39 y la NTP 339.034 las probetas deben ser ensayadas tan pronto como sea práctico luego de ser retiradas de la condición de curado, es decir, se ensayarán en condiciones húmedas superficialmente secas" (Valencia & Ibarra, 2013, p.13).

"Medir el diámetro de la probeta con el micrómetro en dos posiciones que estén en ángulo recto entre sí, a la altura media de la misma, estos diámetros deben promediarse para poder calcular el área de la sección" (Valencia & Ibarra, 2013, p.13).

"Antes de colocar la probeta entre los cabezales de la máquina de ensayo, se limpiarán las caras de contacto de los bloques de acero, superior e inferior, y las de la probeta, evaluar si es conveniente aplicar refrentado" (Valencia & Ibarra, 2013, p.13). "Se alinearán los ejes de la probeta a ensayar con el centro de empuje de la máquina a manera de evitar excentricidades" (Valencia & Ibarra, 2013, p.13).

Resistencia del Concreto en la Estructura Real:

"La resistencia del concreto en la estructura real, tiende a ser menor que la resistencia f'c obtenida en laboratorio a partir de las probetas fabricadas y ensayadas de acuerdo a las normas.

En teoría, las briquetas miden el potencial resistente del concreto al cual representan en una estructura"(https://es.slideshare.net/).

Las siguientes son algunas de las razones por las cuales se producen las diferencias:

a. Las diferencias en la colocación y compactación entre el concreto colocado y compactado (vibrado) en la estructura real y el concreto colocado y compactado en una briqueta.

b. Las diferencias en el curado. Las condiciones de curado entre una probeta de laboratorio y una estructura real tendrán una gran diferencia.

c. El efecto de la migración hacia la superficie del agua en el concreto colocado en una estructura real.

En elementos peraltados el concreto de la parte superior suele ser menos resistente que el de la parte inferior. Esto debido a la migración del agua luego del colocado del concreto, y por la

mayor compactación del concreto de la parte inferior producto del peso del concreto por encima" (Ottazzi, 2004, p.14).

d. El efecto de la segregación de los agregados que se produce durante el vaciado de las columnas. Este efecto genera un concreto irregular" (Ottazzi, 2004, p.14).

e. "Las diferencias de forma y tamaño entre los elementos de una estructura y la probeta de laboratorio. La probeta es cilíndrica de 6"x12" mientras que el elemento real puede tener cualquier forma y tamaño" (Ottazzi, 2004, p.14).

f. "Las diferencias entre los regímenes de esfuerzos en una probeta y en el elemento real" (Ottazzi, 2004, p.14). "En una probeta la solicitación es prácticamente de compresión uniforme, con algunas distorsiones o concentraciones de esfuerzos cerca de las zonas de aplicación de las cargas, mientras que en el elemento estructural real pueden existir fuertes gradientes de esfuerzos" (Ottazzi, 2004, p.14). "Por ejemplo en la zona comprimida de una viga sometida a flexión, las fibras menos esforzadas, las cercanas al eje neutro, tienden a estabilizar a las fibras más esforzadas" (Ottazzi, 2004, p.14).

2.2.1.2 Componentes del Concreto

2.2.1.2.1 Cemento

"El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse después de ponerse en contacto con el agua. El producto resultante de la molienda de estas rocas es llamada clinker y se convierte en cemento cuando se le agrega una pequeña cantidad de yeso para evitar la contracción de la mezcla al fraguar cuando se le añade agua y al endurecerse posteriormente. Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétrea, denominada concreto (en España, parte de

Suramérica y el Caribe hispano) o concreto (en México, Centroamérica y parte de Sudamérica). Su uso está muy generalizado en la construcción y la ingeniería civil"(https://es.wikipedia.org/).

Tipos de Cemento

"Se pueden establecer dos tipos básicos de cemento:

1. De origen arcilloso: obtenidos a partir de arcilla y piedra caliza en proporción 1 a 4 aproximadamente.
2. De origen puzolánico: la puzolana del cemento puede ser de origen orgánico o volcánico.

Desde el punto de vista químico se trata en general de una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio, obtenidos a través del cocido de calcáreo, arcilla y arena. El material obtenido, molido muy finamente, una vez que se mezcla con agua se hidrata y solidifica progresivamente. Puesto que la composición química de los cementos es compleja, se utilizan terminologías específicas para definir las composiciones" (https://es.wikipedia.org/).

Normativa del Cemento

La calidad del cemento portland deberá estar de acuerdo con la norma ASTM C 150. En Europa debe estar de acuerdo con la norma EN 197-1. En España los cementos vienen regulados por la Instrucción para recepción de cemento RC-08, aprobado por el Real Decreto 956/2008 de 6 de junio.

El Cemento Portland

"Es el más utilizado como aglomerante para la preparación del concreto producto que se obtiene por la pulverización del clinker portland con la adición de una o más formas de yeso (sulfato de calcio). Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados conjuntamente con el clinker. Cuando el cemento portland es mezclado con el agua,

se obtiene un producto de características plásticas con propiedades adherentes que solidifica en algunas horas y endurece progresivamente durante un período de varias semanas hasta adquirir su resistencia característica. El proceso de solidificación se debe a un proceso químico llamado hidratación mineral" (Dueñas. 2018).

Con el agregado de materiales particulares al cemento (calcáreo o cal) se obtiene el cemento plástico, que fragua más rápidamente y es más fácilmente trabajable. Este material es usado en particular para el revestimiento externo de edificios.

Los dos materiales principales con que se fabrica el cemento Portland son: la piedra caliza y arcilla. Las materias primas finamente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta principio de la fusión (1400-1450 C°), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200 m de longitud y 5,50 m de diámetro.

Clasificación del Cemento Portland

"Los cementos Portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Portland" (PCA, 2016).

- *Tipo I:* Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.
- *Tipo II:* Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.
- *Tipo III*: Es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días, igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II.
- *Tipo IV*: Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.

- *Tipo V:* Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de sulfatos y estructuras expuestas al agua de mar. (ABANTO CASTILLO, 2009, págs. 15-17).

Cementos Portland Especiales

Portland Férrico

"El portland férrico está caracterizado por un módulo de fundentes de 0,64. Esto significa que este cemento es muy rico en hierro. En efecto se obtiene introduciendo cenizas de pirita o minerales de hierro en polvo. Este tipo de composición comporta por lo tanto, además de una mayor presencia de Fe_2O_3(óxido férrico), una menor presencia de $3CaOAl_2O_3$ cuya hidratación es la que desarrolla más calor. Por este motivo estos cementos son particularmente apropiados para ser utilizados en climas cálidos. Los mejores cementos férricos son los que tienen un módulo calcáreo bajo, en efecto estos contienen una menor cantidad de $3CaOSiO_2$, cuya hidratación produce la mayor cantidad de cal libre ($Ca(OH)_2$)" (https://es.wikipedia.org/).

Cementos Blancos

"Contrariamente a los férricos, los *cementos blancos* tienen un módulo de fundentes muy alto, aproximadamente 10. Estos contienen por lo tanto un porcentaje bajísimo de Fe_2O_3. EI color blanco es debido a la falta del hierro que le da una tonalidad grisácea al Portland normal y un gris más oscuro al cemento ferrico" (Walter, 1997).

Propiedades Generales del Cemento

- Buena resistencia al ataque químico.
- Resistencia a temperaturas elevadas. Refractario.
- Resistencia inicial elevada que disminuye con el tiempo.

- Uso apropiado para bajas temperaturas por ser muy exotérmico.

2.2.1.2.2 El Agua

"El agua cumple con dos funciones vitales en el desarrollo del concreto, como agua de mezclado y como agua de curado. Para la primera, casi cualquier agua natural potable, sin tener un sabor u olor notable, puede servir para el mezclado, pues el agua cuando funciona como un ingrediente en la fabricación de la mezcla ocupa entre 10% - 25% de cada m3 producido. Se debe evitar a toda costa que esté contaminada de sulfatos pues estos son agresivos al cemento. Si no se tiene cuidado en eliminar las impurezas excesivas contenidas en el agua de mezcla, estas pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y la consistencia de volumen, sino que a su vez pueden producir eflorescencia o corrosión del refuerzo". (Zegarra & Zegarra, 2015, p.61)

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales (Rafael Cachay Huaman):

I. Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
II. Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
III. Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.
IV. Cuadro de límites permisibles para el agua de mezcla y curado según norma NTP 339.088

El agua que se emplea para la elaboración de concreto puede ser potable que por sus características químicas y físicas cumplen con los requisitos de calidad establecidos en la NTP 339.088

El pH del agua debe estar en promedio en 7(estado neutro), cuando el agua tiene un pH mayor a 6 se considera acida y dañara severamente al concreto (principalmente al acero en esta).

Tabla 4. Conversión de límites permisibles para el Agua de mezcla y curado

Descripcion	Limite Permisible		
Sólidos en suspensión	5,000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad(NaCHCO3)	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO4)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl-)	1,000	ppm	Máximo
pH	5 a 8	ppm	Máximo

Fuente: NTP 339.088

Aguas Prohibidas Para El Concreto

- Aguas con contenido de cloruro de sodio mayor al 3% o un contenido de sulfatos mayor al 1%.
- Aguas que contengan algas, materiales orgánicos, humos, partículas de carbón turba, azufre o descargas de desagüe.
- Aguas que contengan azucares o sus derivados
- Aguas con porcentajes significativos de sales de sodio o potasio disueltos en especial en todas aquellas que causen una posible reacción álcali-agregado. (Paredes, 2015)

2.2.1.2.3 Agregados

"Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las 3/4 partes del volumen total, luego la calidad de estos tienen una importancia primordial en el producto final.

La denominación de inertes es relativa, porque si bien no intervienen directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, para producir el aglomerante o pasta de cemento, sus características afectan notablemente el producto resultante, siendo en algunos casos tan importantes como el cemento para el logro de ciertas propiedades particulares de resistencia, conductibilidad, durabilidad etc"(Dueñas, 2018).

Están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de ellos, y sus características físicas y químicas tienen influencia en prácticamente todas las propiedades del concreto.

"Los agregados ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclados y endurecidos, en las proporciones de la mezcla, y en la economía" (UNICON, s.f.)

Dependiendo del diámetro medio de sus partículas se clasifican en:

2.2.1.2.4 Agregado Grueso

"Es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava" (Supermix,2017).

2.2.1.2.5 Agregado Fino

"Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas" (Supermix,2017).

Propiedades principales de los agregados.

Granulometría

El análisis granulométrico tiene por objetivo determinar las cantidades en las que se encuentran los diversos tamaños de partículas en los agregados.

La distribución de las partículas en presente en el agregado según el tamaño de estas se realiza mediante el empleo de mallas o tamices estandarizados. Las muestras de agregado se hacen pasar por una serie de tamices según corresponda si es agregado fino y agregado grueso, para que se determine la cantidad de material que es retenido en cada tamiz.

Los resultados de este ensayo se reportaran llenando la tabla granulométrica del agregado que se está estudiando, la cual tendrá que cumplir con lo que se establece en la norma técnica NTP

400.012, ASTM C136-5 , en la cual se indica el porcentaje de partículas que se permite para los diversos tamaños de retenidos en los tamices normalizados. Por lo que se reporta los graficos de la curva granulométrica del material que se esta estudiando junto a los limites que se especifica en la norma ASTM C-33.

Granulometría de los Agregados Finos

Para este ensayo se requieren los tamices: 3/8, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 siendo los porcentajes que pasan según norma ASTM C33, establecidos en la tabla 5.

Tabla 5. Granulometría para el agregado Fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8´´	**100**
No. 4	**95-100**
No. 8	**80-100**
No. 16	**50-85**
No. 30	**25-60**
No. 50	**10-30**
No. 100	**0-10**

Fuente: ASTM C33

Módulo de Fineza del agregado Fino.

"Es un numero adimensional que se calcula por medio de datos del análisis granulométrico, sumando los porcentajes de retenidos acumulados del agregado fino en cada uno de los tamices y dividiéndolos entre 100. La mallas utilizadas para hallar el modulo de fineza son: N°100, N°50, N°30, N°16, N°8, N°4,9.5mm (3/8).

El módulo de fineza de un agregado es un numero adimensional el cual nos indica que tan grandes o pequeñas son las partículas del agregado en estudio es decir mientras más grande es el módulo de fineza las partículas del agregado serán de mayor tamaño .

La razón más importante para usar este parámetro es la influencia en la trabajabilidad y el requerimiento de la cantidad de agua puesto que dos agregados que tengan similar módulo de finura tendrán similares características" (https://es.slideshare.net/).

Granulometría del Agregado Grueso

"Para este análisis los tamices a tomar serán 3'' ,1.5'', ¾'',3/8'', N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, siendo los porcentajes que pasan según la norma ASTM C33 para los diferentes usos granulométricos del agregado grueso.

Por lo tanto encontrar el huso granulométrico de un agregado grueso dependerá de algunas propiedades físicas de los agregados como el tamaño máximo (TM) y el tamaño nominal máximo (TNM)" (https://es.slideshare.net/).

Tabla 6. REQUISITOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO GRUESO

REQUISITOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO GRUESO														
		PORCENTAJES PASANTES EN PESO PARA CADA MALLA STANDARD												
Huso	**TMN**	4" 100mm	3 1/2" 90mm	3" 75mm	2 1/2" 63mm	2" 50mm	1 1/2" 37.5mm	1" 25mm	3/4" 19mm	1/2" 12.5mm	3/8" 9.5mm	N°4 4.75mm	N°8 2.36mm	N°16 1.18mm
1	3 1/2" a 1 1/2 "	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	2 1/2" a 1 1/2"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	2" a 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	2" a # 4				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	1 1/2" a 1/4"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	1 1/2" a #4					100	95 a 100	40 a 85	35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	1" a 1/2"						100		20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	1" a 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	1" a #4						100	90 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	3/4" a 3/8"							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	3/4" a #4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	1/2" a #4									90 a 100	40 a 70	0 a15	0 a 5	
8	3/8" a #8										85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente :NTP 400.037

BACH.
TORRES NINA CARLOS SAUL
VERA CCASA GUIDO ALEX

Tamaño Máximo del Agregado Grueso.- "Viene a ser el último tamiz que deja pasar el 100% del material (agregado grueso tamizado)" (https://es.slideshare.net/).

Tamaño Nominal Máximo del Agregado Grueso.- "Viene a ser el primer tamiz que retiene el 5% o más del material que se está estudiando" (https://es.slideshare.net/).

Sustancias Deletéreas

Los límites de partículas perjudiciales en el agregado grueso no deberán exceder los valores mostrados en la Tabla : (RIVVA LÓPEZ, 2010).

Tabla 7. Límite de Partículas Perjudiciales

Arcillas	0,3%
Partículas blandas	5,0%
Material más fino que pasa la malla Nro. 200	3,0%
Todos los otros concretos	5,0%
Carbón y lignito	
a) Cuando el acabado superficial es importante.	0,5%
b) Otros concretos:	1,0%

Fuente: Naturaleza y Materiales Del Concreto, Enrique Rivva López

Módulo de Fineza

"El módulo de finura, también llamado módulo granulométrico por algunos autores, no es un índice de granulometría, ya que un número infinito de tamizados da el mismo valor para el módulo de finura. Sin embargo, da una idea del grosor o finura del agregado, por este motivo se prefiere manejar el termino de Módulo de Finura.

Se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar y dividiendo la suma entre 100. Cambios significativos en la granulometría de la arena tienen una repercusión importante en la demanda de agua y, en consecuencia, en la trabajabilidad del concreto, por lo que si hubiese una variación significativa en la granulometría de la arena deben hacerse ajustes en el contenido de cemento y agua para

conservar la resistencia del concreto. El módulo de finura del agregado fino, entre envíos sucesivos, no debe variar en más de ±0.2"(Dueñas, 2018).

Cómo Calcular el Módulo de Finura

Los tamices especificados que deben usarse en la determinación del módulo de finura son: No. 100, No. 50, No. 30, No. 16, No. 8, No. 4, ⅜", ¾", 1½", 3" y de 6" y el módulo de finura será:

$$MF = \frac{\sum \%retenido_acumulado(6"+3"+1\tfrac{1}{2}"+\tfrac{3}{4}"+\tfrac{3}{8}"+N°4+N°8+N°16+N°30+N°50+N°100)}{100}$$

Agregado Global

"Se definido como aquel material conformado por agregado fino y agregado grueso que proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, esta debe encontrarse en proporciones adecuadas para el diseño de mezcla que se requiere.

Los agregados pueden ser utilizados en la elaboración de concreto tal como se encuentra en la naturaleza, siempre que estos cumplan los requisitos establecidos en la norma de agregados, caso de no cumplir se deberá procesar el material, hasta satisfacer las especificaciones" (Silva, 2017).

Al realizar los ensayos sobre el agregado grueso y fino de manera individual no garantiza que estos en conjunto cumplan con lo estipulado por la norma ASTM C33. Es por ello logrando una participación porcentual podremos lograr una gradación de partículas" (BURGOS PAURO, 2012), para ciertos requerimientos como:

- Control de la trabajabilidad en el Concreto
- Máxima Compacidad de la combinación de agregado grueso y fino.
- Para el contenido de agua en el diseño. Se debe tener en cuenta la durabilidad, según lo establecido por el ACI, de acuerdo a la relación a/c.

Además en las Normas actuales se consideran limites granulométricos para el Agregado Global que los utilizaremos para comprobar nuestra combinación de agregados como se indica en la tabla :

Tabla 8. Limites granulométricos para el agregado global

Tamiz	**Porcentaje que pasa por los tamices normalizados**		
	Tamaño Máximo Nominal		
	37.5 mm (1 ½ pulg)	**19.0 mm (3/4 pulg)**	**9.5 mm (3/8 pulg)**
50 mm (2 pulg)	100		
37,5 mm (1 ½ pulg)	95 a 100	100	
19,0 mm (3/4 pulg)	45 a 80	95 a 10	
12,5 mm (1/2 pulg)			100
9,5 mm (3/8 pulg)			95 a 100
4,75 mm (No. 4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2,36 mm (No. 8)			20 a 50
1,18 mm (No. 16)			15 a 40
600 µm (No. 30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 µm (No. 50)			5 a 15
150 µm (No. 100)	0 a 8*	0 a 8*	0 a 8*

Fuente: la NTP 400.037 Agregados

Máxima Compacidad

Es el mayor valor respecto al Peso Unitario vs Variación de proporción de agregados, expresada de manera gráfica, verifica el mejor acomodo para una combinación de agregados.

Con este ensayo se determina la mejor proporción en cuanto al mayor peso en un volumen unitario.

En la NTP 400.037 de AGREGADOS: Especificaciones normalizadas para agregados en concreto, se considera los límites granulométricos de acuerdo al tamaño maximo nominal en la tabla :

Tabla 9. Limites granulométricos

Tamiz	Tamaño máximo nominal	Tamaño máximo nominal	Tamaño máximo nominal
	37,5 mm (1 ½ pulg)	19,9 mm (3/4 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)
50 mm (2 pulg)	100	-	-
37,5 mm (1 ½ pulg)	95 a 100	**100**	-
19,0 mm (3/4 pulg)	45 a 80	**95 a 100**	-
12,5 mm (1/2 pulg)	-	**-**	100
9,5 mm (3/8 pulg)	-	**-**	95 a 100
4,75 mm (No. 4)	25 a 50	**35 a 55**	30 a 65
2,36 mm (No. 8)	-	**-**	20 a 50
1,18 mm (No. 16)	-	**-**	15 a 40
600 µm (No. 30)	8 a 30	**10 a 35**	10 a 30
300 µm (No. 50)	-	**-**	5 a 15
150 µm (No. 100)	0 a 8	**0 a 8**	0 a 8

Fuente: Elaboracion propia

2.3 Bases cientificas

Posterior a la recopilación de resultados de las roturas, se presentan 4 conversiones propuestas de resultados de probetas cúbicas y cilíndricas. Dentro de ellas tenemos a la normativa existente en Chile, la Unión Europea.

2.3.1 Norma Chilena

La elección de la Norma Chilena como base para la transformación de los datos obtenidos y la comparación de estos en la presente investigación, debido a que Chile es el segundo país sísmicamente más activo del mundo, tras Japón, y el cuarto país más susceptible a sufrir daños estructurales en sus obras de construcción civil por catástrofes naturales, por ello se cree que dicha norma se encuentra elaborada de manera más precisa con estándares de calidad superiores al resto de países latinoamericanos incluyendo a Perú.

En Chile, la norma que establece los criterios de transformación de resultados es la **NCh170.Of85**, la cual se entrega en la Tabla :

Tabla 10. Factor de conversión para las probetas en formas cubicas y cilíndricas

f'cub (Kg/cm2)	f'cub Mpa	K3	f'cil (Kg/cm2)	f'cil Mpa
50	5	1,25	40	4
100	10	1,25	80	8
150	15	1,25	120	12
200	20	1,25	160	16
250	25	1,25	200	20
300	30	1,20	250	25
350	35	1,17	300	30
400	40	1,14	350	35
450	45	1,13	400	40
500	50	1,11	450	45
550	55	1,10	500	50
600	60	1,09	550	55

Fuente: (Norma Chilena Oficial, **NCh170.Of85,** pag 26)

a) Se interpolan linealmente los valores de la tabla .

b) De acuerdo con NCh31/3 - ISO 31/3, 1 kgf = 9,806 65. Para los efectos de esta norma se ha considerado:

1 kgf ≈ 10 N

1 kgf/cm2 ≈ 0,1 MPa (Arriagada, 2011)

2.3.2 Norma Europea

La norma europea, en el documento EN 206-1:2005. Concrete – Part 1 – Specification, performance, production and conformity, presenta una de las transformaciones más para las briquetas cubicas y cilíndricas (Norma Europea, 2005).

Esta norma muestra transformaciones hasta 1150 kg/cm2, con la limitante de solo presentar briquetas de 15 cm de arista" (Norma Europea, 2005).

Una de las características más importantes de esta norma es que define tres tipos de concreto de acuerdo a su densidad:

- **Livianos,** cuya densidad es menor a 2000 kg/m3,
- **Normales,** cuya densidad se encuentra entre 2000 y 2600 kg/m3
- **Pesados**, cuya densidad es mayor a 2600 kg/m3"

Además, nos brinda dos tablas para la transformación de resultados, una para el concreto liviano y otra para el concreto normal y pesado, las cuales se presentan en la Tabla **:** (Norma Europea, 2005).

Tabla 11. Transformación de resultados de concretos normal y pesado

CONCRETO NORMAL Y PESADO		
Tipo de Concreto	Resistencia Cilíndrica	Resistencia cubica 10cm
	Kg/cm2	Kg/cm2
C8/10	80	100
C12/15	120	150
C16/20	160	200
C20/25	200	250
C25/30	250	300
C30/37	300	370
C35/45	350	450
C40/50	400	500
C45/50	450	550
C50/60	500	600
C55/67	550	670
C60/75	600	750
C70/85	700	850
C80/95	800	950
C90/105	900	1050
C100/115	1000	1150

Fuente: Norma Europea EN 206-1:2005

Tabla 12. Transformación de resultados de concretos liviano

CONCRETO LIVIANO		
Tipo de Concreto	Resistencia cilíndrica Kg/cm2	Resistencia cubica 15cm Kg/cm2
LC8/9	80	90
LC12/13	120	130
LC16/18	160	180
LC20/22	200	220
LC25/28	250	280
LC30/33	300	330
LC35/38	350	380
LC40/44	400	440
LC45/50	450	500
LC50/55	500	550
LC55/60	550	600
LC60/66	600	660
LC70/77	700	770
LC80/88	800	880

Fuente: Norma Europea EN 206-1:2005

2.3.3 Artículo (Jin-Keun Kim y Seong-Tae Yi, 2002).

Aplicación del efecto del tamaño de resistencia a la compresión de los elementos de concreto de los autores Jin-Keun Kim y Seong-Tae**.**

En el artículo llamado: *Application of size effect to compressive strength* proponen la siguiente ecuación para predecir el resultado del ensayo a compresión de briquetas cilíndricas de concreto, considerando como valor de referencia la resistencia característica ***Ecuación 1:***

Cálculo de la Resistencia Cilíndrica a compresión

Ecuación #1

$$f_0 = \frac{0.4 \times f'c}{[1 + (h - d/50)]^{1/2} + 0.8 \times f'c}$$

Donde:

"f_0: Es la resistencia de la briqueta cilíndrica a la compresión en MPa

"f'c: Es la resistencia característica a compresión en MPa

"h: Es la altura del cilindro en mm

"d: Es el diámetro del cilindro en mm

Para el caso particular de h = 2d, se obtiene:

Ecuación #2

Para la resistencia de briquetas cilíndricas.

$$f_0 = f'c$$

Para el caso particular de h = d, se obtiene:

Ecuación #3:

Resistencia de briquetas Cúbicas

$$f_0 = 1.2 \times f'c$$

"De las ecuaciones #2 y #3 se puede deducir que para la esbeltez (h = 2d) corresponde al 100% de la resistencia característica y que el caso de la esbeltez (h = d) corresponde al 120% de la resistencia característica" (Jin-Keun Kim y Seong-Tae Yi, 2002).

"La diferencia entre el resultado de cubos y cilindros no dependería de la geometría de la probeta sino de su esbeltez. De las ecuaciones #2 y #3 anteriormente planteadas se plantea una tercera para transformar una briqueta cilíndrica a cúbica" (Jin-Keun Kim y Seong-Tae Yi, 2002)

Ecuación #4:

Resistencia Cúbica con respecto a Resistencia Cilíndrica

$$f_{cúb} = 1.20 \times f_{cil}$$

Se concluye que el f'cub (resistencia a compresión del empleando briquetas cúbicas) excede en un 20% a la resistencia a compresión utilizando briquetas cilíndricas.

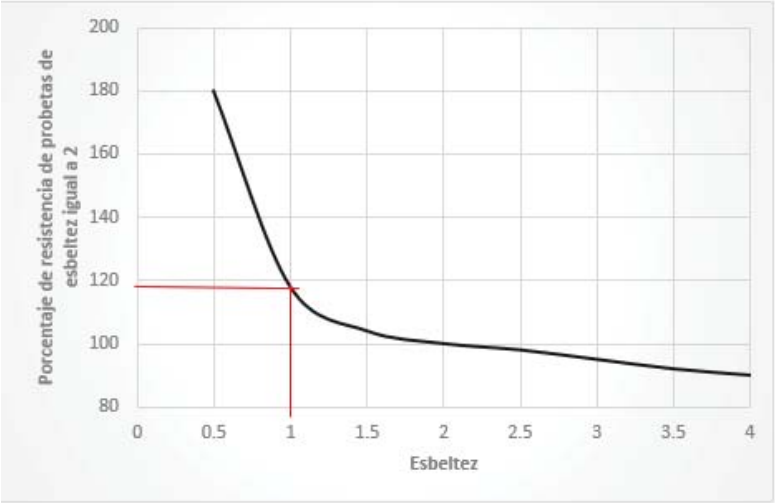
2.3.4 Manual de Concreto – Estados Unidos

Este manual fue editado en el año 1975, entrega información de ingeniería y propone métodos y procedimientos para administrar especificaciones técnicas y contratos de obras de concreto.

En el anexo 33 entrega un gráfico de conversión de resultados de resistencias cilíndricas a compresión considerando como referencia el cilindro de esbeltez 2" (U.S. Concrete Manual, 1975). (ejemplo h = 20 cm y d = 10 cm)

Gráfico de Conversión de Resultados

Figura 2. Conversión de Resultados esbeltez vs resistencia.



Fuente: (U.S. Concrete Manual, 1975)**.**

De este gráfico, se puede obtener que la resistencia de una probeta de esbeltez 1 sera igual a 1,18 veces la de esbeltez 2.

Si consideramos que el resultado no depende de la geometría de la probeta si no de la esbeltez de la misma, se podrá extrapolar esta conversión para briquetas cúbicas de 20 cm de arista y briquetas cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, y así obtener la siguiente actuación.

Resistencia Cúbica con respecto a Resistencia Cilíndrica - USA

$$f_{cúb} = 1.18 \times f_{cil}$$

Se debe considerar que la revista fue editada en el año 1975 y hasta la actualidad no se encontraron datos actualizados de la tabla mencionada.

2.4 Las briqueteras cilindricas y cubicas:

2.4.1 Briqueteras cilindricas

"Los moldes utilizados para la elaboración de las probetas deben ser de acero, hierro forjado u otro material no absorbente y que no se mezcle con el cemento. Deben ser muy resistentes como para soportar las condiciones del trabajo de moldeado y tener la forma de un cilindro recto de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de alto" (Aceros Arequipa boletín-construyendo – edición 17)

Figura 3. Modelo para una briqueta cilindrica convencional.

Fuente: Aceros Arequipa boletín-construyendo – edición 17

2.4.2 Briqueteras cubicas:

"Son moldes que se emplean para la elaboración de briquetas, estas deben ser de acero, hierro forjado u otro material no absorbente y muy resistente que garantice la geometría cubica de estas, serán de 15cm de arista o 20 cm de arista" (Aceros Arequipa boletín-briquetas metalicas).

Figura 4. Briquetera Cubica

Fuente: google imágenes

Dimensiones de las Briquetas empleadas en la investigacion.

Durante la elaboración de la investigación, las dimensiones de las briquetas a considerar, serán tomadas de las normas:

- Ntp 339.034 2008: Para briquetas cilíndricas de 15 x 30cm.
- Norma Chilena oficial nch170.of8: Para briquetas cubicas de arista 20cm.
- Norma Europea EN 206-1:2005: Para briquetas cubicas de arista 15cm.

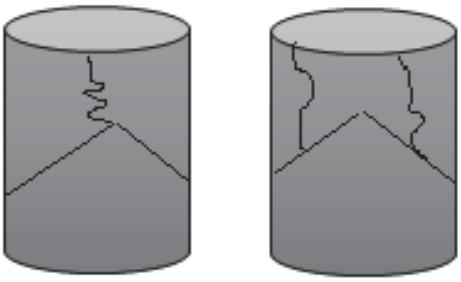
Fallas

Las fallas se producen en el ensayo a la compresión, por las cargas a las que son sometidas.

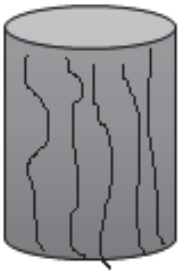
Diagrama Esquemático de Patrones Típicos de Fractura en Briquetas Cilíndricas.

Tipo1 (De Cono): Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, menos 1 en (25mm) de agrietarse a través de los casquillos.

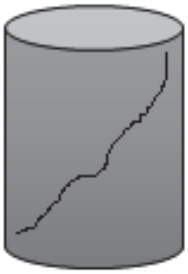
Tipo2 (Cono y Corte): Cono bien formado en un extremo grietas verticales que funcionan a través de los casquillos, ningún cono bien definido en el otro extremo.



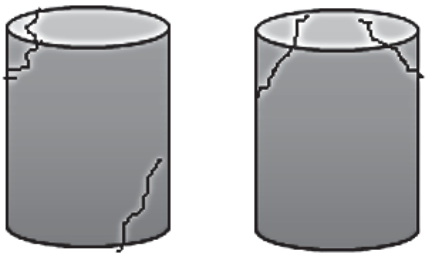
Tipo 3(Columnar): Grietas de acolumnado vertical a travez de ambos extremos ningún cono bien formado.



Tipo 4 (De Corte): Fractura diagonal sin agrietarse a través de extremos.



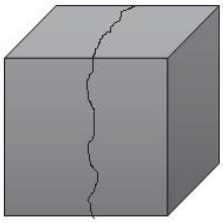
Tipo 5(Lateral): Fracturas laterales en la parte superior o fondo.



