

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO DESTINADOS AL  
TRÁNSITO VEHICULAR LIGERO UTILIZANDO PARCIALMENTE  
RESIDUOS DE DEMOLICIÓN COMO AGREGADO FINO Y GRUESO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**Arnold David Espinoza Taboada**

**ASESOR**

**Wilson Martin Garcia Vera**

<https://orcid.org/0000-0001-6108-0946>

**Chiclayo, 2022**

**ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO DESTINADOS AL  
TRÁNSITO VEHICULAR LIGERO UTILIZANDO PARCIALMENTE  
RESIDUOS DE DEMOLICIÓN COMO AGREGADO FINO Y GRUESO**

PRESENTADA POR:

**ARNOLD DAVID ESPINOZA TABOADA**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

Carlos Rafael Tafur Jiménez  
PRESIDENTE

Cesar Eduardo Cachay Lazo  
SECRETARIO

Wilson Martin Garcia Vera  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Dedicado principalmente para mi madre, que hizo grandes esfuerzos para brindarme una educación de calidad, por otorgarme su confianza y por siempre apoyarme durante el proceso de desarrollo de esta tesis. Para mi familia, que siempre estuvo dándome ánimos cuando la necesité, pero sobre todo para mi abuela, que fue una gran fuente de buenos deseos y motivación mientras estuvo con nosotros, para ti Juana, gracias por todo, este trabajo está dedicado para ti.

## **Agradecimientos**

Un agradecimiento especial para mi asesor, el ing. Wilson Martin Garcia Vera, por haber sido un gran guía durante el desarrollo de esta investigación, sus alcances y recomendaciones fueron de gran importancia para realización exitosa de esta tesis.

Agradecido de igual manera para todas las personas que se involucraron en esta investigación y me ayudaron, especialmente para mis amigos, que estuvieron ahí para apoyarme.

# Índice

Resumen .....	15
Abstract .....	16
I. Introducción .....	17
II. Marco teórico.....	22
2.1. Antecedentes .....	22
2.2. Bases teóricas.....	24
2.2.1. Concreto: .....	24
2.2.2. Adoquín: .....	32
2.2.3. Residuos de construcción y demolición:.....	35
2.2.4. Normas del RNE (Reglamento Nacional De Edificaciones) .....	42
2.2.5. Normas Técnicas Peruanas (NTP) usadas en la investigación.....	42
2.2.6. Normas internacionales usadas en el proyecto .....	45
III. Metodología .....	48
3.1. Tipo y nivel de investigación: .....	48
3.2. Diseño de investigación.....	48
3.2.1. Hipótesis .....	48
3.2.2. Diseño de contrastación de hipótesis .....	48
3.3. Población, muestra, muestreo .....	49
3.3.1. Población: .....	49
3.3.2. Muestra .....	49
3.3.3. Muestreo .....	49
3.4. Criterios de selección.....	51
3.5. Operacionalización de variables: .....	52
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	53
3.6.1. Técnicas:.....	53
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.....	53
3.7. Procedimientos .....	110
3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos .....	111
3.9. Matriz de consistencia .....	113
3.10. Consideraciones éticas:.....	114
IV. Resultados .....	115
4.1. Ensayos de agregados pétreos (NATURALES).....	115
4.1.1. Agregado fino .....	115
4.1.2. Agregado grueso .....	117
4.2. Ensayo de agregados provenientes de los Residuos de Demolición .....	119
4.2.1. Agregado fino .....	119
4.2.2. Agregado grueso .....	121
4.3. Ensayo de compresión .....	123
4.3.1. Muestras patrón.....	123
4.3.2. Reemplazos de agregado fino: .....	126
4.3.3. Reemplazos de agregado grueso: .....	128
4.4. Ensayo de flexión .....	130
4.4.1. Muestra patrón .....	130

4.4.2. Reemplazos de agregado fino .....	133
4.4.3. Reemplazos de agregado grueso .....	135
4.5. Ensayo de abrasión por rodillo giratorio .....	137
4.5.1. Muestras patrón.....	137
4.5.2. Reemplazos agregado fino .....	139
4.5.3. Reemplazos agregado grueso.....	140
4.6. Absorción .....	141
4.6.1. Muestras patrón.....	141
4.6.2. Muestras con reemplazo .....	141
4.7. Densidad .....	142
4.7.1. Muestras patrón.....	142
4.7.2. Muestras con reemplazo .....	142
4.8. Variación dimensional .....	143
4.8.1. Muestras patrón.....	143
4.8.2. Muestras con reemplazos .....	147
V. Discusión .....	153
5.1. Propiedades de los Agregados pétreos vs. Agregados reciclados .....	153
5.2. Influencia del reemplazo de los agregados pétreos por agregado reciclado en las propiedades físicas y mecánicas del adoquín .....	161
VI. Conclusiones .....	179
VII. Recomendaciones .....	181
VIII. Referencias .....	182
IX. Anexos .....	186

## Lista de figuras

Figura n° 1. 1. “Viajes totales realizados, CEGACH 2016” .....	18
Figura n° 1. 2. Total de Residuos de Construcción recogidos CEGACH 2016 .....	18
Figura n° 2. 1. Compacidad del concreto .....	25
Figura n° 3. 1. Muestra de 1kg (confitillo).....	55
Figura n° 3. 2. Tamizado del agregado grueso o confitillo .....	56
Figura n° 3. 3. Preparación del agregado fino a ensayar .....	58
Figura n° 3. 4. Peso de la arena amarilla .....	59
Figura n° 3. 5. Colocación de muestra en el horno a temperatura constante.....	61
Figura n° 3. 6. Lavado del agregado grueso.....	65
Figura n° 3. 7. Colocación de muestra al horno para peso específico.....	66
Figura n° 3. 8. Peso de muestra en su estado natural .....	68
Figura n° 3. 9. Eliminación de vacíos del agregado .....	69
Figura n° 3. 10. Revoluciones para la Máquina de Los Ángeles .....	76
Figura n° 3. 11. Cargas a utilizar para el ensayo .....	77
Figura n° 3. 12. Tamices para ensayo de granulometría .....	79
<i>Figura n° 3. 13. Agregado retenido en c/u de las mallas .....</i>	<i>79</i>
Figura n° 3. 14. Peso de los retenidos en las mallas.....	80
Figura n° 3. 15. Tamices normalizados para la granulometría del agregado fino .....	82
Figura n° 3. 16. Tamizado del agregado fino reciclado .....	82
<i>Figura n° 3. 17. Agregado grueso reciclado sumergido en agua durante 24 horas.....</i>	<i>86</i>
Figura n° 3. 18. Secado superficial del agregado grueso reciclado.....	87
Figura n° 3. 19. Peso del agregado en conjunto con la canastilla.....	87
Figura n° 3. 20. Vertido del agregado grueso reciclado en el molde cilíndrico .....	92
Figura n° 3. 21. Enrase de la superficie mediante la varilla de apisonado .....	92
Figura n° 3. 22. Vertido de la arena reciclada en el molde cónico.....	93
Figura n° 3. 23. Colocación del confitillo reciclado en el molde .....	96
Figura n° 3. 24. Apisonado del confitillo reciclado.....	96
Figura n° 5. 1. Dinámica del agua efectiva en un agregado reciclado y uno normal .....	160
Figura n° 5. 2. Muestra patrón desgastada .....	167
Figura n° 5. 3. Muestra con reemplazo desgastada .....	167
Figura n° 5. 4. Estados de la muestra .....	169
Figura n° 5. 5. Correlación entre densidad y absorción .....	170
Figura n° 9. 1. “Ubicación de la casa demolida en Calle María Candelaria” .....	186
Figura n° 9. 2. “Demolición de la casa ubicada en la Calle María Candelaria”.....	186
Figura n° 9. 3. “Ubicación de la demolición ubicada en la calle Wilfredo Valdiviezo” .....	187
Figura n° 9. 4. "Demolición calle Wilfredo Valdiviezo 319" .....	187
Figura n° 9. 5. "Demolición calle Wilfredo Valdiviezo 319 (2)" .....	187
Figura n° 9. 6. “Ubicación de la demolición en la Calle Luis Castilla 252” .....	188
Figura n° 9. 7. "Demolición en la calle Luis Castilla 252" .....	188
Figura n° 9. 8. "Elección de la muestra a demoler".....	189
Figura n° 9. 9. “Transporte del material a la chancadora Piedra Azul S.A” .....	189
Figura n° 9. 10. “Llegada chancadora Piedra Azul S.A” .....	189
Figura n° 9. 11. "Ubicación Chancadora Piedra Azul" .....	190
Figura n° 9. 12. Chancadora, proceso de chancado.....	190
Figura n° 9. 13. "Proceso de tamizado y transporte del material chancado".....	191

Figura n° 9. 14. "Producto final" .....	191
Figura n° 9. 15. Granulometría agregado fino.....	192
Figura n° 9. 16. "Pesos unitarios y humedad del agregado fino" .....	193
Figura n° 9. 17. "Peso específico y % de absorción del agregado fino" .....	194
Figura n° 9. 18. "Granulometría agregado grueso" .....	195
Figura n° 9. 19. "Pesos unitarios y humedad del agregado grueso".....	196
Figura n° 9. 20. "Peso específico y % de absorción del agregado grueso" .....	197
Figura n° 9. 21. "Ensayo de abrasión del agregado grueso" .....	198
Figura n° 9. 22. "Granulometría agregado fino reciclado" .....	199
Figura n° 9. 23. "Contenido de humedad de las muestras de agregado fino reciclado" .....	200
Figura n° 9. 24. "Material más fino que pasa la malla n° 200" .....	201
Figura n° 9. 25. "Peso específico muestra 1" .....	202
Figura n° 9. 26. " Peso específico muestra 2" .....	203
Figura n° 9. 27. "Peso específico muestra 3" .....	204
Figura n° 9. 28. "Peso específico muestra 4" .....	205
Figura n° 9. 29. "Peso específico muestra 5" .....	206
Figura n° 9. 30. " Peso específico muestra 6" .....	207
Figura n° 9. 31. "Peso unitario agregado fino reciclado" .....	208
Figura n° 9. 32. Curva granulométrica de las muestras de agregado grueso reciclado .....	209
Figura n° 9. 33. "Contenido de humedad de las muestras de agregado grueso reciclado" .....	210
Figura n° 9. 34. Peso específico muestra 1.....	211
Figura n° 9. 35. Peso específico muestra 2.....	212
Figura n° 9. 36. Peso específico muestra 3.....	213
Figura n° 9. 37. Peso específico muestra 4.....	214
Figura n° 9. 38. Peso específico muestra 5.....	215
Figura n° 9. 39. Peso específico muestra 6.....	216
Figura n° 9. 40. Peso unitario del agregado grueso reciclado .....	217
Figura n° 9. 41. Diseño de mezcla a/c=0.41.....	218
Figura n° 9. 42. Diseño de mezcla a/c=0.43.....	219
Figura n° 9. 43. Diseño de mezcla a/c=0.45.....	220
Figura n° 9. 44. Diseño de mezcla a/c=0.50.....	221
Figura n° 9. 45. Diseño de mezcla 10% A.F .....	222
Figura n° 9. 46. Diseño de mezcla 20% A.F .....	223
Figura n° 9. 47. Diseño de mezcla 30% A.F .....	224
Figura n° 9. 48. Diseño de mezcla (10% A.G).....	225
Figura n° 9. 49. Diseño de mezcla 20% A.G .....	226
Figura n° 9. 50. Diseño de mezcla 30% A.G .....	227
Figura n° 9. 51. Ensayo de revenimiento .....	228
Figura n° 9. 52. Determinación del slump seco .....	228
Figura n° 9. 53. Máquina vibro compactadora .....	228
Figura n° 9. 54. Pesaje de agregados .....	229
Figura n° 9. 55. Colocación de los agregados en el trompo .....	229
Figura n° 9. 56. Limpieza de la máquina .....	229
Figura n° 9. 57. Elaboración de la mezcla.....	229
Figura n° 9. 58. Elaboración de adoquines.....	230
Figura n° 9. 59. Fraguado de adoquines .....	230
Figura n° 9. 60. Curado de los adoquines de concreto .....	230
Figura n° 9. 61. Prensa utilizada para el ensayo.....	231

Figura n° 9. 62. Medición de las muestras a ensayar .....	231
Figura n° 9. 63. Ensayo de compresión.....	231
Figura n° 9. 64. Muestra después del ensayo .....	231
Figura n° 9. 65. Resultados de compresión con relación $a/c=0.41$ .....	232
Figura n° 9. 66. Resultados de compresión con relación $a/c=0.43$ .....	233
Figura n° 9. 67. Resultados de compresión con relación $a/c=0.45$ .....	234
Figura n° 9. 68. Resultados de compresión con relación $a/c=0.50$ .....	235
Figura n° 9. 69. Resultados compresión del reemplazo 10% A.F.....	236
Figura n° 9. 70. Resultados compresión del reemplazo 10% A.G.....	237
Figura n° 9. 71. Resultados compresión del reemplazo 20% A.F.....	238
Figura n° 9. 72. Resultados compresión del reemplazo 20% A.G.....	239
Figura n° 9. 73. Resultados compresión del reemplazo 30% A.F.....	240
Figura n° 9. 74. Resultados compresión del reemplazo 30% A.G.....	241
Figura n° 9. 75. Máquina utilizada para el ensayo .....	242
Figura n° 9. 76. Medición de las muestras a ensayar .....	242
Figura n° 9. 77. Muestra después del ensayo .....	242
Figura n° 9. 78. Resultados flexión $a/c=0.41$ .....	243
Figura n° 9. 79. Resultados flexión $a/c=0.43$ .....	244
Figura n° 9. 80. Resultados flexión $a/c=0.45$ .....	245
Figura n° 9. 81. Resultados flexión $a/c=0.50$ .....	246
Figura n° 9. 82. Resultados flexión reemplazos 10% A.F.....	247
Figura n° 9. 83. Resultados flexión reemplazos 20% A.F.....	248
Figura n° 9. 84. Resultados flexión reemplazos 30% A.F.....	249
Figura n° 9. 85. Resultados flexión reemplazos 10% A.G.....	250
Figura n° 9. 86. Resultados flexión reemplazos 20% A.G.....	251
Figura n° 9. 87. Resultados flexión reemplazos 30% A.G.....	252
Figura n° 9. 88. Máquina de desgaste por abrasión.....	253
Figura n° 9. 89. Arandelas escarificadoras.....	253
Figura n° 9. 90. Rodillo giratorio .....	253
Figura n° 9. 91. Pesaje de la masa inicial.....	253
Figura n° 9. 92. Aseguramiento de la muestra .....	254
Figura n° 9. 93. Muestra después de un ciclo de desgaste .....	254
Figura n° 9. 94. Muestra después del segundo ciclo de desgaste .....	254
Figura n° 9. 95. Muestra después del tercer ciclo de desgaste .....	254
Figura n° 9. 96. Plano del rodillo giratorio.....	255
Figura n° 9. 97. Resultados abrasión $a/c=0.41$ .....	256
Figura n° 9. 98. Resultados abrasión $a/c= 0.43$ .....	257
Figura n° 9. 99. Resultados abrasión $a/c=0.45$ .....	258
Figura n° 9. 100. Resultados abrasión $a/c=0.50$ .....	259
Figura n° 9. 101. Resultados abrasión reemplazos 10% A.F.....	260
Figura n° 9. 102. Resultados abrasión 20% A.F.....	261
Figura n° 9. 103. Resultados abrasión reemplazos 30% A.F.....	262
Figura n° 9. 104. Resultados abrasión reemplazos 10% A.G.....	263
Figura n° 9. 105. Resultados abrasión 20% A.G.....	264
Figura n° 9. 106. Resultados abrasión 30% A.G.....	265
Figura n° 9. 107. Pesaje de la muestra saturada .....	266
Figura n° 9. 108. Peso de la muestra sumergida en agua .....	266
Figura n° 9. 109. Muestras en el horno .....	266

Figura n° 9. 110. Peso de la muestra seca del horno .....	266
Figura n° 9. 111. Resultados absorción a/c=0.41 .....	267
Figura n° 9. 112. Resultados absorción a/c=0.43 .....	268
Figura n° 9. 113. Resultados absorción a/c=0.45 .....	269
Figura n° 9. 114. Resultados absorción reemplazos 10% A.F .....	270
Figura n° 9. 115. Resultados absorción reemplazos 20% A.F .....	271
Figura n° 9. 116. Resultados absorción reemplazos 30% A.F .....	272
Figura n° 9. 117. Resultados absorción reemplazos 10% A.G.....	273
Figura n° 9. 118. Resultados absorción reemplazos 20% A.G.....	274
Figura n° 9. 119. Resultados absorción reemplazos 30% A.G.....	275
Figura n° 9. 120. Ensayos químicos .....	276

## Lista de tablas

Tabla n° 2. 1. Producción y gestión de RCD en Europa (Informe Symonds, 1999).....	36
Tabla n° 2. 2. Producción de RCD en Europa e índices relacionados con los datos de la población (Informe Symonds, 1999).....	37
Tabla n° 2. 3. Composición de los RCD según el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006.....	39
Tabla n° 2. 4. Clasificación de residuos de construcción y demolición (RCD) .....	41
Tabla n° 3. 1. Muestreo: Número de adoquines a elaborar para cada ensayo	50
Tabla n° 3. 2. Mínima cantidad de muestra para la granulometría del agregado grueso o global según su TMN .....	55
Tabla n° 3. 3. Husos granulométricos .....	56
Tabla n° 3. 4. Granulometría del agregado fino .....	59
Tabla n° 3. 5. Slumps recomendados .....	104
Tabla n° 4. 1. Contenido de humedad de la arena (Pátapo)	115
Tabla n° 4. 2. Cálculo del peso específico y % absorción de la arena (Pátapo).....	116
Tabla n° 4. 3. Cálculo de P.U.S y P.U.C de la arena (Pátapo) .....	116
Tabla n° 4. 4. Contenido de humedad del confitillo (Tres Tomas) .....	117
Tabla n° 4. 5. Cálculo del peso específico y % absorción del confitillo (Tres Tomas).....	118
Tabla n° 4. 6. Cálculo de P.U.S y P.U.C del confitillo (Tres Tomas).....	118
Tabla n° 4. 7. Contenido de humedad de las muestras recicladas (agregado fino) .....	119
Tabla n° 4. 8. Pesos específicos de las muestras de arena reciclada y absorción.....	120
Tabla n° 4. 9. Cálculo de P.U.S y P.U.C de la arena reciclada .....	120
Tabla n° 4. 10. Contenido de humedad de las muestras recicladas (agregado grueso).....	121
Tabla n° 4. 11. Pesos específicos de las muestras de la piedra reciclada y absorción.....	122
Tabla n° 4. 12. Cálculo de P.U.S y P.U.C de la piedra reciclada .....	122
Tabla n° 5. 1. Comparación entre los M.F del agregado fino reciclado y el natural .....	153
Tabla n° 5. 2. Comparación entre los contenidos de humedad del agregado fino reciclado y el natural .....	154
Tabla n° 5. 3. Comparación entre los pesos específicos y absorciones del agregado fino reciclado y el natural.....	155
Tabla n° 5. 4. Resultados de % absorción agregado fino reciclado obtenidos por otros investigadores .....	155
Tabla n° 5. 5. Resultados de peso específico del agregado fino reciclado obtenidos por otros investigadores.....	156
Tabla n° 5. 6. Comparación entre los contenidos de humedad del agregado grueso reciclado y el natural.....	158
Tabla n° 5. 7. Comparación entre los pesos específicos y absorciones del agregado grueso reciclado y el natural.....	158
Tabla n° 5. 8. Resultados de % absorción agregado grueso reciclado obtenidos por otros investigadores.....	159
Tabla n° 5. 9. Resultados de peso específico del agregado grueso reciclado obtenidos por otros investigadores.....	159
Tabla n° 5. 10. Variación en porcentajes de las resistencias a la compresión según el reemplazo. (Agregado fino).....	161
Tabla n° 5. 11. Resultados de compresión (reemplazos A.F) y NTP 399.611 .....	161
Tabla n° 5. 12. Variación en porcentajes de las resistencias a la compresión según el reemplazo. (Agregado grueso).....	162
Tabla n° 5. 13. Resultados de compresión (reemplazos A.G) y NTP 399.611 .....	162
Tabla n° 5. 14. Variación en porcentajes de las resistencias a la flexión según el reemplazo. (Agregado fino).....	164

Tabla n° 5. 15. Resultados de flexión (reemplazos A.F) y COGUANOR NTG 41087 h1 .....	164
Tabla n° 5. 16. Variación en porcentajes de las resistencias a la flexión según el reemplazo. (Agregado grueso).....	165
Tabla n° 5. 17. Resultados de flexión (reemplazos A.G) y COGUANOR NTG 41087 h1 .....	165
Tabla n° 5. 18. Resultados de absorción y comparación con NTP 399.611 .....	171
Tabla n° 5. 19. Requisitos de variación dimensional de la NTP 399.611 .....	172
Tabla n° 5. 20. Resultados variación dimensional a/c=0.41.....	172
Tabla n° 5. 21. Resultados variación dimensional a/c=0.43.....	173
Tabla n° 5. 22. Resultados variación dimensional a/c=0.45.....	173
Tabla n° 5. 23. Resultados variación dimensional a/c=0.50.....	174
Tabla n° 5. 24. Resultados variación dimensional reemplazo 10% A.F .....	174
Tabla n° 5. 25. Resultados variación dimensional reemplazo 20% A.F .....	175
Tabla n° 5. 26. Resultados variación dimensional reemplazo 30% A.F .....	175
Tabla n° 5. 27. Resultados variación dimensional reemplazo 10% A.G.....	176
Tabla n° 5. 28. Resultados variación dimensional reemplazo 20% A.G.....	176
Tabla n° 5. 29. Resultados variación dimensional reemplazo 30% A.G.....	177
Tabla n° 5. 30. Resumen de ensayos realizados.....	178

## Lista de gráficos

Gráfico n° 4. 1. Curva granulométrica del agregado fino (Pátapo).....	115
Gráfico n° 4. 2. Curva granulométrica del agregado grueso (Tres Tomas).....	117
Gráfico n° 4. 3. Gráfico de granulometría de todas las muestras .....	119
Gráfico n° 4. 4. Curvas granulométricas agregado grueso reciclado .....	121
Gráfico n° 4. 5. Curva resistencia a la compresión vs días ( $a/c=0.41$ ).....	123
Gráfico n° 4. 6. Curva resistencia a la compresión vs días ( $a/c=0.43$ ).....	123
Gráfico n° 4. 7. Curva resistencia a la compresión vs días ( $a/c=0.45$ ).....	124
Gráfico n° 4. 8. Curva resistencia a la compresión vs días ( $a/c=0.50$ ).....	124
Gráfico n° 4. 9. Resumen de curvas de resistencia a la compresión (sin reemplazo) .....	125
Gráfico n° 4. 10. Curva resistencia a la compresión vs días (10% A.F) .....	126
Gráfico n° 4. 11. Curva resistencia a la compresión vs días (20% A.F) .....	126
Gráfico n° 4. 12. Curva resistencia a la compresión vs días (30% A.F) .....	127
Gráfico n° 4. 13. Resumen de curvas de resistencia a la compresión (Reemplazos A.F).....	127
Gráfico n° 4. 14. Curva resistencia a la compresión vs días (10% A.G).....	128
Gráfico n° 4. 15. Curva resistencia a la compresión vs días (20% A.G).....	128
Gráfico n° 4. 16. Curva resistencia a la compresión vs días (30% A.G).....	129
Gráfico n° 4. 17. Resumen de curvas de resistencia a la compresión (Reemplazos A.G) .....	129
Gráfico n° 4. 18. Curva resistencia a la flexión vs días ( $a/c=0.41$ ) .....	130
Gráfico n° 4. 19. Curva resistencia a la flexión vs días ( $a/c=0.43$ ) .....	130
Gráfico n° 4. 20. Curva resistencia a la flexión vs días ( $a/c=0.45$ ) .....	131
Gráfico n° 4. 21. Curva resistencia a la flexión vs días ( $a/c=0.50$ ) .....	131
Gráfico n° 4. 22. Resumen de curvas de resistencia a la flexión.....	132
Gráfico n° 4. 23. Curva resistencia a la flexión vs días (10% reemplazo A.F) .....	133
Gráfico n° 4. 24. Curva resistencia a la flexión vs días (20% reemplazo A.F) .....	133
Gráfico n° 4. 25. Curva resistencia a la flexión vs días (30% reemplazo A.F) .....	134
Gráfico n° 4. 26. Resumen de curvas de resistencia a la flexión (Reemplazos A.F) .....	134
Gráfico n° 4. 27. Curva resistencia a la flexión vs días (10% reemplazo A.G) .....	135
Gráfico n° 4. 28. Curva resistencia a la flexión vs días (20% reemplazo A.G) .....	135
Gráfico n° 4. 29. Curva resistencia a la flexión vs días (30% reemplazo A.G) .....	136
Gráfico n° 4. 30. Resumen de curvas de resistencia a la flexión (Reemplazos A.G).....	136
Gráfico n° 4. 31. Variación del peso por ciclo de desgaste ( $a/c=0.41$ ) .....	137
Gráfico n° 4. 32. Variación del peso por ciclo de desgaste ( $a/c=0.43$ ) .....	137
Gráfico n° 4. 33. Variación del peso por ciclo de desgaste ( $a/c=0.45$ ) .....	138
Gráfico n° 4. 34. Variación del peso por ciclo de desgaste ( $a/c=0.50$ ) .....	138
Gráfico n° 4. 35. Variación del peso por ciclo de desgaste (10% A.F).....	139
Gráfico n° 4. 36. Variación del peso por ciclo de desgaste (20% A.F).....	139
Gráfico n° 4. 37. Variación del peso por ciclo de desgaste (30% A.F).....	139
Gráfico n° 4. 38. Variación del peso por ciclo de desgaste (10% A.G) .....	140
Gráfico n° 4. 39. Variación del peso por ciclo de desgaste (20% A.G) .....	140
Gráfico n° 4. 40. Variación del peso por ciclo de desgaste (30% A.G) .....	140
Gráfico n° 4. 41. Variación de la absorción de las muestras patrón.....	141
Gráfico n° 4. 42. Variación de la absorción de las muestras con reemplazo A.F .....	141
Gráfico n° 4. 43. Variación de la absorción de las muestras con reemplazo A.G.....	141
Gráfico n° 4. 44. Variación de la densidad de las muestras patrón .....	142
Gráfico n° 4. 45. Variación de la densidad de las muestras con reemplazo A.F.....	142
Gráfico n° 4. 46. Variación de la densidad de las muestras con reemplazo A.G .....	142

Gráfico n° 4. 47. Variación dimensional (Largo) $a/c=0.41$ .....	143
Gráfico n° 4. 48. Variación dimensional (Ancho) $a/c=0.41$ .....	143
Gráfico n° 4. 49. Variación dimensional (Altura) $a/c=0.41$ .....	143
Gráfico n° 4. 50. Variación dimensional (Largo) $a/c=0.43$ .....	144
Gráfico n° 4. 51. Variación dimensional (Ancho) $a/c=0.43$ .....	144
Gráfico n° 4. 52. Variación dimensional (Altura) $a/c=0.43$ .....	144
Gráfico n° 4. 53. Variación dimensional (Largo) $a/c=0.45$ .....	145
Gráfico n° 4. 54. Variación dimensional (Ancho) $a/c=0.45$ .....	145
Gráfico n° 4. 55. Variación dimensional (Altura) $a/c=0.45$ .....	145
Gráfico n° 4. 56. Variación dimensional (Largo) $a/c=0.50$ .....	146
Gráfico n° 4. 57. Variación dimensional (Ancho) $a/c=0.50$ .....	146
Gráfico n° 4. 58. Variación dimensional (Altura) $a/c=0.50$ .....	146
Gráfico n° 4. 59. Variación dimensional (Largo) 10% A.F .....	147
Gráfico n° 4. 60. Variación dimensional (Ancho) 10% A.F .....	147
Gráfico n° 4. 61. Variación dimensional (Altura) 10% A.F .....	147
Gráfico n° 4. 62. Variación dimensional (Largo) 20% A.F .....	148
Gráfico n° 4. 63. Variación dimensional (Ancho) 20% A.F .....	148
Gráfico n° 4. 64. Variación dimensional (Altura) 20% A.F .....	148
Gráfico n° 4. 65. Variación dimensional (Largo) 30% A.F .....	149
Gráfico n° 4. 66. Variación dimensional (Ancho) 30% A.F .....	149
Gráfico n° 4. 67. Variación dimensional (Altura) 30% A.F .....	149
Gráfico n° 4. 68. Variación dimensional (Largo) 10% A.G .....	150
Gráfico n° 4. 69. Variación dimensional (Ancho) 10% A.G .....	150
Gráfico n° 4. 70. Variación dimensional (Altura) 10% A.G .....	150
Gráfico n° 4. 71. Variación dimensional (Largo) 20% A.G .....	151
Gráfico n° 4. 72. Variación dimensional (Ancho) 20% A.G .....	151
Gráfico n° 4. 73. Variación dimensional (Altura) 20% A.G .....	151
Gráfico n° 4. 74. Variación dimensional (Largo) 30% A.G .....	152
Gráfico n° 4. 75. Variación dimensional (Ancho) 30% A.G .....	152
Gráfico n° 4. 76. Variación dimensional (Altura) 30% A.G .....	152
Gráfica n° 5. 1. Comparación del (%) de desgaste por abrasión de los adoquines con reemplazo y sin reemplazo .....	166
Gráfica n° 5. 2. Densidad y absorción de las unidades elaboradas .....	170

### **Resumen**

En la presente investigación denominada “Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso”, tiene como objetivo estudiar la posibilidad de reutilizar residuos de demolición, adicionando un porcentaje de dicho material como agregado para la elaboración de adoquines de concreto con un buen comportamiento físico-mecánico. Se analizará las propiedades físicas y químicas del agregado proveniente de los residuos de demolición, y cuál es la influencia que ejerce sobre la elaboración de concreto para las unidades de concreto, para ello se realizará ensayos en el laboratorio para determinarlas, posteriormente se realizará el diseño de mezclas con diferentes porcentajes de reemplazo, para la elaboración de probetas para evaluar la resistencia a la compresión que ofrece el concreto. Como último punto, se elaborarán los adoquines con el mejor resultado del diseño de mezclas, y se analizarán las propiedades físico-mecánicas de estas unidades.

**Palabras Clave:** adición, residuos de demolición, concreto, adoquines

### **Abstract**

In this research called “Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso”, aims to study the possibility of reusing demolition waste, adding a percentage of such material as aggregate for the preparation of concrete pavers with a good physical-mechanical behavior. The physical and chemical properties of the aggregate coming from the demolition waste will be analyzed, and what is the influence it exerts on the concrete production for the concrete units, for this purpose tubes tests will be carried out in the laboratory to determine them, afterwards the design will be carried out of mixtures with different replacement percentages, for the elaboration of specimens to evaluate the compressive strength offered by concrete. As a last point, the paving stones with the best result of the mix design will be elaborated, and the physico-mechanical properties of these units will be analyzed.

**Keywords:** addition, demolition waste, concrete, cobble

## **I. Introducción**

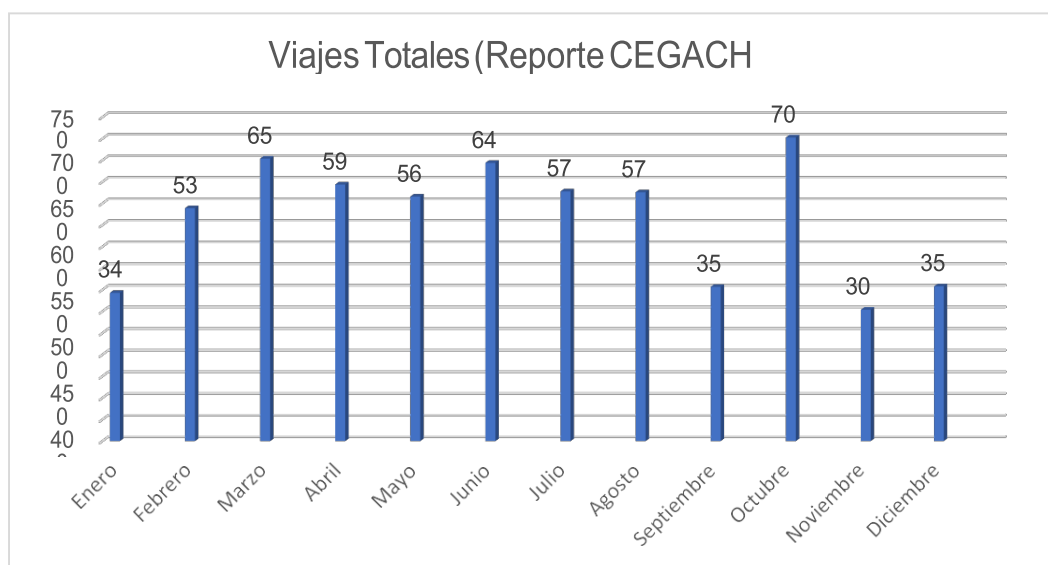
Los residuos de construcción y demolición (RCD) se identifican como materiales de desecho, resultantes de actividades relacionadas a la construcción, demolición y reforma, edificación, obra civil y espacio público. Estos son considerados objetos inertes, es decir no representan algún tipo de peligro, y tienden a ser utilizados como insumo de agregados para la elaboración de productos terminados. [1] En países como España, el Gobierno acogió un decreto en el año 2008 que declara la obligación de las empresas constructoras a realizar un estudio de gestión de restos de construcción y demolición. Sin embargo, la utilidad de estos residuos es ineficiente y la situación de mencionada nación se encuentra en un estado preocupante, dado que se generan aproximadamente 45 millones de toneladas de este tipo de desechos (más de 1 millón por habitante), de las cuales 6 millones son gestionadas en plantas asociadas a la Federación RCD; y 5 millones, con garantías de valorización por otras organizaciones. Caso contrario, el país se ahorraría 450 millones de euros si todo el volumen se tratara correctamente.

Esta problemática no escapa a la realidad de nuestro país. Actualmente, la capital de Lima cuenta con 6 establecimientos autorizados para la recepción de residuos sólidos, situados en Lurín, Cañete, Ate y Callao; pero ninguno es exclusivo para desmontes de construcción. En el año 2012, la municipalidad del Callao inició un proyecto que aún se encuentra en proceso para establecer zonas en potencia como escombreras. Además, CAPECO señala que un gran porcentaje (70%) del desmonte de la zona se deriva al mar y a los ríos, siendo un 30% la cantidad dispuesta en puntos calificados. En datos más precisos, de 100 a 150 volquetes de 20 toneladas de desmonte son arrojados al mar desde hace 10 años sin ser una acción evitable, según añade una fuente de la Capitanía del Puerto del Callao. [2] Y la situación se torna alarmante para el distrito, dado que a lo largo de 4 km. de la costa, entre la base naval y la playa Oquendo, se dispone de estos residuos de forma ilegal por un grupo desconocido a cambio de dinero.

En un contexto local, nuestra ciudad, igualmente, no está exenta de esta clase de situaciones, actualmente la gestión de residuos sólidos tanto municipales como no municipales (en este caso) es bastante ineficiente, y los últimos estudios y registros proporcionados por el CEGACH (Centro de Gestión Ambiental de Chiclayo) lo avalan. El estudio más actualizado proporcionado por esta entidad, data que para el año 2016, en el mes de febrero se produjeron cerca 1000 m<sup>3</sup> de residuos de construcción, un equivalente a más de media tonelada de material que se dispone de manera ilegal en botaderos que no se encuentran autorizados exclusivamente

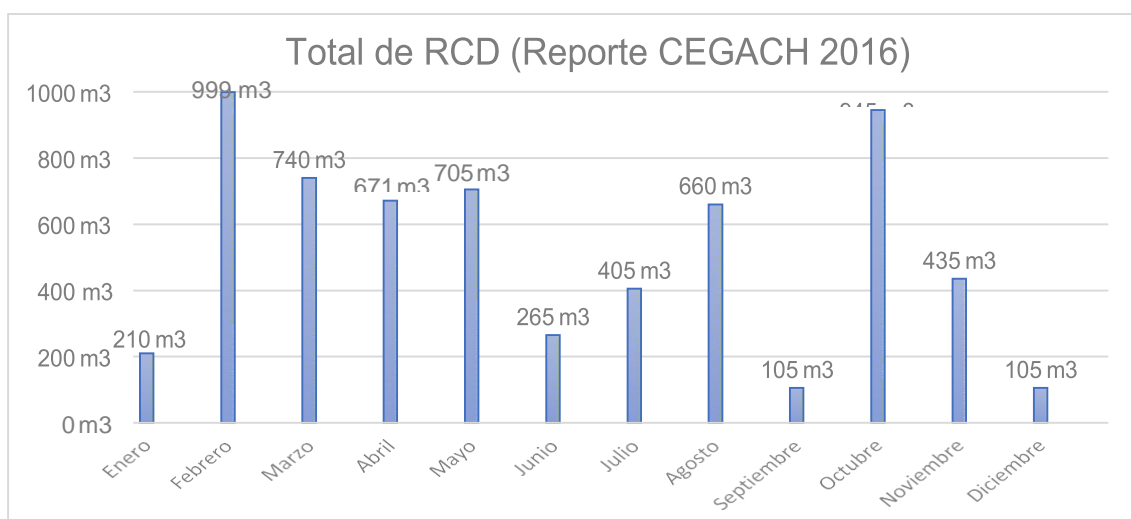
para recibir este tipo de material. La cifra para ese año fue bastante alarmante pues, al finalizar el año, el CEGACH registró una cantidad de 6245 m<sup>3</sup>, un equivalente a cerca de 4 toneladas de desmonte, como se observa en los siguientes gráficos, que muestra la cantidad de residuos generados y recogidos, y la cantidad de viajes que se realizaron.

**Figura n° 1. 1. “Viajes totales realizados, CEGACH 2016”**



**Elaboración propia, datos proporcionados por CEGACH**

**Figura n° 1. 2. Total de Residuos de Construcción recogidos CEGACH 2016**



**Elaboración propia, datos proporcionados por CEGACH**

Los resultados alarmantes de esa gestión no dejaron esperar algún cambio positivo o algún indicio de mejora, como se ha visto reflejado durante los últimos años. Por lo tanto, el Ministerio del Ambiente (MINAM) emitió la Resolución Ministerial N.º 145-2019 en mayo del presente año, por medio de la cual se declaró en estado de emergencia la administración y la gestión de los desechos sólidos en diversos distritos, como La Victoria, Reque, Chiclayo, José Leonardo Ortiz, y Zaña; durante 60 días a partir de emitida la resolución. Adicionalmente, establece ciertas medidas que van desde la elaboración de un Plan de Acción dirigido por las municipalidades competentes, que incluya dentro de sus acciones la identificación y ubicación de un lugar para la construcción de una celda transitoria; hasta la disposición y colaboración entre los organismos públicos del Gobierno y el Gobierno Regional para adoptar medidas que aseguren la distribución final de todo tipo de residuos. [1]

Como se puede apreciar, el rubro de la construcción se desarrolla rápidamente a través de los años y ha logrado ejercer una fuerte influencia sobre la economía de países, tanto desarrollados como no desarrollados, lo que se evidencia a través de la generación de nuevas y variadas fuentes de trabajo, y por ende, una mejor calidad de vida de muchas personas. Sin embargo, el daño que ocasionan los procesos de esta industria, en especial la demolición, representan un problema ambiental bastante grave que aún en nuestro país no tienen un adecuado manejo y gestión. Esta estrecha y antagónica relación entre el aporte económico que adjudica y el incremento de desechos y perjuicios ambientales que esto implica, nos permite reflexionar y buscar nuevas e innovadoras alternativas que ayuden a controlar y por qué no, erradicar la cuestión de la acumulación de desechos que provienen de la construcción y demolición.

Es por ello que se propone la siguiente investigación, donde se van a reutilizar estos residuos como arena y confitillo reciclado, para la fabricación de adoquines de concreto que tengan un buen comportamiento mecánico. Para el desarrollo correcto de esta tesis, se han propuesto una serie de objetivos los cuales encaminarán la investigación.

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar cuál es el porcentaje de Residuos de Demolición necesaria para elaborar un adoquín con un buen comportamiento físico mecánico.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar el material de estudio: RCD, en la zona de estudio, que serían las viviendas demolidas en la ciudad de Chiclayo, a través de un volquete.
- Procesar el material de estudio a través de una chancadora industrial, encargada de reducir el material y tamizarlo.
- Evaluar las propiedades físicas, tanto a los agregados convencionales, como a los residuos provenientes de construcción y demolición, realizando los ensayos descritos anteriormente.
- Determinar si nuestra muestra de residuos de demolición, como los agregados utilizados usualmente, se encuentran bien graduadas, realizando ensayos de granulometría.
- Analizar las propiedades mecánicas de los agregados convencionales, mediante el ensayo abrasivo con la máquina Los Ángeles.
- Encontrar un diseño patrón que proporcione buenas condiciones de trabajabilidad y adicionalmente de resistencia requerido, para realizar los reemplazos correspondientes.
- Realizar diseños de mezcla incluyendo en porcentajes tanto los agregados naturales como los residuos de demolición, mencionados anteriormente.
- Elaborar adoquines de concreto para comprobar la resistencia de la mezcla patrón.
- Ensayar las unidades mediante el ensayo de compresión.
- Evaluar el comportamiento mecánico de nuestros diferentes diseños de mezclas previamente establecidos, mediante la elaboración de adoquines con el porcentaje de reemplazo adecuado.
- Comparar con cuánto porcentaje se incrementó o disminuyó las propiedades de nuestro adoquín con residuos de demolición.

La importancia de realizar esta investigación, se evaluará bajo los siguientes aspectos:

Evaluando el punto de vista **económico**, la utilización de material reciclado, en primer lugar, reduciría en grandes medidas los costos en relación a los materiales (agregados) necesarios para fabricar este producto, adicionalmente, reduciría los costos de

pavimentación, la capa de rodadura, como se conoce es el elemento más costoso en una pavimentación. En segundo lugar, su futura industrialización, sería un gran aporte económico para las empresas que vean dentro de sus posibilidades la fabricación de este producto como un negocio rentable en el tiempo. Al ser un adoquín fabricado en gran parte por desechos de construcción a reutilizar, su costo no sería tan elevado como un bloque de concreto tradicional, lo cual fomentaría la construcción de pavimentos articulados de bajo costo y gran durabilidad.

Desde el punto de vista **ambiental**, el reciclado de los residuos de construcción reduce en gran medida la contaminación visual que estos generan, y no solo eso, también reduciría en gran medida la contaminación del medio ambiente en términos generales. Otra ventaja adicional, sería mitigar o reducir la disposición final de este material en botaderos informales. Pero, quizá el mayor aporte ecológico que aporta esta alternativa, sería evitar la explotación de nuestras canteras, lo que implicaría en gran parte, reducir la necesidad de extraer agregados; y esto a su vez, de manera indirecta, reduciría la emisión de gases contaminantes producto de la operación de la maquinaria utilizada para la extracción y su posterior transporte.

Desde el punto de vista **técnico**, la fabricación de adoquines de concreto económicos fomentaría la construcción de nuevos pavimentos, que es otro de los principales problemas que afectan a nuestra ciudad. Y por su facilidad de colocación y desinstalación, pues no necesita de mano de obra calificado, es una excelente medida preventiva para otros de los problemas que tiene nuestra ciudad, la reparación de redes de alcantarillado, pues ya no se necesitaría destruir la capa de rodadura para poder realizar los trabajos de mantenimiento de las redes de saneamiento, o colocación de buzones, problema que genera un impacto visual negativo en la población, además de generar caos y desorden en el transporte público, otro de los grandes problemas que posee nuestra ciudad.

## II. Marco teórico

### 2.1. Antecedentes

**Jesús Montero y Santiago La Serna. 2016. Influence of effective mixing water in recycled concrete. Artículo científico, España. Higher Technical School of Agricultural and Forestry Engineering.**

Este artículo científico realiza experimentos, comparando un concreto normal o convencional, y uno hecho utilizando agregados de concreto reciclado, analizando la relación agua/ cemento y el slump, y como esto influye en la resistencia a la compresión. Este estudio permite conocer las consideraciones básicas que se deben de tomar en cuenta a la hora de elaborar una mezcla de concreto utilizando agregados de concreto reciclado, pues esta investigación determina que se requiere un aumento de un 10 a 15% de agua para la mezcla, pues estos son más porosos que un agregado pétreo normal, debido al mortero adherido a estos; lo cual influye directamente en la absorción de agua, en su densidad y su resistencia.

**Armando Régulo Asencio Sangay. 2014. Efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Tesis de Ingeniería, Cajamarca: Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cajamarca.**

Esta tesis realizada en Cajamarca, es un estudio menos generalizado que el anterior, pues esta investigación solamente se centra solamente en la resistencia a la compresión. Este estudio es una buena base, para determinar qué porcentaje del agregado, sea fino o grueso, puede ser reemplazado, sin llegar a afectar de manera significativa la resistencia del concreto. Sin embargo, esta tesis introduce un término que no ha sido estudiado en el artículo anterior, el módulo de elasticidad. Su estudio afirma que el módulo de Elasticidad de un concreto con agregados de concreto reciclado se reduce en un 15 o 30%, esto influye directamente en cómo se deformará el concreto.

**Carlos Bedoya y Luiz Dzul. 2015. Concrete with recycled aggregates as urban sustainability project. Artículo científico, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.**

Este artículo científico es una excelente base para determinar el criterio de homogenización de la muestra, dentro de esta investigación determina que el agregado producto del desmonte generado en Medellín para una muestra será 50% concreto y el porcentaje restante de mampostería para el agregado fino, y para el agregado grueso tan solo se ha usado residuos de

concreto. Los resultados de esta investigación concluyen que su factibilidad para uso estructural es viable, solo si las mezclas realizadas con un 25% de reemplazo, mantienen sus características físicas prácticamente iguales con las de una mezcla patrón (mezcla sin % porcentaje de reemplazo).

**Jean Carlos Sumari Ramos. 2016. Estudio del concreto de mediana a alta resistencia elaborado con residuos de concreto y cemento Portland Tipo I. Tesis de Ingeniería, Lima: Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería.**

Esta tesis realizada en la ciudad de Lima, estudia la posibilidad de obtener concretos de mediana, incluso de alta resistencia, utilizando como agregados el producto del reciclado de concreto. Al igual que otras investigaciones determinó una mezcla patrón y la comparó con otras mezclas a diferentes relaciones a/c y con diferentes cantidades de cemento, evaluando ambos a los 7, 14, 28 y 56 días. Al final de su investigación, concluyó que, dependiendo la cantidad de cemento utilizado en la mezcla, primero se producirá una ligera disminución en la resistencia en un orden del 5 al 10% sin embargo, pasado los 28 días hasta los 56 días inclusive, se ve un ligero aumento en su resistencia a la compresión.

**Katty Milena Parra Maya y María Alejandra Bautista Moros. 2010. Diseño de una mezcla de concreto utilizando residuos industriales y escombros. Tesis de Ingeniería, Bucaramanga: Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.**

Esta es una tesis realizada en Venezuela, es una buena referencia para llevar un orden de procesos para realizar la investigación, es una tesis que se asemeja a la investigación pues parte de los materiales que utiliza para esta nueva propuesta de concreto es los escombros que son un gran porcentaje de los Residuos de Construcción y Demolición. Además, que esta Tesis utiliza agregados que normalmente no se les da uso, en nuestro país no es común o muchas personas desconocen del reciclaje de estos residuos. Por último, da una noción un poco más clara de cómo tomar para nuestra mezcla, los porcentajes de los materiales.

**Marvin Jairo, López Larrea y Marco Antonio, Bustamante Pinedo. 2015. Mejoramiento de las características físico mecánicas de adoquines de cemento para pavimentación, adicionando escoria de horno eléctrico en su proceso de fabricación - Nuevo Chimbote. Tesis de Ingeniería, Chimbote, Nuevo Chimbote: Facultad de Ingeniería. Universidad de Santa.**

Esta tesis introduce un nuevo conocimiento y base para el desarrollo de la tesis, pues la distinción de un concreto elaborado para obra con uno elaborado para la fabricación de elementos prefabricados radica en el concepto de la vibro-compactación. En esta tesis se dan algunas consideraciones técnicas para ejecutar la elaboración de los adoquines, tomando especial consideración en el procedimiento mencionado anteriormente, como por ejemplo la cantidad de tiempo de vibrado ejecutado, además del tipo de maquinaria utilizado, que para esta clase de trabajos usualmente se usa una mesa vibratoria y la energía de compactación que se intenta emular a través de este dispositivo.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Concreto:**

#### **2.2.1.1. Definición de concreto:**

El concreto es, sin lugar a dudas, el material más utilizado en la industria de la construcción por su facilidad de su fabricación y su costo. Observamos este material desde una edificación hasta en un pavimento. Pero ¿qué es el concreto? En términos generales, el concreto es un material que se encuentra compuesto por 2 elementos: la pasta y los áridos (fino y grueso). La pasta está constituida por material cementicio y agua, y es el elemento más importante dentro la estructura del concreto debido a que unifica los agregados de tal manera que forma una materia con una dureza similar a la de una roca cuando éste empieza a fraguar, lo cual se debe principalmente a las diversas reacciones químicas que ocurren en la estructura interna del concreto. [2]

Otro de los conceptos a considerar es el brindado por la ASTM C125 (Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates), la cual determina que el concreto es un material utilizado como medio de enlace y en el que se incorporan los agregados. Así, este material se elabora haciendo uso indispensable de un material cementicio, agua libre de agentes dañinos, agregados gruesos y finos, y en casos especiales, el uso de aditivos. [3]

## 2.2.1.2. CONCRETO VIBRADO

### 2.2.1.2.1. FUNDAMENTO DE LA TEORÍA DE VIBRACIÓN

La vibración, ha sido, desde hace bastante tiempo, un método de asentamiento bastante práctico y eficaz, para proporcionar al concreto muy buenas y bien definidas características como la resistencia mecánica, compacidad y excelente acabado. Este procedimiento consiste en someter a la masa de concreto a una serie de movimientos de alta frecuencia, bajo este efecto el concreto entra en un proceso de acomodación y asentamiento uniforme que reduce gradualmente la cantidad de aire que se encuentra atrapado, donde la vibración influye de manera determinante en la compacidad del espécimen.

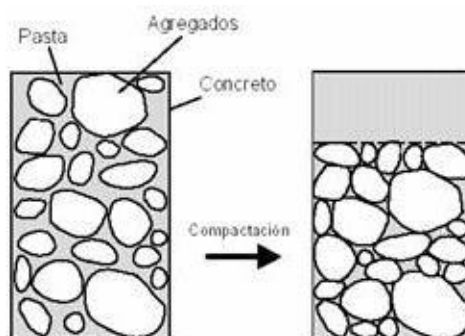
Los concretos de alta resistencia, son predominantemente de consistencia seca, pero con una cierta trabajabilidad, es por ello que su aplicación en obra no resulta muy conveniente, sin embargo, la vibración es una medida que se puede adoptar para combatir esta problemática, permitiendo de esta manera el uso de mezclas totalmente secas con revenimientos entre 0 mm (no slump concrete) y 25.4 mm. [4]

### 2.2.1.2.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO VIBRADO

#### 2.2.1.2.2.1. COMPACIDAD

Cuando se amasa el concreto, éste requiere del empleo de una cierta cantidad de agua, que usualmente es mayor a la que el cemento necesita para llevar a cabo de manera exitosa sus procesos de hidratación. Una vez que el agua de mezclado es absorbida, la cantidad restante, tiende a evaporarse dejando de esa manera una gran cantidad de vacíos. Esta situación nos exige la necesidad de reducir el agua de amasado en la medida posible para lograr un concreto de gran compacidad. Adicionalmente esta propiedad depende en gran medida de su densidad. [4]

**Figura n° 2. 1. Compacidad del concreto**



**Fuente:** <http://www.concrete.0catch.com/Capitulo33.htm>

#### **2.2.1.2.2. IMPERMEABILIDAD**

La impermeabilidad de un concreto depende en la mayoría de casos de la compacidad del mismo. La granulometría juega un papel importante, pues si ésta es continua y, adicionalmente, le agregamos una correcta dosificación de cemento y una adecuada energía de vibración, obtendremos un concreto altamente impermeable, que puede resultar beneficioso no solo a la hora de combatir las acciones externas, que pueden ser los ataques químicos o ataques físicos (como el congelamiento), sino para lograr una gran resistencia mecánica frente a desgaste, impactos, vibraciones, etc.; debido a la reducida cantidad de vacíos que poseería y las limitadas vías de penetración de agentes externos descritos con anterioridad. [5]

#### **2.2.1.2.3. RESISTENCIA MECÁNICA**

Este es uno de los factores más importantes, quizás, dentro de todas las propiedades aquí descritas. Esta resistencia no solo aumenta con la cantidad de cemento que se vaya utilizando, adicionalmente una vibración intensa aumentaría considerablemente esta propiedad.

#### **2.2.1.2.4. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y CONGELAMIENTO**

Se habló anteriormente de la compacidad, nuevamente aquí ocupa un papel importante pues la vibración proporciona una buena resistencia a la acción de agentes externos. Uno de los beneficios que brinda este tipo de concreto es su buen comportamiento mecánico frente a la exposición de heladas, pues posee una reducida cantidad de agua y es más compacto.

#### **2.2.1.2.5. DESMOLDE RÁPIDO**

Un desmolde rápido, cuando se habla de elementos prefabricados de concreto, puede conseguirse con una adecuada granulometría y si se ha amasado con poca agua. Si al ejecutar este procedimiento el espécimen se rompe, puede ser por 2 razones: exceso de agua o existe dentro de la mezcla mucho material fino. Adicionalmente otra causal podría ser la pobre consolidación del concreto, es decir el concreto no fue vibrado por un tiempo adecuado.

## 2.2.1.3. COMPONENTES DEL CONCRETO

### 2.2.1.3.1. CEMENTO HIDRAÚLICO

#### 2.2.1.3.1.1. COMPONENTES DEL CEMENTO HIDRÁULICO

El cemento se produce por la trituración en partículas bastante pequeñas de materiales como la caliza, arcilla, pizarras u otros materiales que tengan dentro de su composición sílice, alúmina u óxidos de hierro, de esta manera durante el mezclado cada material aportará lo siguiente:

**Caliza:** óxido de calcio ( $\text{CaO}$ )

**Arcilla:** dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

**Yeso:** trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ), debido a la rápida reacción de fragua producto de la hidratación del cemento por la interacción de la alita con el agua, se adiciona

Sin embargo, después del proceso de pulverización y posterior mezclado, este material se lleva a hornos donde se les somete a elevadas temperaturas, entre 1450 y 1480 °C, obteniendo después de esta manera el Clinker, el cual, posteriormente se convertirá en el elemento básico para la fabricación del cemento. Durante este proceso denominado clinkerización, se empiezan a formar compuesto que serán cruciales y jugarán cada uno un rol diferente durante el proceso de hidratación, tenemos:

- **Silicato tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ )**, es el primer componente que reacciona durante la hidratación, gracias a la también denominada “alita”, se desarrolla un mayor calor de hidratación, pero también aporta para lograr una mayor resistencia mecánica.
- **Silicato dicálcico ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ )**, denominada belita, aporta al desarrollo de la resistencia lentamente a través del contacto con el agua, desarrolla un bajo calor de hidratación y su resistencia a la compresión se empieza a desarrollar a partir de los 7 días.
- **Aluminato tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ )**, gracias al rápido fraguado que se produce durante la hidratación por ser el componente más reactivo, que se utiliza yeso o cualquier otra fuente de sulfato de calcio.
- **Ferrito aluminato tetracálcico ( $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ )**, resulta principalmente por el uso de materiales como el hierro y aluminio para reducir la temperatura durante la calcinación o clinkerización, su contribución no es tan importante para el desarrollo de resistencias, su papel resulta más estético, pues de éste depende ese color grisáceo característico del cemento.