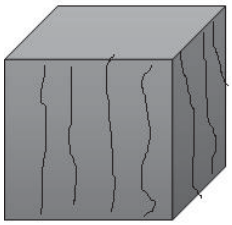
Fuente: (ASTM C39, 2012).

Diagrama Esquemático de Patrones Típicos de Fractura en Briquetas Cubicas.

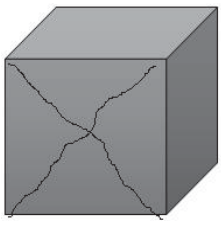
Tipo 1 (Fracturación extensional simple)



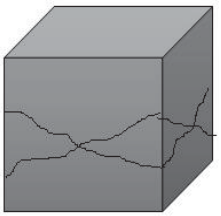
Tipo 2 (Fracturación extensional columnar).



Tipo 3 (Fracturación por cizalla)



Tipo 4 (Fracturación por cizalla columnar).



Fuente: Norma Chilena- Nch170

CAPITULO III

CAPITULO 3 :METODOLOGIA

3.1 Tipo de investigacion

- Por su finalidad la investigación será **APLICADA** puesto que nos permitirá analizar los resultados obtenidos de las diferentes briquetas.
- Según el tipo de diseño de la investigación esta será **EXPERIMENTAL** puesto que se realizarán análisis, observaciones y toma de muestras de los especímenes con diferentes resistencias a compresión del concreto usando formas y dimensiones diferentes de briquetas.
- Según el énfasis en la naturaleza de los datos manejados la investigación será **CUANTITATIVA.**
- Nivel de investigación: será CORRELACIONAL pues nos permite tener un grado de relación existente entre las briquetas cubicas y cilíndricas.
- Por su prolongación en el tiempo la investigación **SERÁ EXPERIMENTAL- TRANSVERSAL** puesto que se realizan observaciones y toma de muestras en un tiempo determinado

3.2 Diagrama de flujo de trabajo de ingenieria

Figura 5. Diagrama de trabajo

Fuente: Elaboración propia

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

En estadística, una población es un conjunto de elementos o eventos similares que son de interés para alguna pregunta o experimento.

3.3.2 Muestra

Es un subconjunto de la población, para ser representativa, debe tener las mismas características de la población. Para el caso experimental, para que la muestra sea representativa, debe ser obtenida de manera aleatoria.

En nuestro caso, tratándose de resultados experimentales se efectuarán ensayos elaborados en forma aleatoria. Así, la muestra está constituida por especímenes cilíndricos de 15cm x 30cm y por especímenes cubicos de 15cm x 15cm y de 20cm x 20cm, de resistencias f'c=210, 280 y 350 kg/cm2, elaborados en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco ensayados a los 7, 14 y 28 días.

3.3.2.1 Cantidad de muestras:

Para la determinación del número de muestras se utilizó la siguiente fórmula que se emplea para estudios de tipo cuantitativo:

$$n = \frac{Z^2 S^2}{V^2}$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra
- Z = valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal. Llamado también nivel de

  confianza (para nuestra investigación se propone un valor del nivel de confianza al 95 % para el cual tenemos un valor de Z=1,96)

Confiabilidad	Z
90%	1.645
91%	1.663
92%	1.681
93%	1.699
94%	1.71
95%	1.96
96%	2.06
97%	2.08
98%	2.101
99%	2.575

Fuente: CALCULO DE LA MUESTRA EN INVESTIGACIONES MSc. OSCAR CRUZ MONTANO San José, Costa Rica. 2016

- S2 = varianza (que es el cuadrado de la desviación estándar y puede obtenerse de estudios similares o pruebas piloto, para nuestra investigación se usara un valor de 14.6 (Tabla 63)
- V = nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio (para nuestra investigación se tomará un valor de 6.(tabla63).

$$n = \frac{1.96^2 14^2}{6^2}$$
$$n = 30$$

De manera que el número de muestras a ensayar es de 30. Sin embargo debido a la situación de emergencia sanitaria que obligo al cierre del laboratorio de Mecánica de Suelos del Departamento Académico de Ingeniería Civil y en conformidad con lo establecido por la Norma Técnica Peruana E.060 , que permite utilizar 15 ensayos para generalizar los resultados, es que se adoptó este último criterio, es

decir, 15 ensayos para la presente investigación; criterio que contó con la opinión favorable del asesor de la presente investigación.

Tabla 5.1: Cantidad total de muestra

Número de ensayos (*)	Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra (+)
Menos de 15	(emplear Tabla 5.3)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 o más	1,00

Fuente: Norma Técnica Peruana E.060-Concreto Armado-2009

- De esta manera trabajando con una confiabilidad del 93% tendremos un valor de z de 1.699
- S2 = varianza (que es el cuadrado de la desviación estándar y puede obtenerse de estudios similares o pruebas piloto, para nuestra investigación se usara un valor de 14. (Tabla 63).
- V = nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio (para nuestra investigación se tomará un valor de 6. (Tabla 63).

90%	1.645
91%	1.663
92%	1.681
93%	1.699
94%	1.71
95%	1.96
96%	2.06
97%	2.08
98%	2.101
99%	2.575

$$n = \frac{1.699^2 14^2}{6^2}$$

$$n = 15$$

Tabla 13: Cantidad total de muestra

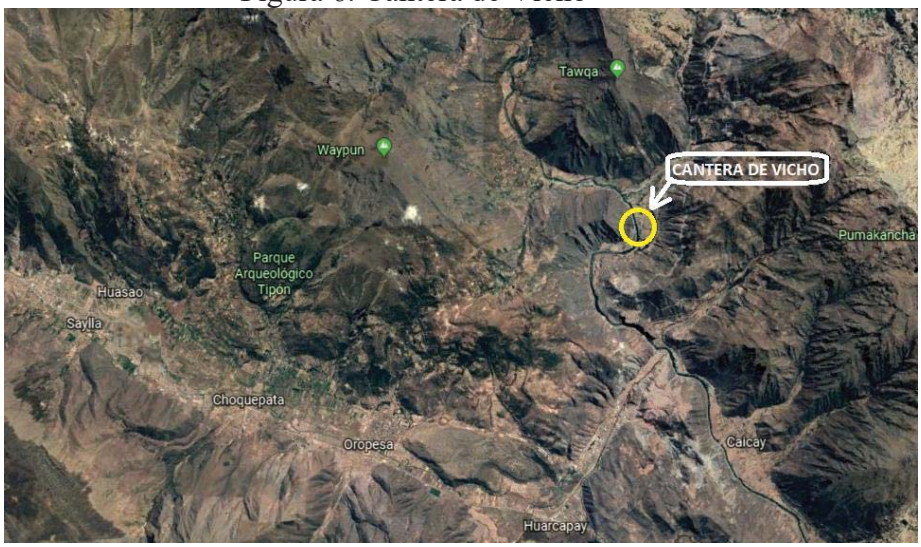
N°	BRIQUETA	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
1	BRIQUETAS CILÍNDRICAS f'c=210 kg/cm^2	3	3	15
2	BRIQUETAS CILÍNDRICAS f'c=280 kg/cm^2	3	3	15
3	BRIQUETAS CILÍNDRICAS f'c=350 kg/ cm^2	3	3	15
4	BRIQUETAS CUBICAS(15cm x15cm) f'c=210 kg/ cm^2	3	3	15
5	BRIQUETAS CUBICAS(15cm x15cm) f'c=280 kg/ cm^2	3	3	15
6	BRIQUETAS CUBICAS(15cm x15cm) f'c=350 kg/ cm^2	3	3	15
7	BRIQUETAS CUBICAS(20cm x20cm) f'c=210 kg/ cm^2	3	3	15
8	BRIQUETAS CUBICAS(20cm x20cm) f'c=280 kg/ cm^2	3	3	15
9	BRIQUETAS CUBICAS(20cm x20cm) f'c=350 kg/c cm^2	3	3	15
	TOTAL		189	

3.3.3 Canteras utilizadas para diseño de mezclas en la ciudad del Cusco

3.3.3.1 Cantera de Vicho

- El agregado grueso que se extrae de esta cantera tiene las mejores propiedades y características para la elaboración de concreto en la región Cusco, siendo uno de los mayores proveedores de agregado grueso en la ciudad del Cusco.

Figura 6. Cantera de Vicho



Fuente: Google earth

- UBICACIÓN: Geográficamente la cantera se encuentra ubicada en la Región del Cusco, Departamento del Cusco y Provincia de Paucartambo, se cuenta con medios de transporte que salen de la misma ciudad del Cusco.

3.3.3.2 Cantera de Cunyac

- El agregado Fino que proviene esta cantera tiene propiedades óptimas para la elaboración de concreto en la región Cusco. En la ciudad del Cusco la mayoría de los proveedores de agregados trabajan con esta cantera pese a su elevado costo.

Figura 7. Cantera de Cunyac

Fuente: Google earth

- **Ubicación:** Se localiza en el departamento de Apurímac en la carretera hacia Abancay, el agregado fino se extrae de las riberas del rio Apurímac.

- **Identificación de las Muestras:** Los ensayos que se realizaron al material extraído, fueron los siguientes:

o Muestreo del agregado	MTC E 201 - 2000
o Cantidad de Material Fino que pasa por el Tamiz N° 200	MTC E 202 – 2000
o Contenido de Humedad	MTC E 108 – 2000
o Peso Unitario Suelto y Compactado de los Agregados	MTC E 203 - 2000
o Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos	MTC E 204 – 2000
o Gravedad Especifica y Absorción de los Agregados Finos	MTC E 205 – 2000
o Gravedad Específico y Absorción de los Agregados Grueso	MTC E 206 – 2000
o Ensayo de Abrasión – Los Ángeles	MTC E 207 – 2000

3.4 Ensayos y tecnicas para la recolección de datos

3.4.1 Muestreo del agregado

El muestreo es la toma de una parte significativa del material (agregados finos y gruesos) que será utilizado en la preparación del concreto si las pruebas de laboratorio lo permiten. En el muestreo se debe usar toda precaución para obtener muestras que manifiesten la naturaleza y condición de los materiales que representa, se uso agregado grueso de la cantera de Vicho y agregado fino de la cantera de Cunyac

3.4.1.1 Objetivos:

La referencia normativa estipula los procedimientos de muestreo tanto del agregado fino y del agregado grueso para los siguientes fines:

- Estudio preliminar de la fuente potencial de suministro.
- Control en la fuente de suministro
- Aceptación o rechazo de los materiales
- Control en las operaciones en el sitio de su utilización

3.4.1.2 Materiales y Equipo Utilizado

- Camión
- Contenedores de plástico (250 lt)
- Contenedores de acero galvanizado (250 lt)
- Arpilleras
- Palas
- Carretillas
- Tarimas de madera
- Baldes (18lt)

3.4.1.3 Procedimiento

- Se selecciona la muestra conforme a la norma NTP 400.010 tomando en cuenta las medidas para el correcto muestreo.
- Se usó el Muestreo de flujos de corriente de agregados (Descarga de depósitos o cintas) De la producción seleccionar muestras al azar, tal como se indica en la práctica normalizada ASTM D 3665.
- Se transporta el material en camión, el cual será considerado como muestra representativa del total.
- El agregado será depositado en cilindros de plástico y metal galvanizado, cubiertas de plástico en todo momento para evitar cualquier impureza.
- Se emplean baldes para llevar el agregado al laboratorio una cantidad determinada por el tipo de ensayo que se requiera.

- El número de muestras de campo requeridas depende del estado y variación de la propiedad a medirse.
- Para realizar la medida de muestreo se emplea lo establecido en la tabla 13

Tabla 14: tamaño de muestras mínimas

Máximo tamaño nominal de agregados.	Peso mínimo aproximado de muestras de campo kg (lb).
Agregado fino	
2,36 mm (N° 8)	10 (25)
4,75 mm (N° 4)	10(25)
Agregado grueso	
9,5 mm (3/8")	10(25)
12,5 mm (1/2")	15(35)
19,0 mm (3/4")	25(55)
25,0 mm (1")	50(110)
37,5 mm (1 ½")	75(165)
50,0 mm (2")	100(250)
63,0 mm (2 ½")	125(275)
75,0 mm (3")	150(330)
90,0 mm (3 ½")	175(385)

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000).

3.4.2 Cantidad de Material Fino que Pasa por el Tamiz (N° 200)

3.4.2.1 Referencias Normativas:

- MTC E 202 – 2000

3.4.2.2 Objetivo

- Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa el tamiz normalizado de 75 µm (Nº 200), en el agregado.
- Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua, serán removidas del agregado durante el ensayo.

3.4.2.3 Aparatos

- **Tamices:** Se utiliza el tamiz normalizado de l , l 8 mm (Nº 16) y el de 75 µm (Nº 200), que cumplan con los requisitos de la norma MTC E 202 – 2000 .
- **Recipientes:** Un recipiente de suficiente tamaño para contener la muestra cubierta con agua y permitir una agitación vigorosa sin perdidas de la muestra ni el agua.
- **Balanza:** Sensible a 0.1 % del peso medido.
- **Estufa:** Una estufa de tamaño suficiente capaz de mantener una temperatura uniforme de 105 ºC ± 5 ºC.

3.4.2.4 Muestra de Ensayo

- Muestrear el agregado de acuerdo con la MTC E 202 – 2000 .Si la muestra de ensayo es sometida a un análisis granulométrico de acuerdo con la MTC E 202 – 2000 , cumplir con los requisitos aplicables de este método de ensayo.

- Redúzcase la muestra por cuarteo, hasta un tamaño suficiente, de acuerdo con el tamaño máximo del material, si va a ser sometida a tamizado en seco. En caso contrario, la muestra no será menor que la indicada en la siguiente tabla:

Tabla 15. Cantidad mínima de muestras para ensayo

Tamaño nominal máximo de tamices		Peso mínimo Aprox. de la muestra en gramos (g)
4,75 mm	(N° 4) ó menos	300
9,5 mm	(3/8")	1000
19,0 mm	(3/4")	2500
37,5 mm	(1 ½") o mayor	5000

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales Pág. 2

3.4.2.5 Procedimiento

- Se seca la muestra de ensayo, hasta peso constante, a una temperatura que no exceda los 110 ± 5 °C y pésese con una precisión de 0.1%.
- Después de secada y pesada, colóquese la muestra de ensayo en el recipiente y agréguese suficiente cantidad de agua para cubrirla. Agítese vigorosamente el contenido del recipiente y de inmediato viértase sobre el juego de tamices armado. Se considera satisfactorio el uso de una cuchara grande para agitar la muestra en el agua.
- Se agita con suficiente vigor para lograr la separación total de todas las partículas más finas que el tamiz N° 200 y provocar la suspensión del material fino, de manera que pueda ser removido por decantación del agua de lavado. Es conveniente tener el cuidado necesario para no arrastrar las partículas más gruesas. Repítase esta operación hasta que el agua de lavado salga completamente limpia.
- Devuélvase todo el material retenido en el juego de tamices a la muestra lavada.
- Séquese el agregado lavado hasta obtener un peso constante, a una temperatura que no exceda de 110° ± 5 °C y pésese con una aproximación de 0.1% del peso de la muestra

3.4.2.6 Calculos

- Calcúlese la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200), por lavado de la siguiente forma:

$$A = \frac{B - C}{B} x100$$

Siendo:

A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) por lavado.

B = Peso original de la muestra seca, en gramos.

C = Peso de la muestra seca, después de ser lavada, en gramos.

3.4.3 Método de Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad

3.4.3.1 Referencia Normativa

- MTC E 108 (2000)

3.4.3.2 Objetivo:

- Se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo para determinar el contenido de humedad del agregado.

3.4.3.3 Aparatos

- Balanza, de capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones: de 0,01 g para muestras de menos de 200 g de 0, 1 g para muestras de más de 200 g.
- Envases metálicos para evitar cambio s de peso debido al enfriamiento o calentamiento del mismo.
- Utensilios para manipulación de recipientes, se requiere el uso de guantes para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.
- Otros utensilios, se requiere el empleo de cucharon o espátulas.

3.4.3.4 Procedimiento

- Por cuarteo se obtendrá la cantidad mínima representativa de la muestra total mostrada en la siguiente tabla:

Tabla 16. Cantidad mínima de muestras para ensayo.

Tamaño máximo de las partículas de la muestra	Peso mínimo recomendado de la muestra (gramos)
2'' (50,0 mm)	1000
½'' (12,5 mm)	300
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 40 (0,420 mm)	10 a 50

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000).

- En nuestro caso se usara 500 g para el agregado grueso y 100 g para el agregado fino.
- Las muestras son pesadas antes de ser llevadas al horno, donde seca durante 24 ± 4 horas, a una temperatura constante de 110° ± 05 °C (230 ± 09 °F), para finalmente enfriarlo al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas, continuación se pesa.

3.4.3.5 Cálculos

Se calcula el coeficiente de desgaste de los Ángeles, como el porcentaje de desgaste:

$$W\% = \text{Contenido de Humedad} = (P_1 - P_2)/P_2$$

Siendo:

P_1 = Peso de la muestra húmeda antes del ensayo.

P_2 = Peso de la muestra seca después del ensayo.

3.4.4 Peso Unitario Compactado de los agregados

3.4.4.1 Referencia Normativa:

- MTC E 203

3.4.4.2 Objetivo

- Establecer el método para determinar el peso unitario suelto y el porcentaje de los vacíos de los agregados, ya sean finos, gruesos o una mezcla de ambos

3.4.4.3 Aparatos

- Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0,1% del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Varilla compactadora, de acero, cilíndrica, un extremo debe ser semiesférico, de 16 mm (5 /8") de diámetro, con una longitud aproximada de 600 mm (24") usado con agregado grueso y de 10 mm (3 /8") de diámetro, con una longitud aproximada de 300 mm (12") usado con agregado fino.
- Cucharon metálico, semicircular, para la manipulación del agregado.
- Recipientes metálicos, cilíndricos (proctor), con el fondo y bordes pulidos, planos y suficientemente rígidos, para no deformarse bajo duras condiciones de trabajo. La capacidad del recipiente utilizado en el ensayo, depende del tamaño máximo de las partículas del agregado que se va a medir, de acuerdo con los límites establecidos en la tabla 16:

Tabla 17. Capacidad de medida

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad de la medida [A]	
mm	**pulgadas**	**L(m^3)**	**L(p^3)**
12,5	½	2,8 (0,0028)	1/10
25,0	1	9,3 (0,0093)	1/3
37,5	1 1/2	14,0 (0,014)	1/2
75,0 3	3	28,0 (0,028)	1
112,0	4 1/2	70,0 (0,070)	2 1/2

[A] la medida indicada será utilizada para ensayar agregados con tamaño máximo nominal igual o menor

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000).

- En nuestro caso se usa el volumen de 0,002024 m3 para el agregado grueso y se usa el volumen de 0,000937 m^3 para el agregado fino.

3.4.5 Peso Unitario Suelto de los Agregados.

- Usado para determinar el volumen del agregado y vacíos dentro de un volumen conocido

3.4.5.1 Referencia Normativa:

- MTC E 203 – 2000

3.4.5.2 Procedimiento

- El agregado es colocado de manera continua en el proctor por medio de un cucharon.
- Habiendo colmado el proctor con agregado, se enrasa con la varilla la superficie del proctor, de tal manera que esté nivelada.

3.4.5.3 Cálculos

- Calcúlese el peso unitario suelto y compactado de la siguiente forma:

$$\mathrm{Pu} = \frac{P_a}{V_p}$$

Siendo:

P_a = Diferencia del peso de la muestra más el proctor menos el peso proctor (kg).

V_p= Volumen del proctor utilizado (m^3).

Pu= Peso unitario suelto o compactado (kg/m^3).

3.4.6 Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos

3.4.6.1 Referencia Normativa

- MTC E 204 – 2000

3.4.6.2 Objetivo

- Determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada.

3.4.6.3 Aparatos

- Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0,1% del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Tamices. seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.
- Estufa, de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura constante y uniforme de 110° ± 05 °C .

3.4.6.4 Muestra

- Las muestras son obtenidas por cuarteo manual, el cual tanto para la granulometría para agregado grueso y fino debe de contener suficiente humedad para evitar perdida de finos y segregación.
- Agregado fino, la cantidad mínima de muestra para el ensayo será de 300 g.
- Agregado grueso, la cantidad mínima de muestra para el ensayo se obtendrá de la siguiente tabla:

Tabla 18. Cantidad mínima de muestras para ensayo

Máximo tamaño nominal con aberturas cuadradas		Peso mínimo de la muestra de ensayo
Mm	**pulg**	**kg**
9.5	3/8	1
12.5	1/2	2
19	3/4	5
25	1	10
37.5	1 1/2	15
50	2	20
63	2 1/2	35
75	3	60
90	3 1/2	100
100	4	150
112	1/2	200
125	5	300
150	6	500

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000).

- Se usa para el agregado fino una cantidad mínima de 300 gr(interpolando el tamaño maxino nominal) y para el agregado grueso una cantidad mínima de 5 kg para este ensayo.(tamaño máximo nominal ¾)

3.4.6.5 Preparación de la muestra

- Lavar la muestra, secarla durante 24 ± 4 horas, a una temperatura constante y uniforme de 110° ± 05 °C (230 ± 09 °F).

3.4.6.6 Procedimiento

- Seleccionar los tamices de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado. Ordenar de forma descendente al tamaño de la apretura cuadrada los tamices seleccionados para el ensayo.
- Se utiliza el tamizado manual, debido al mejor control y confiabilidad de resultados.
- Al realizar el tamizado manual se debe de realizar durante un periodo adecuado, para luego realizar el tamizado manual de manera individual, durante un minuto, colocando la tapa y un fondo que ajuste de tal manera que no deje holgaduras y por tanto evitar la pérdida de partículas, para lo cual se debe de golpear secamente los lados del tamiz.
- Las muestras tomadas fueron únicamente usadas solamente una vez, además se debe tener en cuenta que todas partículas del agregado tengan la oportunidad de estar en contacto con las mallas de los tamices, lo cual está vinculado a la cantidad de agregado usado en este ensayo.

3.4.6.7 Cálculos

- Calcúlese el porcentaje que pasa, el porcentaje total retenido, o el porcentaje de las fracciones de varios tamaños, con base en el peso total de la muestra inicial seca.

- El módulo de fineza se calculará como la división de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en las siguientes mallas: 150 µm (Nº 100), 300µm (Nº 50), 600 µm (Nº 30), 1,18 mm (Nº 16), 2,36 mm (Nº 8), 4,75 mm (Nº 4), 9,5 mm (3/8"), 19,0mm (3/4"), 37,5 mm (1 ½") y mayores, siendo el incremento en la relación de 1 a 2.

3.4.7 Gravedad Específica y Absorción de agregados finos .

3.4.7.1 Referencias Normativas

- MTC E 205 – 2000

3.4.7.2 Objetivo

- Describe el procedimiento y determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas de sumergido en agua el agregado fino.

3.4.7.3 Definiciones

- Volúmenes aparentes, en un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan.
- Volumen nominales., s en un sólido permeable, si se excluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan "nominal".
- Peso específico aparente, en un sólido permeable se define a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente.
- Peso específico nominal, en un sólido permeable se define a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

3.4.7.4 Aparatos

- Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0,1% del peso de la muestra que se va a ensayar.

- Matraz aforado o picnómetro, en el que se puede introducir la totalidad de la muestra y capaz de apreciar volúmenes con una exactitud de ± 0,1 cm^3. Su capacidad hasta el enrase será, como mínimo, un 50 por ciento mayor que el volumen ocupado por la muestra.
- Molde cónico. Un tronco de cono recto, construido con una chapa metálica de 0,8 mm de espesor como mínimo, y de 40 ± 3 mm de diámetro interior en su base menor, 90 ± 3 mm de diámetro interior en una base mayor y 75 ± 3 mm de altura.
- Varilla para apisonado, metálica, recta, con un peso de 340 ± 15 g y terminada por uno de sus extremos en una superficie circular plana para el apisonado, de 25 ± 3 mm de diámetro.
- Bandejas metálica, de tamaño apropiado.
- Horno que proporcione una corriente de aire caliente de velocidad moderada.

3.4.7.5 Procedimiento

- Se toma una muestra representativa de agregado fino (Norma MTC E 201 – 2000).
- La muestra es llevada al horno durante 24 horas a 110°C ± 5°C, y posteriormente se pesa.
- Se deja saturar inmersa en el agua la muestra seca durante 24 horas.
- Posteriormente se seca superficialmente con una franela hasta la condición superficialmente seca SSS (Se lograba esta condición cuando introduciéndolo en un cono y dándole 25 golpes con un pisón se desmorona el material al retirar el cono).
- Se pesa el material superficialmente seco.
- Se pesa el picnómetro lleno de agua hasta 1000 ml.
- La muestra se introduce en un picnómetro de capacidad de 1000 ml y se succiona el aire atrapado, luego se pesa el matraz más agua, más muestra de material.

- Luego se seca el material en un horno a 110°C ± 5°C hasta la condición seca del material, para obtener la absorción del material.
- Es válido decir que se emplea el Principio de Arquímedes, el cual enuncia que, "el volumen de agua que asciende es igual al volumen del cuerpo sumergido", como principio para el ensayo de peso específico del agregado fino y del agregado grueso.
- El agregado es sacado a un envase metálico para decantar el agua cuidadosamente para evitar la pérdida de finos, luego secar la muestra durante 24 ± 4 horas, a una temperatura constante y uniforme de 110° ± 05 °C (230 ± 09 °F), finalmente determinar el peso seco.
- El peso específico del agregado fino es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas.

3.4.7.6 Cálculos

- Calcúlese el peso específico y absorción de agregados de la siguiente forma:

$$\text{Peso especifico aparente} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{Peso especifico aparente(S.S.S.)} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{Peso especifico nominal} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Abosrcion} = \frac{S - A}{A} \; X \; 100$$

Nota S.S.S. = saturado con Superficie Seca

Siendo:

A = Peso al aire de la muestra desecada, en gramos.

B = Peso del picnómetro aforado lleno de agua, en gramos.

C = Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua, en gramos.

S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca en gramos.

3.4.8 Gravedad Específica y Absorción de Agregados Gruesos (MTC E 206 – 2000).

3.4.8.1 Referencia Normativa

MTC E 206 – 2000

3.4.8.2 Objetivo

- Describe el procedimiento y determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas de sumergido en agua el agregado grueso.

3.4.8.3 Definiciones

- Volúmenes aparentes, en un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan
- Volumen nominales., s en un sólido permeable, si se excluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan "nominal".
- Peso específico aparente, en un sólido permeable se define a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente.
- Peso específico nominal, en un sólido permeable se define a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

3.4.8.4 Aparatos

- Balanzas, con capacidad igual o superior a 5000 g, según el tamaño máximo de la muestra para ensayo, con sensibilidad de 0.5 g para pesos hasta de 5000 g.

- Canastillas metálicas, como recipientes para las muestras en las pesadas sumergidas. Se dispondrá de dos tipos de canastillas metálicas, de aproximadamente igual base y altura, fabricadas con armazón de suficiente rigidez y paredes de tela metálica con malla de 3 mm.
- Para agregados con tamaño máximo inferior a 38 mm (1 ½") se utilizarán canastillas con capacidades de 4 a 7 dm3 y para tamaños superiores canastillas con capacidades de 8 a 16 dm3 (litros).
- Dispositivo de suspensión. Se utilizará cualquier dispositivo que permita suspender las canastillas de la balanza, una vez sumergida.

3.4.8.5 Preparación de la Muestra

- Se comienza por mezclar completamente los agregados, cuarteándolos a continuación, hasta obtener aproximadamente la cantidad mínima necesaria para el ensayo, después de eliminar el material inferior a 4.75 mm. Las cantidades mínimas para ensayo se indican en el cuadro, en función del tamaño máximo nominal del agregado

Tabla 19. Cantidad mínima de muestras para ensayo.

Tamaño máximo nominal		Cantidad mínima de muestra
Mm	**(pulg)**	**Kg**
Hasta 12,5	½	2
19,0	¾	3
25,0	1	4
37,5	1 ½	5
50,0	2	8
63,0	2 ½	12
75,0	3	18
90,0	3 ½	25

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000).

- En nuestro caso se usa 3 kg debido dedo que es la cantidad mínima correspondiente al tamaño máximo nominal ¾".
- La muestra se lava inicialmente con agua hasta eliminar completamente el polvo u otras sustancias extrañas adheridas a la superficie de las partículas; se seca a continuación en una estufa a 100° - 110 °C y se enfría al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante, y se sumerge en agua, también a temperatura ambiente, durante 24 ± 4 horas.
- El agregado es sacado del agua para ser secado con un pifio absorbente de gran tamaño, secar el agregado superficialmente de manera uniforme, determinar el peso de la muestra saturada superficialmente seca (S.S.S.).
- A continuación llevar el agregado dentro de la canastilla metálica para determinar el peso sumergido, tener cuidado en incluir aire en la canastilla, determinar el peso sumergido.
- La muestra se seca en el horno durante 24 ± 04 horas, a una temperatura constante y uniforme de 110° ± 05 °C (230 ± 09 °F), para luego que pase a enfriar al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas, determinar el peso seco

3.4.8.6 Cálculos

Calcúlese el peso específico y absorción de agregados de la siguiente forma:

$$\text{Peso especifico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso especifico aparente(S.S.S.)} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso especifico nominal} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Abosrcion} = \frac{B - A}{A} X\ 100$$

Nota S.S.S. = saturado con Superficie Seca

Siendo:

A = Peso al aire de la muestra seca, en gramos.

B = Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca, en gramos.

C = Peso sumergido en agua de la saturada, en gramos.

S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca en gramos

3.4.9 Abrasión los Ángeles (L.A) al Desgaste de los Agregados de Tamaños Menores de 37.5mm (1 ½")

3.4.9.1 Referencia Normativa

- MTC E 206 – 2000

3.4.9.2 Objetivo

- Describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de los pesos específicos aparente y nominal, así como la absorción, después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño igual o mayor al tamiz N° 4.

3.4.9.3 Aparatos

- Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0,1% del peso de la muestra ensayada.
- Tamices. seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material ensayado.
- Máquina de Los Ángeles, la máquina para el ensayo.

- Carga abrasiva, formada por las esferas de acero de fundición de diámetro 46,38 mm (1 13/16") y 47,63 mm (1 7/8") y peso comprendido entre 390 g y 445 g. La carga abrasiva dependerá de la granulometría de ensayo, según de muestra en la siguiente tabla:

Tabla 20. Carga abrasiva

Granulometría de ensayo	Número de esferas	Peso Total (gramos)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000).

3.4.9.4 Procedimiento

- Lavar la muestra, secarla durante 24 ± 4 horas, a una temperatura constante y uniforme de 110° ± 05 °C (230 ± 09 °F).
- Tamizar el agregado hasta obtener lo necesario según la granulometría del agregado, según la siguiente tabla:

Tabla 21. Granulometría de la muestra de agregado para ensayo

Medida del tamiz (abertura cuadrada)						Masa de tamaño indicado (gramos).			
Que pasa			Retenido sobre			Gradación			
						A	B	C	D
37,5	mm	(1 1/2")	25,0	mm	(1")	1 250 ± 25			
25,0	mm	(1")	19,0	mm	(3/4")	1 250 ± 25			
19,0	mm	(3/4")	12,5	mm	(1/2")	1 250 ± 10	2 500 ± 10		
12,5	mm	(1/2")	9,5	mm	(3/8")	1 250 ± 10	2 500 ± 10		
9,5	mm	(3/8")	6,3	mm	(1/4")			2 500 ± 10	
6,3	mm	(1 1/4")	4,75	mm	(N° 4)			2 500 ± 10	
4,75	mm	(N° 4)	2,36	mm	(N° 8)				5 000 ± 10
TOTALES						5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000).