### 2.2.1.3.1.2. TIPOS DE CEMENTO

El cemento es un material con atributos adhesivos y cohesivos, gracias a los cuales es capaz de adherir porciones minerales para constituir un todo compacto. No obstante, en términos de construcción, la definición de este término se restringe a materiales aglutinantes que son empleados con piedras, ladrillos, bloques, etc. [6]

Se trata de un adhesivo, resultado de la calcinación de distintos componentes como rocas calizas, areniscas y arcillas; de forma que se adquiere material muy fino que al ponerse en contacto con el agua, endurece hasta el punto de obtener propiedades resistentes adherentes. [7]

Dentro del mercado existen una increíble variedad de cementos, tenemos desde los cementos aluminosos hasta cementos super sulfatados, sin embargo, las de mayor renombre y uso son en nuestro país son el cemento portland, combinación de Clinker, yeso y como máximo un 5% de caliza; y también el cemento portland adicionado, combinación de Clinker, yeso y una adición mineral: materiales inorgánicos como escorias de alto horno y fillers).

La NTP 334:009-2016, considera 6 tipos de cemento portland: [8]

- **Tipo I:** De uso genérico en el que no son necesarios los atributos especiales en particular.
- **Tipo II:** También de uso genérico, pero utilizado especialmente cuando se desea que nuestra mezcla tenga un adecuado comportamiento mecánico frente a la exposición de sulfatos.
- **Tipo II (MH):** De uso genérico al igual que los casos anteriores, pero tiene la particularidad de que se usa solamente en caso que se desee un moderado calor de hidratación y una moderada resistencia a los sulfatos
- **Tipo III:** Cemento utilizado cuando se requiere resistencias elevadas en sus primeros días de fraguado.
- **Tipo IV:** Cemento utilizado cuando se desea controlar el calor de hidratación
- **Tipo V:** Cemento utilizado cuando se desea un elevado rendimiento frente a la exposición a los sulfatos.

Por otra parte, los cementos portland adicionados, poseen dentro de su composición, elementos que, durante la hidratación del cemento, reaccionan junto a la alita o silicato tricálcico ( $\text{Ca}_3\text{Si}$ ) y los otros componentes, proveyendo una mejora en las propiedades que se esperan del material como por ejemplo una mejor impermeabilidad o una mayor resistencia. Dentro de los materiales que se utilizan como adiciones tenemos:

**Escorias:** este material de alto horno proviene de la fabricación del acero, en la industria siderúrgica como un sub-producto, sin embargo, para que éste sea adecuado como adición necesita de ciertas condiciones especiales como un enfriamiento brusco, pues en caso contrario este elemento no podría ser utilizado como materia prima. Contienen compuestos silicatos-aluminatos cálcicos., lo cual lo hacen adecuado para la fabricación de cemento.

**Puzolanas:** tenemos 2 tipos de puzolanas:

- **Naturales:** representadas mayormente por rocas volcánicas de naturaleza diversa o rocas cuya procedencia sea orgánica como las tierras de diatomeas o comúnmente llamado como diatomita.
- **Artificiales:** tenemos dos puzolanas que destacan dentro de este grupo por su uso y performance:

**Cenizas volantes (fly ash):** material cuyo origen se encuentra en el humo del carbón de las centrales termoeléctricas, no necesitan de molienda lo cual la hace altamente apreciada.

**Microsilíce o microsilica (sílica fume):** es cien veces más fina que el cemento. Su procedencia es parte de la industria del ferrosilicio o soldadura. Por su gran fineza son utilizados para la elaboración de concretos de elevadas resistencias.

**Fillers:** son adiciones que se suman al Clinker en proporciones pequeñas para incrementar la producción de cemento. Este material es importante, contrariamente a lo que afirman muchas personas que opinan que es totalmente inerte, pues, éste produce un efecto de dispersión que beneficia a la hidratación del cemento.

De acuerdo a lo tratado en los anteriores párrafos se puede inferir cuáles son los cementos producidos debido a estas adiciones: **cementos con escorias de alto horno, puzolánicos y con filler.** Alrededor del mundo existen innumerables tipos de cemento, pero hablaremos de aquellos que se encuentran normalizados y considerados dentro de la vigente normativa peruana como la NTP 33.082. CEMENTOS. Cementos Portland, y específicamente la NTP 334.090. CEMENTOS. Cementos Portland Adicionados.

La NTP 334.090 actualmente considera 2 tipos de cementos en general:

**Cemento adicionado binario:** mezcla de cemento Portland y escoria, puzolanas o filler mediante trituración o, trituración y mezclado.

**Cemento adicionado ternario:** mezcla mediante pulverización o, pulverización y mezclado de cemento Portland y:

- Escoria de alto horno y puzolana 2 puzolanas
- Escoria y caliza Puzolana y caliza

En la última norma previamente mencionada también nos habla de cementos de uso general con las siguientes denominaciones y nomenclaturas:

**Cemento Portland Tipo IS:** con escoria de alto horno, hasta un 70%

**Cemento Portland Tipo IP:** con puzolana, hasta un 40%

**Cemento Portland Tipo I (PM):** cemento puzolánico modificado, hasta un 15% de puzolana **Cemento Portland Tipo IL:** cemento portland con adiciones de filler calizo, de 5-15% de adición

**Cemento Portland Tipo ICO:** cemento portland compuesto, hasta 30% de filler calizo u otro material

**Cemento Portland Tipo Ternario IT:** cemento portland ternario, 2 adiciones En la norma NTP 334.082 considera los siguientes cementos:

**Cemento Portland Tipo GU:** de uso genérico.

**Cemento Portland Tipo MS:** para una resistencia al desgaste adecuada frente a la exposición a los sulfatos.

**Cemento Portland Tipo HS:** para alta resistencia a los sulfatos.

**Cemento Portland Tipo HE:** para elevadas resistencias iniciales.

**Cemento Portland Tipo MH:** para un moderado calor de hidratación.

**Cemento Portland Tipo LH:** para un bajo calor de hidratación

#### 2.2.1.3.2. AGREGADOS:

Los agregados son los materiales más abundantes dentro de la masa de concreto, ocupando cerca de  $\frac{3}{4}$  partes del mismo, lo cual justifica su gran uso. Estos no solo delimitan la resistencia del concreto, dado que los agregados débiles no tienen la capacidad de conformar un concreto resistente, y además sus atributos conllevan la durabilidad y el comportamiento estructural del material.

Los áridos se pueden clasificar como finos o gruesos. Los del primer tipo pueden ser una arena procedente de río (natural) o una arena completamente artificial producto del triturado de piedra, ambas con partículas menores a 5 mm, que para su uso óptimo es necesario tener en cuenta algunas consideraciones y consiste en tener fragmentos minerales limpios, durables, resistentes y libres de agentes químicos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pueda perjudicar los procesos de hidratación y adherencia de la pasta de cemento. En cuanto a los agregados del segundo tipo, estos constituyen gravas o una combinación de gravas, procedente de la trituración de rocas de mayor dimensión, cuyos fragmentos son mayores que 5 mm y generalmente se encuentran entre 9.5 mm y 38 mm. [2]

Además, estos materiales pueden clasificarse en base a su procedencia como agregados naturales. Estos encuentran su procedencia en la explotación de canteras o son producto del arrastre de los ríos, que a su vez pueden clasificarse como Material que se explota en cantera y Material natural, la diferencia es la textura que posee cada uno, mientras que el primero posee una superficie rugosa por el proceso de explotación, el segundo posee una textura lisa y una forma redondeada debido a la acción del arrastre de los ríos. [9]

### **2.2.1.3.3. AGUA:**

Un agua natural, que sea potable, y que no tenga un color ni un olor pronunciado, es apta para producir concreto. La impureza que pueda tener el agua afecta de manera directa a la resistencia del concreto y al fraguado de la mezcla; además puede causar la aparición de la eflorescencia, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y, por tanto, una menor durabilidad. [9]

#### **2.2.1.3.3.1. TIPOS DE AGUA**

Cuando hablamos del agua que estudiamos en tecnología del concreto, inmediatamente se nos viene a la mente 2 términos: el agua que se usa para mezcla (agua de mezclado) y el agua que utilizamos para evitar la pérdida de agua por el calor de exudación del concreto (agua de curado). El primero, se subdivide en agua de hidratación y agua evaporable. Y a su vez, el último mencionado se compone del agua de absorción o activa, capilar y activa. [3]

**Agua de mezclado:** el agua que necesita el cemento para hidratarse por cada volumen de concreto elaborado, este tipo de agua es la que le proporciona la fluidez característica de este material, que a su vez les proporciona la lubricación adecuada a los agregados en su estado fresco. Por otro lado, cuando se forma la pasta aglutinante encontramos 2 formas básicas de agua: de hidratación y evaporable.

**Agua de hidratación:** es el tipo de agua que compone la fase sólida de la pasta aglutinante. También se le denomina no evaporable dado que se conserva a 110° C y a 0% de humedad del ambiente. El porcentaje de agua necesario para que se produzca el fenómeno de hidratación del cemento es de aproximadamente 23% del peso del material cementante.

**Agua evaporable:** la pasta aglutinante estable capta al agua a través de tensión superficial ejercida por las partículas del cemento. El agua evaporable se compone de tres tipos: *agua libre*, agua fácilmente evaporable por tener completa libertad de movimiento; *agua capilar*, aquella que ocupa los vacíos de la pasta y el *agua de adsorción*, que es básicamente un manto de agua de proporciones moleculares que se encuentra adherido a las superficies de la pasta debido a la acción de fuerzas de atracción intermoleculares, y que es llamada también agua activa por su predominio en el rendimiento del concreto bajo tensión.

**Agua de curado:** es el conjunto de agua que se adiciona para hidratar la pasta por completo.

La cantidad de agua depende:

- **Humedad del ambiente:** mientras menor sea el contenido de humedad, más rápido se evaporará el agua libre.
- **La relación a/c:** si la relación es baja, el gel no va a tener espacios para desarrollarse debido a la baja cantidad de vacíos de la mezcla
- **La densidad del agua no evaporable**

## 2.2.2. Adoquín:

### 2.2.2.1. Definición de adoquín:

Los adoquines son unidades de pavimentación prefabricadas de concreto seco, fabricados mezclando agregados (fino y grueso), agua libre de agentes perjudiciales y material cementante. Estos elementos son elaborados, a través de un proceso industrial de vibro-compactación. En el mercado actual existen adoquines de variadas dimensiones, formas y colores. Estas unidades se utilizan como capa superficial de los pavimentos articulados o intertrabados. [10]

### 2.2.2.2. Historia del adoquín:

La historia del material del adoquín se relaciona con el desarrollo progresivo de las vías urbanas. Antiguamente, en Roma se empleaban grandes bloques de piedra para prever a sus vías de una superficie totalmente lisa, consiguiendo de esta manera, rapidez, duración y mayor comodidad a la hora del transporte. [11]

Los primeros adoquines utilizados en la pavimentación de áreas urbanas fueron los de piedra, cerámicos y madera. Sin embargo, estos últimos fueron descartados en poco tiempo, no obstante, en determinados países europeos su uso tuvo continuidad y se utilizaron para pavimentar grandes superficies con adoquines artesanales de arcilla cocida, con resultados admisibles a pesar del desgaste acelerado de las piezas. [12] En esta época, lo primordial era lo visual, pues lo que mayor predominancia tenía sobre la construcción de las vías urbanas eran los atributos superficiales con los que contaba, pero cuando los vehículos tuvieron mayor presencia y aumentó su peso, se comenzó a tomar en cuenta el comportamiento de la base y la sub-base.

En efecto de la Segunda Guerra Mundial, al reedificar Europa se inició con la utilización de la arcilla cocida como material de construcción de las viviendas, por lo que se fueron produciendo adoquines de concreto en moldes individuales, resultando tener un menor costo que el de piedra o arcilla.

Años después, el país alemán estimuló el desarrollo de las máquinas vibro compresoras que facilitarían la producción en serie de las piezas de concreto, dando mayor relevancia a la industrialización de este material en todo el mundo. La gran importancia que obtuvo el pavimento de adoquín de concreto tiene base en su amplio rango de aplicación, ya que es posible emplearlo en andenes, zonas peatonales, plazas, en vías internas de urbanizaciones, calles y avenidas, con un tráfico vehicular que tiene pocos automotores ligeros, así como donde circulan camiones pesados, en zonas de carga, y otros. [12]

### 2.2.2.3. Procesos de fabricación de adoquines

Para poder fabricar un adoquín se siguen los siguientes procesos:

**Dosificado:** es el paso en el que se realiza un diseño de la mezcla, es decir, se disponen las proporciones de cada componente del concreto. Ello, con el fin de que el material obtenga atributos adecuados de resistencia, sobre todo ante la compresión. Esta distribución del

cemento, agua y agregados se ven influenciados por aspectos como la granulometría, las propiedades fisicoquímicas de los agregados, tipo de cemento, relación agua - cemento, etc.

**Mezclado:** el fin de esta etapa es obtener una mezcla homogénea, la cual se consigue de forma ya sea manual o mecánica. Comúnmente, el método que se emplea es el mecánico, que inicia al colocar diversos elementos en la mezcladora para combinarlos hasta el punto de conseguir una mezcla de color uniforme.

**Moldeado:** luego de obtener la mezcla, esta se vierte en moldes para ser vibro compactados. La duración, frecuencia, amplitud de la vibración y presión de compactación se precisan de forma experimental.

**Vibro-compresión:** proceso automatizado que consiste en comprimir la masa del adoquín a una presión específica, produciendo vibración al mismo tiempo que la compresión. [13]

**Fraguado:** el fraguado consiste en las reacciones químicas que se llevan a cabo en la estructura interna del concreto cuando éste se va endureciendo producto de la interacción entre el agua y el cemento. Para que el fraguado ocurra de manera satisfactoria, los adoquines deben permanecer protegidos de la intemperie (condiciones de sol y de humedad), con el objetivo de evitar la pérdida de agua por evaporación debido al calor de exudación, en caso se produzca este fenómeno probablemente obtendremos una resistencia a la compresión mucho más baja de lo esperado.

**Curado:** esta etapa consiste en mantener la humedad del concreto de tal manera que la reacción química del cemento continúe, pues en los 7 primeros días de edad se desarrolla cerca del 80% de la resistencia, en pocas palabras esto se cumplirá si se realiza un adecuado curado del adoquín. [14] Para esto, los adoquines se colocan en un solo espacio con la separación apropiada para que humedezcan por completo en la superficie. Según el ACI 308 R, también se puede destacar que este es un proceso en el que el hormigón elaborado con cemento hidráulico madura y se solidifica con el paso del tiempo, resultado de la constante hidratación del cemento debido a la infaltable presencia de agua y calor. [15]

**Almacenamiento y transporte:** como último paso, el producto terminado debe ser almacenado en un lugar limpio y nivelado, ajeno y protegido de la lluvia, viento y sol, que son estados que provocarían su secado. De no lograr todo lo anteriormente mencionado, también es una opción cubrirlo con lonas o plástico. Sean de las dos formas, los adoquines no pueden colocarse directamente en el suelo, en lo posible se deben colocar sobre un tablero de madera, para que de esta manera no adquiera humedad por capilaridad. Cuando se realice el movimiento y almacenamiento del producto, este se ha de cargar en una cantidad máxima de 4 adoquines con ambas manos y ser colocados en lugares de almacenamiento para evitar que se deterioren por una inadecuada manipulación. [11]

### **2.2.3. Residuos de construcción y demolición:**

#### **2.2.3.1. Definición:**

Son materiales de desecho obtenidos de actividades de construcción, demolición y reforma, edificación, obra civil y espacio público. Estos son considerados objetos inertes, es decir no representan algún tipo de peligro, y tienden a ser utilizados como insumo para la elaboración de productos terminados. [16]

#### **2.2.3.2. Breve historia del RCD:**

La historia del RCD tuvo sus inicios años después de la Segunda Guerra Mundial, evento en el que hubo un factor que incrementó de manera exponencial la cantidad de estos residuos, dado que la destrucción provocada creó montañas de escombros en los lugares centrales de las grandes ciudades de Europa. [17]

Alemania, contaba con escasos recursos económicos y materiales, se encontraba devastado. Ante esta situación, se reunieron varios especialistas, entre ingenieros y arquitectos, y se percataron de la enorme cantidad de residuos que se habían generado después de este acontecimiento bélico: “del orden de 600 millones de m<sup>3</sup> en el conjunto de las ciudades alemanas y aproximadamente 75 millones de m<sup>3</sup> solo en el sector oeste de Berlín”. [18] Esto era un claro indicador del enorme potencial que podría representar como materia prima ante la urgente necesidad de la construcción de viviendas.

En general, el país europeo produjo a los finales de los noventa, más de 180 millones de toneladas de RCD por año, cantidad que vendría a representar 480 kg por persona; dentro de

los cuales los materiales pétreos son el grupo más significativo cuantitativamente hablando. El Informe Symonds, es el único estudio global y oficial, con respecto al tema de RCD en Europa; este documento indica dentro de sus estadísticas los países que mayor cantidad de RCD han generado, siendo específico el 80% del total de RCD generados. La Tabla 2.1 nos muestra la lista de países involucrados, teniendo a la cabeza al país alemán como principal generador de desechos de construcción. Sin embargo, la Tabla 2.2 muestra con más detalle la generación de RCD y las diferentes variables involucradas. Datos más detallados acerca del tema de los RCD, se pueden encontrar en el Technical Report 69 (2002), de la European Environment Agency. Dicho informe indica los diferentes hábitos constructivos de los países europeo, como el caso de Finlandia y Suecia, cuyos residuos son en su mayoría madera, esto indica que la cantidad de pétreos incluidos dentro del total de sus desechos se reduce considerablemente; caso contrario sucede en Holanda.

**Tabla n° 2. 1. Producción y gestión de RCD en Europa (Informe Symonds, 1999).**

PAÍS	GENERACIÓN (x10 <sup>3</sup> ton)
Alemania	59
Gran Bretaña	30
Francia	24
Italia	20
España	13
Holanda	11
Bélgica	7
Austria	5
Portugal	3
Dinamarca	3
Grecia	2
Suecia	2
Finlandia	1
Irlanda	1
Luxembu rgo	0,3
UE-15	181.3

**Fuente: Fueyo Editores. 2010.**

**Tabla n° 2. 2. Producción de RCD en Europa e índices relacionados con los datos de la población (Informe Symonds, 1999)**

<b>PAÍS</b>	<b>RCD (x10<sup>3</sup> ton)</b>	<b>POBLACIÓN ( x10<sup>6</sup> -1997)</b>	<b>K505G POR HABITANTE Y AÑO</b>	<b>% RELATIVO DEL PAÍS</b>	<b>OTROS RCD (x10<sup>3</sup> ton)</b>	<b>TOTAL (x10<sup>3</sup> ton)</b>
Alemania	59	82	720	32,8	241	300
Gran Bretaña	30	58,9	509	16,7	37	67
Francia	24	58,4	404	13,2	n/d	n/d
Italia	20	57,5	348	11,1	n/d	n/d
España	13	39,3	325	7,1	n/d	n/d
Holanda	11	15,6	718	6,2	9	20,2
Bélgica	7	10,2	666	3,8	27,9	34,7
Austria	5	8,1	580	2,6	21,7	26,4
Portugal	3	9,9	325	1,8	n/d	n/d
Dinamarca	3	5,3	509	1,5	8,1	10,7
Grecia	2	10,5	172	1	n/d	n/d
Suecia	2	8,8	193	1	4,2	5,9
Finlandia	1	5,1	255	0,7	8,1	9,4
Irlanda	1	3,7	162	0,3	1,3	1,9
Luxemburgo	0,3	0,4	700	0,2	n/d	n/d
UE-15	181.3	373.7	481	100	-	>450
n/d. información no disponible						

**Fuente: Fuego Editores. 2010**

En varios países de Latinoamérica se viene impulsando el reciclado de estos materiales, pues actualmente representan una gran cuestión ambiental, dado que sus grandes volúmenes generados y la inadecuada disposición de estos se han tornado en panoramas de contaminación de suelos y aguas superficiales. [19]

Citando un claro ejemplo de Chile, Patricia Martínez mencionó para la Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA, que el Gobierno se sumó al grupo internacional Green Building Challenge en el año 1998, con el fin de formar parte de la construcción sustentable por medio de iniciativas que buscan mejorar la calidad de esta actividad en la sociedad. Otro de los países involucrados en este objetivo, fue Brasil, cuyo estado construyó por primera vez establecimiento industrial dedicado al reciclaje de desechos., centrada principalmente en residuos de construcción civil, en base a la resolución determinada por el CONAMA en el 2002. Además, cuenta con la aprobación de la Política Nacional de Residuos Sólidos, en la que se les obliga a las municipalidades brasileñas a ejecutar un proyecto de gestión de residuos para una adecuada disposición de los escombros, dado que el 60% del total de residuos provienen de procesos de construcción y demolición. [20]

En el Perú, hasta el momento no se tiene una adecuada gestión del manejo de residuos provocados por las actividades de la construcción y la demolición. Lo que se viene considerando acorde al tema son ciertas normativas, como las que se mencionan a continuación: Ley N.º 27314 (Ley General de Residuos Sólidos), Decreto N.º 1065 que modifica la Ley N.º 27314, y la norma NTP 400.050 “manejo de residuos de la actividad de la construcción”. A la fecha, esta legislación no se ha llevado a cabo por las empresas e instituciones del territorio peruano, además no existe una data confiable que permita conocer la producción de residuos ni de los lugares en donde se sitúan, y tampoco se cuenta con organizaciones que se dediquen a promover el reciclaje de estos desechos u obras con concreto reciclado. [21]

En el Perú, hasta el momento no tiene una adecuada gestión para el manejo de residuos de construcción y demolición, pero se tiene la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos. En el decreto legislativo N° 1065, que modifica la Ley N° 27314 el establece una gestión y manejo de residuos sólidos de la construcción y demolición. La norma NTP 400.050 “manejo de residuos de la actividad de la construcción”, establece directrices para un adecuado manejo de residuos de la actividad de la construcción, estas normas y leyes por el momento quedan en papel en la práctica no se tiene información de la producción de residuos ni se tiene identificado

los sitios donde terminan; menos se tienen empresas dedicadas al reciclaje de dichos materiales y obras con concreto reciclado. [21]

### 2.2.3.3. Composición del RCD:

La composición de los RCD varía por diversas razones dependiendo del tipo de construcción, razón por la que sus componentes cambian de acuerdo con el lugar. Una aproximación presente en el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición ofrece una idea de la composición de estos desechos en la Tabla n° 2.3.

**Tabla n° 2. 3. Composición de los RCD según el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006**

COMPONENTE	%
Ladrillos, azulejos y otros cerámicos (*)	54
Hormigón (*)	12
Piedra (*)	5
Arena, grava y otros áridos (*)	4
Madera	4
Vidrio	0,5
Plástico	1,5
Metales	2,5
Asfalto	5
Yeso	0,2
Papel	0,3
Basura	7
Otros	4
(*) Entran dentro de una categoría superior denominada escombros.	

**Fuente: Fuego Editores**

#### 2.2.3.4. Clasificación del RCD:

Los RCD se pueden clasificar según el criterio que se utilice. El primer criterio para clasificarlos es la procedencia. Según su procedencia, los Residuos de Construcción y Demolición, pueden ser derribo, de construcción o de excavación. Los *residuos de demolición*, son aquellos productos que se originan como resultado del desmontaje, desmantelamiento y derribo de edificaciones o infraestructuras, incluyendo también todo residuo temporal originado durante trabajos los de reparación o de rehabilitación.

Los *residuos de construcción*, estos residuos se generan durante la ejecución física de los trabajos para el levantamiento tanto de una nueva infraestructura como la reparación de edificaciones ya construidas. Este producto tiene diversos orígenes: primero, los que provienen de la propia actividad durante la construcción, compuesto principalmente por materiales sobrantes (concretos, morteros, materiales, cerámicos, etc.), y, en segundo lugar, tenemos también, aquellos que residuos que provienen del empaquetado de los productos que llegan a obra (cartón, bolsas de cemento, madera, papel o plástico. Para finalizar, los *residuos de excavación*, son el resultado, como su propio nombre lo menciona, de los trabajos de excavación, generalmente de los trabajos previos a la construcción. Tiene una composición poco variable en comparación a los dos grupos anteriormente mencionados, en general, se trata de materiales de naturaleza pétreo (arcillas, arenas, piedras, hormigones). [22]

El segundo criterio adoptado es según si el material es aprovechable o no; criterio que fue tomado en cuenta en el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006 de España, conforme a lo anteriormente mencionado la Tabla 2.4 divide a los RCD en tres grandes grupos, con sus respectivas subdivisiones.

Y el último criterio es según su naturaleza, se dividen en tres categorías: residuos inertes, residuos banales o no especiales y residuos especiales. Los primeros (inertes) son todos aquellos residuos que no representan ningún riesgo de contaminación (suelo, aire, agua) y en general, están formados por elementos minerales estables o inertes, es decir que no generan corrosión, irritación, o alguna reacción química, etc.; en resumen, son totalmente amigables con el medio ambiente. Dentro de esta categoría también podemos considerar los residuos de construcción que tiene un origen pétreo, en consecuencia, son inertes, pudiendo ser reutilizados en la obra donde se generó o reciclados en establecimientos dedicados al procesamiento de agregados mediante un sencillo proceso de trituración.

Tabla n° 2. 4. Clasificación de residuos de construcción y demolición (RCD)

CATEGORÍA	GRUPO	CLASE	COMPONENTES
<b>RCD aprovechables</b>	RESIDUOS MEZCLADOS	Residuos pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales no pasantes al tamiz #200
	RESIDUOS DE MATERIAL FINO	Residuos finos no expansivos	Arcilla, limos y residuos inertes que sobrepasen el tamiz # 200
		Residuos finos expansivos	Arcillas y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200
	OTROS RESIDUOS	Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, papel, siliconas, vidrios, cauchos
		Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, aluminio
		Residuos orgánicos	Residuos de tierra negra
		Residuos orgánicos vegetales	Residuos vegetales y otras especies bióticas
<b>RCD no aprovechables</b>	RESIDUOS PELIGROSOS	Residuos contaminados con residuos peligrosos	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes
	RESIDUOS ESPECIALES		No definida
	RESIDUOS CONTAMINADOS CON OTROS RESIDUOS	Residuos contaminados con residuos peligrosos	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos
		No definida	Residuos contaminados con otros residuos que hayan perdido las características propias de su aprovechamiento
Otros	OTROS RESIDUOS	No definida	Residuos que por requisitos técnicos no es permitido su reuso en obras

Fuente: [19]

La segunda categoría, los banales, incluye todo aquel material que por su naturaleza pueden ser almacenados en junto a los residuos domésticos, diferenciándoles entre sí para poder reciclarlos. De hecho, estos residuos se reciclan en instalaciones industriales en conjunto con otros materiales y pueden ser utilizados nuevamente, formando parte de materiales puntuales del sector de la construcción o de otros productos derivados productos de la industria.

En cuanto a los residuos especiales, la tercera categoría, existen residuos de construcción que se encuentran conformados por materiales con características que los hacen potencialmente peligrosos, por ello su denominación. Dentro de esta clasificación encontramos sustancias que pueden ocasionar reacciones cuando se ponen en contacto con algún otro material, inflamación, irritación, corrosión sobre la piel, envenenamiento, incluso se encuentran aquí las sustancias cancerígenas. Esta clase de residuos requieren de manera obligatoria tratamientos especiales con el objetivo de aislarlos y facilitar su tratamiento o disposición final controlada. [22]

#### **2.2.4. Normas del RNE (Reglamento Nacional De Edificaciones)**

##### **NORMA CE.010 COMPONENTES ESTRUCTURALES**

La Norma Técnica CE.010 (2006) nos indica, en primer lugar, la organización de la Norma, pero quizá el objetivo más relevante posee esta norma es la de establecer requisitos mínimos a la hora del diseño, construcción y mantenimiento de los pavimentos urbanos, desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos y de la Ingeniería de los Pavimentos, con el fin de preservar la durabilidad de los mismos durante su tiempo de servicio.

#### **2.2.5. Normas Técnicas Peruanas (NTP) usadas en la investigación**

##### **2.2.5.1. NTP 339.035:2015. CONCRETO. MÉTODO DE ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN CON EL CONO DE ABRAMS).**

Establece los lineamientos para realizar el ensayo de medición del slump para determinar el asiento del concreto en su estado fresco, tanto en condiciones de campo (obra) como en condiciones controladas (laboratorio). Esta norma fue publicada el 31 de diciembre del 2015. [23]

**2.2.5.2. NTP 339.185:2013. AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL EVAPORABLE DE AGREGADOS POR SECADO (revisada en el 2018).**

Establece paso a paso cómo se determina el contenido de humedad total que tiene la tendencia a evaporarse (en porcentaje), del agregado fino o grueso por medio del secado. Esta propiedad incluye la humedad superficial y aquella que se encuentra en los vacíos del agregado, sin embargo, no se toma en cuenta el agua que se mezcla por procesos químicos con la fracción mineral de alguno de los áridos y que por ende no tiende a evaporarse, por esa razón no está contemplada en el porcentaje calculado. [24]

**2.2.5.3. NTP 399.604:2002. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. MÉTODOS DE MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO (revisada en el 2015).**

Esta norma proporciona los procesos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto para obtener dimensiones (largo, ancho y alto), las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión) y las propiedades físicas (absorción, peso unitario o densidad y contenido de humedad en porcentajes). Esta norma fue revisada el 25 de diciembre de 2015. [25]

**2.2.5.4. NTP 399.611:2017. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS. REQUISITOS.**

Esta norma establece los requisitos en cuanto a sus propiedades mecánicas y físicas que deben cumplir las unidades de pavimentación. Esta normativa fue publicada el 01 de marzo del 2018. [26]

**2.2.5.5. NTP 400.012:2013. AGREGADOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (revisada en el 2018).**

Esta norma proporciona al usuario las herramientas y equipos necesarios, así mismo el procedimiento para determinar cuál es la distribución por tamaño de partículas de los distintos agregados (fino, grueso o global) por medio del tamizado. Esta norma fue publicada el 18 de julio del 2018. [27]

**2.2.5.6. NTP 400.017:2020. AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD (“PESO UNITARIO”) Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS.**

Esta norma cubre todo el procedimiento para determinar el P.U.S o P.U.C, y el cálculo de la cantidad de vacíos que se encuentran en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos. Este método de ensayo se aplica a agregados cuyo T.M.N es de 150 mm. Esta norma fue publicada el 18 de febrero del 2018. [28]

**2.2.5.7. NTP 400.018:2020. AGREGADOS. DETERMINACIÓN DE MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN POR EL TAMIZ NORMALIZADO 75  $\mu\text{m}$  (N.º 200) POR LAVADO EN AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO.**

Esta norma abarca todo los paso que se debe seguir para el cálculo del contenido de polvo o material articulado que sea capaz de atravesar la malla de 75  $\mu\text{m}$  (N.º 200) por vía húmeda, en el agregado que se va a utilizar para la elaboración de concreto y morteros. [29]

**2.2.5.8. NTP 400.019:2020. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES. MÉTODO DE ENSAYO.**

Establece el procedimiento que se debe seguir para determinar la resistencia al desgaste por abrasión ensayando agregados gruesos de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½ “) utilizando la máquina de Los Ángeles. Fue publicada el 26 de noviembre del 2020. [30]

**2.2.5.9. NTP 400.021:2020. AGREGADOS. DENSIDAD RELATIVA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO. MÉTODO DE ENSAYO.**

Esta norma tiene como fin establecer los lineamientos para el cálculo del peso específico seco, el peso específico superficialmente seco saturado, el peso específico aparente y el porcentaje de absorción del agregado grueso. El peso específico saturado superficialmente seco y la absorción se calculan utilizando agregados sumergidos en agua durante 24 horas. [31]

**2.2.5.10. NTP 400.022:2013. AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (revisada en el 2018).**

Establece el procedimiento para calcular la densidad promedio de un agregado fino (no incluye

los vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y el porcentaje de absorción. Esta norma fue publicada el 18 de julio de 2018. [32]

## **2.2.6. Normas internacionales usadas en el proyecto**

### **2.2.6.1. ASTM C29/C29M-17a. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE ("PESO UNITARIO") Y VACÍOS EN LOS AGREGADOS.**

Esta norma establece todos los lineamientos que permiten determinar la densidad aparente ("peso unitario") de un agregado tanto compactado como suelto, y calcular la cantidad de vacíos entre las partículas de los agregados finos, gruesos o mezclas de ambos. Este método de ensayo es aplicable para todo agregado que no exceda las 5" (125 mm) de TMN. [33]

### **2.2.6.2. ASTM C33/C33M -18. ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR DE AGREGADOS PARA CONCRETO.**

Establece las condiciones para clasificar los áridos y asegurar su calidad para su uso en la elaboración de concreto. Además, también se utiliza en las especificaciones del proyecto para definir la calidad del agregado, el T.M.N del agregado y otras especificaciones de clasificación puntuales. [34]

### **2.2.6.3. ASTM C 125-20. TERMINOLOGÍA ESTÁNDAR RELACIONADA AL CONCRETO Y SUS AGREGADOS.**

Esta normativa nos brinda un conjunto de términos acerca del concreto y los agregados. Estas terminologías están bajo la competencia del Comité C09 de ASTM sobre Concreto y Agregados de Concreto y es responsabilidad directa del Subcomité C09.91. [35]

### **2.2.6.4. ASTM C 127-15. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.**

Esta normativa abarca todos los lineamientos para calcular la densidad promedio de un agregado grueso, la densidad relativa y su absorción. Dependiendo del procedimiento, la densidad puede expresarse como condición de secado en horno, condición de saturado con superficie seca o como densidad aparente. [36]

#### **2.2.6.5. ASTM C 128-15. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS.**

Esta normativa cubre los procedimientos de cálculo de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso. Dependiendo del procedimiento es que la densidad se expresa como condición de secado en horno, condición de saturado superficialmente seco o como densidad aparente. [37]

#### **2.2.6.6. ASTM C136/C136M-19. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.**

Esta norma cubre todos los pasos para hallar la gradación de las partículas de los áridos finos y gruesos mediante tamizado, además incluye instrucciones para el análisis de tamices de tales agregados. [38]

#### **2.2.6.7. ASTM C140/C140M-20a. MÉTODOS DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL MUESTREO Y PRUEBA DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS.**

Esta normativa reúne todos los procedimientos de prueba utilizados comúnmente para evaluar las características físicas y mecánicas de las unidades de mampostería de concreto y unidades de concreto relacionadas. Adicionalmente, se habla de métodos para la medición. [39]

#### **2.2.6.8. ASTM C944-19. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DE CONCRETO O SUPERFICIES DE MORTERO POR MEDIO DEL CORTADOR GIRATORIO. [40]**

Cubre los pasos para calcular la resistencia del concreto o mortero a la abrasión, mediante la medición de la pérdida en peso (gr) o profundidad de desgaste (mm), pérdida de masa, y tiempo desgastado. Así mismo, especifica la cantidad de revoluciones y carga al que debe estar expuesto la muestra, así mismo el tiempo o ciclo de desgaste al que se expone durante el proceso.

#### **2.2.6.9. COGUANOR NTG 41086 (ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS. ESPECIFICACIONES)**

Al igual que la NTP 399.611 mencionada con anticipación, es una normativa que va a disponer todas las especificaciones y características tanto físicas como mecánicas de todo adoquín de concreto que haya sido elaborado para un tráfico desde liviano hasta pesado. Adicionalmente,

proporciona el significado de algunos términos utilizados para la redacción de este documento; también establece su clasificación por uso, absorción hasta por módulo de rotura. [41]

#### **2.2.6.10. COGUANOR NTG 41087 h1. MÉTODOS DE ENSAYO. DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE RUPTURA DE LOS ADOQUINES DE CONCRETO.**

Esta norma guatemalteca contiene detalles de la maquinaria a utilizar, las herramientas necesarias y los procedimientos para realizar este ensayo a unidades de concreto (adoquines) para tránsito vehicular ligero hasta pesado, adicionalmente establece los procedimientos de cálculo, donde se especifica las unidades de todos los elementos necesarios para determinar el módulo de rotura del elemento. [42]

#### **2.2.6.11. NTC 2017. ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS.**

De igual manera que la COGUANOR NTG 41086 y la NTP 399.611, fue utilizada en esta investigación como referencia para tener especial cuidado de las características físicas mecánicas de los adoquines que se elaboraron durante el desarrollo del proyecto; además es un buen punto de comparación de la realidad normativa de nuestro país con las normas internacionales, debido a que no existe en nuestro país una norma específicamente diseñada para ser aplicada a las unidades de concreto (adoquín). Esta disposición en conjunto con la COGUANOR 41087 h1 sirvieron de base para realizar los ensayos de flexión para determinar el módulo de rotura, y así mismo, el valor mínimo que debe cumplir a los 28 días. [43]

### III. Metodología

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación:

El tipo de investigación que se llevará a cabo es cuantitativo, pues mediante el uso de variables, representamos datos con números y los resultados que obtengamos no se verán influenciado por lo que pensemos o creamos. Con respecto a los datos, cuando se dice que estos serán representados en forma de número, hablamos sobre los resultados que se obtendrán de aplicar los diferentes ensayos planteados. Para finalizar, por el fin que se busca lograr en el estudio, sería correcto afirmar que es una investigación aplicada, pues se tiene como fin descubrir un nuevo conocimiento.

#### 3.2. Diseño de investigación

##### 3.2.1. Hipótesis

La hipótesis planteada para esta investigación es la siguiente: Un correcto porcentaje de Residuos de Demolición, nos permite elaborar adoquines con un buen comportamiento físico mecánico.

##### 3.2.2. Diseño de contrastación de hipótesis

Hernández Sampieri cita en su libro “Metodología de la investigación” [44] a Campbell y Stanley plantea 2 diseños de investigación: experimental y no experimental; sin embargo, dentro de la primera clasificación nosotros tenemos a la vez 3 clasificaciones más: pre experimento, experimental pura y cuasi experimental. El diseño que se utilizará para esta investigación es de tipo cuasi experimental. Se considera de esta manera por la deliberada manipulación de variables que se realizará, mediante los objetivos específicos que se han propuesto y considerado para el cumplimiento exitoso del objetivo general, por lo tanto, las muestras no están sujetas a una fórmula o cálculo probabilístico para ser determinadas, sino que depende del criterio adoptado del investigador.

La experimentación planteada permitirá manejar a conveniencia variables que se describirán posteriormente y verificar el resultado de manipularlas. Las variables, tanto dependientes como independientes, que se han planteado refuerzan una vez más el diseño de investigación del que se ha habla anteriormente.

Las variables consideradas son las siguientes:

- **Independiente:** Residuos de demolición
- **Variable dependiente:** Comportamiento físico-mecánico del adoquín
- **Variables intervinientes:** Diseño de mezclas y los agregados (fino y grueso)

### **3.3. Población, muestra, muestreo**

#### **3.3.1. Población:**

La población que se ha contemplado son las edificaciones que se encuentren en proceso de demolición en la ciudad de Chiclayo.

#### **3.3.2. Muestra**

Fue extraída de la demolición tanto con maquinaria (retroexcavadora), como manualmente, (en el caso de muestras más reducidas que la maquinaria no puede manejar) de las viviendas ubicadas en las siguientes calles, y solo se han tomado en consideración residuos de mampostería y concreto:

- Casa de 2 pisos, ubicada en la calle María Candelaria, entre las calles 9 de octubre y 10 de octubre.
- Casa de un solo piso, ubicada en la calle Luis Castilla 252, en la Urb. La Primavera.
- Casa de un solo piso, ubicada en la calle Willfredo Valdiviezo 319, ubicado en frente del parque de la Guardia Civil, urb. La Primavera.

Se han escogido para la obtención de muestras, la demolición de estas viviendas por la disponibilidad y la facilidad de extracción de muestras que no se encuentre contaminadas o de darse el caso, poco contaminadas; escogidas por el propio investigador para evitar la selección de material que pueda perjudicar la investigación. Adicionalmente por la poca disponibilidad y el tiempo que demanda la preparación de una chancadora industrial, se refuerza lo anteriormente establecida acerca del por qué se escogieron solo esas viviendas.

#### **3.3.3. Muestreo**

El muestreo que se ha establecido para esta investigación corresponde a un muestreo no probabilístico pues la elección de las muestras no depende directamente de la probabilidad, por el contrario, depende de las decisiones que el investigador o grupo de investigadores considere adecuadas y, por supuesto, las muestras que han sido escogidas obedecen a otros criterios de investigación.

Tabla n° 3. 1. Muestreo: Número de adoquines a elaborar para cada ensayo

MUESTREO PARA ADOQUINES CON e=60 mm									
MUESTRA	Fino y grueso		N° de unidades	f'c (7,14 y 28 días)	Absorción	Mr (7,14, 28 días)	Abrasión	Sub-Total	Total
	Porcentaje de reemplazo								
	Cantera	Res. Demolición							
MAF1	90%	10%	3	3	1	3	1	24	72 und
MAF2	80%	20%	3	3	1	3	1	24	
MAF3	70%	30%	3	3	1	3	1	24	
MAG1	90%	10%	3	3	1	3	1	24	72 und
MAG2	80%	20%	3	3	1	3	1	24	
MAG3	70%	30%	3	3	1	3	1	24	
									144 und

Elaboración propia

### 3.4. Criterios de selección

Para la selección de muestras, como se mencionó anteriormente, no se tomó en cuenta la probabilidad de que la muestra sea elegida, sino del criterio del investigador, para este caso se necesita una diligente y controlada selección de muestras con ciertas características:

- Que sea lo más homogénea posible, es decir, que el material obtenga sea de las misma o similar composición. Para este caso tendremos 2 tipos de materiales: el ladrillo que se ha utilizado para los muros que ha sido tomado por su mayor facilidad de trituración, y el concreto por la menor probabilidad de tener un material contaminado, para este material se han tomado muestras que no hayan estado en contacto con el suelo o la intemperie, aunque en el caso de la ciudad de Chiclayo no se presenta una considerable exposición de agentes externos que puedan afectar a la muestra. En el caso del concreto también se ha considerado la recolección de la menor cantidad de concreto con señales de corrosión, producto, primero, de que el concreto usado en las viviendas es armado, lleva un refuerzo, y en segundo lugar el tiempo de vida de las viviendas a demoler. Para todas las muestras, se ha evitado la recolección de muestras que puedan presentar eflorescencias.
- Como se menciona en el primer punto, se procuró que la muestra sea lo menos contaminada posible, para evitar futuras complicaciones en la elaboración del concreto, ya sean problemas en la resistencia o en la trabajabilidad del mismo.
- La distribución del porcentaje de reciclado es de un 60% aproximadamente para las muestras de concreto, y el 40% restante para la mampostería, y se mezclaron todos los residuos obtenidos en uno sola muestra.

Por otro lado, con respecto a los porcentajes seleccionados el criterio de para la elección de los porcentajes fue debido a los siguientes estudios y sus respectivos reemplazos:

- Fernando Pacheco y Brayan Moreno, proponen para la elaboración de adoquines, adiciones de caucho reciclado como agregado fino de 5%, 10% y 15%. [44]
- Luz Cabrera en su estudio para elaborar adoquines reemplazan agregados gruesos por vidrio molido propuso reemplazos de 5%, 10%, 15%, 25% y 50%. [14]
- Por último, tenemos a Francisco Estrada, donde reemplaza agregado fino por PET en un 10%, 20% y 25%. [45]

### 3.5. Operacionalización de variables:

VARIABLE		DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ÍNDICE
Variable independiente	Residuos de Demolición	Propiedades Físicas	Absorción del agregado	NTP 400.021 / Registro de % absorción	%
			Contenido de Humedad	NTP 339.185 / Registro de % humedad	%
			Granulometría	NTP 400.012 / Curva granulométrica	%
			Peso Específico	ASTM C 127 / NTP 400.021 / Registro de pesos	kg/m <sup>3</sup>
			Peso Unitario Suelto	NTP 400.017 / Registro de pesos unitarios	kg/m <sup>3</sup>
			Peso unitario Compactado	NTP 400.017 / Registro de pesos unitarios	kg/m <sup>3</sup>
Variable dependiente	Comportamiento físico-mecánico del adoquín	Concreto en estado fresco	Trabajabilidad (Slump)	NTP 339.035 / Observación y medición	Pulgadas (")
		Concreto en estado endurecido	Absorción de la unidad de albañilería	ASTM C 140 / Registro del % de absorción	%
			Resistencia a la compresión	ASTM C 140 / Registro en laboratorio y máquina de compresión	kg/cm <sup>2</sup>
			Resistencia al desgaste por abrasión	ASTM C944/ Máquina de desgaste	%
			Resistencia a la flexión	COGUANOR 41087 h1 / Máquina de flexión y Registro en laboratorio	kg/cm <sup>2</sup>
Variables Intervinientes	Diseño de mezclas		F'c de diseño	Diseño por elaboración propia	kg/cm <sup>2</sup>
	Agregados	Propiedades Físicas	Resistencia a la abrasión	NTP 400.019 / Registro en laboratorio	%
			Absorción del agregado	NTP 400.021 / Registro de % absorción	%
			Contenido de Humedad	NTP 339.185 / Registro de % humedad	%
			Granulometría	NTP 400.012 / Curva granulométrica	%
			Peso Específico	ASTM C 127 / NTP 400.021 / Registro de pesos	kg/m <sup>3</sup>
			Peso Unitario Suelto	NTP 400.017 / Registro de pesos unitarios	kg/m <sup>3</sup>
			Peso unitario Compactado	NTP 400.017 / Registro de pesos unitarios	kg/m <sup>3</sup>

Elaboración propia

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.6.1. Técnicas:

Las técnicas que se han identificado para la presente investigación son las siguientes:

- **Observación directa:** se observa las variables y cómo se comportan frente al estímulo al que será sometido. En nuestro caso se observará cuál será el resultado de reemplazar un porcentaje de los agregados por residuos de demolición.
- **Experimentos:** Se manipulará las variables, modificando de esta manera el comportamiento que tendrán, con el objetivo de corroborar el comportamiento de sus propiedades. Para esta investigación se realizará en primer lugar, las muestras patrón, es decir adoquines sin ninguna clase de modificación, posteriormente se fabricarán adoquines de concreto, teniendo en cuenta para su elaboración el porcentaje de reemplazo estipulado en el muestreo; seguidamente, se escogerá el mejor resultado producto del reemplazo y se procederá a la elaboración y ensayo de los adoquines de concreto.
- **Análisis de contenidos:** Durante el desarrollo de esta tesis, se revisará fuentes escritas y todo aquel material que le permita al investigador resolver cualquier clase de inconveniente o duda que sea adecuado para una finalización exitosa de esta investigación.

#### 3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

##### 3.6.2.1. Fuentes y programas utilizados para la investigación

Las fuentes consultadas durante periodo que dure esta investigación son las siguientes:

- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). 2016
- Normas Técnicas Peruanas
- Normas internacionales
- American Society for Testing and Materials (ASTM)
- Tesis y otros artículos científicos que ayudan a un mejor desarrollo de la investigación

Los programas que se utilizarán, son los siguientes:

- Microsoft Word
- Microsoft Excel y Power Point

### **3.6.2.2. Ensayos de laboratorio**

#### **3.6.2.2.1. Agregados pétreos**

##### **3.6.2.2.1.1. Granulometría**

###### **3.6.2.2.1.1.1. Del agregado grueso**

###### **a) Norma correspondiente**

Norma Técnica Peruana 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, ASTM C 136: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates y la Norma Técnica Peruana 400.037: Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

###### **b) Objetivos del ensayo**

- Graficar la curva granulométrica del agregado grueso.
- Establecer el tamaño máximo, tamaño máximo nominal y módulo de fineza.

###### **c) Instrumentos y equipos**

- Juego de Tamices estándar de bronce según norma (1/2", 3/8", N° 4, N° 8 y N° 16)
- Brocha.
- Cucharones.
- Taras para el manejo de muestras.
- Balanza electrónica, sensibilidad de 0.5 gr.
- Horno, con la capacidad de aplicar temperaturas uniformes y de forma constante hasta de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

###### **d) Procedimiento**

1. Se elige la cantidad de muestra a ensayar en relación a su Tamaño Máximo Nominal (TMN) esperado, de acuerdo a la siguiente tabla. Posteriormente la muestra tendrá que pasar por el horno para que esté completamente seca.

**Tabla n° 3. 2. Mínima cantidad de muestra para la granulometría del agregado grueso o global según su TMN**

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

**FuenteE: RNE**

2. Se pesa la muestra que en nuestro caso será de 1000 gr (1 kg)

**Figura n° 3. 1. Muestra de 1kg (confitillo)**



**Elaboración propia**

3. Una vez la muestra se encuentre totalmente seca se arman los tamices 1/2", 3/8", N° 4, N° 8 y N° 16, en el orden especificado.
4. Se procede a verter la muestra por cada uno de los tamices, luego se mueve enérgicamente de forma circular por un periodo de tiempo adecuado.

**Figura n° 3. 2. Tamizado del agregado grueso o confitillo****Elaboración propia**

5. Se procede a pesar c/u de los retenidos que se encuentren en los tamices normalizados con una balanza que cuente con las especificaciones mencionadas anteriormente.
6. Se calcula el porcentaje retenido acumulado del agregado y el porcentaje que pasa para realizar la gráfica de la curva granulométrica.
7. Después de dibujada la curva se compara con los husos granulométricos respectivos especificados en la normativa ASTM C33/33M.

**Tabla n° 3. 3. Husos granulométricos**

N° ASTM	Tamaño nominal	% que pasa por los tamices normalizados												
		100mm (4")	90mm (3 1/2")	75mm (3")	63mm (2 1/2")	50mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	25.0mm (1")	19.0mm (3/4")	12.5mm (1/2")	9.5mm (3/8")	4.75mm (N° 4)	2.36mm (N° 8)	1.18mm (N° 16)
1	90 a 37.5mm (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 a 37.5mm (2 1/2" a 1 1/2")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50 a 25.0mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 5					
357	50 a 4.75 mm (2" a N° 4)				100	95 a 100	35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	37.5 a 19.0 mm (1 1/2" a 3/4")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	37.5 a 4.75 mm (1 1/2" a N° 4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	25.0 a 9.5 mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	25.0 a 9.5 mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 5	0 a 5		
57	25.0 a 4.75 mm (1" a N° 4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	19.0 a 9.5 mm (3/4" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	19.0 a 4.75 mm (3/4" a N° 4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	12.5 a 4.75 mm (1/2" a N° 4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	9.5 a 2.36 mm (3/8" a N° 8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: ASTM C33

### e) Cálculos

- **Porcentaje retenido parcial:** resulta realizar una división del peso retenido en los tamices entre el peso total de la muestra, se expresa en porcentaje (%).
- **Porcentaje retenido acumulado:** resulta sumando el % retenido parcial en un tamiz y los % retenidos parciales en las mallas anteriores
- **Porcentaje acumulado que pasa:** Se determina de sumar el porcentaje retenido acumulado, del 100%; en la última malla deberá ser igual a 0%.
- **Tamaño máximo:** de acuerdo a lo estipulado en la Norma NTP 400.037, se le define como el menor tamiz por el que se atraviesa toda la muestra.
- **Tamaño máximo nominal:** en concordancia con la Norma NTP 400.037 se le define como el menor tamiz donde se produce los primeros retenidos.
- **Módulo de fineza del agregado grueso:**

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

### 3.6.2.2.1.1.2. Agregado fino

#### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, ASTM C 136: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates y la Norma Técnica Peruana 400.037: Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

#### b) Objetivos del ensayo

- Realizar la curva granulométrica de agregado fino
- Determinar el módulo de fineza.

#### c) Instrumentos y equipos

- Tamices estándar de bronce normalizados (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N° 200).
- Brocha.
- Cucharones.
- Taras para el manejo de muestras.
- Balanza electrónica, sensibilidad de 0.5 gr.
- Horno, que aplique temperaturas de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ) de forma constante.

#### d) Procedimiento

1. Se prepara la muestra, que según la NTP 400.012 nos exige que esta haya pasado por el horno a una temperatura constante, a su vez exige que sea como mínimo 300 gr.

**Figura n° 3. 3. Preparación del agregado fino a ensayar**



**Elaboración propia**

2. Se pesa la muestra. Para esta investigación se ha considerado 500 gr. Y se lleva al horno.

**Figura n° 3. 4. Peso de la arena amarilla**



**Elaboración propia**

3. Una vez la muestra se encuentre seca, se procede al tamizado, vaciando la muestra por cada uno de los tamices (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200), luego se mueve enérgicamente de forma circular por un periodo de tiempo adecuado.
4. Se procede a pesar c/u de los retenidos que se encuentren en los tamices normalizados con una balanza que cuente con las especificaciones mencionadas anteriormente.
5. Se calcula el porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que pasa para realizar la gráfica de la curva granulométrica.
6. Después de dibujada la curva se compara con la gradación establecida en la NTP 400.037 en el capítulo 6, para granulometría del agregado fino.

**Tabla n° 3. 4. Granulometría del agregado fino**

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 $\mu$ m (No. 30)	25 a 60
300 $\mu$ m (No. 50)	05 a 30
150 $\mu$ m (No. 100)	0 a 10

**Fuente: NTP 400.037**

**e) Cálculos**

- **Porcentaje retenido parcial:** resulta realizar una división del peso retenido en los tamices entre el peso total de la muestra, se expresa en porcentaje (%).
- **Porcentaje retenido acumulado:** resulta sumando el % retenido parcial en un tamiz y los % retenidos parciales en las mallas anteriores
- **Porcentaje acumulado que pasa:** Se determina de sumar el porcentaje retenido acumulado, del 100%; en la última malla deberá ser igual a 0%.
- **Tamaño máximo:** de acuerdo a lo estipulado en la Norma NTP 400.037, se le define como el menor tamiz por el que se atraviesa toda la muestra.
- **Tamaño máximo nominal:** en concordancia con la Norma NTP 400.037 se le define como el menor tamiz donde se produce los primeros retenidos.
- **Módulo de fineza del agregado fino:**

$$M.F = \frac{\% \text{ Ret. Acum. } (N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ} 50, N^{\circ}100)}{100}$$

### 3.6.2.2.1.2. Contenido de humedad

#### 3.6.2.2.1.2.1. Agregado grueso

##### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 339.185: Análisis del contenido de humedad del agregado grueso y la norma ASTM C 566: Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying.

##### b) Objetivos del ensayo

- Calcular el contenido de la humedad total por medio del secado, para cerciorarse de que nuestra mezcla de concreto sea uniforme y de calidad.
- Obtener estos resultados servirán posteriormente para el cálculo de proporciones, específicamente en la corrección de los agregados por humedad.