- En nuestro caso se usa la gradación B ya que el tamaño máximo nominal es de ¾", por tanto se tendrá que usar 11 esferas.

- La muestra y la carga abrasiva serán puestas dentro de la máquina de los Ángeles, el tambor de este girara a una velocidad de 30 y 33 rpm, siendo 500 el número total de vueltas, culminado el ensayo tamizarlo a través del tamiz n° 12(1,70 mm), luego se tamiza el agregado que pasa en la malla No12, se empleara el agregado total retenido en el tamiz No 12, se lava y seca durante 24 ± 4 horas, a una temperatura constante de 110° ± 05 °C (230 ± 09 °F), para finalmente enfriarlo al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas, continuación se pesa.

3.4.9.5 Calculos

Calcúlese el coeficiente de desgaste de los Ángeles, como el porcentaje de desgaste:

$$\% \text{ Desgaste} = 100\ x\ \frac{(P_1 - P_2)}{P_1}.$$

Siendo:

P_1 = Peso de la muestra seca antes del ensayo.

P_2 = Peso de la muestra seca después del ensayo.

3.5 RESULTADOS DE LABORATORIO

3.5.1 Propiedades del Agregado Fino

Tabla 22. Análisis granulométrico de Agregados Finos (agregado fino tratado).

TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm^2 ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO

Norma de Referencia: **MTC E 204 - 2000** **Fecha de ensayo:** 24/08/2019

Peso Muestra= 1000.03 gr

Tamaño de la Malla ASTM	Nº malla	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo que Pasa	MTC E 204-2000	
						LI	LS
9.5mm	3/8"	0	0	0	100	100	100
4.75mm	Nº 4	21.67	2.167	2.167	97.833	95	100
2.36mm	Nº 8	35.87	3.587	5.754	94.246	80	100
1.16mm	Nº 16	169.11	16.910	22.664	77.336	50	85
600 µm	Nº30	231.44	23.143	45.808	54.192	25	60
300 µm	Nº50	300.81	30.080	75.888	24.112	5	30
150 µm	Nº100	221.33	22.132	98.020	1.980	0	10
<150 µm	<Nº100	19.8	1.980	100.000	0.000	-	-
	Σ(suma)	1000.03					

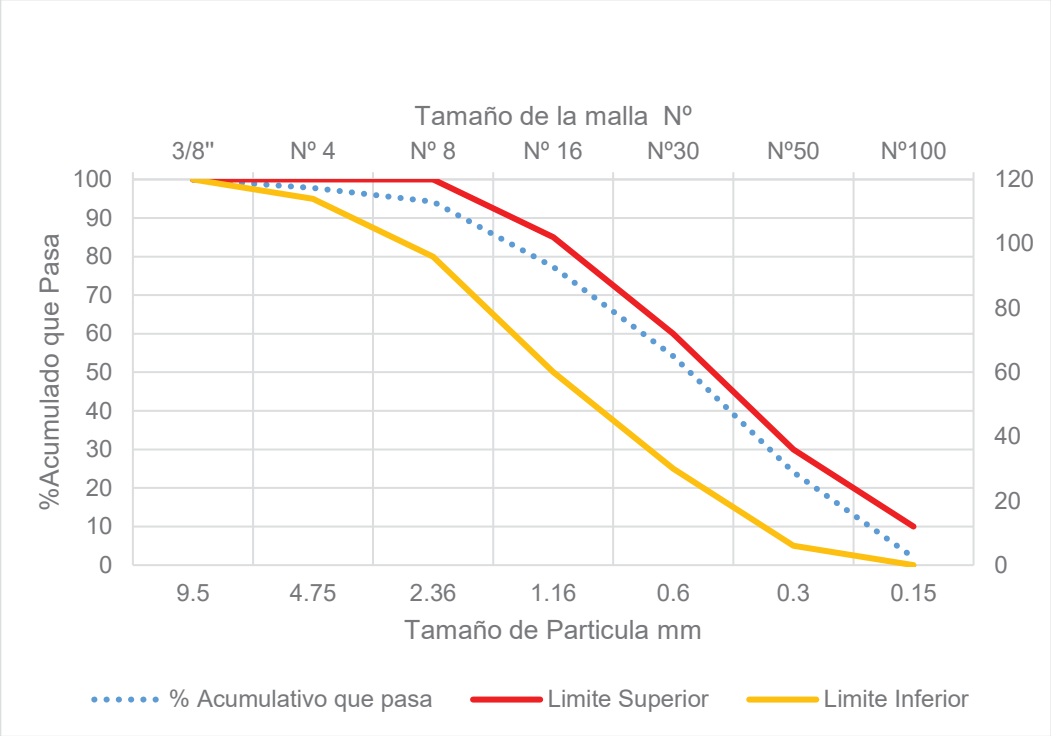
$$M.F = \frac{\%ret.acumulado(N°4+N°8+N°16+N°30+N°50+N°100)}{100}$$

$$M.F = \frac{2.167 + 5.754 + 22.734 + 45.878 + 75.958 + 98.02}{100}$$

MODULO DE FINEZA= **2.503**

BACH.
TORRES NINA CARLOS SAUL
VERA CCASA GUIDO ALEX

Figura 17. Curva granulométrica agregado fino



Fuente; Elaboración Propia

Figura 8. Ensayo: Granulometría del agregado Fino

Fuente: Propia

Tabla 23. Cantidad de material fino que pasa por el tamiz No 200.

TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm^2 ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200 (MTC E 202 -2000).

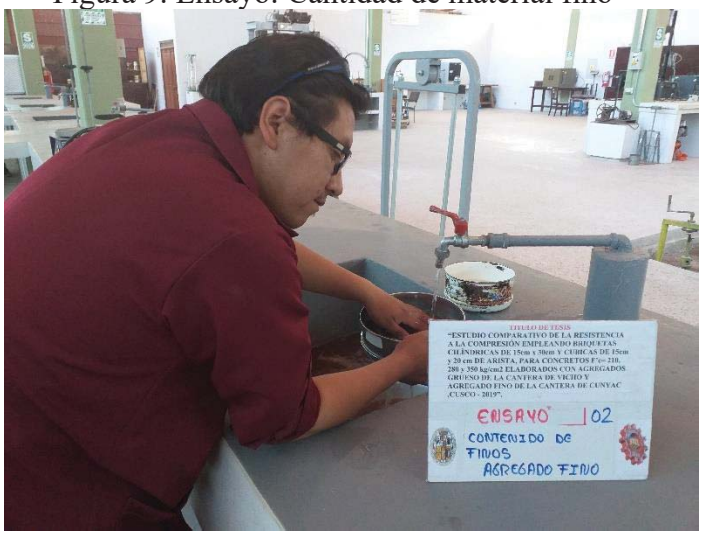
UBICACIÓN: LABORATORIO DE EPIC UNSAAC FECHA: 23/07/2019

MUESTRA: AGREGADO FINO DE CANTERA CUNYAC

Cálculos:	M-1	M2	M3	PROM
B = Peso original de la muestra seca.(gr.)	300.02	300.01	299.98	
C =Peso de la muestra seca después del ensayo(gr)	294.94	294.1	295.78	
A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz No. 200 = 100x(B-C)/B	1.68 %	1.96%	1.40%	1.69%

Fuente; Elaboración Propia

Figura 9. Ensayo: Cantidad de material fino



Fuente: Propia

Tabla 24. Gravedad específica y absorción de agregados finos.

TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm^2 ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS.

(MTC E 205 -2000)

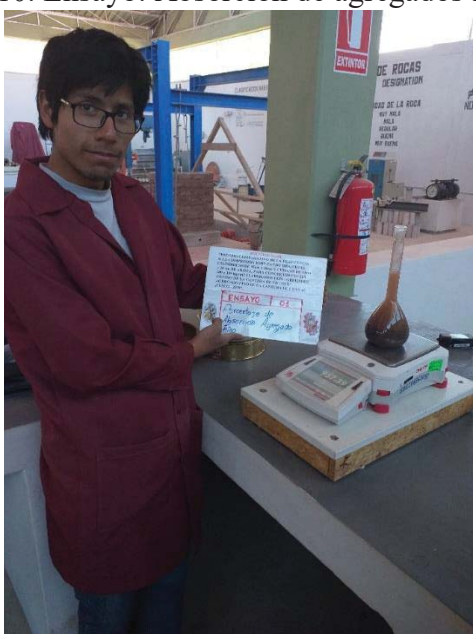
UBICACIÓN: LABORATORIO DE EPIC UNSAAC FECHA:06/08/2019

MUESTRA: AGREGADO FINO CANTERA CUNYAC

Cálculos	M-1(gr)	M-2(gr)	M-3(gr)	Prom
A = Peso al aire de la muestra desecada.	492.96	493.21	490.66	
B = Peso del picnómetro aforado lleno de agua.	641.26	641.17	637.85	
C = Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua.	957.39	957.51	957.42	
S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca.	499.99	500.12	499.99	
Peso específico aparente= A/(B+S-C)	2.681	2.683	2.719	2.695
Absorción= (S-A)/A x100	1.426	1.401	1.90	1.576

Fuente; Elaboración Propia

Figura 10. Ensayo: Absorción de agregados finos



Fuente: Propia

Tabla 25. Peso unitario suelto y compactado de agregado fino

TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm^2 ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".					
PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADO (MTC E 203 - 2000)					
UBICACIÓN: LABORATORIO DE EPIC UNSAAC FECHA:26/07/2019 MUESTRA: AGREGADO FINO CANTERA CUNYAC					
Peso unitario compactado:					
Cálculos:	Unidad	M-1	M-2	M-3	
P_a = Diferencia del peso de la muestra más el proctor menos el peso proctor.	kg	1,603	1,624	1,613	Promedio
V_p = Volumen del proctor utilizado.	m^3	9,37E-04	9,37E-04	9,37E-04	
Pu = Peso unitario =P_a/V_p	kg/m^3	1 711,63	1 733,29	1 721.61	1 722.18
Peso unitario suelto:					
	Unidad	M-1	M-2	M-3	
P_a = Diferencia del peso de la muestra más el proctor menos el peso proctor.	kg	1,519	1,493	1,504	Promedio
V_p = Volumen del proctor utilizado.	m^3	9,37E-04	9,37E-04	9,37E-04	
Pu = Peso unitario =P_a/V_p	kg/m^3	1 621,59	1 593,49	1 605.97	1 607.01

Fuente; Elaboración Propia

Figura 11. Ensayo: Peso unitario suelto

Fuente: Propia

Tabla 26. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad del Agregado Fino.

TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm^2 ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD. (MTC E 108 – 2000)

UBICACIÓN: LABORATORIO DE EPIC UNSAAC FECHA: 01/08/2019

MUESTRA: AGREGADO FINO DE CANTERA CUNYAC

Cálculos:	M-1 (gr)	M2(gr)	M3(gr)	Pr.(gr)
PTS=Peso total de la capsula mas la muestra humeda	162.25	166.22	160.94	
PTH=Peso total de la capsula mas la muestra seca	156.74	160.92	155.63	
PC=Peso de la capsula	56.92	62.12	58.99	
P1 = Agregado humedo = PTH-PC	105.33	104.1	101.95	
P2 = Agregado seco = PTS-PC	99.82	98.8	96.64	
W% = Contenido de Humedad= $(P_1 - P_2)/P_2$	5.51 %	5.36%	5.49	5.46

Fuente; Elaboración Propia

Figura 12. Ensayo: Contenido de humedad

Fuente: Propia

BACH.
TORRES NINA CARLOS SAUL
VERA CCASA GUIDO ALEX

3.5.2 Propiedades del Agregado Grueso.

Tabla 27. Cantidad de material fino que pasa por el tamiz No 200.

TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm^2 ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200.
(MTC E 202 -2000)

UBICACIÓN: LABORATORIO DE EPIC UNSAAC FECHA: 01/08/2019
MUESTRA: AGREGADO GRUESO DE CANTERA VICHO

	M-1	M-2	M-3	PROM
B = Peso original de la muestra seca.	2500,11	2500,15	2500,05	
C = Peso de la muestra seca después del ensayo	2476,72	2477,30	2475,14	
A %= Porcentaje del material fino que pasa el tamiz No. = 100x(B-C)/B	0.93%	0.91%	0.99%	0.94%

Fuente; Elaboración Propia

Tabla 28. Peso Unitario suelto y compactado del agregado grueso.

TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm^2 ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO
(MTC E 203 -2000).

UBICACIÓN: LABORATORIO DE EPIC UNSAAC FECHA: 01/08/2019
MUESTRA: AGREGADO GRUESO DE CANTERA VICHO

Peso unitario compactado

Cálculos	Unidad	M-1	M-2	M-3	
Pm=Peso de la muestra compactada mas proctor	kg	9.814	9.836	9.827	
Pp=Peso del proctor	kg	6.559	6.559	6.559	
P_a = Diferencia del peso de la muestra más el proctor menos el peso proctor.	kg	3,255	3.277	3.268	Promedio
V_p = Volumen del proctor utilizado.	m^3	2,02E-03	2,02E-03	2,02E-03	
Pu = Peso unitario =P_a/V_p	kg/m^3	1 608.20	1 619,07	1 614,62	1 613,96

	Peso unitario suelto				
Cálculos	Unidad	M-1	M-2	M-3	
Pm=Peso de la muestra suelta mas proctor	kg	9.394	9.419	9.442	
Pp=Peso del proctor	kg	6.559	6.559	6.559	Promedio
P_a = Diferencia del peso de la muestra más el proctor menos el peso proctor.	kg	2,835	2.860	2.883	
V_p = Volumen del proctor utilizado.	m^3	2,02E-03	2,02E-03	2,02E-03	
Pu = Peso unitario $=P_a/V_p$	kg/m^3	1 400,69	1 413,04	1 424,41	1 412,71

Fuente: Elaboracion propia

Figura 13. Ensayo: Peso unitario compactado

Fuente: Propia

Tabla 29. Análisis granulométrico de agregados gruesos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO

Normas de Referencia: **MTC E 204 - 2000** **Fecha de ensayo:** 24/08/2019

Peso Muestra= 2499.95 gr **HUSO 57**

Tamaño de la Malla ASTM	Designación	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido(%)	Porcentaje Acumulativo que Pasa	MTC E204-2000	
						LI	LS
25.40	**1"**	0.00	0	0	100	100	95
19.05	**3/4"**	404.72	16.189	16.189	83.811	-	-
12.70	**1/2"**	1333.53	53.342	69.531	30.469	60	25
9.52	**3/8"**	477.88	19.116	88.647	11.353	-	-
4.750	**N° 4**	261.62	10.465	99.112	0.888	0	10
CAZUELA	**< N°4**	22.20	0.888	100.000	0.000	0	5
	Σ(suma)	2499.95					

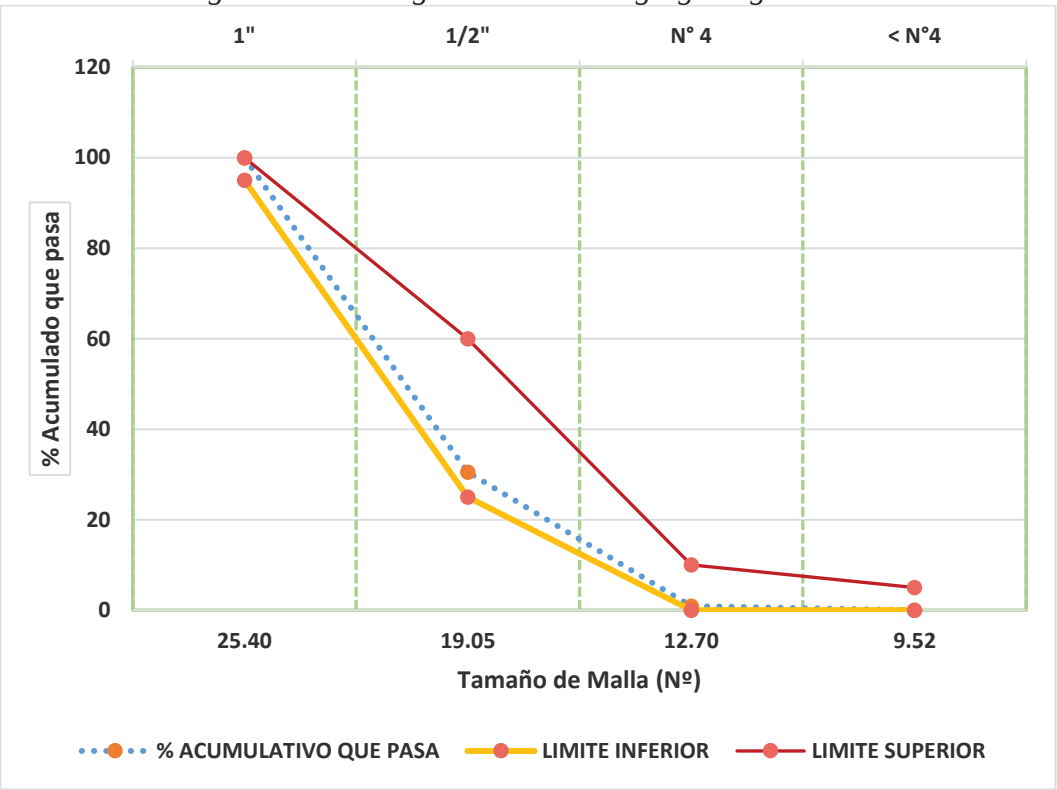
$$M.F = \frac{16.189 + 88.647 + 99.112 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	1''
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO	¾''
MODULO DE FINEZA=	**7.039**

Fuente: Elaboracion propia

BACH.
TORRES NINA CARLOS SAUL
VERA CCASA GUIDO ALEX

Figura 14. Curva granulométrica agregado grueso



Fuente: Elaboracion propia

Figura 15. Ensayo: Análisis granulométrico

Fuente: Propia

BACH.
TORRES NINA CARLOS SAUL
VERA CCASA GUIDO ALEX

Tabla 30. Gravedad específica y absorción de agregados gruesos.

TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm^2 ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESO. (MTC E 205 -2000)

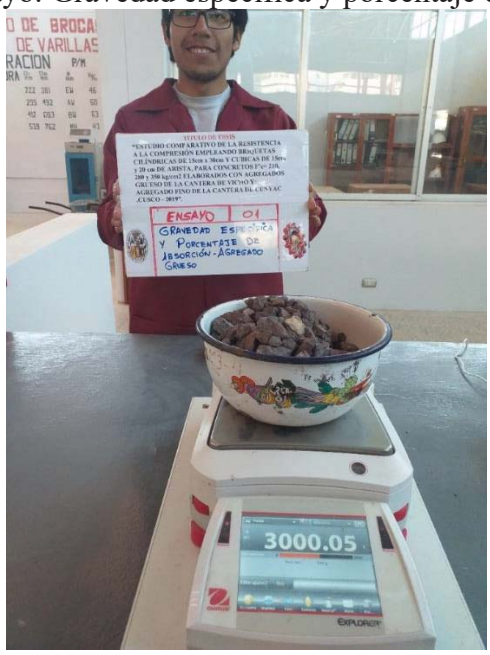
UBICACIÓN: LABORATORIO DE EPIC UNSAAC — FECHA: 06/08/2019

MUESTRA: AGREGADO FINO CANTERA CUNYAC

Cálculos	M-1(gr)	M-2(gr)	M-3(gr)	PRO M(gr)
A = Peso al aire de la muestra desecada.	3000.05	3000.02	3000.01	
B = Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca.	3058.45	3054.26	3061.63	
C = Peso sumergido en agua de la muestra saturada.	1948.2	1952.3	1942.5	
Peso específico aparente= A/(B-C))	2.702	2.722	2.680	2.701
Absorción= (B-A)/A x100	1.946	1.808	2.054	1.936

Fuente: Elaboracion propia

Figura 16. Ensayo: Gravedad específica y porcentaje de absorción.



Fuente: Propia

BACH.
TORRES NINA CARLOS SAUL
VERA CCASA GUIDO ALEX

Tabla 31. Abrasión los ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm

TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm^2 ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".

ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 ½") (MTC E 207 -2000)

UBICACIÓN: LABORATORIO DE EPIC UNSAAC FECHA: 30/07/2019

MUESTRA: AGREGADO GRUESO DE CANTERA VICHO

Cálculos	M-1	M-2	M-3	
P1 = Peso seco antes del ensayo	5 000,75	5000.60	5000.01	PROMEDIO
P2 = Peso seco después del ensayo	3307.16	3321.08	3319.12	
%DESGASTE=100x(P1-P2)/P1	33.87%	33.59%	33.62%	33.69%

Fuente: Elaboracion propia

Figura 17. Ensayo: Abrasión los Ángeles

Fuente: Propia

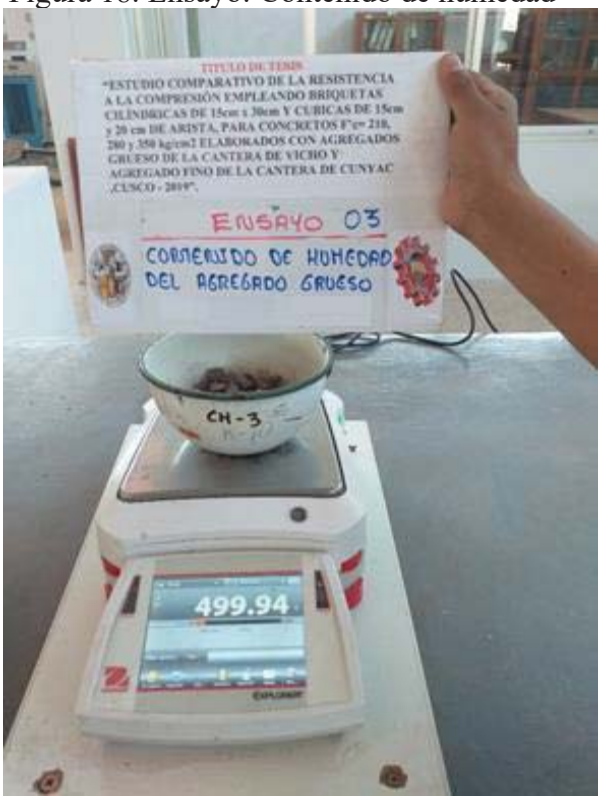
BACH.
TORRES NINA CARLOS SAUL
VERA CCASA GUIDO ALEX

Tabla 32. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de Agregados Gruesos.

TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm^2 ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".				
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD. (MTC E 108 – 2000)				
UBICACIÓN: LABORATORIO DE EPIC UNSAAC			FECHA: 02/08/2019	
MUESTRA: AGREGADO FINO DE CANTERA CUNYAC				
Cálculos	M-1	M-2	M-3	PROMEDIO
P1 = Peso seco antes del ensayo	5 00,27	500.06	499.94	
P2 = Peso seco después del ensayo	494.45	491.81	491.87	
W% = Contenido de Humedad= $(P_1 - P_2)/P_2$	1.18%	1.68%	1.64%	1.50%

Fuente: Elaboracion propia

Figura 18. Ensayo: Contenido de humedad



Fuente: Propia

BACH.
TORRES NINA CARLOS SAUL
VERA CCASA GUIDO ALEX

Agregado global

Finalmente determinaremos la compacidad máxima y su respectivo análisis granulométrico de todo el agregado.

Primero se obtendrá la máxima compacidad, es decir el mejor porcentaje de combinación de agregado global (agregado grueso y agregado fino), obteniendo los Pesos Unitarios Compactados para las diferentes combinaciones realizadas:

Tabla 33.Peso unitario compactado del agregado global según porcentajes

TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm^2 ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".

AGREGADO GLOBAL (NTP 400.037 2014)

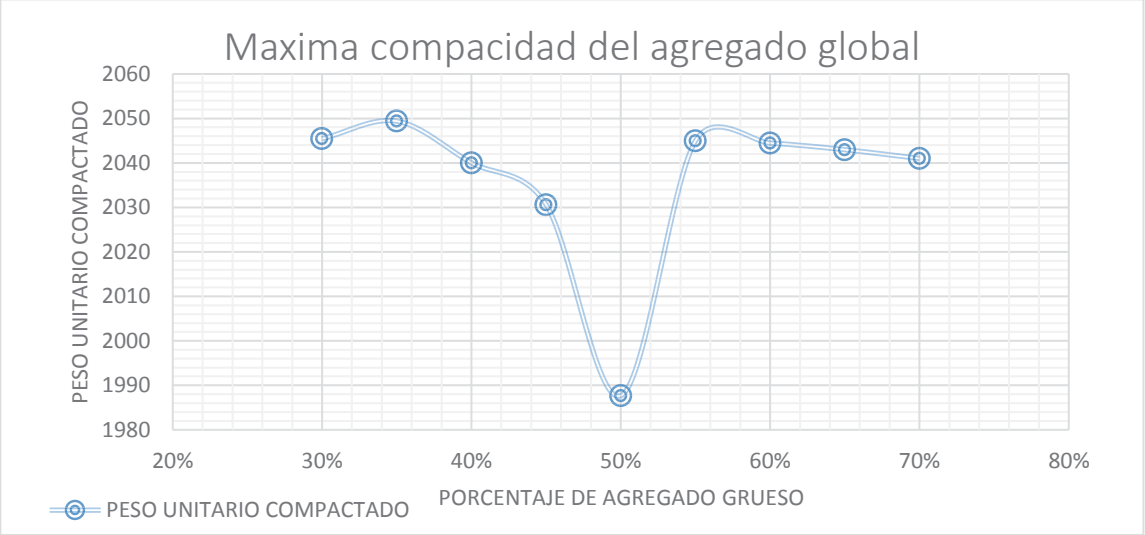
UBICACIÓN: LABORATORIO DE EPIC UNSAAC FECHA: 06/08/2019

MUESTRA: AGREGADO GRUESO CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE CANTERA CUNYAC

Porcentaje de Agregado grueso	Porcentaje de Agregado fino	Peso del agregado global (kg).	Volumen del proctor (m^3).	Peso unitario compactado (kg/m^3).
30%	70%	4.140	0,002024	2045.45455
35%	**65%**	**4.148**	**0,002024**	**2049.40711**
40%	60%	4.129	0,002024	2040.01976
45%	55%	4.110	0,002024	2030.63241
50%	50%	4.023	0,002024	1987.64822
55%	45%	4.139	0,002024	2044.96047
60%	40%	4.138	0,002024	2044.4664
65%	35%	4.135	0,002024	2042.98419
70%	30%	4.131	0,002024	2041.00791

Fuente :elaboracion propia

Figura 19. Máxima compacidad del agregado global



Fuente: Elaboracion propia

El valor mayor del peso unitario compactado obtenido es **2049.40711** kg/m3, correspondiente a la combinación 35% de agregado grueso y 65% de agregado fino

Seguidamente se realizo el análisis granulométrico del agregado global considerando los limites granulométricos que se indica en la NTP 400.037 2014.

Tabla 34. Limites granulométricos del agregado global

Tamiz	Tamaño máximo nominal	Tamaño máximo nominal	Tamaño máximo nominal
	37,5 mm (1 ½ pulg)	19,9 mm (3/4 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)
50 mm (2 pulg)	100	-	-
37,5 mm (1 ½ pulg)	95 a 100	**100**	-
19,0 mm (3/4 pulg)	45 a 80	**95 a 100**	-
12,5 mm (1/2 pulg)	-	**-**	100
9,5 mm (3/8 pulg)	-	**-**	95 a 100
4,75 mm (No. 4)	25 a 50	**35 a 55**	30 a 65
2,36 mm (No. 8)	-	**-**	20 a 50
1,18 mm (No. 16)	-	**-**	15 a 40
600 µm (No. 30)	8 a 30	**10 a 35**	10 a 30
300 µm (No. 50)	-	**-**	5 a 15
150 µm (No. 100)	0 a 8	**0 a 8**	0 a 8

Fuente: NTP 400.037 2014

Dado que para nuestro caso el agregado tiene un tamaño máximo nominal de ¾'' por tanto se selecciona los limites granulométricos correspondientes.

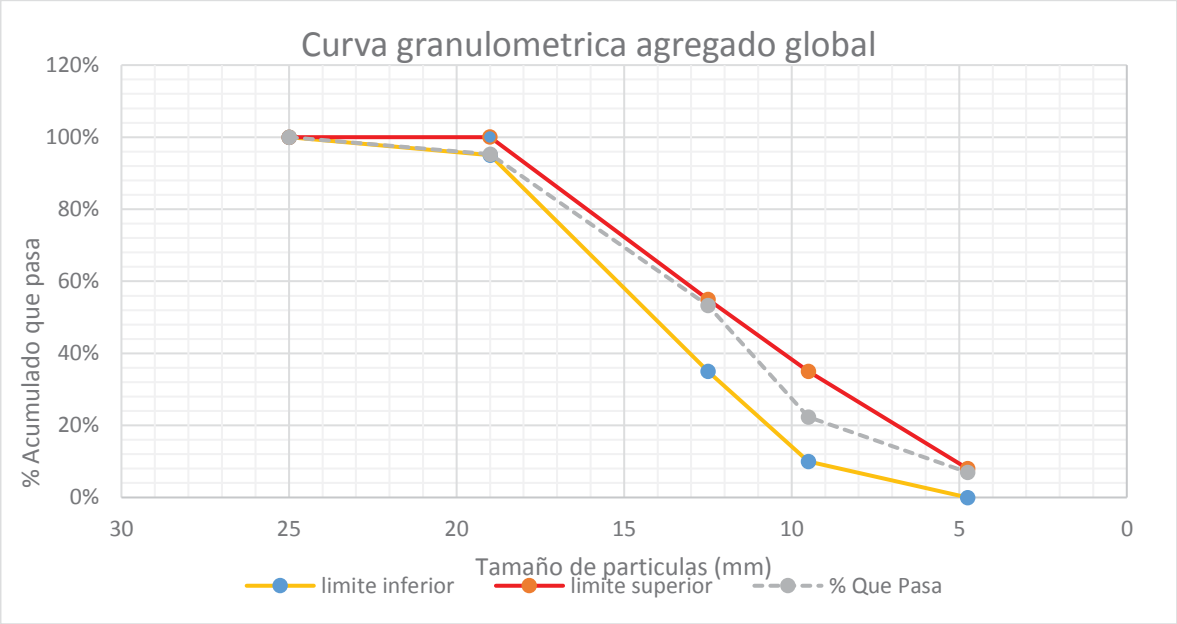
Tabla 35. Análisis granulométrico del agregado global (Agregado Grueso 35% y Agregado Fino 65%).