##### c) Instrumentos y equipos

- Taras para el manejo de muestras.
- Balanza electrónica, sensibilidad de 0.5 gr.
- Horno que aplique temperaturas constantes de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

##### d) Procedimiento

1. Se deberá pesar una muestra, que para este caso ha sido 1000 gr, al igual que en la granulometría.
2. Se deja secando en un horno que aplique una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C}$ , durante un periodo de 24 horas.

**Figura n° 3. 5. Colocación de muestra en el horno a temperatura constante**



**Elaboración propia**

3. Pasado este lapso se saca la muestra y se deja ventilar para luego pesar nuevamente, y la diferencia que haya entre ambos nos dará como resultado el porcentaje de humedad natural de nuestra muestra.

**e) Cálculos**

El contenido de humedad se calcula de la siguiente manera:

$$P = \frac{100(W - D)}{D}$$

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra (%)

W = Masa de la muestra húmeda original (gr)

D = Masa de la muestra seca (gr)

### **3.6.2.2.1.2.2. Agregado fino**

#### **a) Norma correspondiente:**

Norma Técnica Peruana 339.185: Análisis del contenido de humedad del agregado grueso y la norma ASTM C 566: Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying.

#### **b) Objetivos del ensayo**

- Calcular el contenido de la humedad total por medio del secado, para cerciorarse de que nuestra mezcla de concreto sea uniforme y de calidad.
- Conocer la relación que existe entre la humedad total, la humedad superficial y la absorción.
- Obtener estos resultados servirán posteriormente para el cálculo de proporciones, específicamente en la corrección de los agregados por humedad.

#### **c) Instrumentos y equipos**

- Taras para el manejo de muestras.
- Balanza electrónica, sensibilidad de 0.5 gr.
- Horno que aplique temperaturas constantes de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

#### **d) Procedimiento**

1. Se deberá pesar una muestra, que para este caso ha sido 500 gr, al igual que en el caso de la granulometría.
2. Se deja la muestra en un horno a una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C}$ , durante un periodo de 24 horas.
3. Pasado este lapso se saca la muestra y se deja ventilar para luego pesar nuevamente, y la diferencia que haya entre ambos nos dará como resultado el porcentaje de humedad natural de nuestra muestra.

**e) Cálculos**

El contenido de humedad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{100(W - D)}{D}$$

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra (%)

W = Masa de la muestra húmeda original (gr)

D = Masa de la muestra seca (gr)

### 3.6.2.2.1.3. Peso específico y porcentaje de absorción

#### 3.6.2.2.1.3.1. Del agregado grueso

##### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso y la norma ASTM C 127: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate.

##### b) Objetivos del ensayo

- Determinar la masa específica del confitillo (agregado grueso), dato fundamental para el diseño de mezclas posterior

##### c) Instrumentos y equipos

- Balanza electrónica, sensibilidad de 0.5 gr.
- Franela
- Estufa que aplique temperaturas hasta de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).
- Canastilla

##### d) Procedimiento

1. Primero, se eliminar toda impureza o polvo a través del lavado del agregado grueso, y luego se sumerge en agua durante un lapso de 24 horas.

**Figura n° 3. 6. Lavado del agregado grueso**



**Elaboración propia**

2. Retiramos el agregado grueso del recipiente y con una franela o algún elemento que permita secar, eliminamos el agua que se encuentra superficialmente en la muestra, de esta forma tendremos un agregado saturado superficialmente seco.
3. Pesamos el agregado.
4. El agregado se coloca sobre la canastilla y se pesa la muestra inmersa en el agua a una temperatura entre 21°-25°C.
5. Se lleva la muestra al horno y se establece una temperatura constante de 105° C por 24 horas. Luego se deja enfriar y posteriormente se pesa.

**Figura n° 3. 7. Colocación de muestra al horno para peso específico**



**Elaboración propia**

**e) Cálculos**

A= Peso específico de masa

B= Peso de la muestra seca en el aire, gramos

C= Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire

D= Peso en el agua de la muestra saturada

**Peso específico de masa:**

$$A = \frac{B}{(C - D)} \times 100$$

**Peso específico de masa saturada con superficie seca (E):**

$$E = \frac{C}{(C - D)} \times 100$$

**Peso específico aparente (F):**

$$F = \frac{B}{(B - D)} \times 100$$

**Absorción: (Ab)**

$$Ab = \frac{(C - B)}{B} \times 100$$

### 3.6.2.2.1.3.2. Agregado fino

#### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 400.022: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino, y la norma ASTM C 127: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate.

#### b) Objetivos del ensayo

- Calcular la masa específica del agregado fino, dato fundamental para el diseño de mezclas posterior.

#### c) Instrumentos y equipos

- Fiola de 500 cm<sup>3</sup>
- Balanza electrónica, sensibilidad de 0.5 gr.
- Bandeja cuyas dimensiones permitan la ventilación y manejo de las muestras.
- Recipientes de plástico para sumergir la muestra.
- Cono de absorción y pilón.
- Estufa hasta de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

#### d) Procedimiento

1. Se pesa 500 gr en su estado natural, luego se vacía el agregado en un recipiente donde se le vierte agua, y se deja reposar por 24 horas.

**Figura n° 3. 8. Peso de muestra en su estado natural**



**Elaboración propia**

2. Terminado el periodo de 24 horas, se saca el agua del recipiente y la muestra debe ser extendida sobre una superficie que evita su exposición y posible contaminación, a la luz solar y a la corriente aérea.
3. Una vez el material está seco, obtendremos una muestra saturada superficialmente seca (SSS).
4. Comprobada su condición saturada superficialmente seca, el agregado se coloca sobre una bandeja llenando el cono en tres partes ejerciendo 25 golpes en cada capa del molde con forma de un tronco de cono con el pilón. Se retira el cono y debe quedar a  $\frac{3}{4}$  partes (asentado del agregado) lo que indica que la muestra está saturada superficialmente seca, de lo contrario la muestra aún está húmeda.
5. El material saturado superficialmente seco se pesa y, también lo mismo para la fiola o picnómetro.
6. Colocamos nuestra muestra en la fiola y luego le adicionamos agua hasta llegar a los 400 cm<sup>3</sup>, posteriormente se agita cuidadosamente el picnómetro para eliminar los vacíos y se deja reposar por 24 horas.

**Figura n° 3. 9. Eliminación de vacíos del agregado**



#### **Elaboración propia**

7. Al día siguiente se le añade agua destilada hasta los 500 cm<sup>3</sup> y se pesa.
8. Vaciamos el material en un recipiente y esperamos por unos minutos hasta que veamos que el agregado se asiente y el agua salga lo más clara posible.
9. Se retira el agua procurando no perder el material, y se coloca la muestra en el horno otras 24 horas, a una temperatura constante.

**e) Cálculos**

A= Peso específico de masa

B= Peso en el aire de la muestra secada en el horno (gr)

C= Volumen del frasco en  $\text{cm}^3$

D= Peso en gramos o volumen en  $\text{cm}^3$  de agua añadida al frasco

**Peso específico de masa:**

$$A = \frac{B}{(C - D)} \times 100$$

**Peso específico de masa saturada con superficie seca (E):**

$$E = \frac{C}{(C - D)} \times 100$$

**Peso específico aparente (F):**

$$F = \frac{B}{(B - D)} \times 100$$

**Absorción (Ab):**

$$Ab = \frac{(C - B)}{B} \times 100$$

### 3.6.2.2.1.4. Peso unitario suelto

#### 3.6.2.2.1.4.1. Del agregado grueso

##### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 400.017: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados y la norma ASTM C 29/C29M: Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.

##### b) Objetivos del ensayo

- Calcular el peso volumétrico suelto del agregado grueso.

##### c) Instrumentos y equipos

- Balanza
- Brocha
- Varilla de apisonado
- Moldes de probetas cilíndricas
- Cucharón

##### d) Procedimiento

1. Se determina la masa del molde totalmente vacío.
2. Se llena el molde usando un cucharón, dejándolo caer a una altura aproximada que no exceda los 50 mm o 5 cm. Este procedimiento se realiza hasta llenar a ras el molde.
3. Una vez lleno, se enrasa la superficie con la varilla de apisonado. Luego del enrase, se limpia con la brocha, el material excedente que queda en el molde.
4. Se pesa el molde en conjunto con el agregado y se registran los datos con un error permitido de 1%.

##### e) Cálculos

$$\text{Peso unitario suelto} = \frac{(A - B)}{V} \times 100$$

A= Peso de muestra + molde

B= Peso del molde

V= Volumen del molde

### 3.6.2.2.1.4.2. Del agregado fino

#### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 400.017: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados y la norma ASTM C 29/C29M: Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.

#### b) Objetivos del ensayo

- Calcular el peso volumétrico suelto del agregado fino.

#### c) Instrumentos y equipos

- Balanza
- Brocha
- Varilla de apisonado
- Moldes de probetas cilíndricas
- Cucharón

#### d) Procedimiento

1. Se determina la masa del molde totalmente vacío.
2. Se llena el molde usando un cucharón, dejándolo caer a una altura aproximada que no exceda los 50 mm o 5 cm. Este procedimiento se realiza hasta llenar a ras el molde.
3. Una vez lleno, se enrasa la superficie con la varilla de apisonado
4. Luego del enrase, se limpia con la brocha, el material excedente que queda en el molde.
5. Se pesa el molde en conjunto con el agregado y se registran los datos con un error permitido de 1%.

#### e) Cálculos

$$\text{Peso unitario suelto} = \frac{(A - B)}{V} \times 100$$

A= Peso de muestra + molde

B= Peso del molde

V= Volumen del molde

### 3.6.2.2.1.5. Peso unitario compactado

#### 3.6.2.2.1.5.1. Agregado grueso

##### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 400.017: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados y la norma ASTM C 29/C29M: Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.

##### b) Objetivos del ensayo

- Determinar el peso unitario compactado del agregado grueso

##### c) Instrumentos y equipos

- Balanza
- Brocha
- Varilla de apisonado
- Moldes de probetas cilíndricas
- Cucharón
- Mazo de goma

##### d) Procedimiento

1. Se determina la masa del molde totalmente vacío.
2. Se llena el molde usando un cucharón, dejándolo caer a una altura aproximada que no exceda los 50 mm o 5 cm. Este procedimiento se realiza hasta llenar a ras el molde.
3. Se debe rellenar el molde cada 1/3, compactándolo con la varilla 25 veces en cada capa. Este procedimiento se repite hasta llenar todo el molde.
4. Cada 1/3 de llenado se van golpeando de manera uniforme a través del molde con un mazo de goma.
5. Una vez lleno, se enrasa la superficie con la varilla de apisonado.
6. Luego del enrase, se limpia con la brocha, el material excedente que queda en el molde.
7. Se pesa el molde en conjunto con el agregado y se registran los datos con un error permitido de 1%.

##### e) Cálculos

$$\text{Peso unitario compactado} = \frac{(A - B)}{V} \times 100$$

A= Peso de muestra + molde

B= Peso del molde

V= Volumen del molde

### 3.6.2.2.1.5.2. Del agregado fino

#### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 400.017: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados y la norma ASTM C 29/C29M: Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.

#### b) Objetivos del ensayo

- Determinar el peso unitario compactado del agregado fino.

#### c) Instrumentos y equipos

- Balanza
- Brocha
- Varilla de apisonado
- Moldes de probetas cilíndricas
- Cucharón
- Mazo de goma

#### d) Procedimiento

1. Se determina la masa del molde totalmente vacío.
2. Se llena el molde usando un cucharón, dejándolo caer a una altura aproximada que no exceda los 50 mm o 5 cm. Este procedimiento se realiza hasta llenar a ras el molde.
3. Se debe llenar la probeta en cada tercio, compactándolo con el uso de una varilla dando 25 veces en cada capa.
4. Cada 1/3 de llenado se van golpeando de manera uniforme a través del molde con un mazo de goma.
5. Este procedimiento se repite hasta llenar todo el molde.
6. Una vez lleno, se nivela la la cara superior del molde con la varilla de apisonado
7. Luego del enrase, se limpia con la brocha, el material excedente que queda en el molde.
8. Se pesa el molde en conjunto con el agregado y se registran los datos con un error permitido de 1%.

#### e) Cálculos

$$\text{Peso unitario compactado} = \frac{(A - B)}{V} \times 100$$

A= Peso de muestra + molde

B= Peso del molde

V= Volumen del molde

### 3.6.2.2.1.6. Porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200

#### a) Norma correspondiente

La Norma Técnica Peruana 400.018: Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado en agregados.

#### b) Objetivos del ensayo

- Determinar el % de partículas que podrían causar inconvenientes en agregado fino

#### c) Instrumentos y equipos

- Tamiz N°200
- Brocha
- Bandeja

#### d) Procedimiento

1. Se seca una muestra a una temperatura constante.
2. Se determina la masa.
3. Se lava una muestra de agregado fino seco mediante el uso de la malla N° 200. El agua del lavado va decantando hasta que se torne clara.

#### e) Cálculos

$$A = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100$$

A= Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75µm (N° 200) por vía húmeda

P<sub>1</sub>= Peso seco de la muestra original

P<sub>2</sub>=Peso de la muestra ensayada

### 3.6.2.2.1.7. Abrasión por la Máquina de los Ángeles

#### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 400.019: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.

#### b) Objetivos del ensayo

- Determinar qué tan abrasivo puede llegar a ser el confitillo.

#### c) Instrumentos y equipos

- Máquina de Los Ángeles
- Tamices
- Balanza
- Carga

#### d) Procedimiento

1. Se introduce el agregado grueso que va a ser sometido al ensayo y la carga dentro de la máquina de Los Ángeles y luego se rotar a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones.
2. Después de haberse aplicado las respectivas revoluciones que se establecen anteriormente, se descarga el material que se produjo dentro de la máquina y se realiza una separación preliminar de la muestra sobre un tamiz de mayor abertura que el tamiz normalizado de 1,70 mm (No. 12).

**Figura n° 3. 10. Revoluciones para la Máquina de Los Ángeles**



**Elaboración propia**

**Figura n° 3. 11. Cargas a utilizar para el ensayo**



**Elaboración propia**

**e) Cálculo**

$$P.C = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100$$

P.C= Porcentaje perdido

P<sub>1</sub>= Masa original de la muestra de ensayo

P<sub>2</sub>=Masa de la muestra ensayada

### **3.6.2.2.2. Agregados provenientes de la demolición**

#### **3.6.2.2.2.1. Granulometría**

##### **3.6.2.2.2.1.1. Del agregado grueso**

###### **a) Norma correspondiente**

Norma Técnica Peruana 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, ASTM C 136: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates y la Norma Técnica Peruana 400.037: Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

###### **b) Objetivos del ensayo**

- Graficar la curva granulométrica de agregado grueso.
- Establecer el tamaño máximo, tamaño nominal y módulo de fineza.

###### **c) Instrumentos y equipos**

- Juego de Tamices estándar de bronce según norma (1/2", 3/8", N° 4, N° 8 y N° 16)
- Brocha.
- Cucharones.
- Taras para el manejo de muestras.
- Balanza electrónica, sensibilidad de 0.5 gr.
- Horno, con la capacidad de mantener temperaturas constantes hasta de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

###### **d) Procedimiento**

1. Se elige la cantidad de muestra a ensayar en relación a su Tamaño Máximo Nominal (TMN) esperado, de acuerdo a la siguiente tabla. Posteriormente la muestra tendrá que pasar por el horno para que esté completamente seca.
2. Se pesa la muestra que en nuestro caso será de 1000 gr (1 kg)
3. Una vez la muestra se encuentre totalmente seca se arman los tamices (1/2", 3/8", N° 4, N° 8 y N° 16), en el orden especificado.

**Figura n° 3. 12. Tamices para ensayo de granulometría**



**Elaboración propia**

**Figura n° 3. 13. Agregado retenido en c/u de las mallas**



**Elaboración propia**

4. Se procede a verter la muestra por cada uno de los tamices, luego se mueve enérgicamente de forma circular por un periodo de tiempo adecuado.
5. Se procede a pesar c/u de los retenidos que se encuentren en los tamices normalizados con una balanza que cuente con las especificaciones mencionadas anteriormente.

**Figura n° 3. 14. Peso de los retenidos en las mallas**



**Elaboración propia**

6. Se calcula el porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que pasa para realizar la gráfica de la curva granulométrica.
7. Después de dibujada la curva se compara con los husos granulométricos respectivos especificados en la norma ASTM C33/C33M.

**e) Cálculos:**

- **Porcentaje retenido parcial:** resulta realizar una división del peso retenido en los tamices entre el peso total de la muestra, se expresa en porcentaje (%).
- **Porcentaje retenido acumulado:** resulta sumando el % retenido parcial en un tamiz y los % retenidos parciales en las mallas anteriores
- **Porcentaje acumulado que pasa:** Se determina de sumar el porcentaje retenido acumulado, del 100%; en la última malla deberá ser igual a 0%.
- **Tamaño máximo:** de acuerdo a lo estipulado en la Norma NTP 400.037, se le define como el menor tamiz por el que se atraviesa toda la muestra.
- **Tamaño máximo nominal:** en concordancia con la Norma NTP 400.037 se le define como el menor tamiz donde se produce los primeros retenidos.

Módulo de fineza del agregado grueso:

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

### 3.6.2.2.1.2. Del agregado fino

#### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, ASTM C 136: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates y la Norma Técnica Peruana 400.037: Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

#### b) Objetivos del ensayo

- Realizar la curva granulométrica de agregado fino
- Determinar el módulo de fineza.

#### c) Instrumentos y equipos

- Tamices estándar de bronce normalizados (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°200).
- Brocha.
- Cucharones.
- Taras para el manejo de muestras.
- Balanza electrónica, sensibilidad de 0.5 gr.
- Horno, que sea capaz de mantener temperaturas constantes hasta de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

#### d) Procedimiento

1. Se prepara la muestra, que según la NTP 400.012 nos exige que esta haya pasado por el horno a una temperatura constante, a su vez exige que sea como mínimo 300 gr.
2. Se pesa la muestra. Para esta investigación se ha considerado 500 gr. Y se lleva al horno.
3. Una vez la muestra se encuentre seca, se procede al tamizado, vaciando la muestra por cada uno de los tamices (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100), luego se mueve energicamente de forma circular por un periodo de tiempo adecuado.

**Figura n° 3. 15. Tamices normalizados para la granulometría del agregado fino**



**Elaboración propia**

**Figura n° 3. 16. Tamizado del agregado fino reciclado**



**Elaboración propia**

4. Se procede a pesar c/u de los retenidos que se encuentren en los tamices normalizados con una balanza que cuente con las especificaciones mencionadas anteriormente.
5. Se realizan los cálculos pertinentes para conocer el % retenido acumulado y el % que pasa para realizar la gráfica de la curva granulométrica.
6. Después de dibujada la curva se compara con la gradación establecida en la NTP 400.037 en el capítulo 6, para granulometría del agregado fino.

**e) Cálculos**

- **Porcentaje retenido parcial:** resulta realizar una división del peso retenido en los tamices entre el peso total de la muestra, se expresa en porcentaje (%).
- **Porcentaje retenido acumulado:** resulta sumando el % retenido parcial en un tamiz y los % retenidos parciales en las mallas anteriores
- **Porcentaje acumulado que pasa:** Se determina de sumar el porcentaje retenido acumulado, del 100%; en la última malla deberá ser igual a 0%.
- **Tamaño máximo:** de acuerdo a lo estipulado en la Norma NTP 400.037, se le define como el menor tamiz por el que se atraviesa toda la muestra.
- **Tamaño máximo nominal:** en concordancia con la Norma NTP 400.037 se le define como el menor tamiz donde se produce los primeros retenidos.

Módulo de fineza del agregado fino:

$$M.F = \frac{\%Ret. Acum. (N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ} 50, N^{\circ}100)}{100}$$

### 3.6.2.2.2. Contenido de humedad

#### 3.6.2.2.2.1. Agregado grueso

##### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 339.185: Análisis del contenido de humedad del agregado grueso y la norma ASTM C 566: Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying.

##### b) Objetivos del ensayo

- Calcular el contenido de la humedad total por medio del secado, para cerciorarse de que nuestra mezcla de concreto sea uniforme y de calidad.
- Obtener estos resultados servirán posteriormente para el cálculo de proporciones, específicamente en la corrección de los agregados por humedad.

##### c) Instrumentos y equipos

- Taras para el manejo de muestras.
- Balanza electrónica, sensibilidad de 0.5 gr.
- Horno, con la capacidad de mantener temperaturas uniformes de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

##### d) Procedimiento

1. Se deberá pesar una muestra, que para este caso ha sido 1000 gr, al igual que en la granulometría.
2. Se deja la muestra en un horno a una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C}$ , durante un periodo de 24 horas.
3. Pasado este lapso se retira la muestra y se deja enfriar para luego pesar nuevamente, y la diferencia que haya entre ambos nos dará como resultado el porcentaje de humedad natural de nuestra muestra.

##### e) Cálculos

El contenido de humedad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{100(W - D)}{D}$$

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos

D = Masa de la muestra seca en gramos

### 3.6.2.2.2.2. Del agregado fino

#### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 339.185: Análisis del contenido de humedad del agregado grueso y la norma ASTM C 566: Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying.

#### b) Objetivos del ensayo

- Calcular el contenido de la humedad total por medio del secado, para cerciorarse de que nuestra mezcla de concreto sea uniforme y de calidad.
- Obtener estos resultados servirán posteriormente para el cálculo de proporciones, específicamente en la corrección de los agregados por humedad.

#### c) Instrumentos y equipos

- Taras para el manejo de muestras.
- Balanza electrónica, sensibilidad de 0.5 gr.
- Horno, capaz de mantener temperaturas constantes hasta de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

#### d) Procedimiento

1. Se deberá pesar una muestra, que para este caso ha sido 500 gr, al igual que en el caso de la granulometría.
2. Se deja la muestra en un horno a una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C}$ , durante un periodo de 24 horas.
3. Pasado este lapso se retira la muestra y se deja enfriar para luego pesar nuevamente, y la diferencia que haya entre ambos nos dará como resultado el porcentaje de humedad natural de nuestra muestra.

#### e) Cálculos

El contenido de humedad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{100(W - D)}{D}$$

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos

D = Masa de la muestra seca en gramos

### 3.6.2.2.3. Peso específico y porcentaje de absorción

#### 3.6.2.2.3.1. Del agregado grueso

##### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso y la norma ASTM C 127: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate.

##### b) Objetivos del ensayo

- Determinar la masa específica del agregado grueso proveniente de la demolición, dato fundamental para el diseño de mezclas posterior

##### c) Instrumentos y equipos

- Balanza electrónica, sensibilidad de 0.5 gr.
- Franela
- Horno hasta de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).
- Canastilla

##### d) Procedimiento

1. Primero, se lava la muestra y luego se sumerge en agua durante un lapso de 24 horas.

**Figura n° 3. 17. Agregado grueso reciclado sumergido en agua durante 24 horas**



**Elaboración propia**

2. Retiramos el agregado grueso del recipiente y con una franela o algún elemento que permita secar, eliminamos el agua que se encuentra superficialmente en la muestra, de esta forma tendremos un agregado saturado superficialmente seco.

**Figura n° 3. 18. Secado superficial del agregado grueso reciclado**



**Elaboración propia**

3. Pesamos el agregado.
4. El agregado se pone sobre la canastilla y se establece el peso de del agregado inmerso en el agua a una temperatura entre 21°-25°C.

**Figura n° 3. 19. Peso del agregado en conjunto con la canastilla**



**Elaboración propia**

5. Se lleva la muestra ensayada al horno a una temperatura constante de 105° C por 24 horas. Luego se deja enfriar y posteriormente se pesa.

**e) Cálculos**

A= Peso específico de masa

B=Peso de la muestra seca en el aire, gramos

C= Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire

D= Peso en el agua de la muestra saturada

**Peso específico de masa:**

$$A = \frac{B}{(C - D)} \times 100$$

**Peso específico de masa saturada con superficie seca (E):**

$$E = \frac{C}{(C - D)} \times 100$$

**Peso específico aparente (F)**

$$F = \frac{B}{(B - D)} \times 100$$

**Absorción: (Ab)**

$$Ab = \frac{(C - B)}{B} \times 100$$

### 3.6.2.2.3.2. Del agregado fino

#### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 400.022: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino, y la norma ASTM C 127: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate.

#### b) Objetivos del ensayo

- Determinar la masa específica del agregado fino proveniente de la demolición, dato fundamental para el diseño de mezclas posterior.

#### c) Instrumentos y equipos

- Fiola de 500 cm<sup>3</sup>
- Balanza electrónica, sensibilidad de 0.5 gr.
- Bandeja de tamaño apropiado para el secado y manejo de las muestras.
- Recipientes de plástico para sumergir la muestra.
- Cono de absorción y pilón.
- Estufa hasta de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

#### d) Procedimiento

1. Se pesa 500 gr en su estado natural, luego se vacía el agregado en un recipiente donde se le vierte agua, y se deja reposar por 24 horas.
2. Pasado un periodo de 24 horas, se saca el agua del recipiente y la muestra debe ser extendida sobre una superficie que evita su exposición y posible contaminación, a la luz solar y a la corriente aérea.
3. Una vez el material está seco, obtendremos una muestra saturada superficialmente seca (SSS).
4. El material saturado superficialmente seco se pesa y, también lo mismo para la fiola o picnómetro.
5. Colocamos nuestra muestra en la fiola y luego le adicionamos agua hasta llegar a los 400 cm<sup>3</sup>, posteriormente se agita cuidadosamente el picnómetro para eliminar los vacíos y se deja reposar por 24 horas.
6. Al día siguiente se le añade agua hasta los 500 cm<sup>3</sup> y se pesa.

7. Vaciamos el material en un recipiente y esperamos por unos minutos hasta que veamos que el agregado se asiente y el agua salga lo más clara posible.
8. Se retira el agua procurando no perder el material, y se coloca la muestra al horno otras 24 horas, a una temperatura constante.

**e) Cálculos**

A= Peso específico de masa

B= Peso en el aire de la muestra secada en el horno (gr)

C= Volumen del frasco en  $\text{cm}^3$

D= Peso en gramos o volumen en  $\text{cm}^3$  de agua añadida al frasco

Peso específico de masa:

$$A = \frac{B}{(C - D)} \times 100$$

Peso específico de masa saturada con superficie seca (E):

$$E = \frac{C}{(C - D)} \times 100$$

Peso específico aparente (F)

$$F = \frac{B}{(B - D)} \times 100$$

Absorción: (Ab)

$$Ab = \frac{(C - B)}{B} \times 100$$

### **3.6.2.2.2.4. Peso unitario suelto**

#### **3.6.2.2.2.4.1. Del agregado grueso**

##### **a) Norma correspondiente**

Norma Técnica Peruana 400.017: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados y la norma ASTM C 29/C29M: Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.

##### **b) Objetivos del ensayo**

- Calcular el peso volumétrico suelto del agregado grueso proveniente de la demolición.

##### **c) Instrumentos y equipos**

- Balanza
- Brocha
- Varilla de apisonado
- Moldes de probetas cilíndricas
- Cucharón

##### **d) Procedimiento**

1. Se determina la masa del molde totalmente vacío.
2. Se llena el molde usando un cucharón, dejándolo caer a una altura aproximada que no exceda los 50 mm o 5 cm. Este procedimiento se realiza hasta llenar a ras el molde.
3. Una vez lleno, se enrasa la superficie con la varilla de apisonado
4. Luego del enrase, se limpia con la brocha, el material excedente que queda en el molde.
5. Se pesa el molde en conjunto con el agregado y se registran los datos con un error permitido de 1%.