Tamiz		Peso retenido	Porcentaje retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificación Limites Granulométricos		
Pulg.	mm.							
1"	25,00	0	0.00%	0.00%	100.00%	100		100
3/4"	19,00	190	4.72%	4.72%	95.28%	95		100
1/2"	12,50	745	18.52%	23.24%	76.76%		-	
3/8"	9,50	326	8.10%	31.34%	68.66%		-	
Nº 04	4,75	620	15.41%	46.75%	53.25%	35	-	55
Nº 08	2,36	273	6.78%	53.53%	46.47%		-	
Nº 16	1,18	780	19.38%	72.92%	27.08%		-	
Nº 30	0,60	193	4.80%	77.71%	22.29%	10	-	35
Nº 50	0,30	365.21	9.08%	86.79%	13.21%		-	
Nº 100	0,15	250.64	6.23%	93.02%	6.98%	0	-	8
FONDO	0,08	280.91	6.98%	100.00%	0.00%		-	

Fuente; Elaboración Propia

Finalmente elaborando la curva granulométrica del agregado global se obtiene :

Figura 19. Curva granulométrica agregado global



Fuente: Elaboracion propia

BACH.
TORRES NINA CARLOS SAUL
VERA CCASA GUIDO ALEX

Figura 20. Ensayo: Agregado Global

Fuente: Propia

3.6 DISEÑO DE MEZLAS

En el presente capítulo se muestra la secuencia realizada para la determinación del diseño de mezcla del concreto usado para hallar la desviación estándar y la posterior determinación final del diseño de mezcla del concreto usando tal desviación estándar. Se usó como método diseño: Método del Comité 211 del ACI, la cual describe la siguiente secuencia de diseño:

3.7 Diseño de Mezcla para Determinación de Desviación Estándar

3.7.1 Selección de la Resistencia Promedio a Partir de la Resistencia en Compresión Especificada

f'c=210 kg/cm^2	f'c=280 kg/cm^2	f'c=350 kg/cm^2

- No se tiene un registro de resultados que posibilite la determinación de la desviación estándar para definir la resistencia promedio del concreto patrón, por lo que se determinara por medio de la siguiente tabla:

Tabla 36. Resistencia a la compresión promedio.

f'_c (kg/cm^2)	**f'_{cr} (kg/cm^2)**
Menos de 210	f'_c + 70
Entre 210 a 350	**f'_c + 84**
sobre 350	f'_c + 98

Fuente: Diseño de mezclas, Ing. Enrique Rivva López.

- Por tanto:

f'c	f'c=210	f'c=280	f'c=350
f'cr	f'cr=210+84 =294	f'cr=280 +84=364	f'cr=350 +84=434

3.7.2 Selección de Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso.

- El criterio de selección asumido fue aquel que cumpla las condiciones de trabajabilidad, espacio entre las paredes del encofrado, y espacios vacíos.

- Para determinar el tamaño máximo nominal, y a la vez la curva granulométrica correspondiente se utiliza la Tabla 3, de donde se obtiene:

Tabla 37. Limites granulométricos.

REQUERIMIENTO DE GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS GRUESO									
HUSO	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	37,5 mm 1 1/2 "	25 mm 1 "	19 mm 3/4 "	12,5 mm 1/2 "	9,5 mm 3/8 "	4,75 mm No 4	2,36 mm No 8	1,18 mm No 16
57	25 a 4.75 mm 1" a No 4	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-

Fuente: Diseño de mezclas, Ing. Enrique Rivva López.

- Se usara el **huso 57**, considerándose a su vez como **Tamaño Máximo del agregado 1"** y **Tamaño Máximo Nominal del agregado ¾"**.

3.7.3 Selección del Asentamiento

- De acuerdo a la consistencia, se utilizaran mezclas plásticas y se considerara la siguiente tabla:

Tabla 38. Asentamiento para diferentes estructuras.

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	**4"**	**1"**
Losas y pavimentos	3"	1"
Concretos ciclópeos	2"	1"

Fuente: Diseño de mezclas, Ing. Enrique Rivva López.

- Se usara el **asentamiento de 4",** el cual es usado con mayor frecuencia en vigas, muros armados y columnas

3.7.4 Selección del volumen Unitario de Agua.

- En este caso usaremos el tamaño máximo nominal del agregado grueso, el asentamiento previamente seleccionados, y además para concreto sin aire incorporado se obtiene la cantidad de agua necesaria de la siguiente tabla:

Tabla 39. Volumen unitario de agua.

Asentamiento	Agua, en l/m3, para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados.							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	Concretos sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	**205**	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
	Concretos con aire incorporado							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: Diseño de mezclas, Ing. Enrique Rivva López.

- Se usará **205 l/m³.**

3.7.5 Selección del Contenido de Aire Atrapado

- El porcentaje de aire atrapado se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 40. Contenido de aire atrapado.

Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	**2,0%**
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
6"	0,2%

Fuente: Diseño de mezclas, Ing. Enrique Rivva López.

Se obtiene el contiene de **Aire atrapado 2,0 %.**

3.7.6 Selección de la Relación Agua-Cemento por Resistencia y por Durabilidad.

- En este caso usaremos la resistencia promedio, para concreto sin aire incorporado para determinar la relación agua cemento de la siguiente tabla:

Tabla 41. Relación Agua/Cemento por resistencia.

f´cr (28 días)	Relación Agua-Cemento diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	---
450	0,38	---

Fuente: Diseño de mezclas, Ing. Enrique Rivva López.

- Procederemos a interpolar los valores de la tabla

f'c	f'c=210	f'c=280	f'c=350
f'cr	f'cr=294	f'cr=364	f'cr=434
X: Relación agua -cemento	0.558	0.466	0.396

3.7.7 Determinación del Factor Cemento

- Se obtiene de dividir el valor del contenido de agua y la relación agua cemento.

$$C=\frac{volumen\ unitario\ de\ agua}{factor\ agua\ cemento}$$

Obtenemos:

Tabla 42. Determinación del Factor Cemento

Resistencia a la compresion f'c:	f'c=210	f'c=280	f'c=350
f'cr	f'cr=294	f'cr=364	f'cr=434
Volumen unitario de agua	205 lt	205 lt	205 lt
Relación agua -cemento	0.558	0.466	0.396
C=factor agua cemento	367.384 kg/m3	439.914 kg/m3	517.677 kg/m3

Fuente; Elaboración Propia.

3.7.8 Determinación del Contenido de Agregado Grueso.

- En este caso usaremos el tamaño máximo nominal del agregado grueso y módulo de fineza del agregado fino para determinar el volumen del agregado grueso de la siguiente tabla:

Tabla 43. Peso del agregado Grueso por unidad de volumen del concreto.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
	MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2,4	2,6	**2,8**	**3,0**
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	**0,66**	**0,64**	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,70
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Diseño de mezclas, Ing. Enrique Rivva López.

- Procederemos a interpolar los valores de la tabla

$$\frac{2.6 - 2{,}5}{2.6 - 2{,}4} = \frac{0{,}64 - F}{0{,}64 - 0{,}66}$$

- Despejando en valor de F, obtenemos:

F=0,65

- Este valor será multiplicado por el peso unitario compactado del agregado grueso, obteniendo así el peso del agregado grueso por unidad de volumen.

b=0,6441 x 1 611,89

b= 1049.238 kg/m^3.

3.7.9 Determinación de la Suma de los Volúmenes Absolutos de Cemento, Agua de Diseño, Aire y Agregado Grueso.

- Se ordenan los valores obtenidos, con sus respectivos pesos específicos, como se ve en las siguientes tablas:

Tabla 44. f'c=210: Volúmenes absolutos y pesos específicos .

	Dato de diseño en estado seco	Unidad	Peso específico	Unidad	Volumen	Unidad
Cemento	367.384	kg/m^3	2 850,00	kg/m^3	0,129	m^3/m^3
Agua	205,00	l/m^3	1 000,00	l/m^3	0,205	m^3/m^3
Aire atrapado	2,00	%	---	---	0,020	m^3/m^3
Agregado grueso	1049.24	kg/m^3	2 701.68	kg/m^3	0,388	m^3/m^3
Agregado fino	**?**	kg/m^3	2 677.26	kg/m^3	**(vol A.fino)**	m^3/m^3

Fuente; Elaboración Propia.

Tabla 45. f'c=280: Volúmenes absolutos y pesos específicos .

	Dato de diseño en estado seco	Unidad	Peso específico	Unidad	Volumen	Unidad
Cemento	439.91	kg/m^3	2 850,00	kg/m^3	0,154	m^3/m^3
Agua	205,00	l/m^3	1 000,00	l/m^3	0,205	m^3/m^3
Aire atrapado	2,00	%	---	---	0,020	m^3/m^3
Agregado grueso	1049.24	kg/m^3	2 701.68	kg/m^3	0,388	m^3/m^3
Agregado fino	**?**	kg/m^3	2 677.26	kg/m^3	**(vol A.fino)**	m^3/m^3

Fuente; Elaboración Propia.

Tabla 46. f'c=350: Volúmenes absolutos y pesos específicos .

	Dato de diseño en estado seco	Unidad	Peso específico	Unidad	Volumen	Unidad
Cemento	517.68	kg/m^3	2 850,00	kg/m^3	0,182	m^3/m^3
Agua	205,00	l/m^3	1 000,00	l/m^3	0,205	m^3/m^3
Aire atrapado	2,00	%	---	---	0,020	m^3/m^3
Agregado grueso	1049.24	kg/m^3	2 701.68	kg/m^3	0,388	m^3/m^3
Agregado fino	**?**	kg/m^3	2 677.26	kg/m^3	**(vol A.fino)**	m^3/m^3

Fuente; Elaboración Propia.

3.7.10 Determinación del volumen absoluto de agregado fino

- El volumen absoluto de agregado fino será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos.

Tabla 47. Determinación del volumen absoluto de agregado fino

f'c	f'c=210	f'c=280	f'c=350
suma de los volúmenes	0.742	0.793	0.821
Volumen absoluto agregado fino(m3)	1-0.742=**0.258**	1-0.793=**0.232**	1-0.821=**0.205**

Fuente; Elaboración Propia.

3.7.11 Determinación del Peso Seco del Agregado Fino

- El peso seco obtenido será obtenido de la multiplicación del peso específico y el volumen absoluto

Tabla 48. Determinación del Peso Seco del Agregado Fino

f'c	f'c=210	f'c=280	f'c=350
Volumen absoluto agregado fino(m3)	0.258	0.232	0.205
Peso específico agregado fino(kg/m3)	2677.26	2677.26	2677.26
Peso del agregado fino seco (kg/m3)	**690.004**	**621.869**	**584.820**

Fuente; Elaboración Propia.

3.7.12 Determinación de los Valores de Diseño del Cemento, Agua, Aire, Agregado Grueso y Agregado Fino.

- Se ordenan los valores obtenidos, con sus respectivos valores de diseño en estado seco, como se ve en las siguientes tablas:

Tabla 49. f'c=210 :Diseño en estado seco

	Dato de diseño en estado seco	Unidad
Cemento	367.384	kg/m^3
Agua	205,00	l/m^3
Aire atrapado	2,00	%
Agregado grueso	1049.24	kg/m^3
Agregado fino	690.004	kg/m^3

Fuente; Elaboración Propia.

Tabla 50. f'c=280: Diseño en estado seco.

	Dato de diseño en estado seco	Unidad
Cemento	439.914	kg/m^3
Agua	205,00	l/m^3
Aire atrapado	2,00	%
Agregado grueso	1049.24	kg/m^3
Agregado fino	621.87	kg/m^3

Fuente; Elaboración Propia.

Tabla 51. f'c=350: Diseño en estado seco.

	Dato de diseño en estado seco	Unidad
Cemento	517.68	kg/m^3
Agua	205,00	l/m^3
Aire atrapado	2,00	%
Agregado grueso	1049.24	kg/m^3
Agregado fino	548.82	kg/m^3

Fuente; Elaboración Propia.

3.7.13 Corrección de los Valores de Diseño por Humedad y Absorción del Agregado.

- Corrección por humedad, se usara la siguiente relación:

$$Agregado\ seco\ x\ (\frac{\%Hum}{100} + 1)$$

Tabla 52. Corrección de los Valores de Diseño por Humedad y Absorción del Agregado

f'c= 210				
Agregado	**Peso**	**Unidad**	**Humedad**	**Corrección por humedad**
A. Grueso	1049.24	kg/m3	1.52	1065.188 kg/m3
A.Fino	690	kg/m3	5.46	727.674 kg/m3

f'c= 280				
Agregado	**Peso**	**Unidad**	**Humedad**	**Corrección por humedad**
A. Grueso	1049.24	kg/m3	1.52	1065.188 kg/m3
A.Fino	621.87	kg/m3	5.46	655.824 kg/m3

f'c= 350				
Agregado	**Peso**	**Unidad**	**Humedad**	**Corrección por humedad**
A. Grueso	1049.24	kg/m3	1.52	1065.188 kg/m3
A.Fino	548.82	kg/m3	5.46	578.786kg/m3

Fuente; Elaboración Propia.

- Corrección por absorción, se usara la siguiente relación:

$$Agregado\ seco\ x\ (\frac{\%Hum - \%Abs}{100})$$

Tabla 53. f'=210 Corrección por absorción y humedad.

	Peso del agregado en estado seco (kg/m3)	Humedad (%)	Absorción (%)	Aporte de agua a la mezcla(l/m^3)
Agregado grueso	1049.24	1.52	1,95	-4.51
Agregado fino	690	5.46	1.58	26.77
			Suma	**22.26**

Fuente; Elaboración Propia.

Tabla 54. f'=280 Corrección por absorción y humedad.

	Peso del agregado en estado seco (kg/m3)	Humedad (%)	Absorción (%)	Aporte de agua a la mezcla(l/m^3)
Agregado grueso	1049.24	1.52	1.95	-4.51
Agregado fino	621.87	5.46	1.58	24.13
			Suma	**19.62**

Fuente; Elaboración Propia.

Tabla 55. f'=350 Corrección por absorción y humedad.

	Peso del agregado en estado seco (kg/m3)	Humedad (%)	Absorción (%)	Aporte de agua a la mezcla(l/m^3)
Agregado grueso	1049.24	1.66	1,56	-4.51
Agregado fino	621.76	5.24	2.72	21.29
			Suma	**16.78**

Fuente; Elaboración Propia.

- Aporte de agua a la mezcla :

f'c	f'c=210	f'c=280	f'c=350
Aporte de agua a la mezcla	205-22.26=**182.74**	205-19.62=**185.38**	205-16.78=**188.22**

Fuente; Elaboración Propia.

3.7.14 Determinación de la Proporción en Peso del Diseño.

- Finalmente se obtiene la proporción en peso del diseño, como se muestra de la siguiente tabla:

Tabla 56. Resumen diseño para cada tipo de resistencia.

DISEÑO FINAL 210					
	En peso	unidad	En volumen	unidad	En proporcion
CEMENTO	**367.38**	Kg/m3	**8.6**	Bolsa/m3	1
A.GRUESO	**1065.19**	Kg/m3	**0.75**	m3/m3	2.9
A.FINO	**727.67**	Kg/m3	**0.45**	m3/m3	2
AGUA	**182.74**	l/m3	**182.74**	l/m3	0.5

DISEÑO FINAL 280					
	En peso	unidad	En volumen	unidad	En proporcion
CEMENTO	**439.91**	Kg/m3	**10.35**	Bolsa/m3	1
A.GRUESO	**1065.19**	Kg/m3	**0.75**	m3/m3	2.4
A.FINO	**655.82**	Kg/m3	**0.41**	m3/m3	1.5
AGUA	**185.38**	l/m3	**185.38**	l/m3	0.4

DISEÑO FINAL 350					
	En peso	unidad	En volumen	unidad	En proporcion
CEMENTO	**517.68**	Kg/m3	**12.18**	Bolsa/m3	1
A.GRUESO	**1065.19**	Kg/m3	**0.75**	m3/m3	2.1
A.FINO	**578.79**	Kg/m3	**0.36**	m3/m3	1.2
AGUA	**188.22**	l/m3	**188.22**	l/m3	0.36

Fuente; Elaboración Propia

3.8 Elaboración y curado de las muestras

3.8.1 En el cemento

El cemento que se utilizó fui únicamente cemento Yura del tipo IP , se mantuvo almacenado de tal forma que no tenía contacto con la humedad del suelo y dentro del laboratorio, se descartó la incorporación de aire en la mezcla debido a la consideraciones previas al diseño que se tuvo, el tiempo de mezcla se mantuvo entre dos minutos, tiempo establecido según la norma ASTM C150.

3.8.2 En la Relación Agua Cemento

El control de la humedad de los agregados no tuvo una variación significativa, debido a que el material fue guardado fuera del laboratorio en cilindros de plástico y cilindros galvanizados dentro de los cuales la humedad se mantuvo constante después de haber lavado y secado a la intemperie, lo cual dio como resultado un trabajo adecuado observando que las variaciones eran mínimas, en todos los casos se verificaron las humedades de modo si hubiera algún problema poder corregir los diseños realizados.

3.8.3 En las Características y Proporciones de la Mezcla

Las proporciones para cada uno de los diseños estuvieron en función a las características de los agregados de cada una de las canteras, obtenidas de acuerdo a los ensayos respectivos en laboratorio, pero en todos los diseños se tomó como tamaño máximo del agregado grueso de 3/4", combinado las canteras de agregado grueso con la arena gruesa de Vicho el cual permaneció constante más la combinación con agregado fino de la cantera de Cunyac.

Los combinaciones propuestos son 3 diseños de mezclas para concretos f´c=210 kg/cm^2 , f´c=280 kg/cm^2 y f´c=350 kg/ cm^2.

3.8.4 En el Transporte, Colocación y Compactación

Para todos los vaciados de las briquetas, primeramente se realizaron la prueba del slump para comprobar el real y el de diseño, para lo cual los moldes se colocaron a una distancia considerable de la mezcladora, para no generar interrupciones; el transporte se realizó baldes de capacidad 20litros limpio. La colocación del concreto en los moldes y cantidad de golpes con la varilla se realizó de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 57. Número de golpes de acuerdo norma técnica Peruana y Chilena

Molde	Dimensión	Numero de capas	Numero de golpes por capa
Cilíndrica	Ø 15 cm	3	25
Cubica	15cmx15cm	2	18
Cubica	20cmx20xcm	2	32

Fuente: Elaboración propia

3.8.5 En el Control de la Temperatura al Momento de Vaciado

El vaciado se realizó en los meses de setiembre y octubre, los vaciados se realizaron en la mayoría de los casos entre las 9 de la mañana y 1 de la tarde en los que se registraron temperaturas muy variadas como se muestran a continuación.

3.8.5.1 Temperatura y Humedad Externa

Tabla 58. Temperatura externa durante el vaciado

Dia	Hora	Temperatura ºC	Humedad %
09/09/19	8:20	8	71
09/09/19	9:32	8.8	58
09/09/19	10:39	9.2	64
09/09/19	12:26	13.2	42
10/09/19	8:42	6.5	73
10/09/19	9:56	7	64
10/09/19	10:57	10.6	54
10/09/19	12:09	14.9	31
11/09/19	8:50	9.2	64
11/09/19	10:32	12.5	44
11/09/19	11:46	17.9	43
11/09/19	12:57	19.4	30
12/09/19	8:37	10.2	65
12/09/19	9:43	11.5	41
12/09/19	10:36	13.2	38
12/09/19	11:52	15.6	24
13/09/19	8:23	11.3	62
13/09/19	9:09	16.0	53
13/09/19	11:41	17.2	34
13/09/19	12:48	17.9	24
16/09/19	8:15	8.4	71
16/09/19	9:49	9.3	64
16/09/19	11:30	14.8	54
16/09/19	12:53	19.6	34
17/09/19	8:33	7.1	60
17/09/19	9:45	11.6	55
17/09/19	11:16	15.9	41
17/09/19	1:06	18.2	38
18/09/19	8:35	6.2	64
18/09/19	9:42	8.6	52
18/09/19	10:42	11.2	43
18/09/19	11:59	14.5	34
19/09/19	8:16	7.2	63
19/09/19	9:35	9.6	58
19/09/19	10:32	16.2	45
19/09/19	11:56	18.5	31
20/09/19	8:48	9.1	75
20/09/19	9:57	11.5	68
20/09/19	11:02	13.0	48
20/09/19	1:25	16.2	34
23/09/19	8:11	8.4	53
23/09/19	9:05	9.8	48
23/09/19	11:06	10.7	33

23/09/19	1:17	16.2	21

Fuente: Elaboración propia

3.8.5.2 Calor de Hidratación

Tabla 59. Temperatura del calor de hidratacion

Dia	Hora	Temperatura ºC
09/09/19	8:20	11.4
09/09/19	9:32	12.5
09/09/19	10:39	13.1
09/09/19	12:26	18.8
10/09/19	8:42	9.3
10/09/19	9:56	10
10/09/19	10:57	15.1
10/09/19	12:09	21.2
11/09/19	8:50	13.1
11/09/19	10:32	17.8
11/09/19	11:46	25.5
11/09/19	12:57	27.6
12/09/19	8:37	14.5
12/09/19	9:43	16.4
12/09/19	10:36	18.8
12/09/19	11:52	22.2
13/09/19	8:23	16.1
13/09/19	9:09	22.8
13/09/19	11:41	24.5
13/09/19	12:48	25.5
16/09/19	8:15	12
16/09/19	9:49	13.3
16/09/19	11:30	21.1
16/09/19	12:53	27.9
17/09/19	8:33	10.1
17/09/19	9:45	16.5
17/09/19	11:16	22.6
17/09/19	1:06	25.9
18/09/19	8:35	8.9
18/09/19	9:42	12.3
18/09/19	10:42	16
18/09/19	11:59	20.6
19/09/19	8:16	10.3
19/09/19	9:35	13.7
19/09/19	10:32	23.1
19/09/19	11:56	26.3

20/09/19	8:48	13
20/09/19	9:57	16.4
20/09/19	11:02	18.5
20/09/19	1:25	23.1
23/09/19	8:11	12
23/09/19	9:05	14
23/09/19	11:06	15.2
23/09/19	1:17	23.1

Fuente: Elaboración propia

3.8.5.3 Temperatura de Curado

Tabla 60. Temperatura del agua de curado

Dia	Hora	Temperatura ºC
30/09/19	8:20	9.4
30/09/19	12:32	9.8
30/09/19	5:15	8.1
04/10/19	7:36	7.8
04/10/19	1:26	10.3
04/10/19	5:56	8.2
07/10/19	8:07	9.1
07/10/19	12:09	10.2
07/10/19	5:50	9.5
09/10/19	9:32	7.8
09/10/19	12:46	9.5
09/10/19	04:57	8.6
13/10/19	7:37	7.8
13/10/19	2:43	10.1
13/10/19	4:36	9.3
16/10/19	7:52	7.1
16/10/19	12:23	10.5
16/10/19	6:09	8.4
20/10/19	7:41	7.6
20/10/19	12:48	8.4
20/10/19	5:15	8.1
23/10/19	7:49	7.9
23/10/19	12:30	9.0
23/10/19	5:53	8.5
27/10/19	8:33	7.1
27/10/19	12:45	8.5
27/10/19	5:16	7.6

30/10/19	8:06	7.1
30/10/19	2:35	8.9
30/10/19	5:42	8.4
04/11/19	7:42	8.1
04/11/19	12:59	10.2
04/11/19	6:06	9.1

Fuente: Elaboración propia

3.8.6 En el Manejo de los Especímenes Recién Elaborados.

Luego de consolidar los especímenes se cuidó en todo momento cualquier forma de vibración o golpe , luego se procedió a llevar las muestras al pozo llenado de agua de la Facultad de Ingeniería Civil, para simular un proceso de curación en obra.

3.8.7 En la Calidad de los Moldes

Todos los moldes tanto cilíndricos como cúbicos que se usaron en la elaboración de las briquetas para ser ensayados a compresión se mantuvieron totalmente limpios y aceitados, al momento de realizar el vaciado para facilitar el desmoldado de las muestras se tuvo un vaciado con las superficies de las briquetas aceitadas de manera tal que sea fácil su extracción al momento del desmoldado.

3.8.8 Codificación de los Especímenes

Para la codificación de los especímenes se realizó pasado las 24 horas del proceso de vaciado, se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

Numero de espécimen

Tipo de espécimen

Resistencia de diseño de espécimen

Fecha de rotura de espécimen

3.8.9 Curado del Concreto

El curado es el proceso de controlar y mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto, durante la hidratación de los materiales cementantes, para el desarrollo de las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla.

El sistema de curado utilizado en nuestra tesis es la inmersión, para este sistema se tiene que emplear una poza de curado evitando la fuga del agua. La temperatura del agua se mantiene en los 11 °C a 13 ° C, en donde se realizaron limpiezas permanentes de la poza de curado para evitar los posibles ataques al concreto.

Procedimiento para el Curado Ideal en Laboratorio

- Después de haber sido elaboradas las muestras cilíndricas y quedando en los moldes, se procedió al curado inicial de las mismas de acuerdo a la NTP 339.033, se colocaron las muestras en un ambiente con poca perdida de humedad y se protegió a las muestras de la incidencia directa de los rayos solares.
- Para el curado final se colocaron las muestras cilíndricas y cubicas de concreto en las pozas de curado del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales durante 28 días para posteriormente ser ensayadas.

3.9 Ensayo De Compresión

Este ensayo permite la determinación de la resistencia a la compresión (fc) de los especímenes cilíndricos o cúbicos de concretos moldeados en laboratorio o en campo u obtenidos por medio de la extracción de núcleos.

La resistencia a la compresión de un espécimen se calculó dividiendo la carga máxima que alcanza la muestra por el área de la sección transversal ya sea de la muestra de forma cubica o cilíndrica.

3.9.1 Preparación del Equipo

Luego del tiempo de curado de los especímenes, se procedió a ensayarlos con la máquina de Compresión.

Prensa hidráulica de compresión para la ruptura de briquetas (calibrado), según esta normado por la Norma Internacional ASTM C39.

La lectura de la prensa hidráulica nos proporcionó lecturas en kilogramos.

3.9.2 Ensayos y Recolección de Datos

Todos los especímenes de ensayo para una edad de ensayo dada deben romperse dentro de las tolerancias de tiempo admisibles, prescritas como sigue:

Tabla 61. Tolerancia admisible para ensayos a compresión

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA ADMISIBLE
24h	± 0.5h o 2.1%
3 días	2h o 2.8%
7 días	6h o 3.6%
28 días	20h o 3 %
90 días	Dos días o 2.2%

Fuente: Norma ASTM C 39. Pág.: 236

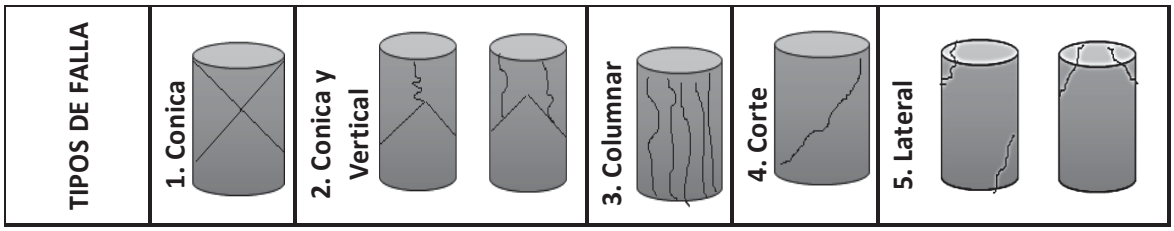
Durante y después de sometido a compresión se tomaron los siguientes datos:

- Número de Identificación de la briqueta
- Edad del espécimen
- Fuerza o Carga máxima en kilogramos
- Diámetro en centímetros.
- Tipo de falla

3.10 Resultados de los Ensayos

Tabla 62. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cilíndricas 28 días

N°	Briqueta	Edad (días)	Fuerza (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	Tipo de Falla
1	BCI210-01	28,00	44730	15	176.71	253.1	5
2	BCI210-02	28,00	36900	15	176.71	208.8	1
3	BCI210-03	28,00	43580	15	176.71	246.6	5
4	BCI210-04	28,00	39210	15	176.71	221.9	5
5	BCI210-05	28,00	41560	15	176.71	235.2	5
6	BCI210-06	28,00	38190	15	176.71	216.1	4
7	BCI210-07	28,00	37900	15	176.71	214.5	5
8	BCI210-08	28,00	43010	15	176.71	243.4	5
9	BCI210-09	28,00	39580	15	176.71	224	3
10	BCI210-10	28,00	37690	15	176.71	213.3	5
11	BCI210-11	28,00	38720	15	176.71	219.1	5
12	BCI210-12	28,00	36670	15	176.71	207.5	5
13	BCI210-13	28,00	42340	15	176.71	239.6	5
14	BCI210-14	28,00	38580	15	176.71	218.3	1
15	BCI210-15	28,00	39690	15	176.71	224.6	5



Fuente: Elaboración propia

Tabla 63. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cilíndricas F'c=210

Media	225.733
Mediana	221.900
Desviación estándar	14.366
Varianza de la muestra	206.384
Curtosis	-0.830
Coeficiente de asimetría	0.631
Coeficiente de Varibilidad	6.364%
Rango	45.600
Mínimo	207.500
Máximo	253.100
Cuenta	15.000

Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Falla de Tipo lateral en briquetas Cilíndricas

Fuente: Propia

Figura 22. Falla de Tipo Columnar en briquetas Cilíndricas

Fuente: propia

Figura 23. Falla de tipo Corte

Fuente: Propia

Tabla 64. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cilíndricas 28 días

N°	Briqueta	Edad (días)	Fuerza (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	Tipo de Falla
1	BCI280-1	28,00	49970	15	176.71	282.8	5
2	BCI280-2	28,00	51620	15	176.71	292.1	3
3	BCI280-3	28,00	56410	15	176.71	319.2	2
4	BCI280-4	28,00	52820	15	176.71	298.9	5
5	BCI280-5	28,00	50340	15	176.71	284.9	5
6	BCI280-6	28,00	53880	15	176.71	304.9	4
7	BCI280-7	28,00	51390	15	176.71	290.8	5
8	BCI280-8	28,00	52320	15	176.71	296.1	5
9	BCI280-9	28,00	54820	15	176.71	310.2	3
10	BCI280-10	28,00	58010	15	176.71	328.3	5
11	BCI280-11	28,00	51940	15	176.71	293.9	5
12	BCI280-12	28,00	50040	15	176.71	283.2	2
13	BCI280-13	28,00	53010	15	176.71	300.0	5
14	BCI280-14	28,00	55930	15	176.71	316.5	5
15	BCI280-15	28,00	50400	15	176.71	285.2	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cilíndricas F'c=280

Media	299.133
Mediana	296.100
Desviación estándar	14.103
Varianza de la muestra	198.884
Curtosis	-0.393
Coeficiente de Asimetría	0.723
Coeficiente de Varibilidad	5.141%
Rango	45.500
Mínimo	282.800
Máximo	328.300
Cuenta	15.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cilíndricas 28 días

N°	Briqueta	Edad (días)	Fuerza (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	Tipo de Falla
1	BCI350-1	28,00	66900	15	176.71	378.6	1
2	BCI350-2	28,00	62110	15	176.71	351.5	5
3	BCI350-3	28,00	63930	15	176.71	361.8	5
4	BCI350-4	28,00	65520	15	176.71	370.8	5
5	BCI350-5	28,00	67110	15	176.71	379.8	2
6	BCI350-6	28,00	62560	15	176.71	354	5
7	BCI350-7	28,00	67840	15	176.71	383.9	5
8	BCI350-8	28,00	65210	15	176.71	369	5
9	BCI350-9	28,00	60450	15	176.71	342.1	5
10	BCI350-10	28,00	69540	15	176.71	393.5	5
11	BCI350-11	28,00	66140	15	176.71	374.3	4
12	BCI350-12	28,00	68020	15	176.71	384.9	1
13	BCI350-13	28,00	65240	15	176.71	369.2	2
14	BCI350-14	28,00	62500	15	176.71	353.7	5
15	BCI350-15	28,00	63190	15	176.71	357.6	5

Fuente: Elaboracion propia

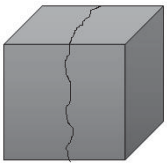
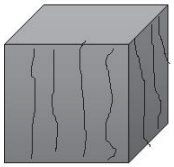
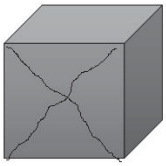
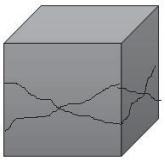
Tabla 67 Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cilíndricas F'c=350

Media	368.313
Mediana	369.200
Desviación estándar	14.587
Varianza de la muestra	212.780
Curtosis	-0.804
Coeficiente de asimetría	-0.084
Coeficiente de Varibilidad	3.960%
Rango	51.400
Mínimo	342.100
Máximo	393.500
Cuenta	15.000

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 68. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cubicas 15cmx15cm 28 días

N°	Briqueta	Edad (días)	Fuerza (kg)	lado 1	lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	Tipo de Falla
1	Bcu210-1	28,00	55060	15	15	225	244.7	2
2	Bcu210-2	28,00	49520	15	15	225	220.1	2
3	Bcu210-3	28,00	47570	15	15	225	211.4	2
4	Bcu210-4	28,00	51230	15	15	225	227.7	3
5	Bcu210-5	28,00	54290	15	15	225	241.3	2
6	Bcu210-6	28,00	56160	15	15	225	249.6	2
7	Bcu210-7	28,00	51590	15	15	225	229.3	1
8	Bcu210-8	28,00	53120	15	15	225	236.1	2
9	Bcu210-9	28,00	49370	15	15	225	219.4	4
10	Bcu210-10	28,00	51930	15	15	225	230.8	2
11	Bcu210-11	28,00	57380	15	15	225	255	2
12	Bcu210-12	28,00	53890	15	15	225	239.5	2
13	Bcu210-13	28,00	49280	15	15	225	219	2
14	Bcu210-14	28,00	54020	15	15	225	240.1	1
15	Bcu210-15	28,00	50940	15	15	225	226.4	1

TIPOS DE FALLA	1. Fracturacion Extensional Simple	2. Fracturacion Extensional Columnar	3. Fracturacion Por Cizalla	4. Fracturacion por Cizalla Tipo Columnar
				

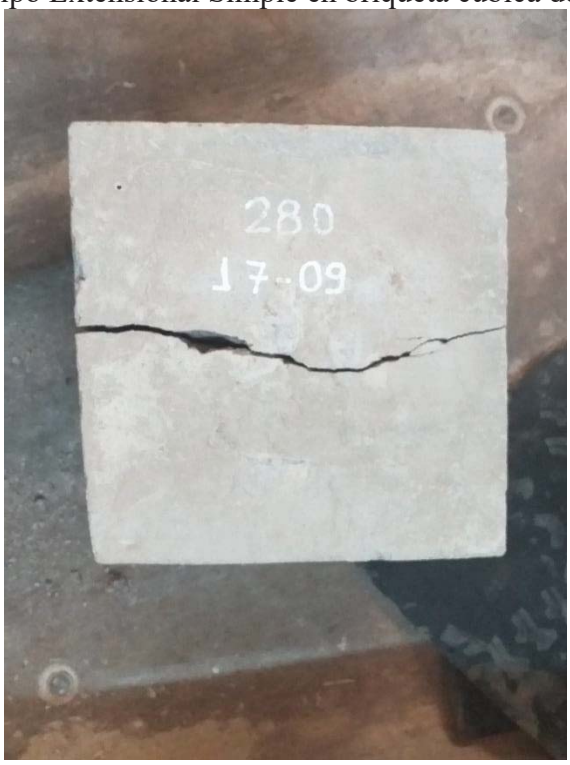
Fuente: Elaboracion propia

Tabla 69. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cubicas de 15cm x15cm F'c=210

Media	232.693
Mediana	230.800
Desviación estándar	12.451
Varianza de la muestra	155.022
Curtosis	-0.750
Coeficiente de asimetría	0.089
Coeficiente de Varibilidad	5.351%
Rango	43.600
Mínimo	211.400
Máximo	255.000
Cuenta	15.000

Fuente: Elaboracion propia

Figura 24.Falla de tipo Extensional Simple en briqueta cubica de 20cm de arista.



Fuente: Propia

Figura 25. Falla de tipo Columnar en briqueta cubica de 20cm de arista

Fuente: Propia

Figura 19.Falla de Cizalla en briqueta cubica de 20cm de arista.

Fuente: Propia

Tabla 70. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cubicas 15cmx15cm 28 días

N°	Briqueta	Edad (días)	Fuerza (kg)	lado 1	lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	Tipo de Falla
1	Bcu280-1	28,00	66940	15	15	225	297.5	2
2	Bcu280-2	28,00	64060	15	15	225	284.7	2
3	Bcu280-3	28,00	68580	15	15	225	304.8	1
4	Bcu280-4	28,00	69190	15	15	225	307.5	3
5	Bcu280-5	28,00	66080	15	15	225	293.7	2
6	Bcu280-6	28,00	74300	15	15	225	330.2	2
7	Bcu280-7	28,00	65270	15	15	225	290.1	4
8	Bcu280-8	28,00	67880	15	15	225	301.7	1
9	Bcu280-9	28,00	64850	15	15	225	288.2	2
10	Bcu280-10	28,00	73940	15	15	225	328.6	3
11	Bcu280-11	28,00	71240	15	15	225	316.6	2
12	Bcu280-12	28,00	67120	15	15	225	298.3	2
13	Bcu280-13	28,00	66350	15	15	225	294.9	2
14	Bcu280-14	28,00	69230	15	15	225	307.7	1
15	Bcu280-15	28,00	69660	15	15	225	309.6	2

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 71. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cubicas de 15cm x15cm F'c=280

Media	303.607
Mediana	301.700
Moda	#N/A
Desviación estándar	13.602
Varianza de la muestra	185.018
Curtosis	-0.059
Coeficiente de asimetría	0.723
Coeficiente de Varibilidad	4.480%
Rango	45.500
Mínimo	284.700
Máximo	330.200
Suma	4554.100
Cuenta	15.000

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 72. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cubicas 15cmx15cm 28 días

N°	Briqueta	Edad (días)	Fuerza (kg)	lado 1	lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	Tipo de Falla
1	Bcu350-1	28,00	81560	15	15	225	362.5	2
2	Bcu350-2	28,00	86690	15	15	225	385.3	3
3	Bcu350-3	28,00	79740	15	15	225	354.4	2
4	Bcu350-4	28,00	83360	15	15	225	370.5	1
5	Bcu350-5	28,00	89170	15	15	225	396.3	1
6	Bcu350-6	28,00	82910	15	15	225	368.5	2
7	Bcu350-7	28,00	86920	15	15	225	386.3	2
8	Bcu350-8	28,00	86360	15	15	225	383.8	4
9	Bcu350-9	28,00	85910	15	15	225	381.8	2
10	Bcu350-10	28,00	88520	15	15	225	393.4	2
11	Bcu350-11	28,00	89010	15	15	225	395.6	2
12	Bcu350-12	28,00	84200	15	15	225	374.2	2
13	Bcu350-13	28,00	82060	15	15	225	364.7	1
14	Bcu350-14	28,00	90140	15	15	225	400.6	2
15	Bcu350-15	28,00	89210	15	15	225	396.5	2

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 73. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cubicas de 15cm x15cm F'c=350

Media	380.960
Mediana	383.800
Desviación estándar	14.414
Varianza de la muestra	207.764
Curtosis	-1.082
Coeficiente de asimetría	-0.343
Coeficiente de Varibilidad	3.784%
Rango	46.200
Mínimo	354.400
Máximo	400.600
Cuenta	15.000

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 74. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cubicas 20cmx20cm 28 días

N°	Briqueta	Edad (días)	Fuerza (kg)	lado 1	lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	Tipo de Falla
1	BCU210-1	28,00	95000	20	20	400	237.5	2
2	BCU210-2	28,00	94760	20	20	400	236.9	1
3	BCU210-3	28,00	90080	20	20	400	225.2	2
4	BCU210-4	28,00	94520	20	20	400	236.3	1
5	BCU210-5	28,00	95520	20	20	400	238.8	3
6	BCU210-6	28,00	96240	20	20	400	240.6	4
7	BCU210-7	28,00	100600	20	20	400	251.5	2
8	BCU210-8	28,00	98240	20	20	400	245.6	2
9	BCU210-9	28,00	107280	20	20	400	268.2	2
10	BCU210-10	28,00	104720	20	20	400	261.8	2
11	BCU210-11	28,00	87280	20	20	400	218.2	2
12	BCU210-12	28,00	98000	20	20	400	245	2
13	BCU210-13	28,00	95960	20	20	400	239.9	2
14	BCU210-14	28,00	96440	20	20	400	241.1	3
15	BCU210-15	28,00	95200	20	20	400	238	2

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 75. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cubicas de 20cm x20cm F'c=210

Media	241.640
Mediana	239.900
Desviación estándar	12.391
Varianza de la muestra	153.543
Curtosis	1.122
Coeficiente de asimetría	0.444
Coeficiente de Varibilidad	5.128%
Rango	50.000
Mínimo	218.200
Máximo	268.200
Cuenta	15

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 76. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cubicas 20cmx20cm 28 días

N°	Briqueta	Edad (días)	Fuerza (kg)	lado 1	lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	Tipo de Falla
1	BCU280-1	28,00	122520	20	20	400	306.3	3
2	BCU280-2	28,00	119240	20	20	400	298.1	2
3	BCU280-3	28,00	124040	20	20	400	310.1	1
4	BCU280-4	28,00	126760	20	20	400	316.9	3
5	BCU280-5	28,00	131120	20	20	400	327.8	2
6	BCU280-6	28,00	134720	20	20	400	336.8	2
7	BCU280-7	28,00	135280	20	20	400	338.2	2
8	BCU280-8	28,00	128200	20	20	400	320.5	2
9	BCU280-9	28,00	126160	20	20	400	315.4	2
10	BCU280-10	28,00	119520	20	20	400	298.8	2
11	BCU280-11	28,00	123880	20	20	400	309.7	1
12	BCU280-12	28,00	129840	20	20	400	324.6	2
13	BCU280-13	28,00	118320	20	20	400	295.8	2
14	BCU280-14	28,00	125760	20	20	400	314.4	1
15	BCU280-15	28,00	133200	20	20	400	333	2

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 77. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cubicas de 20cm x20cm F'c=280

Media	316.4
Mediana	315.4
Desviación estándar	13.737
Varianza de la muestra	188.701
Curtosis	-0.996
Coeficiente de asimetría	0.108
Coeficiente de Varibilidad	4.341%
Rango	42.4
Mínimo	295.8
Máximo	338.2
Cuenta	15

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 78. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cubicas 20cmx20cm 28 días

N°	Briqueta	Edad (días)	Fuerza (kg)	lado 1	lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	Tipo de Falla
1	BCU350-1	28,00	160440	20	20	400	401.1	2
2	BCU350-2	28,00	148160	20	20	400	370.4	4
3	BCU350-3	28,00	156080	20	20	400	390.2	2
4	BCU350-4	28,00	159160	20	20	400	397.9	3
5	BCU350-5	28,00	153000	20	20	400	382.5	2
6	BCU350-6	28,00	160160	20	20	400	400.4	2
7	BCU350-7	28,00	159400	20	20	400	398.5	2
8	BCU350-8	28,00	163360	20	20	400	408.4	2
9	BCU350-9	28,00	157240	20	20	400	393.1	2
10	BCU350-10	28,00	159800	20	20	400	399.5	2
11	BCU350-11	28,00	166760	20	20	400	416.9	1
12	BCU350-12	28,00	160840	20	20	400	402.1	2
13	BCU350-13	28,00	149760	20	20	400	374.4	2
14	BCU350-14	28,00	165680	20	20	400	414.2	1
15	BCU350-15	28,00	163880	20	20	400	409.7	2

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 79. Estadística Esfuerzos A Compresión Briquetas Cubicas de 20cm x20cm F'c=350

Media	397.287
Mediana	399.500
Desviación estándar	13.458
Varianza de la muestra	181.113
Curtosis	-0.026
Coeficiente de asimetría	-0.650
Coeficiente de Varibilidad	3.387%
Rango	46.500
Mínimo	370.400
Máximo	416.900
Cuenta	15.000

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 80. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cilíndricas 7 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	7	24660	15	176.71	142.4	0.68	7.57	57.25
2	7	22590	15	176.71	129.6	0.62	-5.23	27.39
3	7	22950	15	176.71	132.5	0.63	-2.33	5.44

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 81. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=210 briquetas cilíndricas 7 días

Media	134.830
Mediana	132.500
Desviación estándar	6.711
Varianza de la muestra	45.043
Coeficiente de asimetría	1.375
Coeficiente de variabilidad	4.978%
Rango	12.800
Mínimo	129.600
Máximo	142.400
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 82. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cilíndricas 14 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	14	31820	15	176.71	183.7	0.87	10.57	111.65
2	14	31400	15	176.71	180.1	0.86	6.97	48.53
3	14	26210	15	176.71	155.6	0.74	-17.53	307.42

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 83. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=210 briquetas cilíndricas 14 días

Media	173.133
Mediana	180.100
Desviación estándar	15.291
Varianza de la muestra	233.803
Coeficiente de asimetría	-1.625
Coeficiente de variabilidad	8.832%
Rango	28.100
Mínimo	155.600
Máximo	183.700
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 84. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cilíndricas 7 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	7	31240	15	176.71	176.9	0.63	10.8	116.64
2	7	26110	15	176.71	149.8	0.54	-16.3	265.69
3	7	30710	15	176.71	171.6	0.61	5.5	30.25

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 85. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=280 briquetas cilíndricas 7 días

Media	166.100
Mediana	171.600
Desviación estándar	14.363
Varianza de la muestra	206.290
Coeficiente de asimetría	-1.471
Coeficiente de variabilidad	8.647%
Rango	27.100
Mínimo	149.800
Máximo	176.900
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 86. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cilíndricas 14 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	14	41670	15	176.71	239.1	0.85	4.93	24.34
2	14	41220	15	176.71	236.5	0.84	2.33	5.44
3	14	40610	15	176.71	226.9	0.81	-7.27	52.8

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 87. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=280 briquetas cilíndricas 14 días

Media	234.167
Mediana	236.500
Desviación estándar	6.426
Varianza de la muestra	41.293
Coeficiente de asimetría	-1.419
Coeficiente de variabilidad	2.744%
Rango	12.200
Mínimo	226.900
Máximo	239.100
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 88. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cilíndricas 7 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	7	39180	15	176.71	221.8	0.63	-3.93	15.47
2	7	39100	15	176.71	220.8	0.63	-4.93	24.34
3	7	41990	15	176.71	234.6	0.67	8.87	78.62

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 89. Estadística esfuerzos a la compresión f'c=350 briquetas cilíndricas 7 días

Media	225.733
Mediana	221.800
Desviación estándar	7.695
Varianza de la muestra	59.213
Coeficiente de asimetría	1.699
Coeficiente de variabilidad	3.409%
Rango	13.800
Mínimo	220.800
Máximo	234.600
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 90. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cilíndricas 14 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	14	53090	15	176.71	304.6	0.87	-0.9	0.81
2	14	54340	15	176.71	311.8	0.89	6.3	39.69
3	14	53710	15	176.71	300.1	0.86	-5.4	29.16

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 91. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=350 briquetas cilíndricas 14 días

Media	305.500
Mediana	304.600
Desviación estándar	5.902
Varianza de la muestra	34.830
Coeficiente de asimetría	0.670
Coeficiente de variabilidad	1.932%
Rango	11.700
Mínimo	300.100
Máximo	311.800
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 92. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 15cm x 15cm a los 7 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Lado 1	Lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	7	32900	15	15	225	146.2	0.7	7	49
2	7	30710	15	15	225	136.5	0.65	-2.7	7.29
3	7	30350	15	15	225	134.9	0.64	-4.3	18.49

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 93. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 15cm x 15cm 7 días

Media	139.200
Mediana	136.500
Desviación estándar	6.115
Varianza de la muestra	37.390
Coeficiente de asimetría	1.600
Coeficiente de variabilidad	4.393%
Rango	11.300
Mínimo	134.900
Máximo	146.200
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 94. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 15cm x 15cm a los 14 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Lado 1	Lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	14	42480	15	15	225	188.8	0.9	9	81
2	14	40520	15	15	225	180.1	0.86	0.3	0.09
3	14	38360	15	15	225	170.5	0.81	-9.3	86.49

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 95. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 15cm x 15cm 14 días

Media	179.800
Mediana	180.100
Desviación estándar	9.154
Varianza de la muestra	83.790
Coeficiente de asimetría	-0.147
Coeficiente de variabilidad	5.091%
Rango	18.300
Mínimo	170.500
Máximo	188.800
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 96. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 15cm x 15cm a los 7 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Lado 1	Lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	7	44080	15	15	225	195.9	0.7	1.87	3.48
2	7	45360	15	15	225	201.6	0.72	7.57	57.25
3	7	41540	15	15	225	184.6	0.66	-9.43	88.99

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 97. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 15cm x 15cm 7 días

Media	194.033
Mediana	195.900
Desviación estándar	8.652
Varianza de la muestra	74.863
Coeficiente de asimetría	-0.926
Coeficiente de variabilidad	4.459%
Rango	17.000
Mínimo	184.600
Máximo	201.600
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 98. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 15cm x 15cm a los 14 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Lado 1	Lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	14	53980	15	15	225	239.9	0.86	-13.3	176.89
2	14	57650	15	15	225	256.2	0.92	3	9
3	14	59290	15	15	225	263.5	0.94	10.3	106.09

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 99. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 15cm x 15cm 14 días

Media	253.200
Mediana	256.200
Desviación estándar	12.083
Varianza de la muestra	145.990
Coeficiente de asimetría	-1.048
Coeficiente de variabilidad	4.772%
Rango	23.600
Mínimo	239.900
Máximo	263.500
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 100. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 15cm x 15cm a los 7 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Lado 1	Lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	7	53980	15	15	225	238.5	0.68	-11.57	133.79
2	7	57650	15	15	225	257.6	0.74	7.53	56.75
3	7	59290	15	15	225	254.1	0.73	4.03	16.27

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 101. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 15cm x 15cm 7 días

Media	250.067
Mediana	254.100
Desviación estándar	10.169
Varianza de la muestra	103.403
Coeficiente de asimetría	-1.504
Coeficiente de variabilidad	4.066%
Rango	19.100
Mínimo	238.500
Máximo	257.600
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 102. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 15cm x 15cm a los 14 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Lado 1	Lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	14	74590	15	15	225	331.5	0.93	-8.7	75.69
2	14	68760	15	15	225	305.6	0.87	-4.6	21.16
3	14	72790	15	15	225	323.5	0.92	13.3	176.89

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 103. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 15cm x 15cm 14 días

Media	320.200
Mediana	323.500
Desviación estándar	13.262
Varianza de la muestra	175.870
Coeficiente de asimetría	-1.050
Coeficiente de variabilidad	4.142%
Rango	25.900
Mínimo	305.600
Máximo	331.500
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 104. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 20cm x 20cm a los 7 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Lado 1	Lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	7	56520	20	20	400	141.3	0.67	-9.73	94.74
2	7	59440	20	20	400	148.6	0.71	-2.43	5.92
3	7	65280	20	20	400	163.2	0.78	12.17	148.03

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 105. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 20cm x 20cm 7 días

Media	151.033
Mediana	148.600
Desviación estándar	11.151
Varianza de la muestra	124.343
Coeficiente de asimetría	0.935
Coeficiente de variabilidad	7.383%
Rango	21.900
Mínimo	141.300
Máximo	163.200
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 106. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 20cm x 20cm a los 14 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Lado 1	Lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	14	76640	20	20	400	191.6	0.91	-2.03	4.13
2	14	71840	20	20	400	179.6	0.86	-14.03	196.93
3	14	83880	20	20	400	209.7	1	16.07	258.14

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 107. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=210 briquetas cubicas de 20cm x 20cm 14 días

Media	193.633
Mediana	191.600
Desviación estándar	15.153
Varianza de la muestra	229.603
Coeficiente de asimetría	0.593
Coeficiente de variabilidad	7.825%
Rango	30.100
Mínimo	179.600
Máximo	209.700
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 108. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 20cm x 20cm a los 7 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Lado 1	Lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	7	84680	20	20	400	211.7	0.76	2.47	6.08
2	7	86720	20	20	400	216.8	0.77	7.57	57.25
3	7	79680	20	20	400	199.2	0.71	-10.03	100.67

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 109. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 20cm x 20cm 7 días

Media	209.233
Mediana	211.700
Desviación estándar	9.056
Varianza de la muestra	82.003
Coeficiente de asimetría	-1.135
Coeficiente de variabilidad	4.328%
Rango	17.600
Mínimo	199.200
Máximo	216.800
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 110. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 20cm x 20cm a los 14 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Lado 1	Lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	14	113240	20	20	400	283.1	1.01	9.63	92.8
2	14	107280	20	20	400	268.2	0.96	-5.27	27.74
3	14	107640	20	20	400	269.1	0.96	-4.37	19.07

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 111. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=280 briquetas cubicas de 20cm x 20cm 14 días

Media	273.467
Mediana	269.100
Desviación estándar	8.355
Varianza de la muestra	69.803
Coeficiente de asimetría	1.709
Coeficiente de variabilidad	3.055%
Rango	14.900
Mínimo	268.200
Máximo	283.100
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 112. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 20cm x 20cm a los 7 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Lado 1	Lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	7	118520	20	20	400	296.3	0.85	22.93	525.94
2	7	105680	20	20	400	264.2	0.75	-9.17	84.03
3	7	103840	20	20	400	259.6	0.74	-13.77	189.52

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 113. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 20cm x 20cm 7días

Media	273.367
Mediana	264.200
Desviación estándar	19.994
Varianza de la muestra	399.743
Coeficiente de asimetría	1.629
Coeficiente de variabilidad	7.314%
Rango	36.700
Mínimo	259.600
Máximo	296.300
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 114. Resultados de la resistencia a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 20cm x 20cm a los 14 días

N°	Edad (días)	Fuerza (kg)	Lado 1	Lado 2	Área (cm^2)	f'c (kg/cm^2)	% de f'c	X-Ẍ	$(X-Ẍ)^2$
1	14	141840	20	20	400	354.6	1.01	-1.57	2.45
2	14	137400	20	20	400	343.5	0.98	-12.67	160.44
3	14	148160	20	20	400	370.4	1.06	14.23	202.59

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 115. Estadistica esfuerzos a la compresión f'c=350 briquetas cubicas de 20cm x 20cm 14días

Media	356.167
Mediana	354.600
Desviación estándar	13.518
Varianza de la muestra	182.743
Coeficiente de asimetría	0.515
Coeficiente de variabilidad	3.795%
Rango	26.900
Mínimo	343.500
Máximo	370.400
Cuenta	3.00

Fuente: Elaboracion propia

CAPITULO IV

CAPITULO 4 :ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

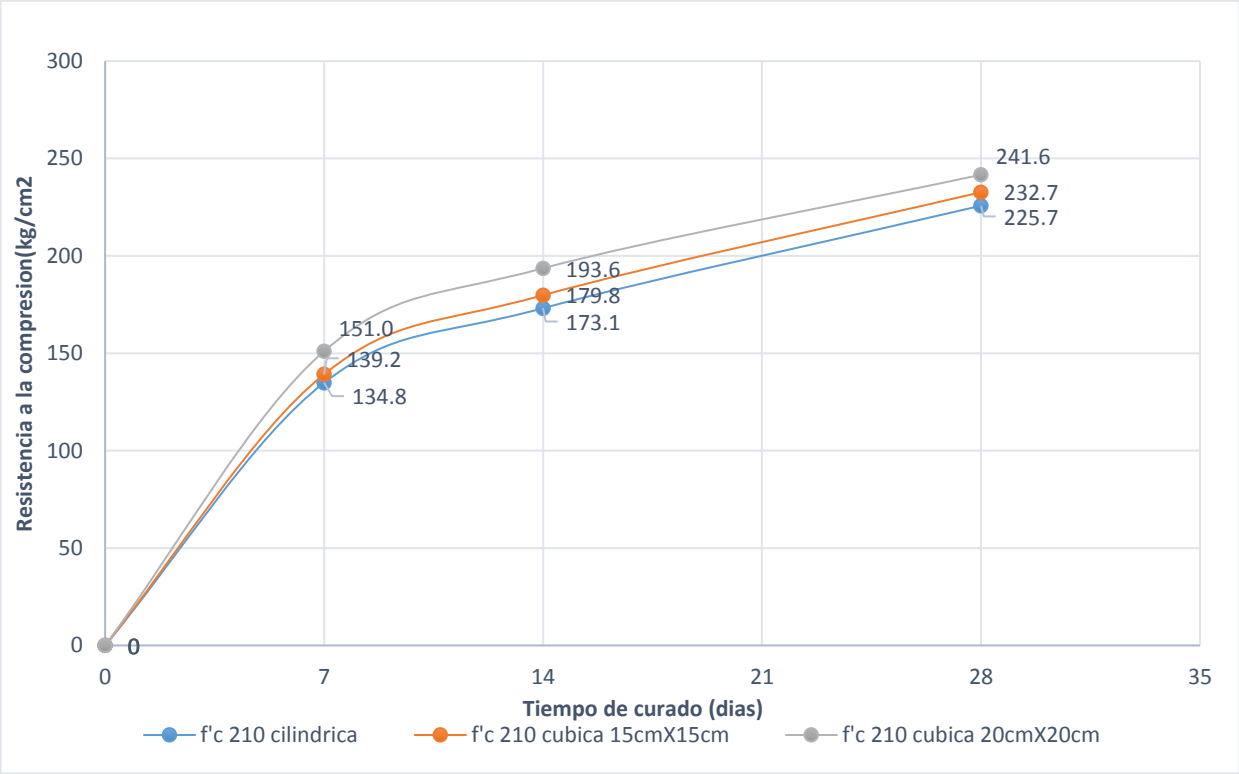
En este capítulo se analizaron los resultados obtenidos de los ensayos a compresión de las briquetas comprendiendo así todos los procedimientos estadísticos como puntos de dispersion, barras de comparacion graficos y ecuaciones, que son empleados para una mejor evaluación e interpretación de resultados.

4.1 Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión

f'c 210

Dias	f'c 210 cilíndrica (kg/cm2)	f'c 210 cubica 15cmX15cm (kg/cm2)	f'c 210 cubica 20cmX20cm (kg/cm2)
0	0	0	0
7	134.8	139.2	151.0
14	173.1	179.8	193.6
28	225.7	232.7	241.6

Figura 26. Evolución de la Resistencia a la Compresión según tipo de Briquetas f'c=210

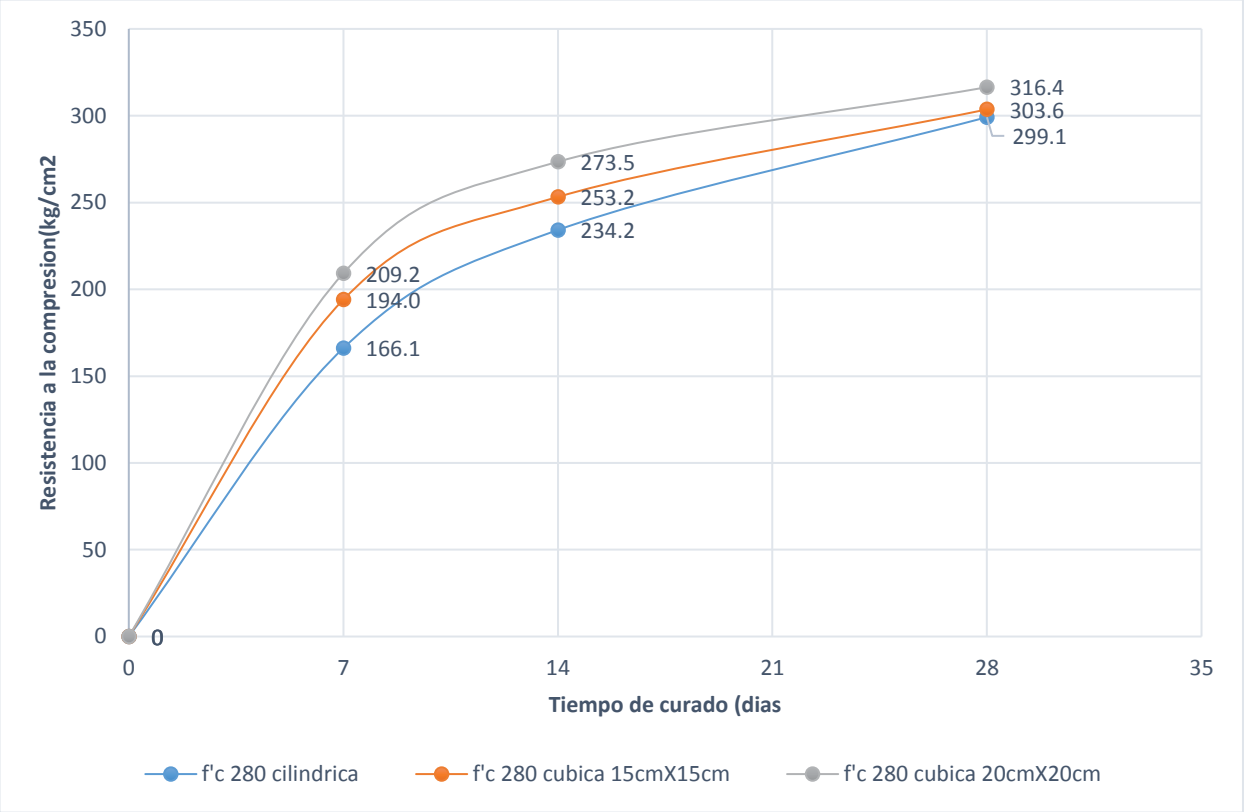


Fuente elaboración propia

f'c 280

Días	f'c 280 cilíndrica	f'c 280 cubica 15cmX15cm	f'c 280 cubica 20cmX20cm
0	0	0	0
7	166.1	194.0	209.2
14	234.2	253.2	273.5
28	299.1	303.6	316.4

Figura 27. Evolución de la Resistencia a la Compresión según tipo de Briquetas f'c=280



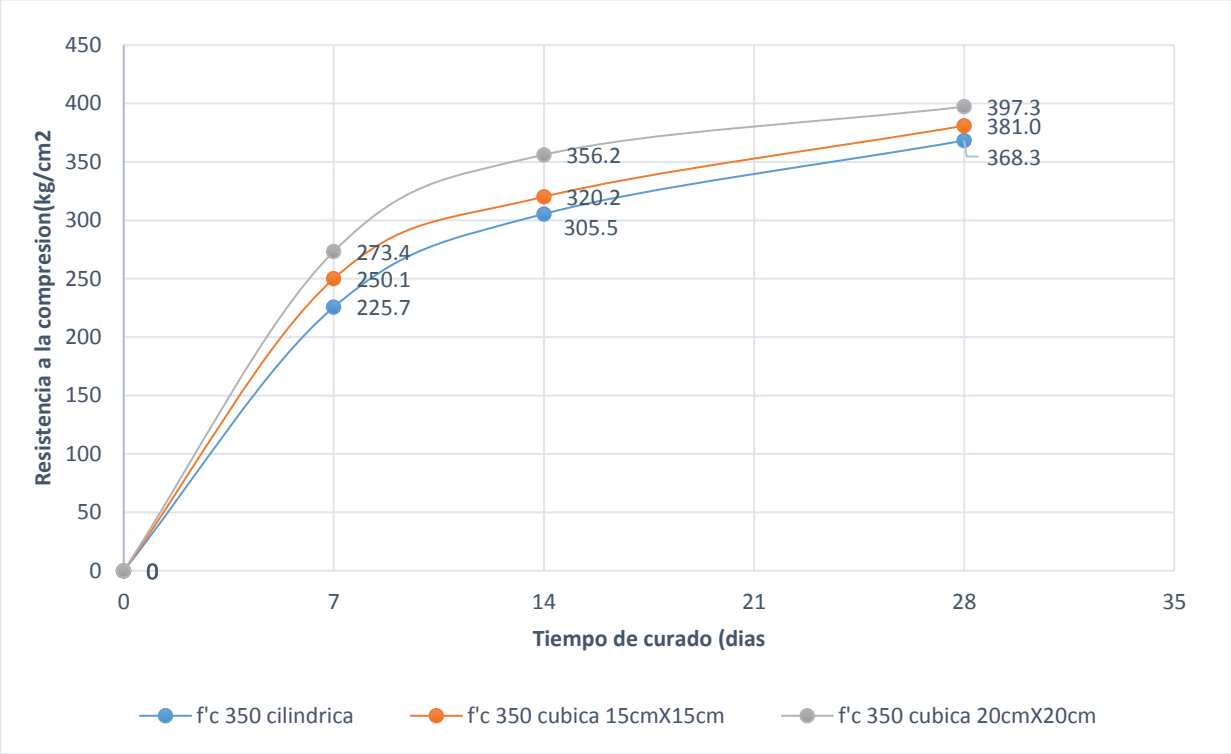
Fuente Elaboración Propia

BACH.
TORRES NINA CARLOS SAUL
VERA CCASA GUIDO ALEX

f'c 350

Días	f'c 350 cilíndrica (Kg/cm2)	f'c 350 cubica 15cmX15cm (Kg/cm2)	f'c 350 cubica 20cmX20cm (Kg/cm2)
0	0	0	0
7	225.7	250.1	273.4
14	305.5	320.2	356.2
28	368.3	381.0	397.3

Figura 28. Evolución de la Resistencia a la Compresión según tipo de Briquetas f'c=350



Fuente Elaboración Propia

Se tomó tres muestras representativas a los 7 y 14 dias de cada tipo de diseño de mezcla de concreto, luego se promedió dichos valores para poder obtener una curva de la evolución de la resistencia del concreto, luego agrupamos las graficas correspondientes a una misma resistencia a la compresion, con el fin de comparar las curvas de evolucion.