**Figura n° 3. 20. Vertido del agregado grueso reciclado en el molde cilíndrico**



**Elaboración propia**

**Figura n° 3. 21. Enrase de la superficie mediante la varilla de apisonado**



**Elaboración propia**

**e) Cálculos**

$$\text{Peso unitario suelto} = \frac{(A - B)}{V} \times 100$$

A= Peso de muestra + molde

B= Peso del molde

V= Volumen del molde

#### 3.6.2.2.4.2. Del agregado fino

##### a) Norma correspondiente

Norma Técnica Peruana 400.017: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados y la norma ASTM C 29/C29M: Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.

##### b) Objetivos del ensayo

- Calcular el peso volumétrico suelto del agregado fino proveniente de la demolición.

##### c) Instrumentos y equipos

- Balanza
- Brocha
- Varilla de apisonado
- Moldes de probetas cilíndricas
- Cucharón

##### d) Procedimiento

1. Se determina la masa del molde totalmente vacío.
2. Se llena el molde usando un cucharón, dejándolo caer a una altura aproximada que no exceda los 50 mm o 5 cm. Este procedimiento se realiza hasta llenar a ras el molde.

**Figura n° 3. 22. Vertido de la arena reciclada en el molde cónico**



**Elaboración propia**

3. Una vez lleno, se enrasa la superficie con la varilla de apisonado
4. Luego del enrase, se limpia con la brocha, el material excedente que queda en el molde.
5. Se pesa el molde en conjunto con el agregado y se registran los datos con un error permitido de 1%.

**e) Cálculos**

$$\text{Peso unitario suelto} = \frac{(A - B)}{V} \times 100$$

A= Peso de muestra + molde

B= Peso del molde

V= Volumen del molde

### **3.6.2.2.2.5. Peso unitario compactado**

#### **3.6.2.2.2.5.1. Agregado grueso**

##### **a) Norma correspondiente**

Norma Técnica Peruana 400.017: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados y la norma ASTM C 29/C29M: Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.

##### **b) Objetivos del ensayo**

- Determinar el peso unitario compactado del confitillo proveniente de la demolición.

##### **c) Instrumentos y equipos**

- Balanza
- Brocha
- Varilla de apisonado
- Moldes de probetas cilíndricas
- Cucharón
- Mazo de goma

##### **d) Procedimiento**

1. Se determina la masa del molde totalmente vacío. Se llena el molde usando un cucharón, dejándolo caer a una altura aproximada que no exceda los 50 mm o 5 cm. Este procedimiento se realiza hasta llenar a ras el molde.
2. Se debe rellenar el molde cada 1/3, compactándolo con la varilla 25 veces en cada capa. Este procedimiento se repite hasta llenar todo el molde.
3. Cada 1/3 de llenado se van golpeando de manera uniforme a través del molde con un mazo de goma.
4. Una vez lleno, se enrasa la superficie con la varilla de apisonado
5. Luego del enrase, se limpia con la brocha, el material excedente que queda en el molde. Se pesa el molde en conjunto con el agregado y se registran los datos con un error permitido de 1%.

**Figura n° 3. 23. Colocación del confitillo reciclado en el molde**



**Elaboración propia**

**Figura n° 3. 24. Apisonado del confitillo reciclado**



**Elaboración propia**

**e) Cálculos**

$$\text{Peso unitario compactado} = \frac{(A - B)}{V} \times 100$$

A= Peso de muestra + molde

B= Peso del molde

V= Volumen del molde

### **3.6.2.2.5.2. Agregado fino**

#### **a) Norma correspondiente**

Norma Técnica Peruana 400.017: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados y la norma ASTM C 29/C29M: Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.

#### **b) Objetivos del ensayo**

- Calcular el peso unitario compactado del agregado fino proveniente de la demolición.

#### **c) Instrumentos y equipos**

- Balanza
- Brocha
- Varilla de apisonado
- Moldes de probetas cilíndricas
- Cucharón
- Mazo de goma

#### **d) Procedimiento**

1. Se determina la masa del molde totalmente vacío.
2. Se llena el molde usando un cucharón, dejándolo caer a una altura aproximada que no exceda los 50 mm o 5 cm. Este procedimiento se realiza hasta llenar a ras el molde.
3. Se debe rellenar el molde cada 1/3, compactándolo con la varilla 25 veces en cada capa. Este procedimiento se repite hasta llenar todo el molde.
4. Cada 1/3 de llenado se van golpeando de manera uniforme a través del molde con un mazo de goma.
5. Una vez lleno, se enrasa la superficie con la varilla de apisonado
6. Luego del enrase, se limpia con la brocha, el material excedente que queda en el molde.
7. Se pesa el molde en conjunto con el agregado y se registran los datos con un error permitido de 1%.

**e) Cálculos**

$$\text{Peso unitario compactado} = \frac{(A - B)}{V} \times 100$$

A= Peso de muestra + molde

B= Peso del molde

V= Volumen del molde

**3.6.2.2.2.6. Porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200****a) Norma correspondiente**

La Norma Técnica Peruana 400.018: Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N° 200) por lavado en agregados.

**b) Objetivos del ensayo**

- Determinar el porcentaje de partículas que podrían causar inconvenientes en agregado fino

**c) Instrumentos y equipos**

- Tamiz N°200
- Brocha
- Bandeja

**d) Procedimiento**

1. Se seca una muestra a una temperatura constante
2. Se determina la masa.
3. Se lava una muestra de agregado fino seco mediante el uso de la malla N° 200. El agua del lavado va decantando hasta que se torne clara.

**Cálculos**

$$A = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100$$

A= Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75μm (N° 200) por vía húmeda

P1= Peso seco de la muestra original

P2=Peso de la muestra ensayada

### **3.6.2.2.3. Ensayos al concreto fresco**

#### **3.6.2.2.3.1. Asentamiento de concreto o slump**

##### **a) Norma correspondiente**

La Norma Técnica Peruana 339.035: Método de ensayo normalizado para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland o ATM C143: Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete.

##### **b) Objetivos del ensayo**

- Tiene como objetivo determinar el asentamiento del concreto que puede ser en campo (en obra) y laboratorio.

##### **c) Instrumentos y equipos**

- Molde metálico o Cono de Abrams, cuyas medidas se encuentran a mayor detalle en la misma norma.
- Varilla compactadora lisa de hierro, de 5/8" de diámetro y 24" de largo o 600 mm.
- Bandeja metálica
- Cucharón

##### **d) Procedimiento**

1. Se humedece el cono de Abrams y se coloca sobre una bandeja metálica, que no absorbe agua, en una superficie totalmente plana.
2. Se posiciona el molde y se fija con ambos pies a la superficie de contacto, seguido se llena cada tercio con mezcla, y se compacta con la varilla dando 25 golpes distribuidos uniformemente por toda la superficie.
3. Una vez llena la capa superior, se debe verificar si el molde necesita mezcla.
4. Después de que la última capa está llena y compactada se alza rápidamente el molde, retirándolo de forma vertical y de manera cuidadosa.
5. Inmediatamente se mide el asentamiento.

### 3.6.2.2.4. Ensayos al concreto endurecido

#### 3.6.2.2.4.1. Ensayo de compresión

##### a) Norma correspondiente

La norma internacional ASTM C140/C140M-18: Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units (Métodos de ensayo estándar para el muestreo y ensayo de unidades de albañilería y unidades relacionadas).

##### b) Objetivos del ensayo

- Tiene como objetivo determinar la resistencia a la compresión de las unidades de concreto

##### c) Instrumentos y equipos

- Prensa hidráulica
- Brocha

##### d) Procedimiento

1. Una vez terminados los días de curado de la muestra, se retira la muestra e inmediatamente se realiza el ensayo.
2. Se posiciona la muestra a ensayar sobre la plataforma de la prensa, limpiando con una brocha la cara superior como inferior, así mismo también la superficie sobre la cual se va a colocar.
3. Se alinea la muestra, de manera que ésta se encuentre centrada con respecto a la superficie que va a ejercer la carga.
4. Se baja la prensa, se enciende y se ejerce la carga sobre la muestra.

##### e) Cálculos

$$R = P/A$$

R: Esfuerzo a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

P: Máxima carga aplicada (kg)

A: Área del espécimen (cm<sup>2</sup>)

### 3.6.2.2.4.2. Ensayo de flexión

#### a) Norma correspondiente

La norma internacional COGUANOR NTG 41087 h1: Determinación del módulo de rotura de los adoquines de concreto.

#### b) Objetivos del ensayo

- Tiene como objetivo determinar el módulo de rotura de un adoquín de concreto y establecer los métodos de prueba para dicho propósito.

#### c) Instrumentos y equipos

- Prensa hidráulica
- Brocha
- Placas para superficie de apoyo
- Barra de acero lisa de 3/8” para la aplicación de la carga

#### d) Procedimiento

1. Los adoquines a ser ensayados deben encontrarse saturado durante 24 horas  $\pm$  2 h antes del ensayo, una vez retirados se les quita la humedad superficial, dejándolos escurrir.
2. Se posiciona la muestra a ensayar sobre la plataforma de la prensa con la cara que recibe el desgaste hacia arriba.
3. A continuación, se alinea el adoquín con el objetivo de que la barra que va a proporcionar la carga, se encuentre lo más centrada posible y paralela al lado menor de la muestra.
4. Se baja la prensa, se enciende y se ejerce la carga sobre la muestra.

#### e) Cálculos

$$MR = \frac{3PL}{2BH^2}$$

<p><b>MR:</b> Módulo de rotura (MPa) <b>P:</b> Máxima carga aplicada (N) <b>L:</b> Distancia entre los ejes de los apoyos (mm) <b>B:</b> Longitud del eje menor (mm) <b>H:</b> Espesor del adoquín</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3.6.2.2.4.3. Ensayo de desgaste por abrasión mediante rodillo giratorio

#### a) Norma correspondiente

La norma internacional ASTM C 944: Standard Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method o Método Estándar para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el método del rodillo giratorio.

#### b) Objetivos del ensayo

- Tiene como objetivo determinar el módulo de rotura de un adoquín de concreto y establecer los métodos de prueba para dicho propósito.

#### c) Instrumentos y equipos

- Dispositivo de abrasión, que puede ser un taladro de banco o dispositivo similar
- Brocha
- Dispositivos de sujeción
- Rodillo giratorio

#### d) Procedimiento

1. Se determina la masa inicial de la muestra.
2. Se asegura la muestra a la plataforma de apoyo del taladro de banco.
3. Se enciende el motor y se baja el dispositivo lentamente hasta ponerse en contacto con la superficie.
4. Aplicar una carga normal o una doble carga durante 3 ciclos de 2 minutos a 200 rev/min, después de cada ciclo se determina la masa.

#### e) Cálculos

$$\% \text{ desgaste} = \frac{M_f - M_i}{M_f} \times 100$$

**M<sub>i</sub>**: Masa inicial (gr)

**M<sub>f</sub>**: Masa final (gr)

### 3.6.2.2.4.4. Ensayo de absorción

#### a) Norma correspondiente

La norma técnica NTP 339.604: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto, o como se indica en la norma internacional ASTM C 140: Sampling and Testing Concrete Masonry Units.

#### b) Objetivos del ensayo

- Tiene como objetivo determinar la absorción y densidad de la muestra de concreto.

#### c) Instrumentos y equipos

- Horno
- Balanza

#### d) Procedimiento

1. Se sumergen las muestras en agua a una temperatura entre 15.6° a 26.7° durante 24 horas.
2. Luego, la muestra se pesa sumergida en agua con un alambre sujeto a la balanza, para determinar el peso sumergido.
3. Se deja escurrir por un 1 minuto la muestra y se determina el peso saturado.
4. Una vez obtenido el peso saturado y sumergido de las muestras, se llevan las muestras al horno, y se dejan secar por 24 horas.
5. Por último, se determina el peso seco al horno de la muestra.

#### e) Cálculos

$$\% \text{ absorción} = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100$$

$$\text{Densidad} = \frac{W_d}{W_s - W_i} \times 1000 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

**W<sub>s</sub>**: Peso saturado (gr)

**W<sub>d</sub>**: Peso seco (gr)

**W<sub>i</sub>**: Peso sumergido (gr)

### 3.6.2.3. Diseño de mezclas:

#### 3.6.2.3.1. Método del ACI (ACI 211.1)

El sistema del ACI (American Concrete Institute), es sin dudas uno de los procedimientos de dosificación más común y más utilizado en todo el mundo. El comité ACI 211.1-91 describe un método que está basado en la resistencia que se busca para la mezcla de concreto que se está diseñando, se fija la relación a/c de manera que se garantice la resistencia y durabilidad de la mezcla. Este comité te proporciona una serie de tablas, las cuales, basadas en experimentos realizados en laboratorio anteriormente, sirven de guía para los diseñadores de mezclas de concreto. El método describe los siguientes procedimientos para diseñar:

- **Paso 1: Selección de slump**

Cuando el valor del revenimiento o slump no se encuentra especificado, el comité ACI te recomienda una serie de rangos en la tabla a continuación, de dicho comité, dependiendo del tipo de construcción, sin embargo, estos valores recomendados solo son aplicables para un concreto consolidado mediante vibración.

**Tabla n° 3. 5. Slumps recomendados**

Types of construction	Slump, in.	
	Maximum+	Minimum
Reinforced foundation walls and footings	3	1
Plain footings, caissons, and substructure walls	3	1
Beams and reinforced walls	4	1
Building columns	4	1
Pavements and slabs	3	1
Mass concrete	2	1

\*Slump may be increased when chemical admixtures are used, provided that the admixture-treated concrete has the same or lower water-cement or water-cementitious material ratio and does not exhibit segregation potential or excessive bleeding.

\*May be increased 1 in. for methods of consolidation other than vibration.

Fuente: Comité ACI 211.1-91

- **Paso 2: Selección del tamaño máximo de agregado**

Los tamaños máximos nominales grandes de agregados que se encuentran bien clasificados poseen una menor cantidad de vacíos que los tamaños más pequeños, por tanto, requieren una menor cantidad de pasta por unidad de volumen de concreto. Este valor, nos permitirá conocer otros valores que son necesarios para el diseño.

- **Paso 3: Estimación del agua para la mezcla y contenido de aire:**

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto que se requiere para producir un determinado slump, depende del tamaño máximo nominal, de la forma de la partícula y la gradación de los agregados. La siguiente tabla provee valores estimados de agua requerida para concretos elaborados con diferentes tamaños máximos nominales con o sin aire incorporado.

**Tabla 3. 1. Agua de la mezcla aproximada y contenido de aire requerido para diferentes slumps y tamaños máximos nominales de agregado**

Water, lb/yd <sup>3</sup> of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate								
Slump, in.	¾ in.*	½ in.*	¾ in.*	1 in.*	1-½ in.*	2 in.*†	3 in.‡	6 in.‡
Non-air-entrained concrete								
1 to 2	350	335	315	300	275	260	220	190
3 to 4	385	365	340	325	300	285	245	210
6 to 7	410	385	360	340	315	300	270	—
More than 7*	—	—	—	—	—	—	—	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
1 to 2	305	295	280	270	250	240	205	180
3 to 4	340	325	305	295	275	265	225	200
6 to 7	365	345	325	310	290	280	260	—
More than 7*	—	—	—	—	—	—	—	—
Recommended averages <sup>†</sup> total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5***††	1.0***††
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5***††	3.0***††
Severe exposure <sup>‡‡</sup>	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5***††	4.0***††

Fuente: ACI 211.1-91

- **Paso 4: Elección de la relación a/c:**

La relación a/c requerida no depende exclusivamente de la resistencia, sino también de la durabilidad. De no contar con la relación, el ACI proporciona mediante tablas, valores aproximados y bastante conservadores de dicha relación. Con materiales típicos, las tablas deberían proporcionarnos las resistencias mostradas en dicha tabla, teniendo como base estudios, ensayos y pruebas a los 28 días de muestras curadas bajo condiciones de laboratorio. Para condiciones severas de exposición, la relación a/c debe mantenerse baja incluso si los requisitos de resistencia piden un mayor valor.

**Tabla 3. 2. Relación a/c y resistencia a la compresión del concreto**

Compressive strength at 28 days, psi*	Water-cement ratio, by weight	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
6000	0.41	—
5000	0.48	0.40
4000	0.57	0.48
3000	0.68	0.59
2000	0.82	0.74

Fuente: ACI 211.1-91

- **Paso 5: Cálculo de la cantidad de cemento:**

Una vez conocida cuánta agua, obtenida en el paso 3, se requiere para la mezcla, se calcula el contenido de cemento, mediante la relación a/c definida en el paso 4. Este valor se obtiene dividiendo la cantidad de agua de mezclado requerida entre la relación a/c.

- **Paso 6: Cálculo del contenido de agregado grueso:**

Para este paso, el ACI maneja una tabla donde nos indica un volumen de agregado grueso en estado seco y compactado para un metro cúbico de concreto. Este valor depende del tamaño máximo del agregado grueso y del módulo de fineza de la arena. Este volumen mencionado es seco y varillado para un cubo de concreto, por tanto, si queremos hallar la cantidad de material requerido multiplicamos dicho valor por su peso volumétrico seco varillado.

**Tabla 3. 3. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto**

Nominal maximum size of aggregate, in.	Volume of oven-dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness moduli of fine aggregate+			
	2.40	2.60	2.80	3.00
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	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211-91

- **Paso 7: Cálculo del volumen de agregado fino:**

Todos los componentes del concreto hasta ahora han sido calculados, excepto por la cantidad de agregado fino que se calcula con la diferencia. A partir de aquí tenemos que tener en cuenta que una variación en el contenido de cemento, agregado grueso y fino se calcularán ya sea por peso o por volumen absoluto, siempre manteniendo la proporción de agregados de la dosificación.

- **Paso 8: Ajuste de la mezcla por humedad de agregados:**

Para el octavo y último paso, se ajusta la mezcla, como dice el título, por humedad. El agua añadida a la mezcla se debe reducir en proporciones iguales a la humedad libre que aporta el agregado, en palabras simples, la humedad total menos su absorción.

#### **3.6.2.4. Elaboración de adoquines de concreto:**

##### **Equipo empleado:**

Se necesita una máquina vibro compactadora que tiene las siguientes componentes:

- Molde cuadrangular que forma parte de la mesa vibratoria cuyas medidas internas son: 15.2x10.10x7cm (6x4x3 pulgadas)
- Mesa vibratoria con las siguientes características: motor de 3HP (tipo monofásico de 220 V, 2 Kw, frecuencia de 60 Hz y velocidad angular de 1740 rev/min), un tablero metálico de 1.50x1.00 m, una cinta transportadora y una carga aproximada de 10 kilogramos.
- Platinas que sirven como carga para aplicar la compactación de los adoquines de concreto.

Cucharones para los agregados

Aceites que derivan del petróleo para el desencofrado

Tabla de madera

##### **Procedimiento:**

1. El molde de 8 unidades se prepara de tal forma que no quedan restos de concreto que pudiera afectar a la forma del adoquín o la superficie de desgaste del mismo (cara superior), a través de la limpieza con abundante agua.
2. Posteriormente se coloca una madera 1.00x0.80m, la cual servirá como una plataforma que recibirá los adoquines para su posterior retiro y fraguado.

3. Por la poca cantidad de muestras, las proporciones que se van a tomar son en peso, por lo tanto, se empieza a pesar los materiales para el concreto a elaborar (arena, confitillo, cemento y agua).
4. Se colocan los materiales dentro de la mezcla, siguiendo este orden:
  - Primero se colocan los agregados y dejamos que mezclen por unos segundos.
  - Posteriormente, se coloca el cemento y se repite el proceso.
  - Finalmente, se mezclan todos los materiales junto con el agua, teniendo cuidado de que la mezcla se forme de manera homogénea, debido al gran tamaño del trompo y la poca cantidad de concreto, durante aproximadamente menos de 1 minuto.
5. Se prepara mezcla para las unidades (tandas de 12 unidades) evitando, en la medida posible, que esta se seque rápidamente debido a la exposición a las condiciones climáticas.
6. Se coloca la mezcla en el molde y se realiza los siguientes procedimientos:
  - Se dispone la mezcla sobre los moldes rectangulares hasta llenarlos a tope.
  - A continuación, se realiza una vibración de 5 segundos para que el material se puede asentar, y se verifica si se necesita más mezcla debido al asentamiento del concreto.
  - Una vez que se tiene el molde totalmente lleno, se deja caer la carga sobre el molde y se empieza una vibración cronometrada de 10 segundos, por lo que el tiempo de vibrado total sería 15 segundos.
7. Finalmente, las muestras vibradas y compactadas son retiradas de la maquinaria y se disponen para que puedan fraguar y al siguiente día, iniciar el curado.

#### **3.6.2.5. Protección de las unidades:**

Se tuvo las siguientes consideraciones:

- Se trató de no mover bruscamente las unidades recién elaboradas para evitar cualquier accidente que pudiera afectar directamente al adoquín, evitando disponerlos sobre cualquier superficie irregular o que presente alguna especie de abolladura.
- Durante las primeras 24 horas de elaborados los adoquines se evitó en su totalidad su exposición directa al sol y a otros agentes externos que pudieran afectar o verse involucrados en la calidad del mismo. Además, estas unidades estuvieron expuestas a temperatura ambiente entre los 16° a 27°C, evitando la excesiva evaporación del agua.
- Una vez terminados de elaborar las tandas que se previeron, se protegieron todas las unidades con plástico para evitar la excesiva exudación de la unidad y para protegerlo de la intemperie.

### **3.6.2.6. Curado de los adoquines:**

- 24 horas después de la elaboración de las unidades de concreto, se sumergieron en unas tinas de 210 litros de capacidad a temperatura ambiente, y se protegió de cualquier agente externo.
- El agua que se utilizó para curar fue potable y limpia, siempre estática y cubría por completo a todas las unidades.

### **3.6.2.7. Calidad del adoquín:**

#### **3.6.2.7.1. Concreto en estado fresco**

##### **3.6.2.7.1.1. Asentamiento o slump:**

El ensayo de revenimiento o prueba con el cono de Abrams es uno de los métodos más comunes y más usados para llevar un control de calidad del concreto en su estado fresco, su objetivo principal es la medición de la consistencia de la mezcla. La manejabilidad del concreto se juzga visualmente en la mayoría de casos. Se realizó la prueba siguiendo los procedimientos indicados en la NTP 339.035 o ASTM C143.

##### **3.6.2.7.1.2. Concreto en estado endurecido**

###### **3.6.2.7.1.2.1. Resistencia a la compresión:**

El ensayo de compresión para unidades de concreto como el adoquín se realiza de acuerdo a la NTP 339.604: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto, o como se indica en la norma internacional ASTM C 140: Sampling and Testing Concrete Masonry Units.

###### **3.6.2.7.1.2.2. Resistencia a la flexión**

El ensayo de resistencia a la flexión para determinar el Módulo de Rotura ( $M_r$ ) de una muestra de concreto se ha realizado bajo los lineamientos de la normativa internacional COGUANOR NTG 41087 h1: Determinación del Módulo de Ruptura de los adoquines de concreto.

###### **3.6.2.7.1.2.3. Ensayo de desgaste por abrasión mediante el rodillo giratorio:**

El porcentaje de desgaste de una muestra sometida a la acción del rodillo giratorio se realiza siguiendo todos los lineamientos establecidos en la norma internacional ASTM C944: Standard Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method.

#### **3.6.2.7.1.2.4. Ensayo de absorción**

El ensayo de absorción de adoquines se realizó bajo todos los procedimientos y condiciones establecidos en la NTP 339.604: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto, o como se indica en la norma internacional ASTM C 140: Sampling and Testing Concrete Masonry Units.

### **3.7. Procedimientos**

- 3.7.1. Extracción de las muestras provenientes de demoliciones.
- 3.7.2. Selección de la muestra, obtención del material reciclado más limpio y libre de impurezas para el propósito de estudio.
- 3.7.3. Procesamiento a través de una chancadora para obtener un agregado fino y grueso proveniente del reciclaje de estos residuos.
- 3.7.4. Tamizado para obtener los tamaños deseados de agregado grueso, puesto que las mallas estándar de la chancadora son de (1", 3/4" y 1/2"), así mismo la obtención de la arena directamente.
- 3.7.5. Elaboración de ensayos para determinar las propiedades que se necesitan conocer para realizar, posteriormente el diseño de mezclas.
- 3.7.6. Elaboración del diseño de mezclas con los datos obtenidos de los ensayos a nuestro material reciclado.
- 3.7.7. Fabricación de adoquines de concreto sin ningún reemplazo.
- 3.7.8. Realización de ensayos a las muestras elaboradas para determinar la muestra patrón (compresión, flexión, abrasión y absorción)
- 3.7.9. Fabricación de adoquines de concreto con reemplazo, a partir de las muestras patrón.
- 3.7.10. Realización de ensayos a las muestras elaboradas con reemplazos (compresión, flexión, abrasión y absorción).

### **3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos**

La siguiente investigación presenta un plan de procesamiento para análisis de datos dividida en 5 fases, que serán:

#### **FASE I: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

1. Revisión de antecedentes y recopilación de información bibliográfica.
2. Analizar información de proyectos familiares, descritos en los antecedentes.
3. Revisión de la Norma CE 0.10, para cumplir cualquier disposición en temas de requisitos para los ensayos descritos anteriormente, así como las Normas Técnicas Peruanas (NTP), normas internacionales y las ASTM.
4. Revisión de los ensayos a realizar
5. Revisión de los avances por parte del asesor.

#### **FASE II: OBTENCIÓN DE MATERIALES Y ENSAYOS A LOS AGREGADOS PÉTREOS Y PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN**

6. Visita a los lugares de los cuales se extraerá los residuos de demolición.
7. Coordinar la disposición del RCD en un espacio adecuado.
8. Trituración y tamizado del agregado reciclado mediante una chancadora industrial.
9. Ensayos realizados a los agregados y al RCD:
  - Granulometría
  - Absorción
  - Peso específico
  - Peso unitario
  - Contenido de humedad
  - Resistencia a la abrasión (exclusivamente al material pétreo)
10. Revisión parcial por parte del asesor.

**FASE III: ELABORACIÓN DE ADOQUINES, ENSAYOS Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

11. Elaboración del diseño de mezcla patrón.
12. Elaboración de unidades con agregado pétreo convencional para determinar la muestra patrón, a través de la cual se comenzarán a hacer los respectivos reemplazos.
13. Ensayo a asentamiento a las mezclas de concreto
  - Ensayo de slump del concreto
14. Rotura de las muestras a los 7, 14 y 28 días
15. Elaboración de adoquines reemplazando el porcentaje de Residuos de Demolición (RCD) establecidos en el muestreo.
16. Ensayo a las unidades de concreto
  - Resistencia a la compresión
  - Resistencia a la abrasión.
  - Absorción de los adoquines
  - Resistencia a la flexión.

**FASE IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

17. Análisis de los resultados y la elección del porcentaje, que otorgue al adoquín un buen comportamiento mecánico.
18. Trabajo de gabinete.
19. Revisión parcial del asesor.
20. Conclusiones y recomendaciones.