Para comprender de mejor manera adjuntamos una tabla con los valores obtenidos

Tabla 116. Porcentaje de resitencia alcanzado a los 7 y 14 días, respecto a la resistencia de los 28 días f'c=210.

Días	f'c 210 cilíndrica	f'c 210 cubica 15 x15	f'c 210 cubica 20 x20
7 días	60%	56%	61%
14 días	77%	78%	83%
28 días	100%	100%	100%

Fuente: elaboración propia

Tabla 117. Porcentaje de resistencia alcanzado a los 7 y 14 días, respecto a la resistencia de los 28 días f'c=280.

Días	f'c cilíndrica 280	f'c 280 cubica 15 x15	f'c 280 cubica 20 x20
7 días	60%	64%	66%
14 días	77%	83%	84%
28 días	100%	100%	100%

Fuente: elaboración propia

Tabla 118. Porcentaje de resistencia alcanzado a los 7 y 14 días, respecto a la resistencia de los 28 días f'c=350.

Días	f'c cilíndrica 350	f'c 350 cubica 15 x15	f'c 350 cubica 20 x20
7 días	66%	66%	69%
14 días	86%	86%	90%
28 días	100%	100%	100%

Fuente: elaboración propia

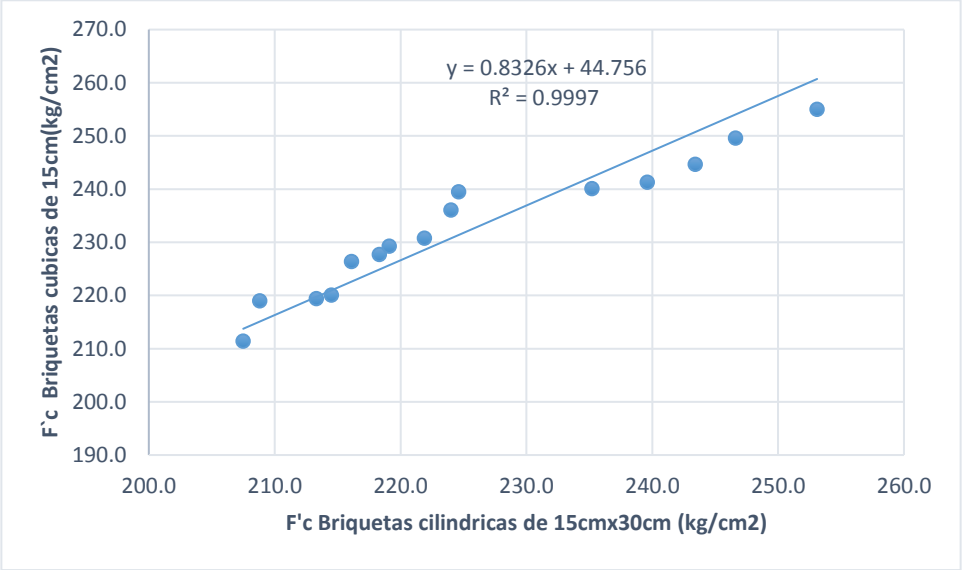
Interpretación: Los valores de los porcentajes alcanzados con respecto a la resistencia a los 7,14 y 28 días son similares entre los tres tipos de briquetas, siendo ligeramente mayor el porcentaje de resistencia alcanzado las briquetas cubicas de 20x20 cm, seguido de las cubicas de 15x15cm y finalmente las briquetas cilindricas convencionales.

4.2 Ecuacion lineal de correlacion de las resistencias a la compresion

Para briquetas cubicas de 15x15 cm:

Se procedió a realizar la correlación lineal para los datos de briquetas cubicas de 15x15cm.y las briquetas cilíndricas convencionales, obteniendo el siguiente gráfico y la ecuación de correlación lineal.

Figura 29. Correlación lineal briquetas "Cubicas de 15x15cm-Cilindricas Convencionales" para f'c=210kg/cm2

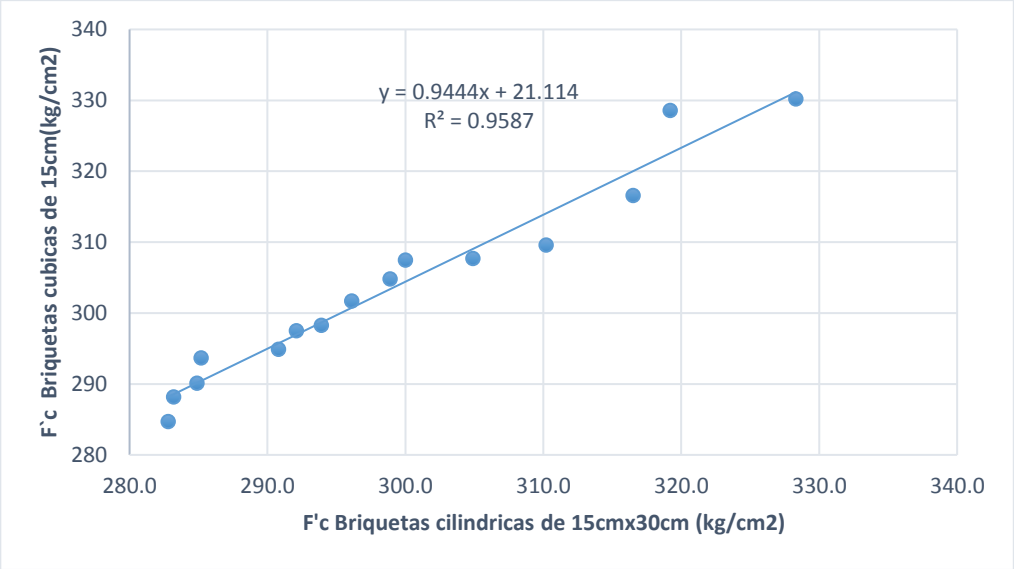


Ecuación de tendencia lineal:

$f_{cub15x15} = 0.8326\ f_{cil} + 44.756$

- $y = f_{cub15x15}$: Resistencia a la compresión de la Briqueta cubica de 15x15cm
- $x = f_{cil}$: : Resistencia a la compresión de la Briqueta cilíndrica convencional

Figura 30. Correlación lineal briquetas "Cubicas de 15x15cm-Cilindricas Convencionales" para f'c=280kg/cm2

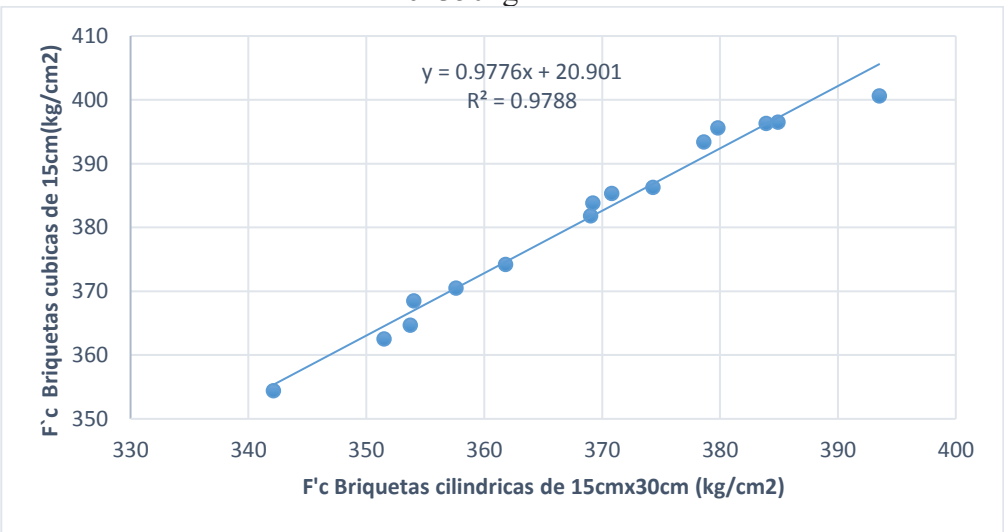


Ecuación de tendencia lineal:

$f_{cub15x15} = 0.9444f_{cil} + 21.114$

- Y= $f_{cub15x15}$: Resistencia a la compresión de la Briqueta cubica de 15x15cm
- X= f_{cil}: : Resistencia a la compresión de la Briqueta cilíndrica convencional

Figura 31. Correlación lineal briquetas "Cubicas de 15x15cm-Cilindricas Convencionales" para f'c=350kg/cm2



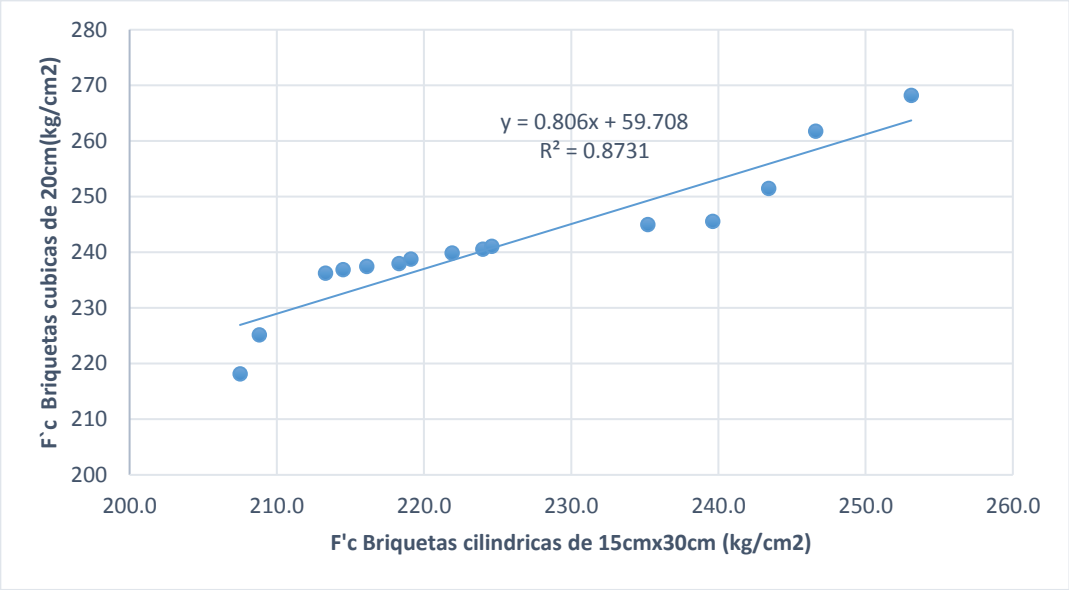
Ecuación de tendencia lineal:

$f_{cub15x15} = 0.9776f_{cil} + 20.901$

- Y= $f_{cub15x15}$: Resistencia a la compresión de la Briqueta cubica de 15x15cm
- X= f_{cil}: : Resistencia a la compresión de la Briqueta cilíndrica convencional

Para briquetas cubicas de 20x20 cm:

Figura 32. Correlación lineal briquetas "Cubicas de 20x20cm-Cilindricas Convencionales" para f'c=210kg/cm2



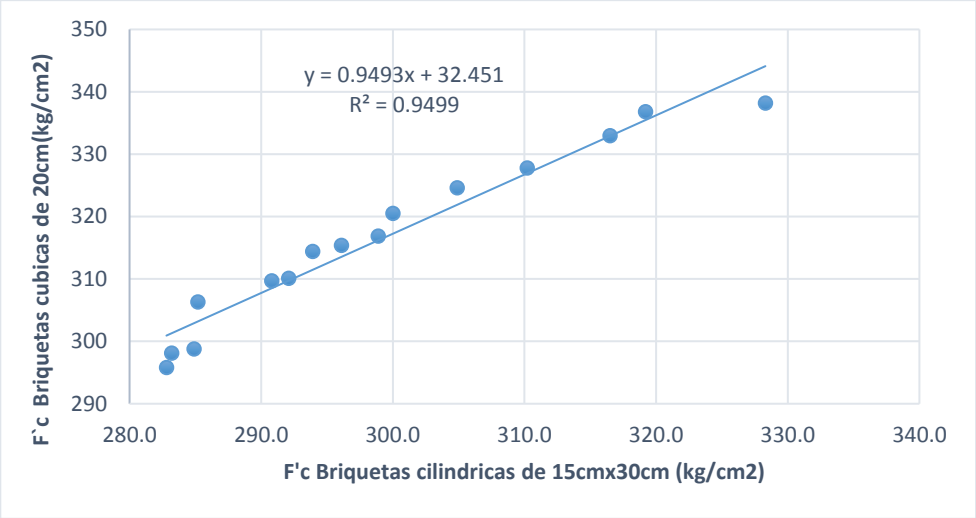
Ecuacion de tendencia lineal

- $f_{cub20x20} = 0.806f_{cil}+59.708$

Donde:

- Y= $f_{cub20x20}$: Resistencia a la compresión de la Briqueta cubica de 20x20cm
- X= f_{cil}: : Resistencia a la compresión de la Briqueta cilíndrica convencional

Figura 33. Correlación lineal briquetas "Cubicas de 20x20cm-Cilindricas Convencionales" para f'c=280kg/cm2



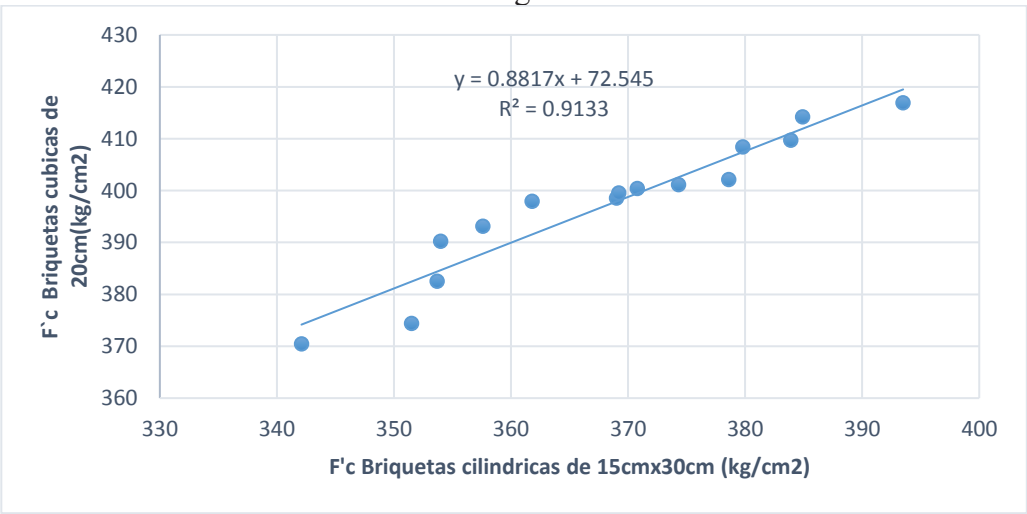
Ecuacion de tendencia lineal

- $f_{cub20x20} = 0.9493f_{cil}+32.451$

Donde:

- Y= $f_{cub20x20}$: Resistencia a la compresión de la Briqueta cubica de 20x20cm
- X= f_{cil}: : Resistencia a la compresión de la Briqueta cilíndrica convencional

Figura 34. Correlación lineal briquetas "Cubicas de 20x20cm-Cilindricas Convencionales" para f'c=350kg/cm2



Ecuacion de tendencia lineal

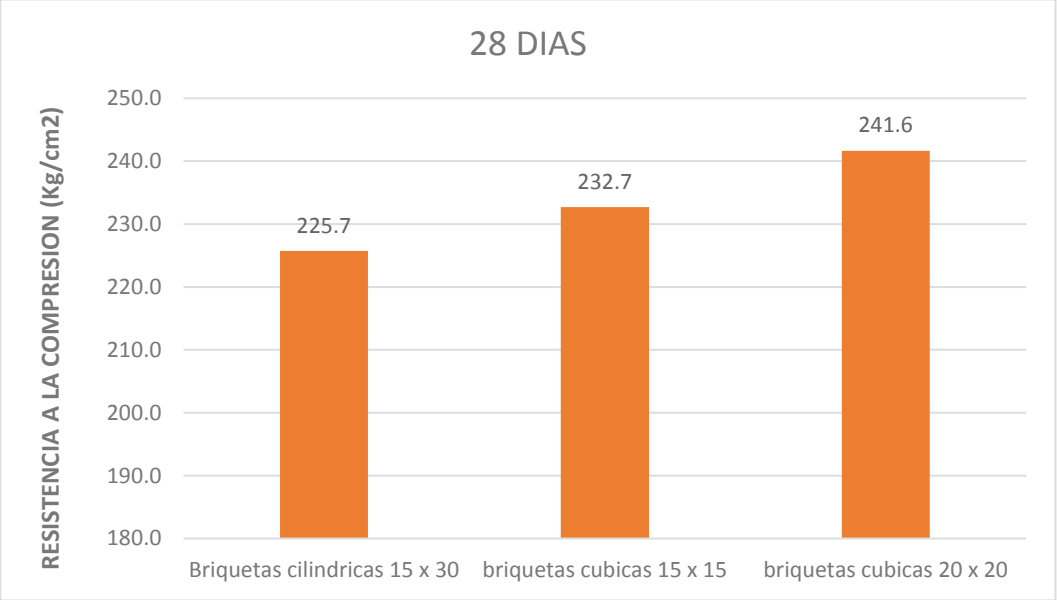
- $f_{cub20x20} = 0.8817f_{cil}+72.545$

Donde:

- Y= $f_{cub20x20}$: Resistencia a la compresión de la Briqueta cubica de 20x20cm
- X= f_{cil}: : Resistencia a la compresión de la Briqueta cilíndrica convencional.

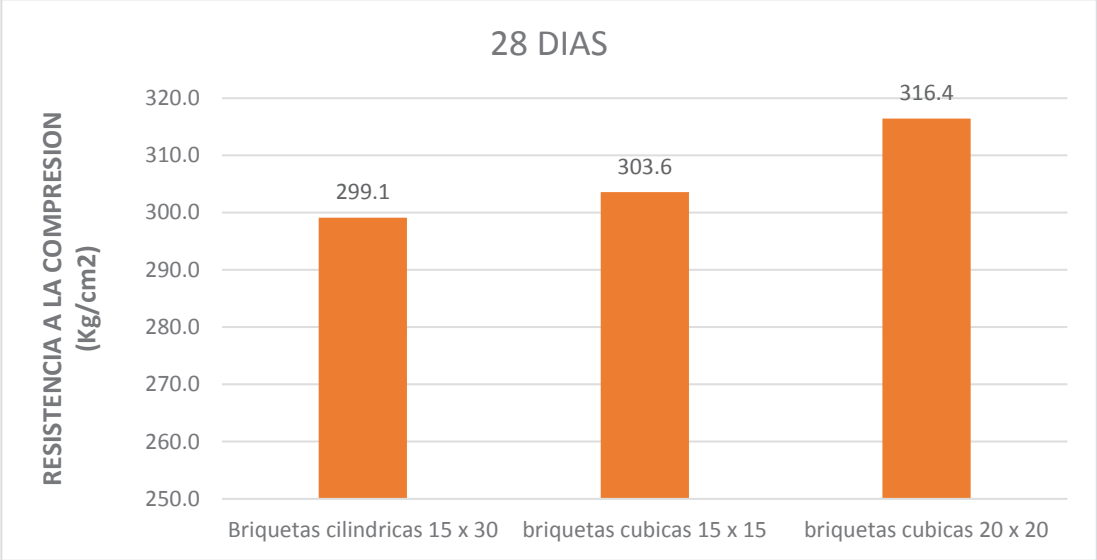
4.3 Comparación de la resistencia promedio a los 28 dias según tipo de briqueta

Figura 35. Comparación resistencia promedio a la compresión a los 28 días f'c=210 kg/cm^2



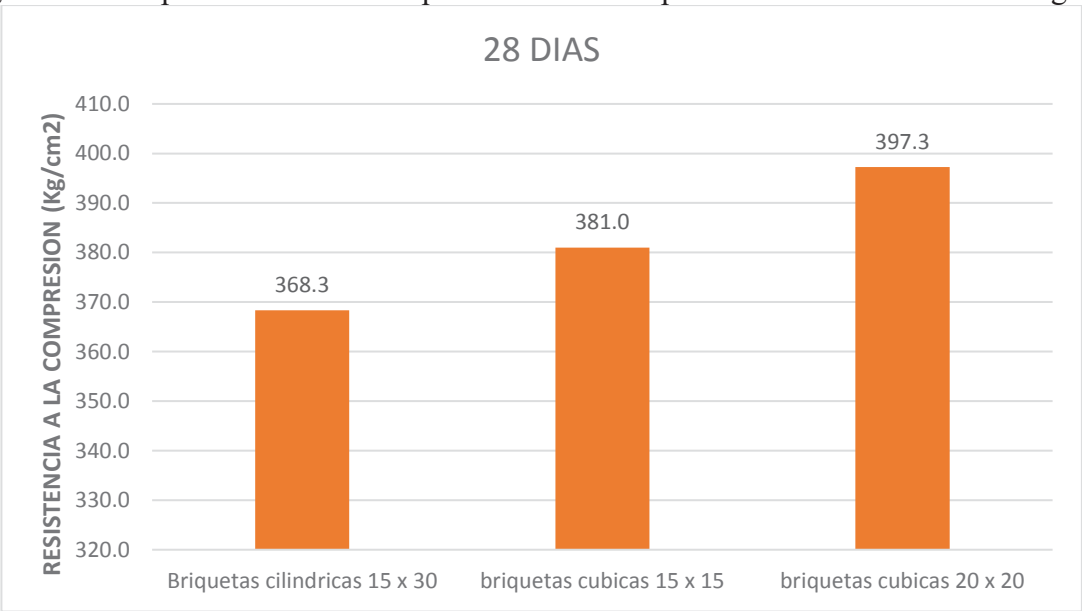
Fuente: elaboración propia

Figura 36. Comparación resistencia promedio a la compresión a los 28 días f'c=280 kg/cm^2



Fuente: elaboración propia

Figura 37. Comparación resistencia promedio a la compresión a los 28 días f'c=350 kg/cm^2



Fuente: elaboración propia

Interpretación: Se observa de acuerdo a los gráficos que las briquetas cubicas de 15 y 20 cm de arista tiene mayor resistencia a la compresión que las briquetas cilíndricas, para poder cuantificar la diferencia

emplearemos un cuadro de comparación porcentual de resistencia a la compresión de las briquetas cubicas en función de la resistencia de las briquetas cilíndricas.

Tabla 119. Comparación de la resistencia a la compresión expresado en porcentajes

f'c(kg/cm2)	briquetas cilíndricas convencionales	briquetas cubicas 15 x 15	briquetas cubicas 20 x 20
f'c= 210	100%	103%	107%
f'c= 280	100%	101%	106%
f'c= 350	100%	103%	108%

Fuente: elaboración propia

Obteniendo una clara diferencia de la resistencia a la compresion siendo hasta un 8% mayor las briquetas cubicas de 20x20cm. de arista para un f'c=350 kg/cm2.

4.4 Comparación de Cada Tipo de Briqueta cubica con las Normas Extranjeras

4.4.1 Norma chilena

Figura 38. . Comparación:B. Cilindricas - B. Cubicas 20x20cm - Norma Chilena 20x20cm

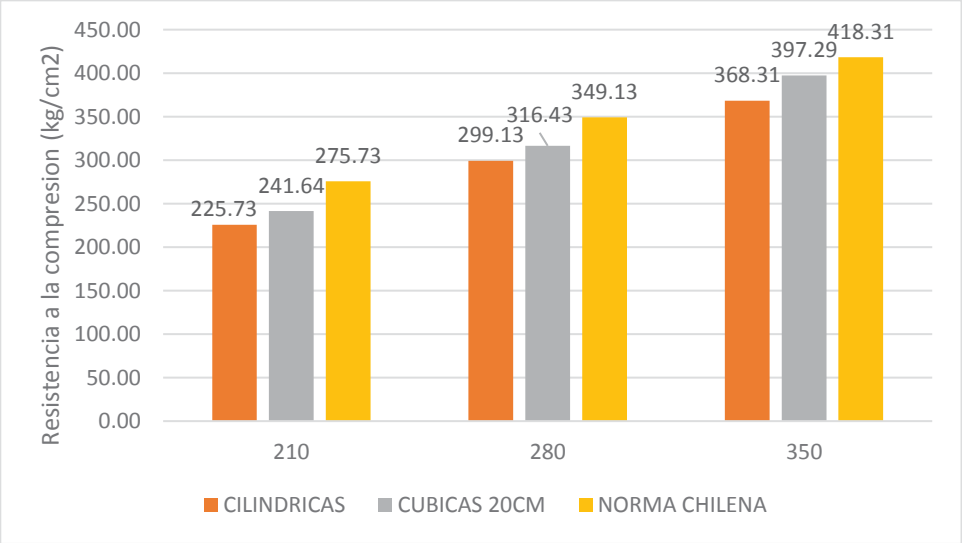


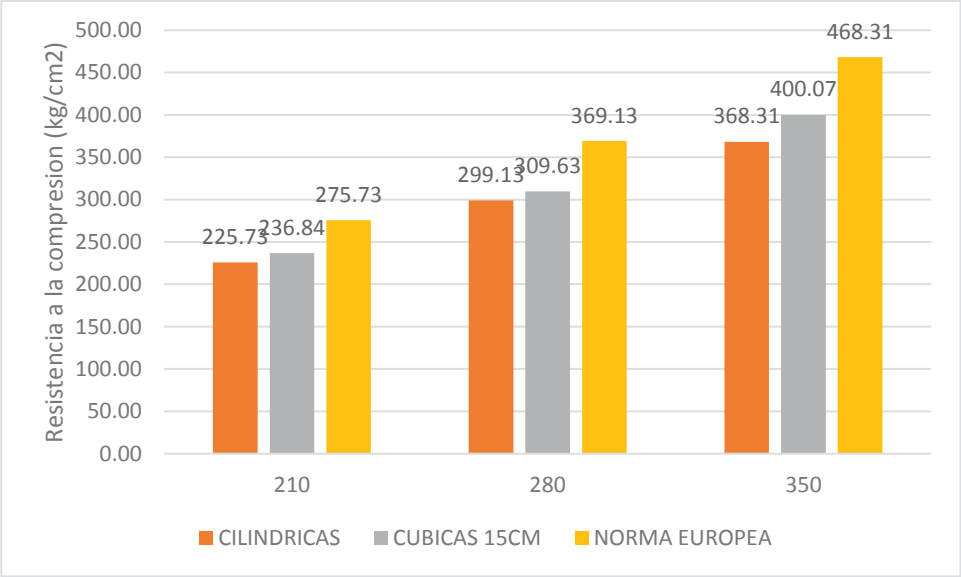
Tabla 120. Comparación briqueta cubica de 20x20 cm con la norma Chilena ***NCh170.Of85.***

f'c (kg/cm2)	Cubicas 20cm. (kg/cm2)	Norma Chilena (kg/cm2)	Diferencia(kg/cm2)
210	241.64	275.73	34.09
280	316.43	349.13	32.71
350	397.29	418.31	21.03

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Norma europea

Figura 39. Comparación:B. Cilindricas-B. Cubicas 15x15cm -Norma Europea 15x15cm



Fuente: Elaboración propia

Tabla 121. Comparación briqueta cubica de 15x15 cm con la norma Europea ***EN 206-1:2005.***

f'c (kg/cm2)	Cubica 15cm. (kg/cm2)	Norma Europea (kg/cm2)	Diferencia (kg/cm2)
210	236.84	275.73	38.90
280	309.63	369.13	59.51
350	400.07	468.31	68.25

Fuente: Elaboración propia

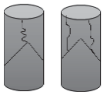
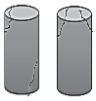
Interpretacion:

En las briquetas cubicas de 20x20 cm. se observa que los valores hallados por la Norma Chilena son similares más aun cuando la resistencia se va incrementando, siendo la diferencia de mayor consideracion de 34.04 kg/cm^2 para la resistencia f'c=210 kg/cm^2.

Para el caso de las briquetas de 15x15 cm., la norma Europea es algo más conservadora pues observamos que los datos obtenidos en la investigación son menores aumentando la diferencia en resistencias mayores, siendo la diferencia de mayor consideración 68.25kg/cm^2 , para f'c=350 kg/cm^2 .

4.5 Comparación del Modo de Falla

Figura 40. Modo de falla de las briquetas

briqueta cilindrica					briqueta cubica de 15cm					briqueta cubica de 20cm				
tipo de falla		f'c=210	f'c=280	f'c=350	tipo de falla		f'c=210	f'c=280	f'c=350	tipo de falla		f'c=210	f'c=280	f'c=350
1. Conica		5	5	1	1. Fracturacion Extensional Simple		2	2	2	1. Fracturacion Extensional Simple		2	3	2
		1	3	5			2	2	3			1	2	4
		5	2	5			2	1	2			2	1	2
2. Conica y Vertical		5	5	5			3	3	1			1	3	3
		5	5	2	2. Fracturacion Extensional Columnar		2	2	1	2. Fracturacion Extensional Columnar		3	2	2
		4	4	5			2	2	2			4	2	2
3. Columnar		5	5	5			1	4	2			2	2	2
		5	5	5			2	1	4			2	2	2
		3	3	5	3. Fracturacion Por Cizalla		4	2	2	3. Fracturacion Por Cizalla		2	2	2
4. Corte		5	5	5			2	3	2			2	2	2
		5	5	4			2	2	2			2	1	1
		5	2	1			2	2	2			2	2	2
5. Lateral		5	5	2	4. Fracturacion por Cizalla Tipo Columnar		2	2	1	4. Fracturacion por Cizalla Tipo Columnar		2	2	2
		1	5	5			1	1	2			3	1	1
		5	1	5			1	2	2			2	2	2

Fuente: elaboración propia

De esta manera se obtiene la tabla donde se muestra un resumen según el tipo de falla:

BACH.
TORRES NINA CARLOS SAUL
VERA CCASA GUIDO ALEX

Tabla 122. Cantidad de briquetas según tipo de falla

Tipo de briqueta	Dimensión	Tipo de falla	Total
Cilíndrica	Ø 15 cm	Cónica	5
		Cónica y Vertical	4
		Columnar	3
		Corte	3
		Lateral	30
Cubica	15cmx15cm	Extensional Simple	9
		Extensional Columnar	29
		Cizalla	4
		Cizalla Columnar	3
Cubica	20cmx20xcm	Extensional Simple	7
		Extensional Columnar	31
		Cizalla	5
		Cizalla Columnar	2

Figura 41. Fractura de briquetas cubicas

Fuente: Fotografias de rotura

BACH.
TORRES NINA CARLOS SAUL
VERA CCASA GUIDO ALEX

Figura 42. Rotura de briquetas cilíndricas.

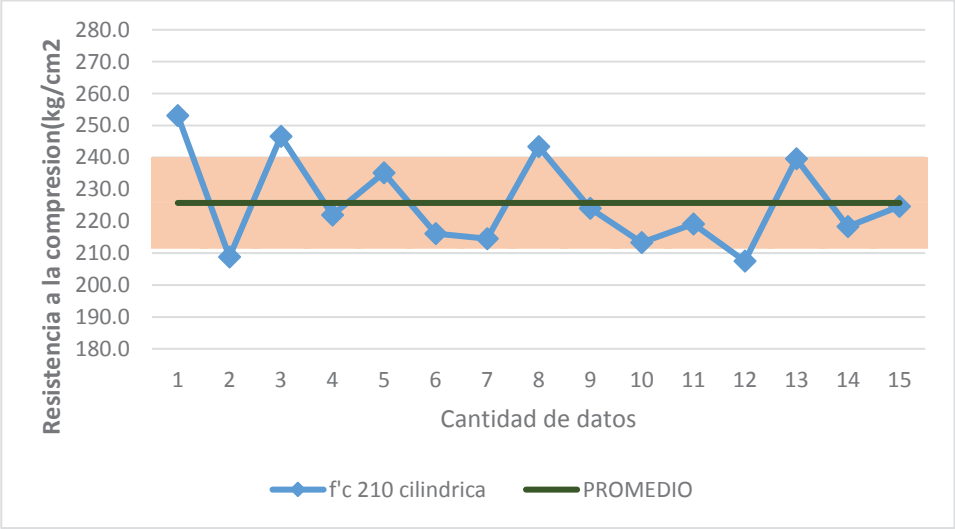
Fuente: Fotografias de rotura

Interpretacion: Las briquetas cubicas en su mayoria tienen una falla a lo largo de toda si seccion y por ende mayor cantidad de grietas, siendo estas las de mayor area de contacto, obteniendo una falla predominate de tipo columnar por ende alcanza resistencias mayores, a diferencia de las briquetas cilindricas que el tipo de falla tipico que se obtiene es la falla lateral que en este caso las grietas solo manifiesta en los bordes superiores e inferiores.

4.6 Comparación de Las Desviaciones Estandar de las Briquetas Cubicas y Cilindricas

Para analizar la dispersión de los datos se utilizó la desviación estándar que es una variable de la estadística que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media, para poder comprender mejor esta variable de la estadística se muestra los siguientes gráficos de los resultados de la resistencia a la compresión por tipo de briqueta y resistencia diseñada.

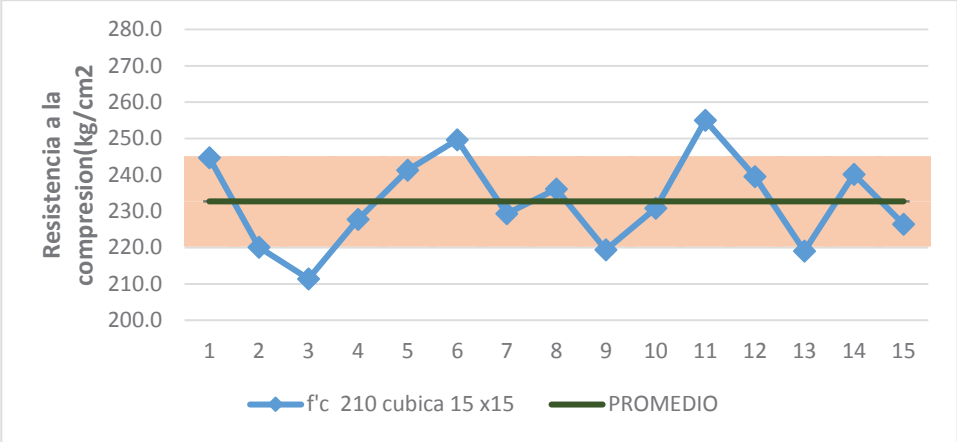
Figura 43.Grafica de la desviación estándar para briquetas cilíndricas f'c=210kg/cm2



f'c =210kg/cm2 B. Cilíndrica	
PROMEDIO	225.733
DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRA	14.366
LIMITE MÁXIMO	253.100
LIMITE MÍNIMO	207.500

Fuente: elaboración propia

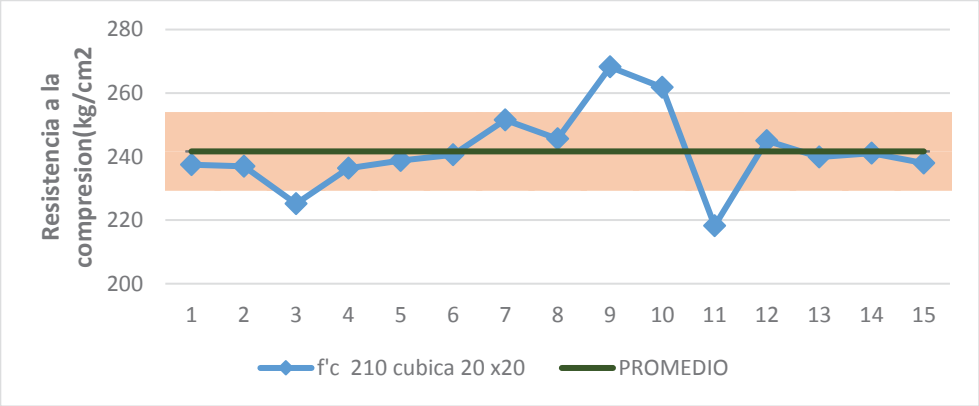
Figura 44.Grafica de la desviación estándar para B. Cubicas 15x15cm f'c=210kg/cm2



f'c =210kg/cm2 B. Cubica 15x15cm	
PROMEDIO (kg/cm2)	232.693
DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRA (kg/cm2)	12.451
LIMITE MÁXIMO (kg/cm2)	255.000
LIMITE MÍNIMO(kg/cm2)	211.400

Fuente: elaboración propia

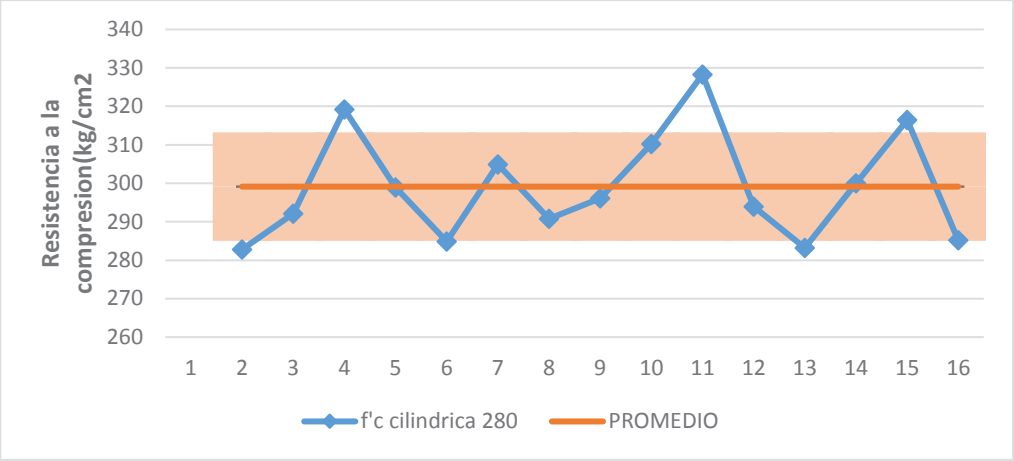
Figura 45.Grafica de la desviación estándar para B. Cubicas 20x20cm f'c=210kg/cm2



f'c =210kg/cm2 B. Cubica 20x20cm	
PROMEDIO (kg/cm2)	241.640
DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRA(kg/cm2)	12.391
LIMITE MÁXIMO (kg/cm2)	268.200
LIMITE MÍNIMO(kg/cm2)	218.200

Fuente: elaboración propia

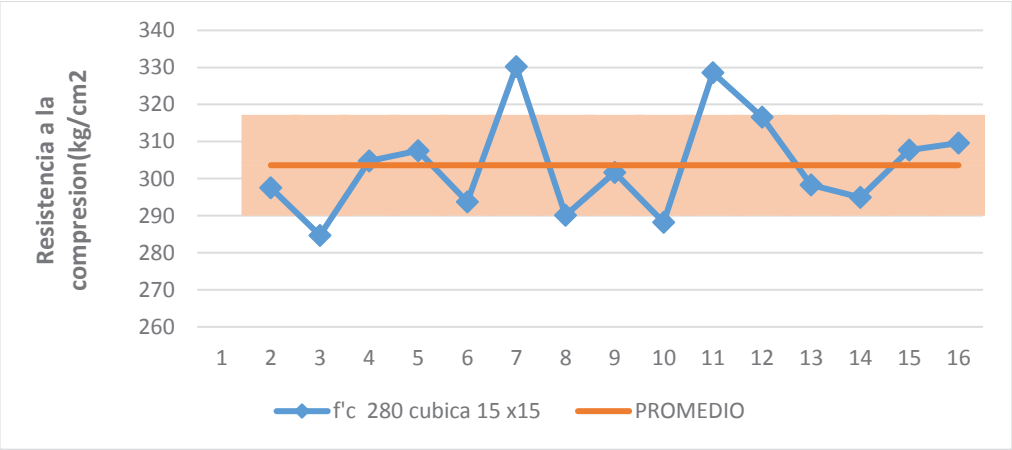
Figura 46.Grafica de la desviación estándar para briquetas cilíndricas f'c=280kg/cm2



f'c =280kg/cm2 B. Cilindrica	
PROMEDIO (kg/cm2)	299.133
DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRA (kg/cm2)	14.103
LIMITE MÁXIMO (kg/cm2)	328.300
LIMITE MÍNIMO(kg/cm2)	282.800

Fuente: elaboración propia

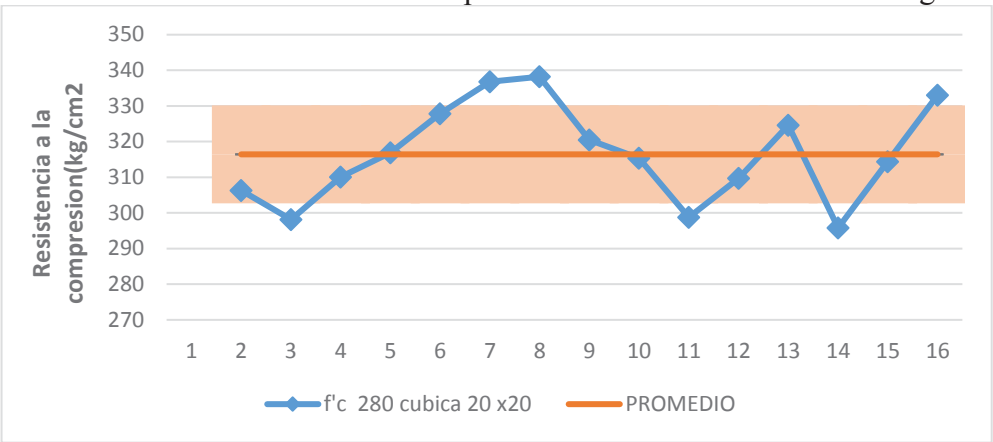
Figura 47.Grafica de la desviación estándar para B. Cubicas 15x15cm f'c=280kg/cm2



f'c =280kg/cm2 B. Cubica 15x15cm	
PROMEDIO (kg/cm2)	303.607
DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRA (kg/cm2)	13.602
LIMITE MÁXIMO (kg/cm2)	330.200
LIMITE MÍNIMO(kg/cm2)	284.700

Fuente: elaboración propia

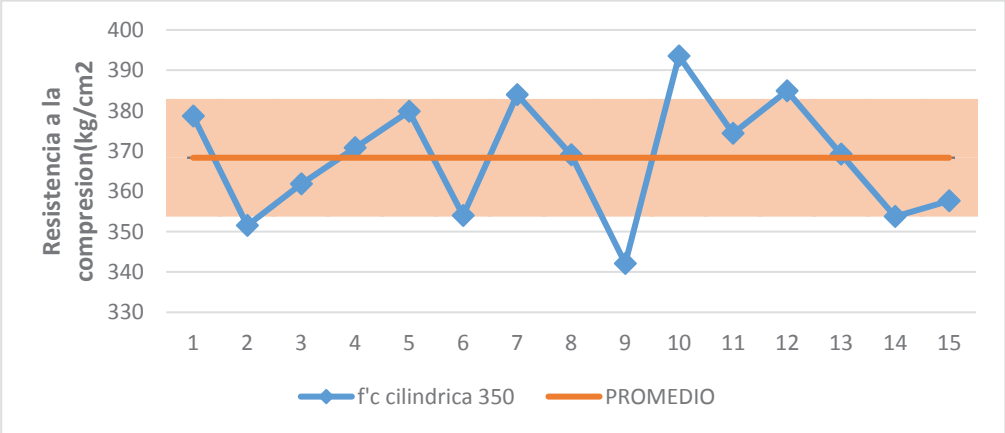
Figura 48.Grafica de la desviación estándar para B. Cubicas 20x20cm f'c=280kg/cm2



f'c =280kg/cm2 B. Cubica 20x20cm	
PROMEDIO (kg/cm2)	316.427
DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRA (kg/cm2)	13.737
LIMITE MÁXIMO (kg/cm2)	338.200
LIMITE MÍNIMO (kg/cm2)	295.800

Fuente: elaboración propia

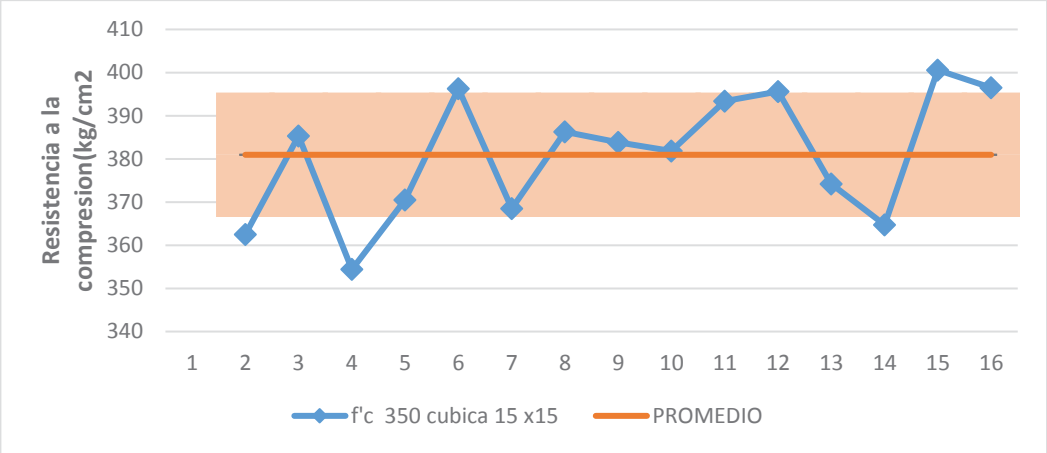
Figura 49.Grafica de la desviación estándar para briquetas cilíndricas f'c=350kg/cm2



f'c =350kg/cm2 B. Cilindrica	
PROMEDIO (kg/cm2)	368.313
DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRA (kg/cm2)	14.587
LIMITE MÁXIMO (kg/cm2)	393.500
LIMITE MÍNIMO (kg/cm2)	342.100

Fuente: elaboración propia

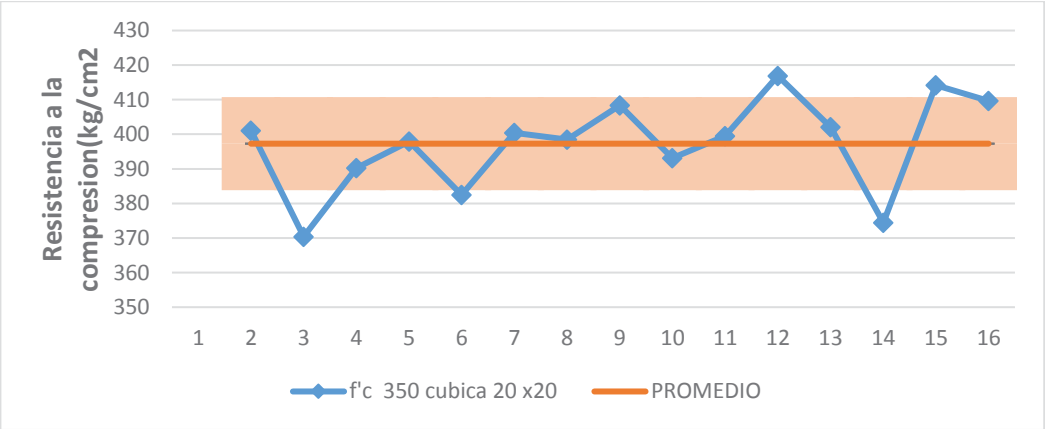
Figura 50.Grafica de la desviación estándar para B. Cubicas 15x15cm f'c=350kg/cm2



f'c =350kg/cm2 B. Cubica 15x15cm	
PROMEDIO (kg/cm2)	380.960
DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRA (kg/cm2)	14.414
LIMITE MÁXIMO (kg/cm2)	400.600
LIMITE MÍNIMO (kg/cm2)	354.400

Fuente: elaboración propia

Figura 51.Grafica de la desviación estándar para B. Cubicas 20x20cm f'c=350kg/cm2



f'c =350kg/cm2 B. Cubica 20x20cm	
PROMEDIO (kg/cm2)	397.287
DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRA (kg/cm2)	13.458
LIMITE MÁXIMO (kg/cm2)	416.900
LIMITE MÍNIMO (kg/cm2)	370.400

Fuente: elaboración propia

Interpretacion: La desviacion estandar mide el grado de dispersión o variabilidad. En este sentido obtenemos que los datos mas dispersos son las briquetas cilíndricas por tanto dichos datos poseen una menor confiabilidad , y los datos con menor dispersión son las briquetas cubicas de 20x20cm por tanto estos datos presentan la mejor confiabilidad.

4.7 Comparación de costos de fabricación

Tabla 123. Partida de concreto simple f'c=210kg/cm²

PRESUPUESTO	TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm² ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".					
PARTIDA	01.01		**CONCRETO SIMPLE 210 kg/cm²**			
Rendimiento	40 m3/dia	MO	Costo Unitario directo por m3			**360.59**
Código	Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA					
10001	Operario	hh	2.00	0.400	19.30	7.72
10002	Oficial	hh	1.00	0.200	16.23	3.25
10003	Peon	hh	6.00	2.00	14.55	29.1
	MATERIALES					
10004	Cemento Portland Tipo I	bol		8.64	24.50	211.18
10005	Agregado fino	m3		0.45	120.00	54.00
10006	Agregado grueso	m3		0.75	70.00	52.50
10007	Agua	m3		0.182	9.00	1.64
	EQUIPOS					
10008	Herramientas Manuales	%MO		3,00	40.07	1.20
						360.59

Fuente: Elaboración propia

PARTIDA	02.01		**BRIQUETAS CILINDRICAS CONVENCIONALES DE CONCRETO SIMPLE 210 kg/cm²**			
Rendimiento	15 und/dia	MO	Costo Unitario directo por UND			**5.47**
Código	Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA					
20001	Peon	hh	0.2	0.1067	14.55	1.55
	SUBPARTIDA					
20002	Concreto Simple F`c=280kg/cm2	m3		0.006	360.59	2.16
20003	Aceite	lit.		0.1	3.90	0.39
	EQUIPOS					
20004	Herramientas Manuales	%MO		3.00	1.55	0.04
20005	Alquiler de Briqueteras	dia	5	0.3333	4.00	1.33
						5.47

Fuente: Elaboración propia

PARTIDA	03.01		**BRIQUETAS CUBICAS DE 15 CM DE ARISTA DE CONCRETO SIMPLE 210 kg/cm²**				
Rendimiento	15 und/dia	MO	Costo Unitario directo por UND				**4.58**
Código	Descripción recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA						
30001	Peon		hh	0.2	0.1067	14.55	1.55
	SUBPARTIDA						
30002	Concreto Simple F`c=280kg/cm2		m3		0.004	360.59	1.44
30003	Aceite		lit.		0.1	3.90	0.39
	EQUIPOS						
30004	Herramientas Manuales		%MO		3.00	1.55	0.04
30005	Alquiler de Briqueteras		dia	5	0.333	3.5	1.16
							4.58

Fuente: Elaboración propia

PARTIDA	04.01		**BRIQUETAS CUBICAS DE 20 CM DE ARISTA DE CONCRETO SIMPLE 210 kg/cm²**				
Rendimiento	15 und/dia	MO	Costo Unitario directo por UND				**6.72**
Código	Descripción recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA						
40001	Peon		hh	0.2	0.1067	14.55	1.55
	SUBPARTIDA						
40002	Concreto Simple F`c=280kg/cm2		m3		0.009	360.59	3.25
40003	Aceite		lit.		0.1	3.90	0.39
	EQUIPOS						
40004	Herramientas Manuales		%MO		3.00	1.55	0.04
40005	Alquiler de Briqueteras		dia	5	0.333	4.50	1.49
							6.72

Fuente: Elaboración propia

Tabla 124. Partida de concreto simple f'c=280kg/cm²

PRESUPUESTO	TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm² ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".					
PARTIDA	05.01		**CONCRETO SIMPLE 280 kg/cm²**			
Rendimiento	40 m3/dia	MO	Costo Unitario directo por m3			**398.19**
Código	Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA					
50001	Operario	hh	2.00	0.400	19.30	7.72
50002	Oficial	hh	1.00	0.200	16.23	3.25
50003	Peon	hh	6.00	2.00	14.55	29.1
	MATERIALES					
50004	Cemento Portland Tipo I	bol		10.35	24.50	253.58
50005	Agregado fino	m3		0.41	120.00	49.20
50006	Agregado grueso	m3		0.75	70.00	52.5
50007	Agua	m3		0.182	9.00	1.64
	EQUIPOS					
50008	Herramientas Manuales	%MO		3,00	40.07	1.20
						398.19

Fuente: Elaboración propia

PARTIDA	06.01		**BRIQUETAS CILINDRICAS CONVENCIONALES DE CONCRETO SIMPLE 280 kg/cm²**			
Rendimiento	15 und/dia	MO	Costo Unitario directo por UND			**5.70**
Código	Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA					
60001	Peon	hh	0.2	0.1067	14.55	1.55
	SUBPARTIDA					
60002	Concreto Simple F`c=280kg/cm2	m3		0.006	398.19	2.39
60003	Aceite	lit.		0.1	3.90	0.39
	EQUIPOS					
60004	Herramientas Manuales	%MO		3.00	1.55	0.04
60005	Alquiler de Briqueteras	dia	5	0.3333	4.00	1.33
						5.70

Fuente: Elaboración propia

PARTIDA	07.01		**BRIQUETAS CUBICAS DE 15CM DE ARISTA DE CONCRETO SIMPLE 280 kg/cm²**				
Rendimiento	15 und/dia	MO	Costo Unitario directo por UND				**4.73**
Código	Descripción recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA						
70001	Peon		hh	0.2	0.1067	14.55	1.55
	SUBPARTIDA						
70002	Concreto Simple F`c=280kg/cm2		m3		0.004	398.19	1.59
70003	Aceite		lit.		0.1	3.90	0.39
	EQUIPOS						
70004	Herramientas Manuales		%MO		3.00	1.55	0.04
70005	Alquiler de Briqueteras		dia	5	0.3333	3.5	1.16
							4.73

Fuente: Elaboración propia

PARTIDA	08.01		**BRIQUETAS CUBICAS DE 20CM DE ARISTA DE CONCRETO SIMPLE 280 kg/cm²**				
Rendimiento	15 und/dia	MO	Costo Unitario directo por UND				**7.05**
Código	Descripción recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA						
80001	Peon		hh	0.2	0.1067	14.55	1.55
	SUBPARTIDA						
80002	Concreto Simple F`c=280kg/cm2		m3		0.009	398.19	3.58
80003	Aceite		lit.		0.1	3.90	0.39
	EQUIPOS						
80004	Herramientas Manuales		%MO		3.00	1.55	0.04
80005	Alquiler de Briqueteras		dia	5	0.3333	4.5	1.49
							7.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 125. Partida de concreto simple f'c=350kg/cm²

PRESUPUESTO	TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EMPLEANDO BRIQUETAS CILÍNDRICAS DE 15cm x 30cm Y CUBICAS DE 15cm y 20 cm DE ARISTA, PARA CONCRETOS f'c= 210, 280 y 350 kg/cm² ELABORADOS CON AGREGADOS GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC ,CUSCO - 2019".					
PARTIDA	09.01		**CONCRETO SIMPLE 350 kg/cm²**			
Rendimiento	40 m3/dia	MO	Costo Unitario directo por m3			**437.02**
Código	Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA					
90001	Operario	hh	2.00	0.400	19.30	7.72
90002	Oficial	hh	1.00	0.200	16.23	3.25
90003	Peon	hh	6.00	2.00	14.55	29.1
	MATERIALES					
90004	Cemento Portland Tipo I	bol		12.18	24.50	298.41
90005	Agregado fino	m3		0.36	120.00	43.20
90006	Agregado grueso	m3		0.75	70.00	52.5
90007	Agua	m3		0.182	9.00	1.64
	EQUIPOS					
90008	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3,00	40.07	1.20
						437.02

Fuente: Elaboración propia

PARTIDA	10.01		**BRIQUETAS CILINDRICAS CONVENCIONALES DE CONCRETO SIMPLE 350 kg/cm²**			
Rendimiento	15 und/dia	MO	Costo Unitario directo por UND			**5.93**
Código	Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA					
100001	Peon	hh	0.2	0.1067	14.55	1.55
	SUBPARTIDA					
100002	Concreto Simple F`c=280kg/cm2	m3		0.006	437.02	2.62
100003	Aceite	lit.		0.1	3.90	0.39
	EQUIPOS					
100004	Herramientas Manuales	%MO		3.00	1.55	0.04
100005	Alquiler de Briqueteras	dia	5	0.3333	4.00	1.33
						5.93

Fuente: Elaboración propia

PARTIDA	11.01		**BRIQUETAS CUBICAS DE 15CM DE ARISTA DE CONCRETO SIMPLE 350 kg/cm²**				
Rendimiento	15 und/dia	MO	Costo Unitario directo por UND				**4.89**
Código	Descripción recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA						
110001	Peon		hh	0.2	0.1067	14.55	1.55
	SUBPARTIDA						
110002	Concreto Simple F`c=280kg/cm2		m3		0.004	437.02	1.75
110003	Aceite		lit.		0.1	3.90	0.39
	EQUIPOS						
110004	Herramientas Manuales		%MO		3.00	1.55	0.04
110005	Alquiler de Briqueteras		dia	5	0.3333	3.50	1.16
							4.89

Fuente: Elaboración propia

PARTIDA	12.01		**BRIQUETAS CUBICAS DE 20CM DE ARISTA DE CONCRETO SIMPLE 350 kg/cm²**				
Rendimiento	15 und/dia	MO	Costo Unitario directo por UND				**7.40**
Código	Descripción recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA						
120001	Peon		hh	0.2	0.1067	14.55	1.55
	SUBPARTIDA						
120002	Concreto Simple F`c=280kg/cm2		m3		0.009	437.02	3.93
120003	Aceite		lit.		0.1	3.90	0.39
	EQUIPOS						
120004	Herramientas Manuales		%MO		3.00	1.55	0.04
120005	Alquiler de Briqueteras		dia	5	0.3333	4.5	1.49
							7.40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 126. Costo por m3 de briqueta f'c=210.

Tipo de briqueta	Costo(m3)	Costo por unidad de briqueta	Comparación con respecto de la briqueta convencional
B. cilíndrica	S./ 360.59	S./ 5.47	100%
B. cubica 15x15cm	S./ 360.59	S./ 4.58	83%
B. cubica 20x20cm	S./ 360.59	S./6.72	123%

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 127. Costo por m3 de briqueta f'c=280.

Tipo de briqueta	Costo(m3)	Costo por unidad de briqueta	Comparación con respecto de la briqueta convencional
B. cilíndrica	S./ 398.19	S./ 5.70	100%
B. cubica 15x15cm	S./ 398.19	S./ 4.73	82%
B. cubica 20x20cm	S./ 398.19	S./ 7.05	124%

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 128. Costo por m3 de briqueta f'c=350.

Tipo de briqueta	Costo(m3)	Costo por unidad de briqueta	Comparación con respecto de la briqueta convencional
B. cilíndrica	S./ 437.02	S./ 5.93	100%
B. cubica 15x15cm	S./ 437.02	S./ 4.89	82%
B. cubica 20x20cm	S./ 437.02	S./ 7.40	125%

Fuente: Elaboracion propia

Interpretacion: los costos de produccion de las briquetas depende de su volumen en ese sentido observamos que las briquetas cubicas de 15cm son las mas recomendadas debido a su menor volumen siendo un 82% respecto al costo de una briqueta cilindrica convencional, por otro lado las briquetas cubicas de 20cm son las mas costosas alcanzando un 25% de costo adicional a una briqueta cilindrica.

CONCLUSIONES

- Con respecto al problema principal de la investigación, el cual consistía en realizar un análisis comparativo de la resistencia a la compresión de briquetas cilíndricas de 15x30cmy briquetas cubicas de 15cm y 20cm de arista, se obtuvo una relación lineal de las siguientes características:

  Para briquetas cubicas de 15cm, para resistencias de **210, 280 y 350 kg/cm2**, respectivamente, respecto a las briquetas cilíndricas convencionales:

  $\mathbf{f_{cub15x15} = 0.8326\ f_{cil} + 44.756}$, $\mathbf{f_{cub15x15} = 0.9444 f_{cil} + 21.114}$, $\mathbf{f_{cub15x15} = 0.9776 f_{cil} + 20.901}$

  Para briquetas cubicas de 20cm, para resistencias de **210, 280 y 350 kg/cm2**, respectivamente, respecto a las briquetas cilíndricas convencionales:

  $\mathbf{f_{cub20x20} = 0.806 f_{cil} + 59.708}$, $\mathbf{f_{cub20x20} = 0.9493 f_{cil} + 32.451}$, $\mathbf{f_{cub20x20} = 0.8817 f_{cil} + 72.545}$

  Donde:

  f_{cil}: resitencia a la compresion de la briqueta cilindrica convencional

  $f_{cub15x15}$: resistencia a la compresion de la briqueta cubica de 15cm de arista

  $f_{cub20x20}$: resistencia a la compresion de la briqueta cubica de 15cm de arista

- Respecto a los agregados empleados en el diseño de mezclas, se tiene

  - Las propiedades del agregado grueso de la cantera de Vicho y agregado fino de la cantera de Cunyac, cumplen con los parámetros de los ensayos de laboratorio establecido en la NTP 339.033.2015 (Contenido de Humedad, Cantidad de Material Fino que pasa por el Tamiz N° 200, Peso Unitario Suelto y Compactado de los Agregados, Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos, Gravedad Especifica y Absorción de los Agregados Finos y Gruesos, Ensayo de Abrasión – Los Ángeles) para la elaboración del diseño de mezclas.