**FASE V: LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES, IMPRESIONES Y PRESENTACIÓN FINAL**

21. Levantamiento de observaciones
22. Elaboración final del proyecto a los jurados
23. Impresión del proyecto
24. Fecha de presentación de la parte final del proyecto

### 3.9. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Operacionalización		
			Variables	Indicadores	Metodología
<p>¿Se puede lograr la fabricación de adoquines de concreto buen comportamiento o físico-mecánico utilizando un adecuado porcentaje residuos de demolición?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b>            Evaluar cuál es el porcentaje de Residuos de Demolición necesaria para elaborar un adoquín con un buen comportamiento físico mecánico.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar las propiedades físicas, tanto a los agregados convencionales, como a los residuos provenientes de construcción y demolición, realizando los ensayos descritos anteriormente.</li> <li>• Determinar si nuestra muestra de residuos de demolición, como los agregados utilizados usualmente, se encuentran bien graduadas, realizando ensayos de granulometría.</li> <li>• Analizar las propiedades mecánicas de los agregados convencionales, mediante el ensayo abrasivo con la máquina Los Ángeles.</li> <li>• Realizar diseños de mezcla incluyendo en porcentajes tanto los agregados naturales como los residuos de demolición.</li> <li>• Elaborar testigos de concreto para comprobar el porcentaje de reemplazo adecuado</li> <li>• Ensayar los testigos mediante el ensayo de compresión para probetas cilíndricas.</li> <li>• Comparar y analizar los resultados de estos ensayos, para determinar la cantidad y el porcentaje de residuos a reemplazar</li> <li>• Evaluar el comportamiento físico mecánico de nuestros diferentes diseños de mezclas previamente establecidos, mediante la elaboración de adoquines con el porcentaje de reemplazo adecuado.</li> <li>• Comparar con cuánto porcentaje se incrementó o disminuyó las propiedades de nuestro adoquín con residuos de demolición.</li> </ul>	<p>Un correcto porcentaje de Residuos de Demolición, nos permite elaborar adoquines con un buen comportamiento físico mecánico</p>	<p>• <b>Independiente:</b> Residuos de demolición</p> <p>• <b>Variable dependiente:</b> Comportamiento físico-mecánico del adoquín</p> <p>• <b>Variables intervinientes:</b> Diseño de mezclas y los agregados (fino y grueso)</p>	<p><b>Para la variable independiente (Residuos de demolición):</b>            Absorción del agregado            Contenido de humedad Granulometría            Peso específico            Peso unitario (suelto y compactado)</p> <p><b>Para la variable dependiente (Comportamiento físico-mecánico del adoquín):</b>            Trabajabilidad (slump)            Absorción de la unidad de albañilería            Resistencia a la compresión            Resistencia al desgaste por abrasión            Resistencia a la flexión</p> <p><b>Para las variables intervinientes (Diseño de mezcla, Agregado Fino y Grueso):</b>            F'c de diseño            Resistencia a la abrasión            Absorción del agregado            Contenido de humedad Granulometría            Peso específico            Peso unitario (suelto y compactado)</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b>            De acuerdo al diseño de investigación es experimental, porque manipula variables realizando diferentes experimentos.</p> <p>De acuerdo al fin que persigue es aplicada, porque busca la solución a una problemática.</p> <p><b>Población:</b>            Los edificios por demolerse en la ciudad de Chiclayo</p> <p><b>Muestra:</b>            Residuos de demolición, triturados y tamizados para ser utilizados como agregado fino y grueso</p>

Elaboración propia

### 3.10. Consideraciones éticas:

Consideración	Antecedentes			Investigación propia	Comentario
	Autor	Título	Elección		
Resistencia a la compresión del adoquín	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	Norma C.E. 0.10 "Pavimentos Urbanos"	La resistencia a la compresión fue elegido según el tipo de tránsito que vaya a resistir la unidad, en este caso, el tráfico vehicular ligero.	La resistencia que se ha elegido para la investigación fue la que se encuentra normada en la presente CE 0.10 y se procura respetar dicha condición.	La resistencia que se ha adoptado para la investigación fue de 41 Mpa (420 kg/cm <sup>2</sup> )
Dimensiones del adoquín	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	Norma C.E. 0.10 "Pavimentos Urbanos"	Las dimensiones del adoquín se definieron en base a lo que dice la normativa de adoquines	La CE 0.10 de Pavimentos Urbanos indican unas dimensiones, tanto en largo y ancho, como un peralte que va variando de acuerdo al tipo de tránsito al que se va a exponer la unidad de concreto. Para la investigación se ha considerado las dimensiones para un tráfico vehicular ligero.	Las dimensiones del adoquín se encuentran ya definidas por norma y se adoptó lo siguiente: 20x10x6 cm.
Obtención del material reciclado	Montiel Miguel, José Luis	"Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se puedan utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales"	En esta investigación también se usó una chancadora para procesar su material, en su caso solamente concreto, pero adicionalmente utilizaron caucho procesado.	Para obtener el agregado reciclado como reemplazo para las diferentes dosificaciones, se recolectó material y se derivó a una chancadora, que se encargó de triturar y tamizar el residuo de demolición.	La chancadora se ubica camino a Ferreñafé y se procesando ladrillos, como concreto, en una relación proximada de 70% y 30% respectivamente.
Ensayos a realizar	Caicedo Quinayás, Carlos Steven	"Diseño de un pavimento articulado con adoquines compuestos por reciclados de concreto como agregado fino y cenizas provenientes del bagazo de la caña de azúcar como reemplazo parcial del cemento Portland"	En la siguiente investigación se han adoptado tanto ensayos para el concreto en estado fresco como el slump, y en estado seco que en esta caso fue únicamente la evaluación de la resistencia a la compresión.	Para esta investigación se trabaja, igual, ensayos para el concreto en estado fresco como el slump y adicionalmente, ensayos al concreto endurecido (que se encuentran definidos en la CE 0.10) como la compresión, el desgaste y la flexión. Adicionalmente también se evaluará el tema de la variación dimensional del adoquín. Todos estos ensayos son aplicados para todas las dosificaciones con sus respectivos reemplazos.	La diferencia entre esta investigación y las otras, es en primer lugar, que ninguna de las investigaciones han considerado el desgaste del adoquín dentro de sus ensayos, en segundo lugar no analizan ese desgaste mismo en variables como por ejemplo su exposición a situaciones desfavorables como el agua de alcantarillado o el petróleo, como se evaluará en un futuro.
	Ledezma Chumes, Felipe y Yauri Huiza, Wilder	"Diseño de mezcla del concreto para elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica"	En la siguiente investigación también se han adoptado tanto ensayos para el concreto en estado fresco como el slump, y en estado seco que fue la evaluación de la resistencia a la compresión.		
	Esteban Montalvo, Kelly Nathaly	Esteban Montalvo, Kelly Nathaly	En la siguiente investigación se han adoptado tanto ensayos para el concreto en estado fresco como el slump, y en estado seco que en esta caso fue únicamente la evaluación de la resistencia a la compresión. Adicionalmente evalúa la absorción de agua que tiene el adoquín		

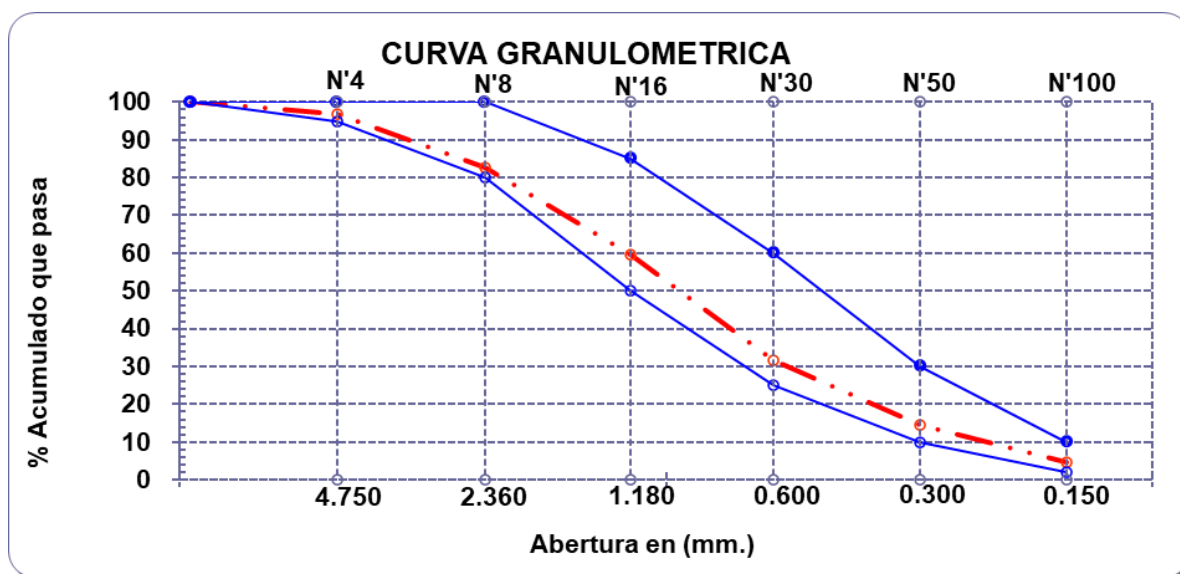
## IV. Resultados

### 4.1. Ensayos de agregados pétreos (NATURALES)

#### 4.1.1. Agregado fino

##### 4.1.1.1. Granulometría

Gráfico n° 4. 1. Curva granulométrica del agregado fino (Pátapo)



Elaboración propia

##### 4.1.1.2. Contenido de humedad

Tabla n° 4. 1. Contenido de humedad de la arena (Pátapo)

P tara (1)	P muestra (2)	(1)+(2)	P muestra seca+ tara	Cont. Humedad
237 gr	1901 gr	2138 gr	2127 gr	0.514 %
250 gr	1688 gr	1938 gr	1927.5 gr	0.542 %
245 gr	1823 gr	2068 gr	2058.5 gr	0.459 %
Humedad <sub>prom</sub> =				0.505

Elaboración propia

#### 4.1.1.3. *Peso específico y porcentaje de absorción*

Tabla n° 4. 2. Cálculo del peso específico y % absorción de la arena (Pátapo)

<b>A. Datos de la muestra</b>					
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0	500.0		
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	984.6	1006.1		
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco (1+5)	g	678.0	700.5		
4.- Peso del Agua. (2-3)	g	306.6	305.6		
5.- Peso del Frasco	g	178.0	200.5		
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco (5+7)	g	674.2	697.8		
7.- Peso de la Muest. seca en el homo.	g	496.2	497.3		
8.- Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0	500.0		
<b>B. Resultados</b>					
<i>Promedio</i>					
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	7/(8-4)	g/cm <sup>3</sup>	2.566	2.558	<b>2.562</b>
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	7/(7-4)	g/cm <sup>3</sup>	2.585	2.572	2.579
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	7/((8-4)-(8-7))	g/cm <sup>3</sup>	2.617	2.594	2.606
D.- PORCENTAJE DE ABSORCION.	((1-7)/7)*100	%	0.77	0.54	<b>0.65</b>

Elaboración propia

#### 4.1.1.4. *Peso unitario (Suelto y compactado)*

Tabla n° 4. 3. Cálculo de P.U.S y P.U.C de la arena (Pátapo)

##### A. PESO UNITARIO SUELTO

Lecturas	P molde + agregado (1)	P molde (2)	(1)-(2)	V molde	P.U.S
Lectura 1	11.946 kg	7.733 kg	4.213 kg	0.00304393 m3	1384.067
Lectura 2	12.198 kg	7.733 kg	4.465 kg	0.00304393 m3	1466.855
Lectura 3	12.025 kg	7.733 kg	4.292 kg	0.00304393 m3	1410.021
Lectura 4	12.027 kg	7.733 kg	4.294 kg	0.00304393 m3	1410.678
Lectura 5	12.029 kg	7.733 kg	4.296 kg	0.00304393 m3	1411.335

$V \text{ molde} = 0.003043927 \text{ m}^3$

$Prom = 1403.46 \text{ kg/m}^3$

##### A. PESO UNITARIO COMPACTADO

Lecturas	P molde + agregado (1)	P molde (2)	(1)-(2)	V molde	P.U.C
Lectura 1	12.705 kg	7.733 kg	4.972 kg	0.00304393 m3	1633.416
Lectura 2	12.708 kg	7.733 kg	4.975 kg	0.00304393 m3	1634.402
Lectura 3	12.713 kg	7.733 kg	4.980 kg	0.00304393 m3	1636.044

$V \text{ molde} = 0.003043927 \text{ m}^3$

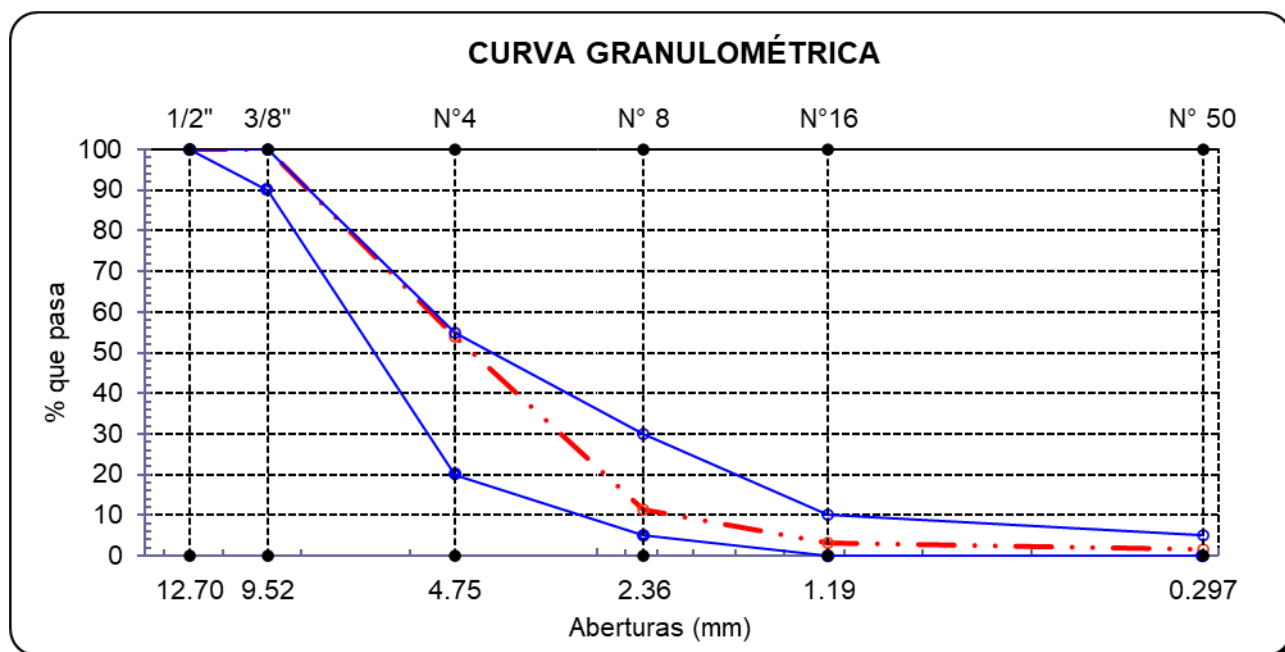
$Prom = 1626.26 \text{ kg/m}^3$

Elaboración propia

## 4.1.2. Agregado grueso

### 4.1.2.1. Granulometría

Gráfico n° 4. 2. Curva granulométrica del agregado grueso (Tres Tomas)



Elaboración propia

### 4.1.2.2. Contenido de humedad (%W)

Tabla n° 4. 4. Contenido de humedad del confitillo (Tres Tomas)

P tara (1)	P muestra (2)	(1)+(2)	P muestra seca+ tara	Cont. Humedad
120.1 gr	930.2 gr	1050.3 gr	1048.1 gr	0.209 %
120.1 gr	955.3 gr	1075.4 gr	1073.2 gr	0.205 %
120.1 gr	948.7 gr	1068.8 gr	1066.5 gr	0.215 %
Humedad <sub>prom</sub> =				0.210

Elaboración propia

#### 4.1.2.3. Peso específico y porcentaje de absorción

Tabla n° 4. 5. Cálculo del peso específico y % absorción del confitillo (Tres Tomas)

A.- Datos de la grava					
1.- Peso de la muestra seca al horno	g	410.30	1070.34		
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	421.30	1089.23		
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	1285.00	1562.00		
4.- Peso de la canastilla	g	1023.00	888.00		
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua (3-4)	g	262.00	674.00		
B.- Resultados					
A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA	1/(2-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.576	2.578	Promedio <b>2.577</b>
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	2/(2-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.645	2.623	2.629
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	1/(1-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.767	2.701	2.719
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((2-1)/1)*100	%	2.68	1.76	<b>2.019</b>

Elaboración propia

#### 4.1.2.4. Peso unitario (Suelto y compactado)

Tabla n° 4. 6. Cálculo de P.U.S y P.U.C del confitillo (Tres Tomas)

##### A. PESO UNITARIO SUELTO

Lecturas	P molde + agregado (1)	P molde (2)	(1)-(2)	V molde	P.U.S
Lectura 1	11.582 kg	7.733 kg	3.849 kg	0.00304 m3	1264.485
Lectura 2	11.440 kg	7.733 kg	3.707 kg	0.00304 m3	<b>1217.835</b>
Lectura 3	11.443 kg	7.733 kg	3.71 kg	0.00304 m3	<b>1218.82</b>
Lectura 4	11.488 kg	7.733 kg	3.755 kg	0.00304 m3	1233.604
Lectura 5	11.441 kg	7.733 kg	3.708 kg	0.00304 m3	<b>1218.163</b>

V molde= 0.003043927 m3

Prom= 1215.73 kg/m3

##### A. PESO UNITARIO COMPACTADO

Lecturas	P molde + agregado (1)	P molde (2)	(1)-(2)	V molde	P.U.C
Lectura 1	11.972 kg	7.733 kg	4.239 kg	0.00304393 m3	1392.609
Lectura 2	11.994 kg	7.733 kg	4.261 kg	0.00304393 m3	1399.836
Lectura 3	11.979 kg	7.733 kg	4.246 kg	0.00304393 m3	<b>1394.909</b>
Lectura 4	11.981 kg	7.733 kg	4.248 kg	0.00304393 m3	<b>1395.566</b>
Lectura 5	11.978 kg	7.733 kg	4.245 kg	0.00304393 m3	<b>1394.58</b>

V molde= 0.003043927 m3

Prom= 1392.11 kg/m3

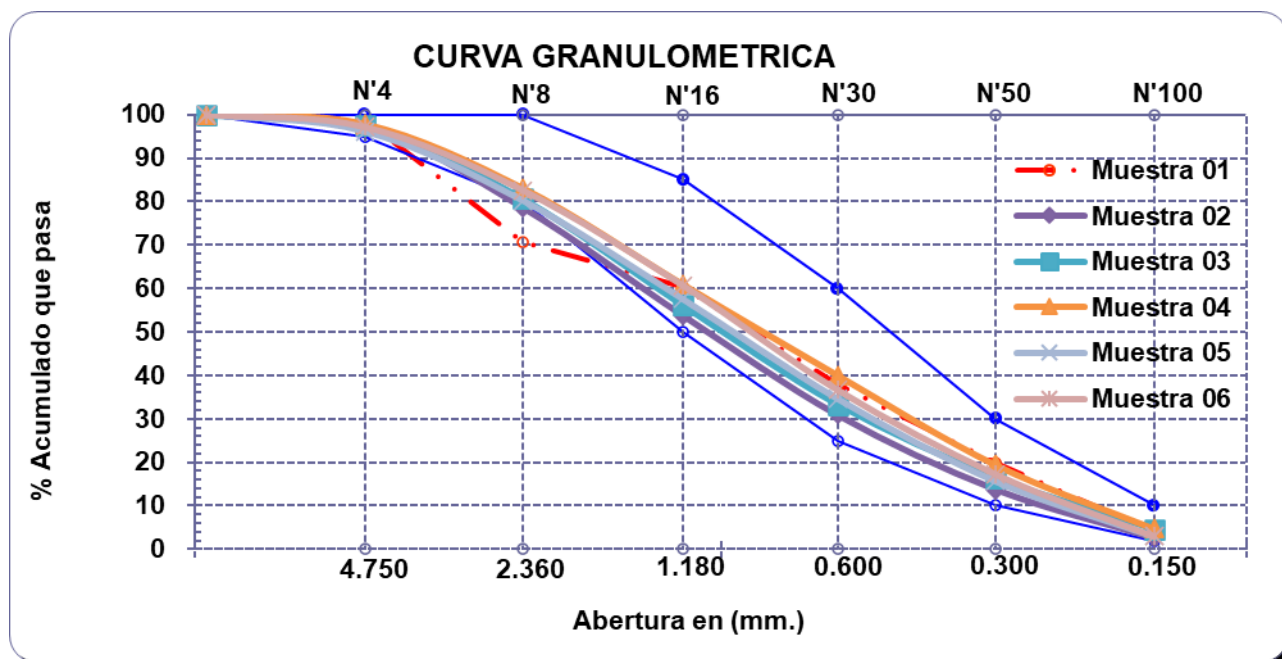
Elaboración propia

## 4.2. Ensayo de agregados provenientes de los Residuos de Demolición

### 4.2.1. Agregado fino

#### 4.2.1.1. Granulometría

Gráfico n° 4. 3. Gráfico de granulometría de todas las muestras



Elaboración propia

#### 4.2.1.2. Contenido de humedad (%W):

Tabla n° 4. 7. Contenido de humedad de las muestras recicladas (agregado fino)

P tara (1)	P muestra (2)	(1)+(2)	P muestra seca+ tara	Cont. Humedad
89.79 gr	500 gr	589.79 gr	582.33 gr	1.265 %
84.92 gr	500 gr	584.92 gr	578.32 gr	1.128 %
62.21 gr	500 gr	562.21 gr	556.07 gr	1.092 %
78.66 gr	500 gr	578.66 gr	571.85 gr	1.177 %
120.8 gr	500 gr	620.8 gr	614.7 gr	0.983 %
82.77 gr	500 gr	582.77 gr	575.1 gr	1.316 %

Humedad<sub>prom</sub> = 1.160

Elaboración propia

#### 4.2.1.3. *Peso específico y porcentaje de absorción*

Tabla n° 4. 8. Pesos específicos de las muestras de arena reciclada y absorción

Muestra	P. Específico	Absorción
M1	2498 kg/m <sup>3</sup>	1.67 %
M2	2427 kg/m <sup>3</sup>	1.98 %
M3	2464 kg/m <sup>3</sup>	2.00 %
M4	2461 kg/m <sup>3</sup>	1.79 %
M5	2445 kg/m <sup>3</sup>	1.73 %
M6	2477 kg/m <sup>3</sup>	1.75 %
<b>Promedio</b>	<b>2462 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1.82 %</b>

Elaboración propia

#### 4.2.1.4. *Peso unitario (Suelto y compactado)*

Tabla n° 4. 9. Cálculo de P.U.S y P.U.C de la arena reciclada

##### A. PESO UNITARIO SUELTO

Lecturas	P molde + agregado (1)	P molde (2)	(1)-(2)	V molde	P.U.S
Lectura 1	14.54 kg	10.17 kg	4.37 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	800.4543
Lectura 2	15.25 kg	10.17 kg	5.08 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	929.7134
Lectura 3	15.36 kg	10.17 kg	5.19 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	949.8529
Lectura 4	15.38 kg	10.17 kg	5.21 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	953.6977
Lectura 5	15.47 kg	10.17 kg	5.30 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	969.6262
Lectura 6	15.44 kg	10.17 kg	5.27 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	964.1336
Lectura 7	15.55 kg	10.17 kg	5.38 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	984.8224
Lectura 8	15.55 kg	10.17 kg	5.38 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	985.5548

$V \text{ molde} = 0.005461898 \text{ m}^3$

$Prom = 973.85 \text{ kg/m}^3$

##### B. PESO UNITARIO COMPACTADO

Lecturas	P molde + agregado (1)	P molde (2)	(1)-(2)	V molde	P.U.C
Lectura 1	19.42 kg	10.17 kg	9.25 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1633.416
Lectura 2	19.29 kg	10.17 kg	9.12 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1634.402
Lectura 3	19.53 kg	10.17 kg	9.36 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1636.044
Lectura 4	19.59 kg	10.17 kg	9.42 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1724.675
Lectura 5	19.55 kg	10.17 kg	9.38 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1716.802
Lectura 6	19.55 kg	10.17 kg	9.38 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1718.084

$V \text{ molde} = 0.005461898 \text{ m}^3$

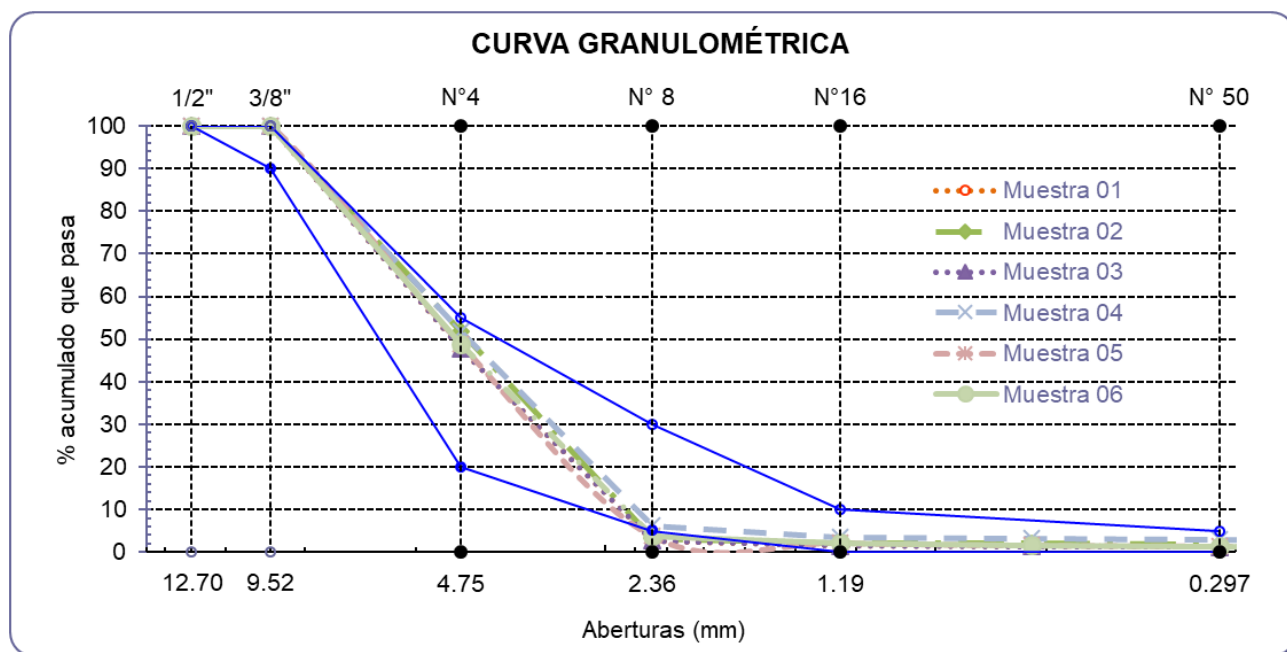
$Prom = 1697.68 \text{ kg/m}^3$

Elaboración propia

## 4.2.2. Agregado grueso

### 4.2.2.1. Granulometría

Gráfico n° 4. 4. Curvas granulométricas agregado grueso reciclado



Elaboración propia

### 4.2.2.2. Contenido de humedad (%W)

Tabla n° 4. 10. Contenido de humedad de las muestras recicladas (agregado grueso)

P tara (1)	P muestra (2)	(1)+(2)	P muestra seca+ tara	Cont. Humedad
84.89 gr	800.32 gr	885.21 gr	872.01 gr	1.491 %
81.34 gr	800 gr	881.34 gr	868.03 gr	1.510 %
102.27 gr	800.15 gr	902.42 gr	887.86 gr	1.613 %
84.32 gr	800.03 gr	884.35 gr	870.52 gr	1.564 %
85.25 gr	800.96 gr	886.21 gr	868.65 gr	1.982 %
112.2 gr	800 gr	912.2 gr	901.40 gr	1.184 %

$$\text{Humedad}_{\text{prom}} = \boxed{1.557 \%}$$

Elaboración propia

#### 4.2.2.3. Peso específico y porcentaje de absorción

Tabla n° 4. 11. Pesos específicos de las muestras de la piedra reciclada y absorción

Muestra	P. Específico	Absorción
M1	2173 kg/m <sup>3</sup>	1.19 %
M2	2091 kg/m <sup>3</sup>	2.73 %
M3	2098 kg/m <sup>3</sup>	2.99 %
M4	2087 kg/m <sup>3</sup>	4.10 %
M5	2150 kg/m <sup>3</sup>	2.25 %
M6	2187 kg/m <sup>3</sup>	2.89 %
<b>Promedio</b>	<b>2131 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>2.69 %</b>