- En el proceso de vaciado de briquetas cubicas y cilíndricas solo se encontró una diferencia, respecto al proceso de compactado: El número de capas y golpes al momento de vaciar el concreto fue de 3 capasy 25 golpes para las briquetas convencionales, para la briqueta cubica de 15cmde arista 2 capas y 18 golpes por capa, y para la briqueta cubica de 20cm de arista 2 capas y 32 golpes por cada capa.
- En el proceso de codificación, manejo, trasporte y curado no se encontraron diferencias, todas las briquetas fueron curadas en las mismas condiciones.
- El tipo de fractura en la mayoría de muestras cilíndricas es del tipo de Falla Lateral (30 de un total de 45 muestras) y para las briquetas cubicas de 15 y 20cm de arista en su mayoría se presentó una fractura Extensional Columnar .(29 y 31 muestras de un total de 45, respectivamente).
- Las briquetas cubicas de 15cm de arista al tener un menor volumen tienen el menor costo de producción, siendo un 82% del costo de la briqueta convencional y las cubicas de 20cm de arista hasta un 125% del costo de las briquetas cilíndricas.
- Las briquetas cubicas de 20cm de arista, presentan una menor desviación estándar en la determinación de la resistencia a la compresión (13.195 kg/cm2). lo cual genera una mayor confiabilidad de los datos obtenidos, seguido por las briquetas cubicas de 15cm de arista con una desviación estándar de 13.489 kg/cm2. y finalmente las briquetas cilíndricas convencionales las cuales presentan una desviación estándar de 14.352 kg/cm2.

- Al comparar los resultados de los ensayos a compresión de la briqueta cubica de 20cm y la briqueta de 15 cm, con las tablas de las normas chilenas y europeas respectivamente, se observa que los valores hallados por la Norma Chilena son similares a los valores obtenidos en la presente investigación, notándose una diferencia mínima de 21.03 kg/cm2 para la resistencia f'c=210 kg/cm2.

  Para el caso de las briquetas de 15x15 cm., la norma Europea es algo más conservadora pues observamos que los datos obtenidos en la investigación son menores aumentando la diferencia en resistencias mayores, siendo la diferencia de mayor consideración 68.25kg/cm2 , para f'c=350 kg/cm2.

RECOMENDACIONES.

- Tener mucho cuidado con la calidad de los materiales, para así poder obtener un adecuado diseño de mezclas, así como tener cuidado al momento de replantear la relación agua - cemento, ya que este es un factor influyente a la hora de obtener la resistencia requerida.
- Se recomienda el uso de un nivel al momento del vaciado de las briquetas cubicas para verificar que las caras superior e inferior se encuentren paralelas ya que esto tendrá una gran influencia al realizar los ensayos de resistencia a la compresión.
- Cuando se realice la preparación de la mezcla de concreto, es recomendable que se distribuya la mezcla de un mismo trompo a los tres tipos de briqueteras, para así posteriormente hacer una comparación de datos más precisa.
- Se recomienda seguir las especificaciones en número de capas y golpes en los tres tipos de briqueteras para así no correr el riesgo de formación de cangrejeras al momento de vaciado.
- Se recomienda lubricar bien las esquinas de las briqueteras cubicas, para no tener problemas posteriores al momento de retirar las briquetas.
- Al momento de desmoldar las briquetas se deberá tener mucho cuidado de no dañar la geometría de las muestras, puesto que estas tendrán una gran influencia al momento de realizar los ensayos.

- Al momento de realizar el transporte de briquetas cubicas al laboratorio donde se realizará los ensayos de resistencia a la compresión se deberá tener cuidado de no dañar las esquinas de las briquetas.
- Al momento de realizar los ensayos en la maquina compresora se debe procurar que las briqueteras se encuentren lo más centradas posibles de las plateas superior e inferior, para así obtener el mejor tipo de fallas en las briquetas.
- El uso de briquetas cubicas de 15cm de arista es recomendable en nuestro medio mientras estas no superen una resistencia de diseño de 350kg/cm^2, puesto que en nuestro medio la mayoría de los equipos para realizar los ensayos de resistencia a la compresión soportan cargas máximas de 80 000kg.
- En el momento de la rotura de briquetas cubicas se observó que también podrían romperse de las caras laterales, por ello se propone en el futuro realizar investigaciones realizando comparaciones entre las roturas de caras laterales –rotura de caras de vaciado para briquetas cubicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NTP 334.090 2016 (Cementos Portland Adicionados. Requisitos)
- ASTM C150 /C150 M, (Standard Specification for Portland Cement).
- Manual de ensayo de materiales (EM 2000).
- Norma E060-Concreto Armado (Reglamento Nacional de Edificaciones).
- Universidad de Valladolid - Apuntes para una breve introducción a la RESISTENCIA DE MATERIALES Reimpresión - Septiembre de 2014
- https://support.minitab.com/ Interpretar los estadísticos para Almacenar estadísticos descriptivos
- Angélica del Valle Moreno EL FENÓMENO DE LA CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO Publicación Técnica No. 182 Sanfandila, Qro, 2001
- Cementos Yura- Blog de la construcción – Articulo peligros del exceso de agua en el concreto- 2019
- www.acerosarequipa.com - "boletín construyendo seguro- los tipos de concreto y sus usos" , 2019
- https://www.probacons.com/ Boletín elementos prefabricados de concreto
- Ing. Rocio Durand – UPAO -publicación en la página " https://es.slideshare.net"/,2014
- Juan Francisco Pacco Mescco TESIS "EFECTO DE LA ADICIÓN DE CAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO",2008.
- Ing. Jesús David Osorio "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN", 2019.

- Brigitte Matilde Castrillón Valdés "PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA GUADUA", 2004.
- Ing. Omar Javier Silva Boletin "TIPOS DE AGREGADOS Y SU INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO",2007.
- Ing. Guillermo González Beltrán, PhD., LanammeUCR libro "Recomendaciones para obtener resultados confiables de resistencia de cilindros de concreto" , 2011.
- David Alan Dueñas Saire, TESIS" COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO f'c=280 kg/cm2 CON CURADOR CHEMA MEMBRANIL REFORZADO, SIKA CEM CURADOR Y CURET Z VERSUS CONCRETO f'c=280 kg/cm2 CURADO CONVENCIONALMENTE, PRODUCIDO CON AGREGADOS DE LA CANTERA VICHO, PARA LA CIUDAD DEL CUSCO", 2017-2018.
- Paredes Carrasco Alexander Edward – TESIS "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO HIDRÁULICO USANDO AGREGADO FINO MARGINAL EN EL PROYECTO REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DV. IMPERIAL – PAMPAS ",2015.
- PCA (Portland Cement Association)- Diseño y Control de Mezclas de Concreto ,2016.
- DUDA, Walter H. "Manual Tecnológico del Cemento". Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona, 1997.
- Concretos Supermix- boletín "AGREGADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA", 2017

- Gonzales Medrano, R. L. TESIS: "Resistencia a compresión del concreto: Influencia del tipo de: probeta y de las condiciones de curado", Universidad Señor de Sipan, Peru, 2004.
- Arriagada Verdugo, A.A. TESIS: "Análisis del factor de transformación de resistencias de probetas cilíndricas de ϕ10 y ϕ15 a probetas cúbicas de 20 x 20 cm para hormigones de grado h20 y h30" Universidad Austral de Chile", 2011.
- Norma Chilena NCh170. Hormigon -Requisitos generales, 1985.
- EN 206-1:2005. Concrete – Part 1 NORMA EUROPEA " Specification, performance, production and conformity",2005.
- IDEIM 2007 – CHILE (Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales), 2007
- JIN-KEUN KIM Y SEONG-TAE YI1:"Application of size effect to compressive strength of concrete members" Publicacion Sadhana Vol. 27,Part 4, 2002.
- CONCRETE MANUAL Ministerio del Interior de Estados Unidos ,1975.
- Del Viso, J. R., Carmona, J. R., & Ruiz, G. Tesis :"Influencia de la forma y del tamaño de la probeta en la resistencia a compresión de hormigones de alta resistencia", 2007.
- L. ROJAS, J FERNANDEZ GOMEZ (2004) tesis:" Factores de correlación para predecir la resistencia a compresión in-situ de un concreto autocompactante", Universidad Católica de Colombia, 2004.
- Diseño de mezclas, Ing. Enrique Rivva López, 2017.

ANEXOS

Panel Fotográfico.

Figura 52. Visita a la cantera de Vicho

Figura 53. . Visita a la cantera de Vicho

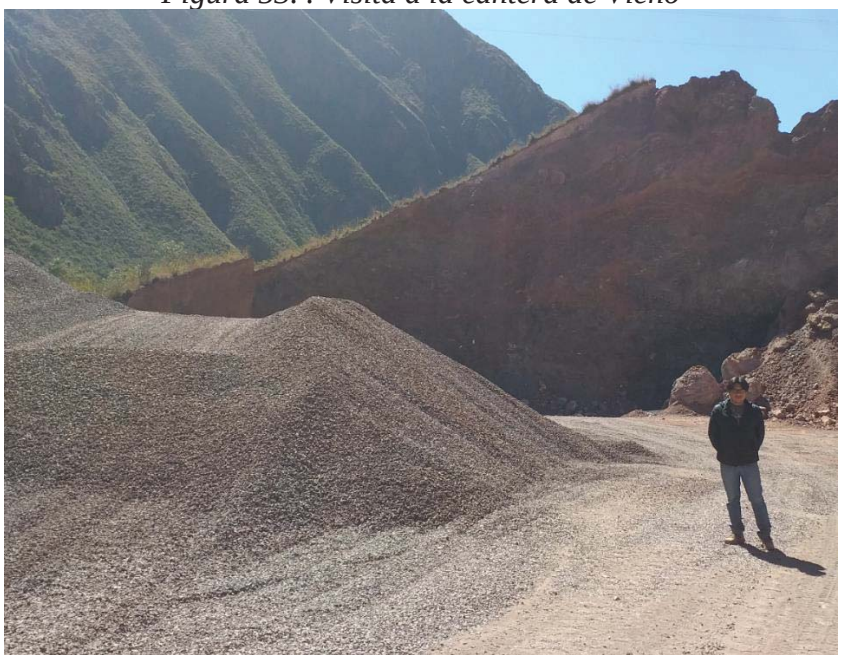
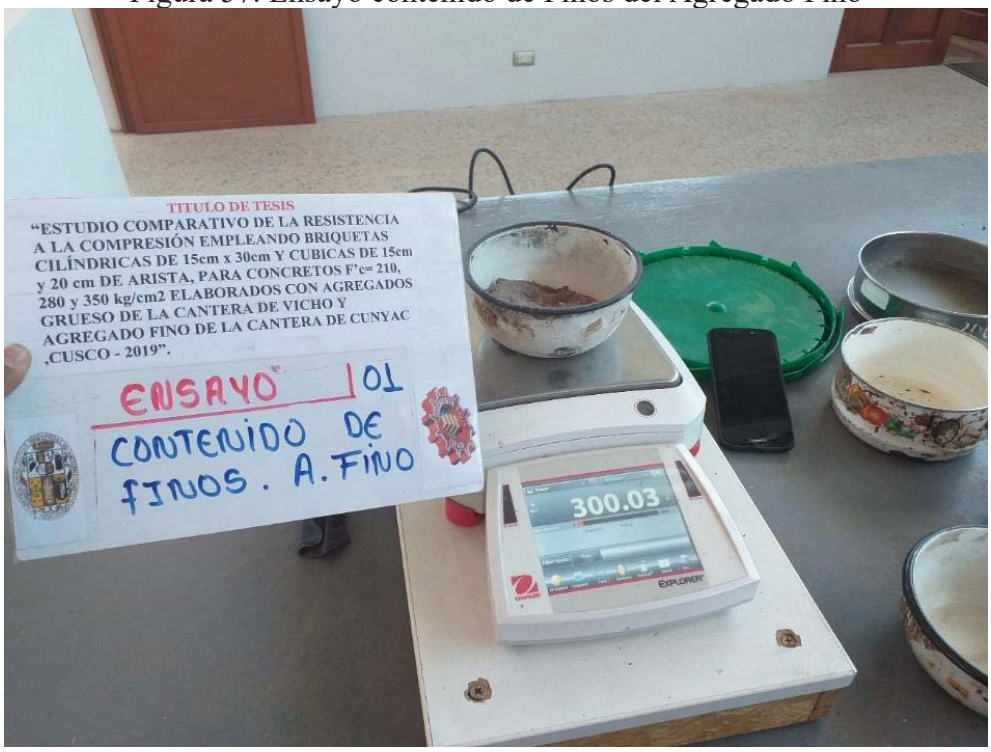


Figura 54. Muestreo del agregado grueso

Figura 55. Ensayo de peso unitario del Agregado Grueso

Figura 56. Ensayo de Peso Unitario compactado del Agregado grueso

Figura 57. Ensayo contenido de Finos del Agregado Fino

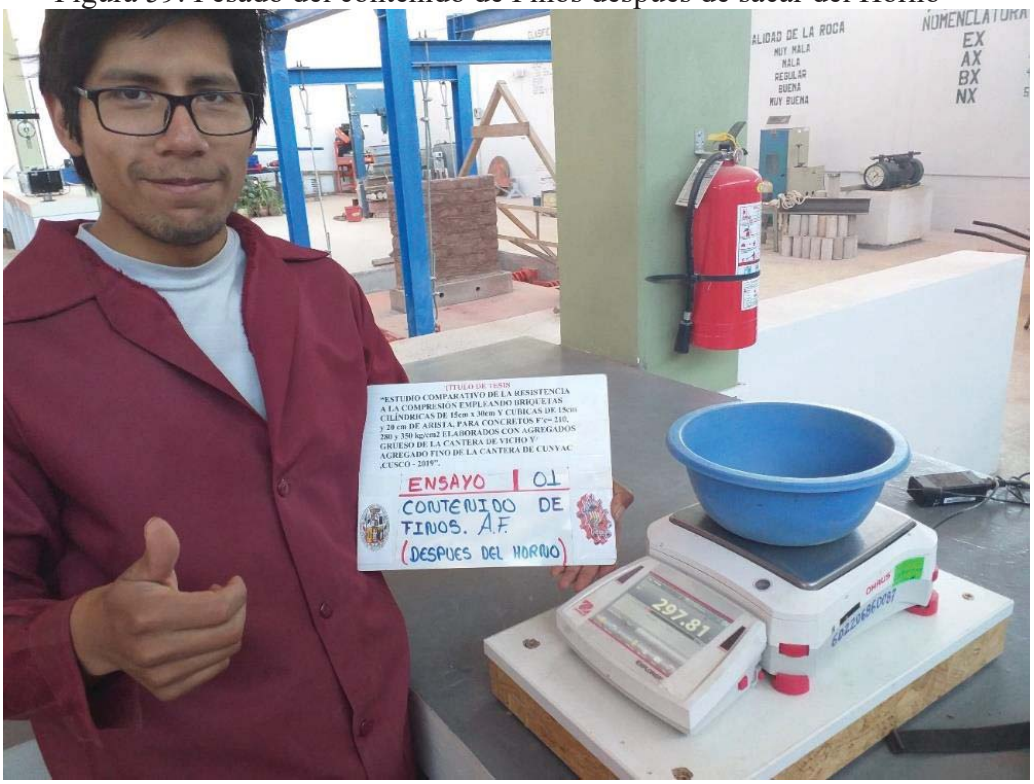


BACH: CARLOS SAUL TORRES NINA
BACH: GUIDO ALEX VERA CCASA

Figura 58. Cuatro muestras para el ensayo de contenido de finos en el Agregado Fino

BACH: CARLOS SAUL TORRES NINA
BACH: GUIDO ALEX VERA CCASA

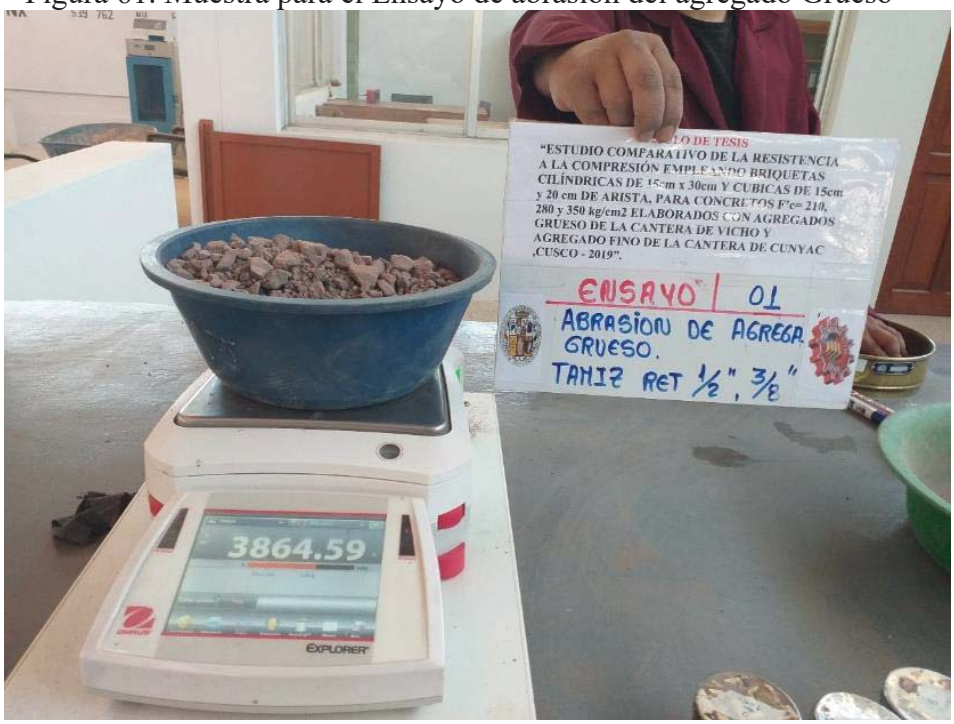
Figura 59. Pesado del contenido de Finos después de sacar del Horno



BACH: CARLOS SAUL TORRES NINA
BACH: GUIDO ALEX VERA CCASA

Figura 60. Prueba de los ángeles del agregado grueso

Figura 61. Muestra para el Ensayo de abrasión del agregado Grueso



BACH: CARLOS SAUL TORRES NINA
BACH: GUIDO ALEX VERA CCASA

Figura 62. Muestra para realizar el ensayo de contenido de humedad del agregado grueso

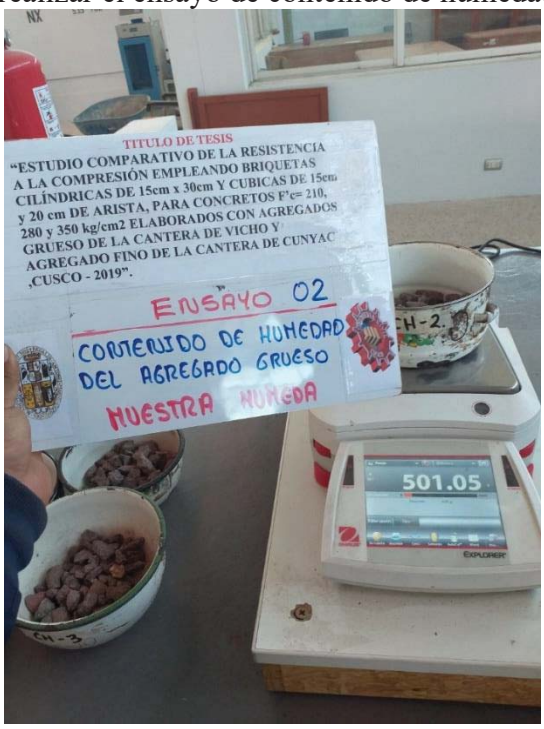


Figura 63. Muestra para realizar el ensayo de gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado Grueso

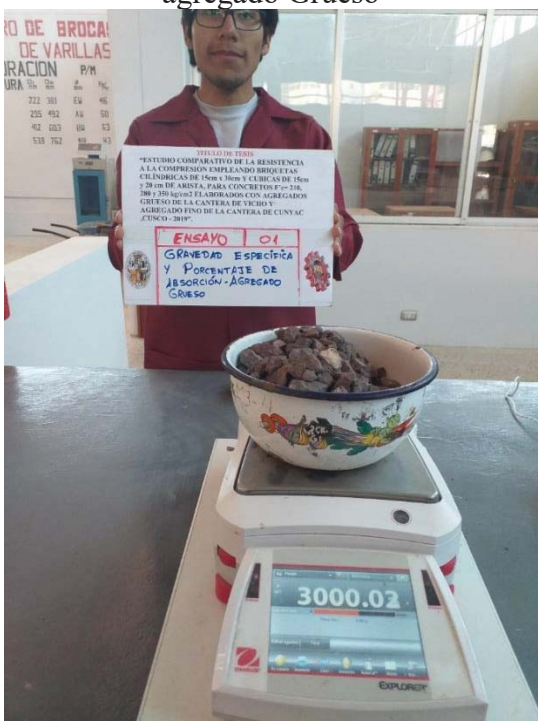


Figura 64. Muestra en la probeta para realizar el ensayo de Porcentaje de absorción del agregado Fino

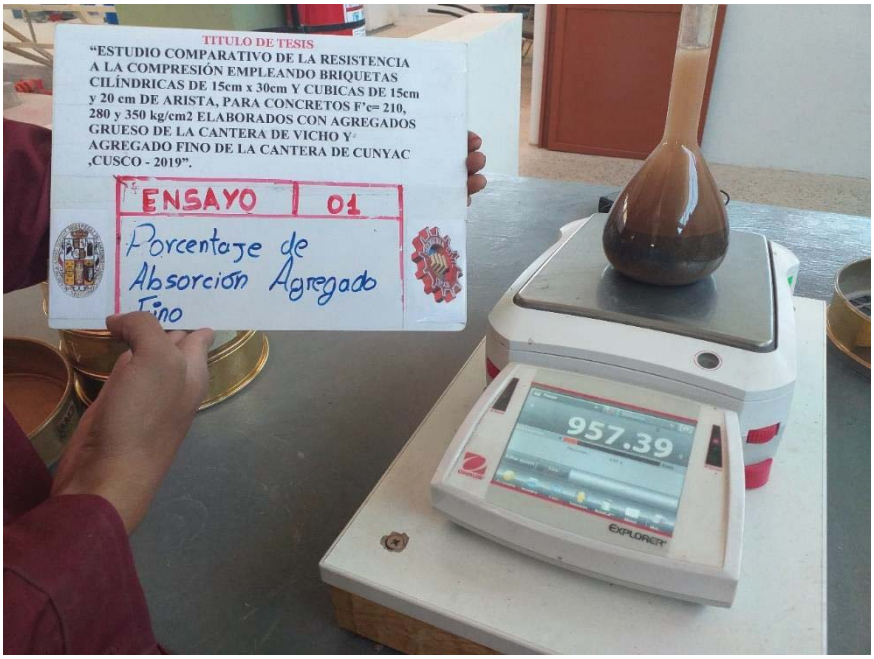


Figura 65. Ensayo de agregado global para una muestra de 55% Agregado Grueso y 45% de Agregado Fino

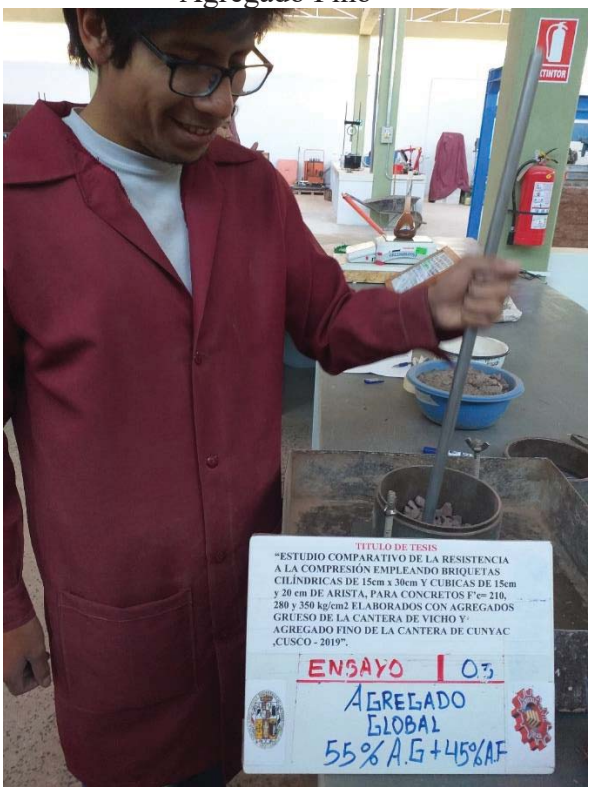


Figura 48 Muestras después del tamizado del agregado Global

Figura 66. Agregado grueso saturado por 24 horas para realizar el ensayo de Gravedad Especifica y absorción.

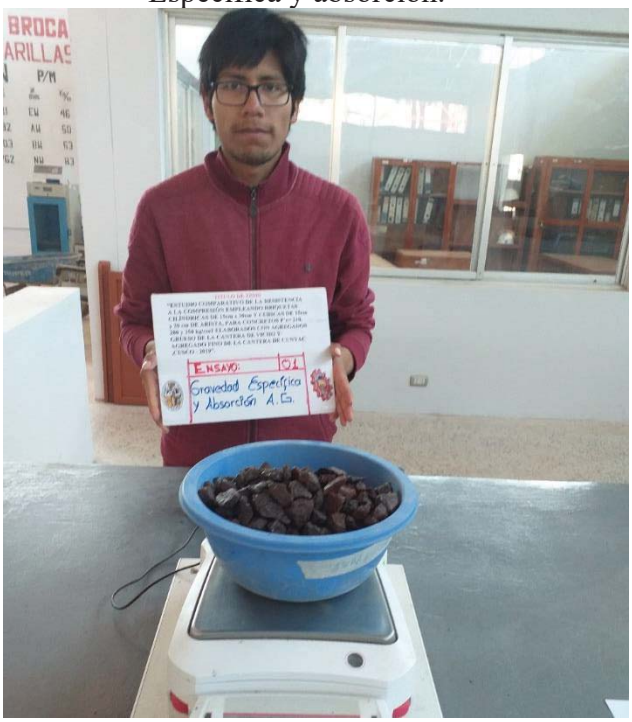


Figura 67. Obteniendo el peso del agregado saturado superficialmente seco sumergido en agua

Figura 68. Desbriquetado de las briquetas Cilíndricas y Cubicas

Figura 69. Curado de briquetas cubicas y Cilíndricas totalmente sumergidas

Figura 70. Traslado de las briquetas Cilíndricas y Cubicas al laboratorio para realizar el ensayo de resistencia a la compresión

Figura 71. Pesado de briqueta Cubica de 20cm de arista

Figura 72. Ensayo a la compresión de briquetas Cilíndricas a los 28 días de vaciado, nótese que presenta un tipo de falla columnar.

Figura 73. Ensayo a la compresión de briquetas Cilíndricas a los 28 días de vaciado

Figura 74. Verificación de que las caras superior e inferior sean paralelas.

Figura 75. Ensayo de resistencia a la compresión de briquetas cubicas de 20cm de arista

Figura 76. Ensayo de resistencia a la compresión de briquetas cubicas de 15cm de arista

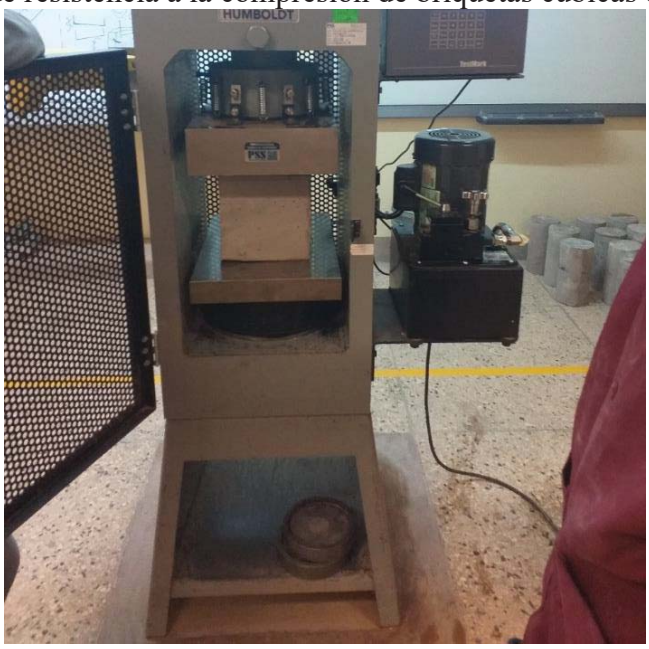


Figura 77. Falla por Fracturación extensional tipo columnar en briquetas cubicas.

Figura 78. Lectura de resistencia a la compresión máxima alcanzada por una briqueta cubica de 20cm

Figura 79. Lectura de resistencia a la compresión máxima alcanzada por una briqueta cubica de 15cm

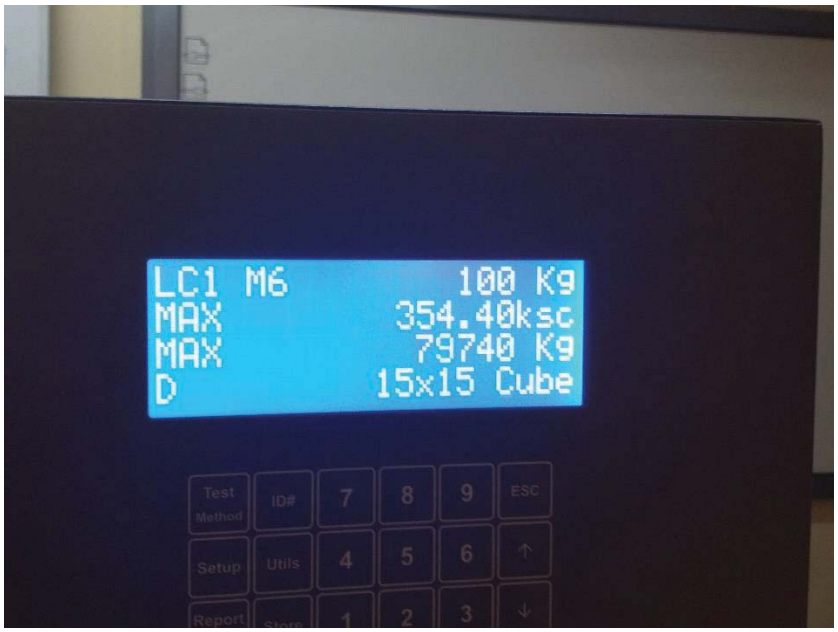


Figura 80. Ensayo de resistencia a la compresión de briquetas cilíndricas y cubicas en laboratorio