Elaboración propia

#### 4.2.2.4. Peso unitario (Suelto y compactado)

Tabla n° 4. 12. Cálculo de P.U.S y P.U.C de la piedra reciclada

##### A. PESO UNITARIO SUELTO

Lecturas	P molde + agregado (1)	P molde (2)	(1)-(2)	V molde	P.U.S
Lectura 1	15.54 kg	10.17 kg	5.37 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	983.5408
Lectura 2	16.25 kg	10.17 kg	6.08 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1112.8
Lectura 3	16.36 kg	10.17 kg	6.19 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1132.939
Lectura 4	16.38 kg	10.17 kg	6.21 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1136.784
Lectura 5	16.47 kg	10.17 kg	6.30 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1152.713
Lectura 6	16.44 kg	10.17 kg	6.27 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1147.22
Lectura 7	16.57 kg	10.17 kg	6.40 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1171.571
Lectura 8	16.56 kg	10.17 kg	6.39 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1170.472

$V \text{ molde} = 0.005461898 \text{ m}^3$

$Prom = 1153.03 \text{ kg/m}^3$

##### B. PESO UNITARIO COMPACTADO

Lecturas	P molde + agregado (1)	P molde (2)	(1)-(2)	V molde	P.U.C
Lectura 1	17.20 kg	10.05 kg	7.15 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1308.336
Lectura 2	17.50 kg	10.05 kg	7.45 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1364.727
Lectura 3	17.62 kg	10.05 kg	7.57 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1385.233
Lectura 4	17.75 kg	10.05 kg	7.70 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1410.499
Lectura 5	17.71 kg	10.05 kg	7.66 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1402.443
Lectura 6	17.74 kg	10.05 kg	7.69 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1407.935
Lectura 7	17.85 kg	10.05 kg	7.80 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1427.343
Lectura 8	18.00 kg	10.05 kg	7.95 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1455.172
Lectura 9	18.32 kg	10.05 kg	8.27 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1514.126
Lectura 10	18.33 kg	10.05 kg	8.28 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1515.041
Lectura 11	18.33 kg	10.05 kg	8.28 kg	0.0054619 m <sup>3</sup>	1516.689

$V \text{ molde} = 0.005461898 \text{ m}^3$

$Prom = 1492.01 \text{ kg/m}^3$

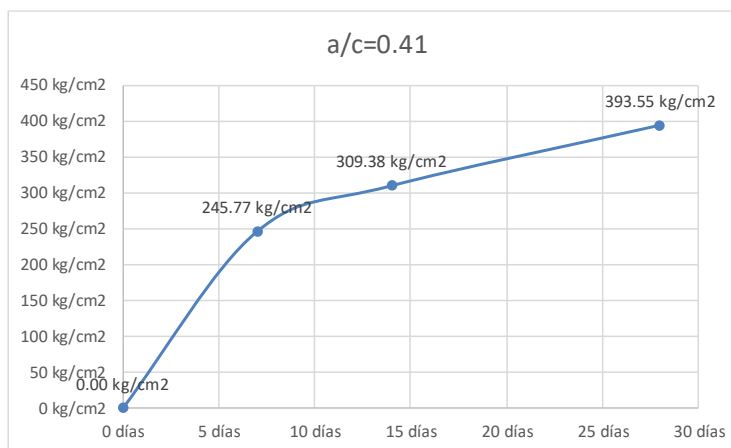
Elaboración propia

### 4.3. Ensayo de compresión

#### 4.3.1. Muestras patrón

##### 4.3.1.1. Relación A/C=0.41:

Gráfico n° 4. 5. Curva resistencia a la compresión vs días (a/c=0.41)

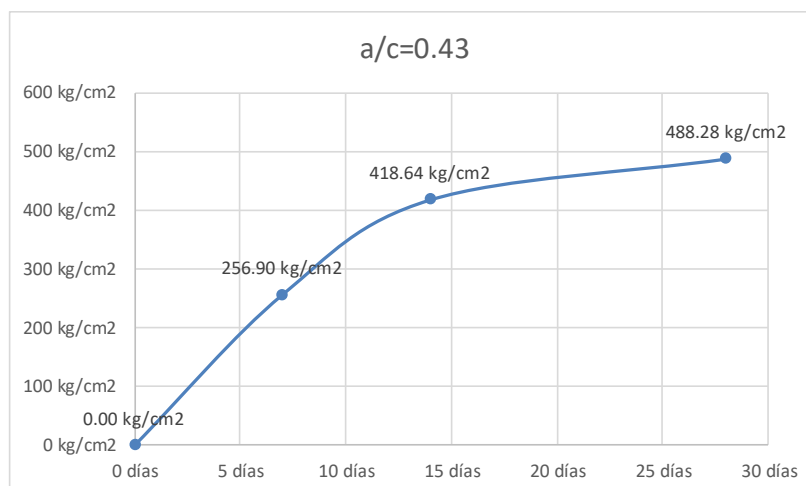


<b>a/c=0.41</b>	0 días	0 kg/cm <sup>2</sup>
	7 días	246 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	309 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	394 kg/cm <sup>2</sup>

Elaboración propia

##### 4.3.1.2. Relación A/C=0.43:

Gráfico n° 4. 6. Curva resistencia a la compresión vs días (a/c=0.43)

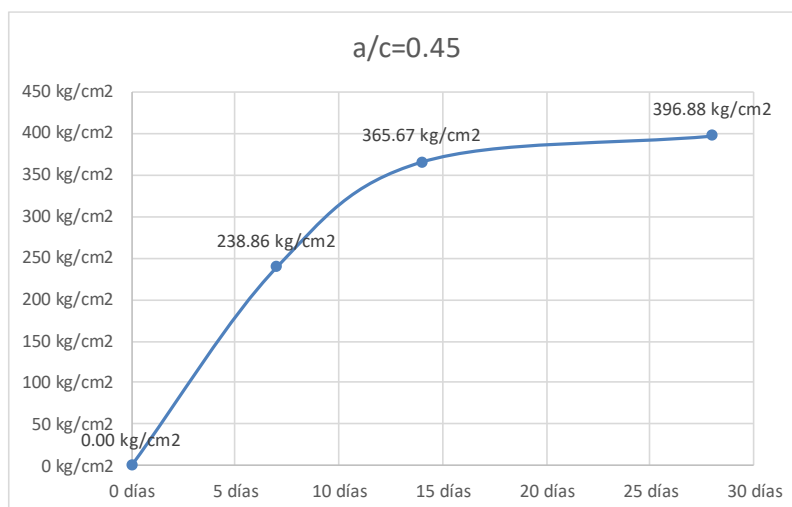


<b>a/c=0.43</b>	0 días	0 kg/cm <sup>2</sup>
	7 días	257 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	419 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	488 kg/cm <sup>2</sup>

Elaboración propia

### 4.3.1.3. Relación $A/C=0.45$ :

**Gráfico n° 4. 7. Curva resistencia a la compresión vs días ( $a/c=0.45$ )**

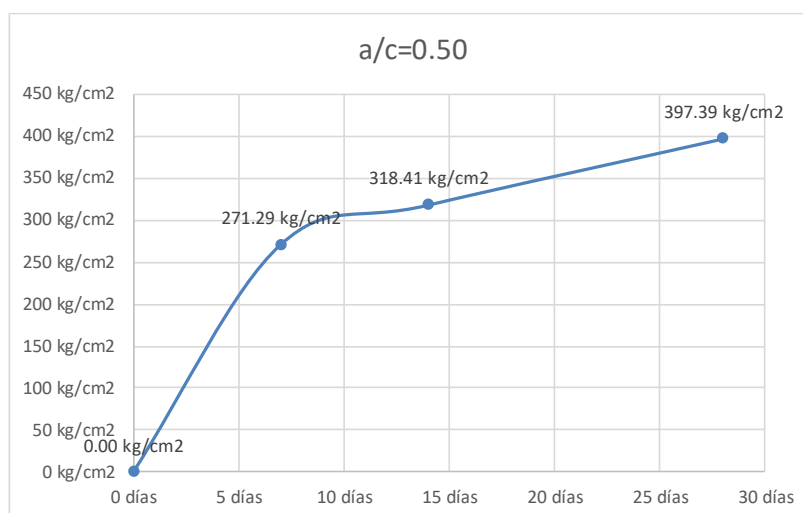


<b><math>a/c=0.45</math></b>	0 días	0 $\text{kg/cm}^2$
	7 días	239 $\text{kg/cm}^2$
	14 días	366 $\text{kg/cm}^2$
	28 días	397 $\text{kg/cm}^2$

**Elaboración propia**

### 4.3.1.4. Relación $A/C=0.50$ :

**Gráfico n° 4. 8. Curva resistencia a la compresión vs días ( $a/c=0.50$ )**

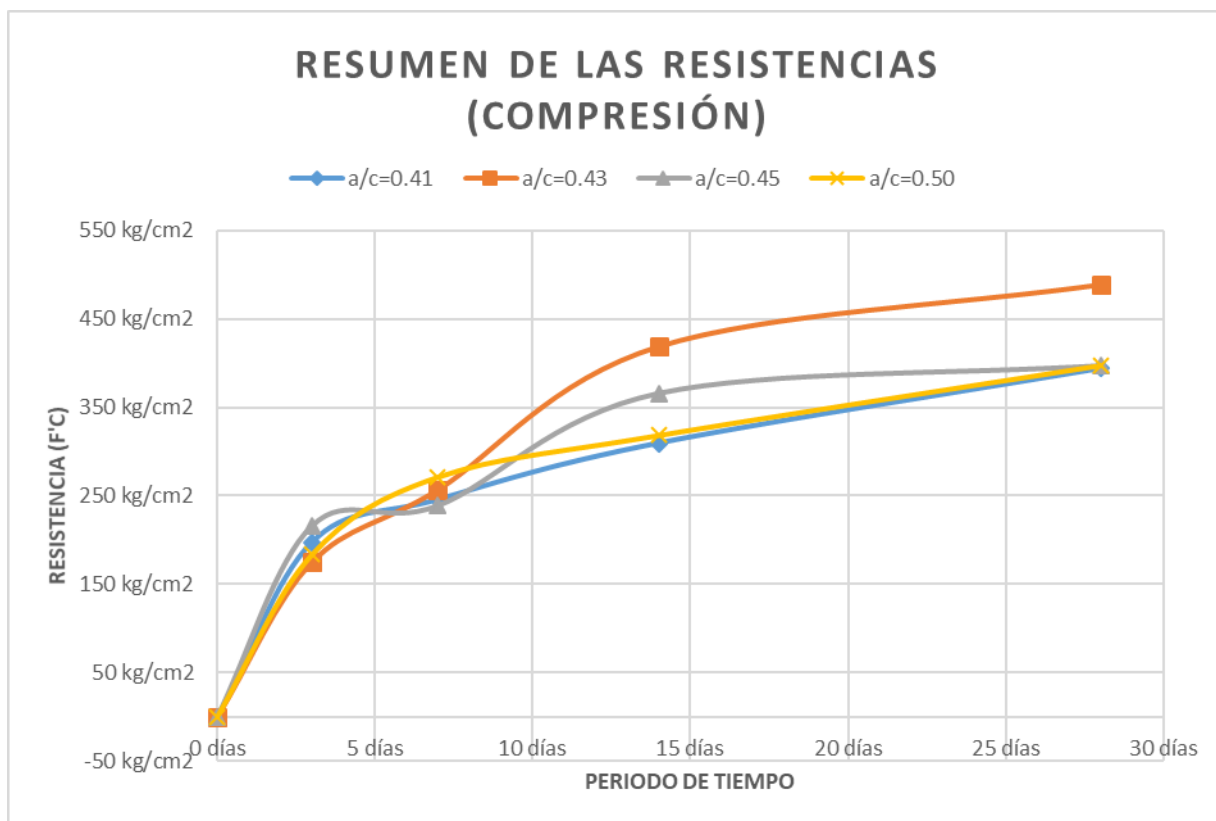


<b><math>a/c=0.50</math></b>	0 días	0 $\text{kg/cm}^2$
	7 días	271 $\text{kg/cm}^2$
	14 días	318 $\text{kg/cm}^2$
	28 días	397 $\text{kg/cm}^2$

**Elaboración propia**

#### 4.3.1.5. Resumen:

Gráfico n° 4. 9. Resumen de curvas de resistencia a la compresión (sin reemplazo)

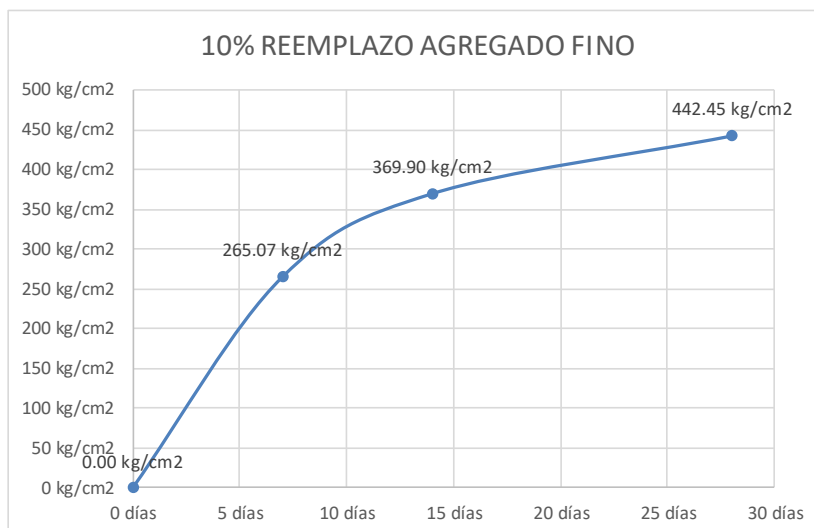


Elaboración propia

### 4.3.2. Reemplazos de agregado fino:

#### 4.3.2.1. Con 10% de reemplazo:

**Gráfico n° 4. 10. Curva resistencia a la compresión vs días (10% A.F)**

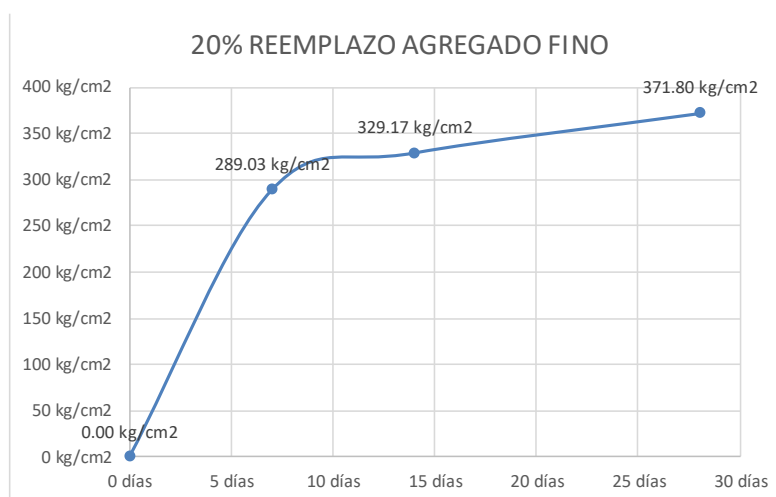


<b>10% REEEMPLAZO ZO A.F</b>	0 días	0 kg/cm²
	7 días	265 kg/cm²
	14 días	370 kg/cm²
	28 días	442 kg/cm²

**Elaboración propia**

#### 4.3.2.2. Con 20% de reemplazo:

**Gráfico n° 4. 11. Curva resistencia a la compresión vs días (20% A.F)**

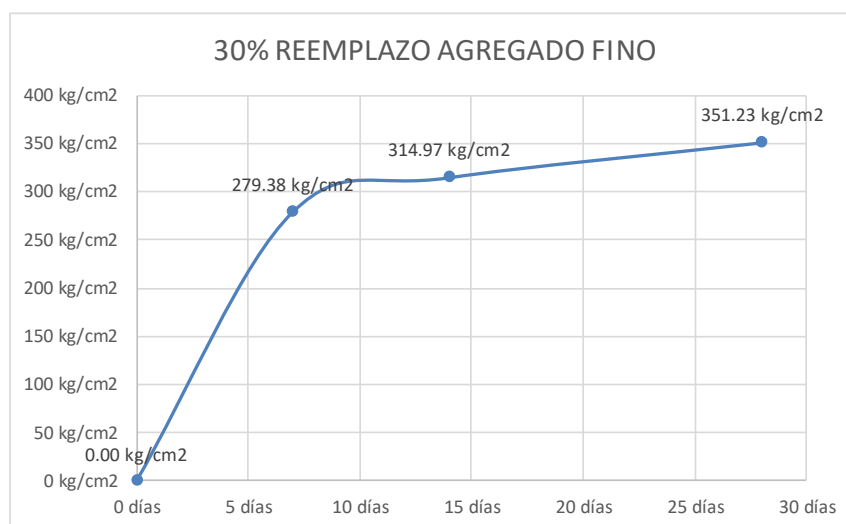


<b>20% REEEMPLAZO ZO A.F</b>	0 días	0 kg/cm²
	7 días	289 kg/cm²
	14 días	329 kg/cm²
	28 días	372 kg/cm²

**Elaboración propia**

#### 4.3.2.3. Con 30% de reemplazo:

Gráfico n° 4. 12. Curva resistencia a la compresión vs días (30% A.F)

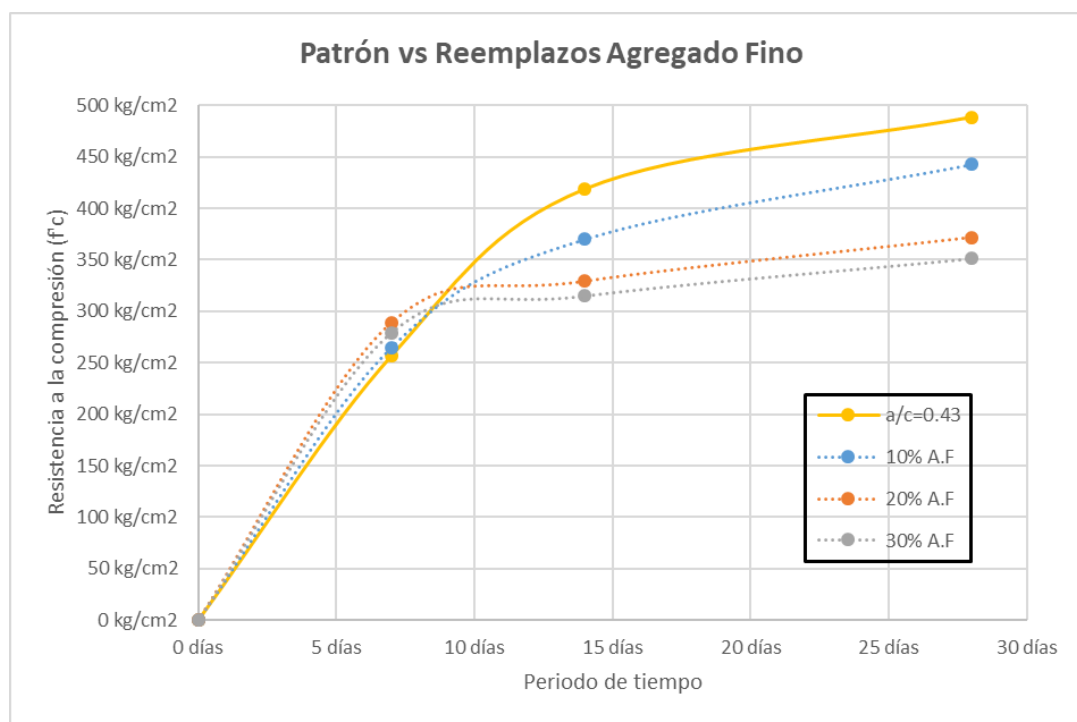


<b>30% REEMPLAZO A.F</b>	0 días	0 kg/cm2
	7 días	279 kg/cm2
	14 días	315 kg/cm2
	28 días	351 kg/cm2

Elaboración propia

#### 4.3.2.4. Resumen reemplazos agregado fino:

Gráfico n° 4. 13. Resumen de curvas de resistencia a la compresión (Reemplazos A.F)

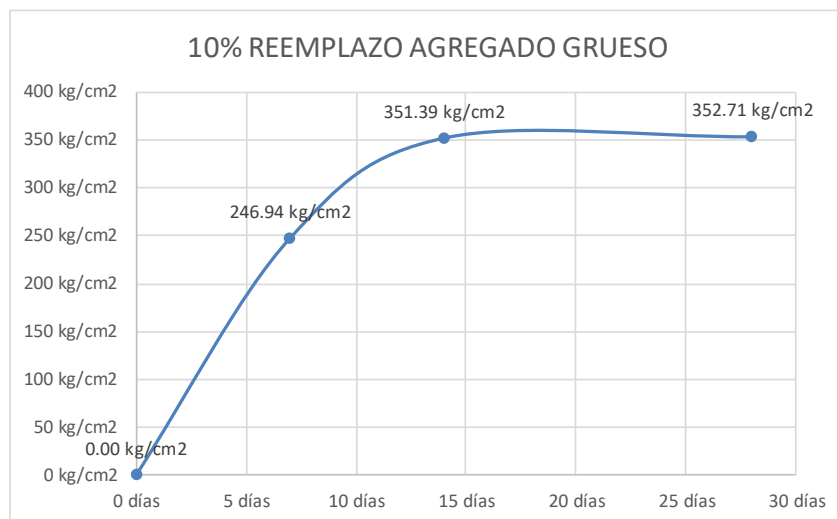


Elaboración propia

### 4.3.3. Reemplazos de agregado grueso:

#### 4.3.3.1. Con 10% de reemplazo:

Gráfico n° 4. 14. Curva resistencia a la compresión vs días (10% A.G)

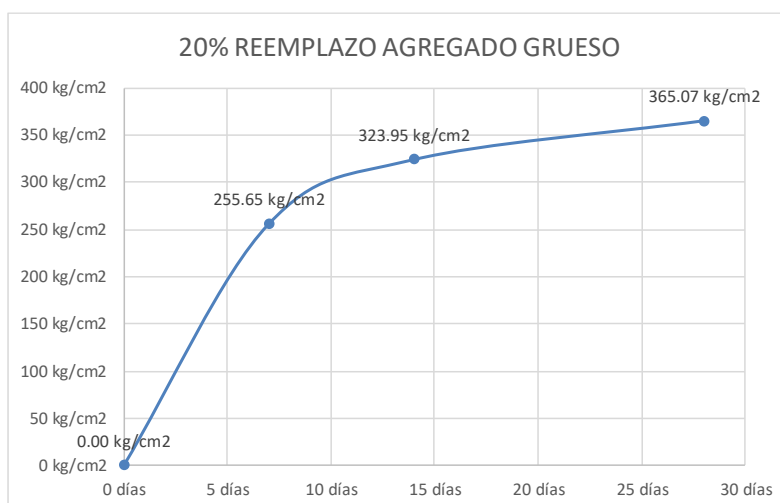


<b>10% REEMPLAZO A.G</b>	0 días	0 kg/cm <sup>2</sup>
	7 días	247 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	351 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	353 kg/cm <sup>2</sup>

Elaboración propia

#### 4.3.3.2. Con 20% de reemplazo:

Gráfico n° 4. 15. Curva resistencia a la compresión vs días (20% A.G)

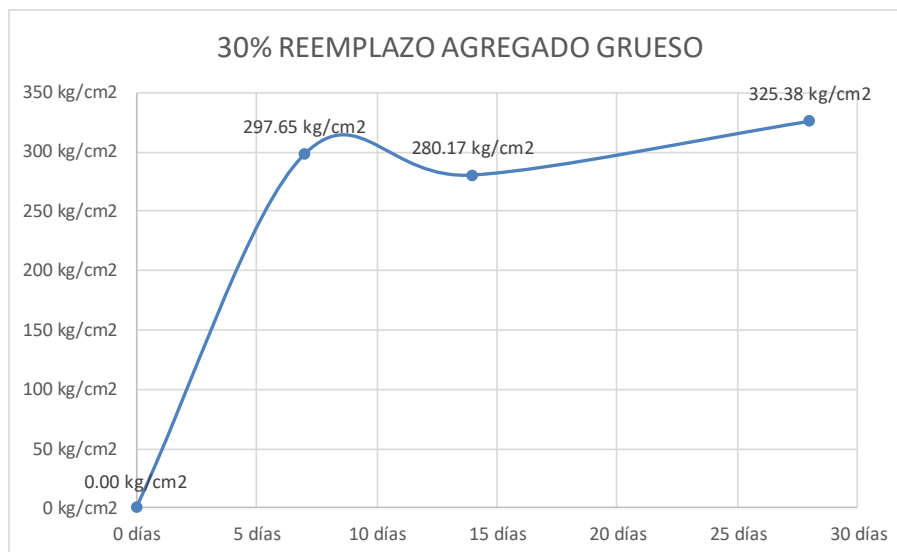


<b>20% REEMPLAZO A.G</b>	0 días	0 kg/cm <sup>2</sup>
	7 días	256 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	324 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	365 kg/cm <sup>2</sup>

Elaboración propia

#### 4.3.3.3. Con 30% de reemplazo:

Gráfico n° 4. 16. Curva resistencia a la compresión vs días (30% A.G)

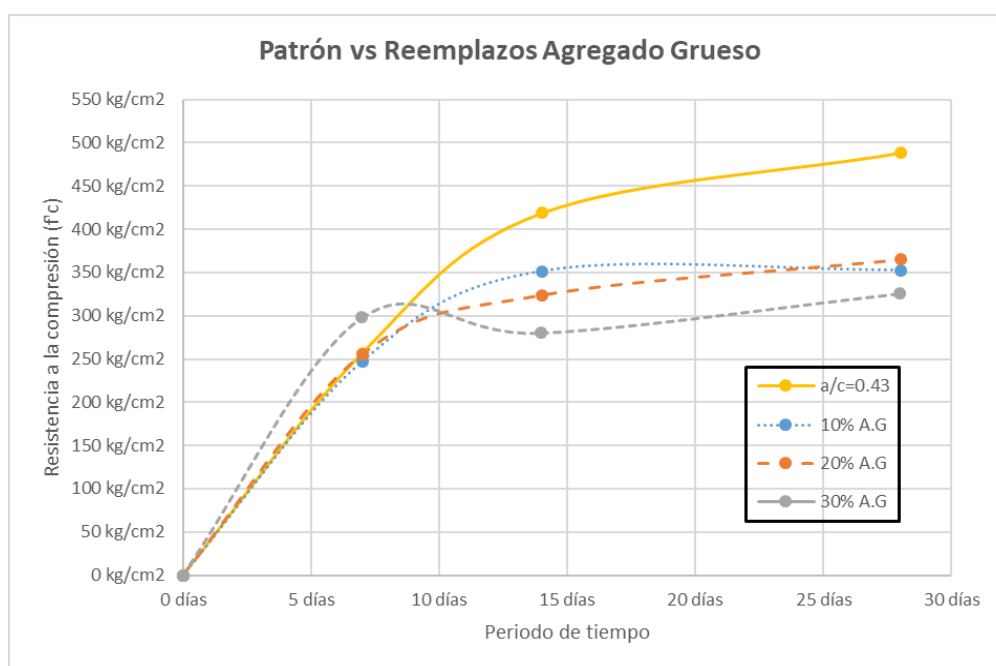


<b>30% REEEMPLA ZO A.G</b>	0 días	0 kg/cm <sup>2</sup>
	7 días	298 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	280 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	325 kg/cm <sup>2</sup>

**Elaboración propia**

#### 4.3.3.4. Resumen reemplazos agregado grueso:

Gráfico n° 4. 17. Resumen de curvas de resistencia a la compresión (Reemplazos A.G)



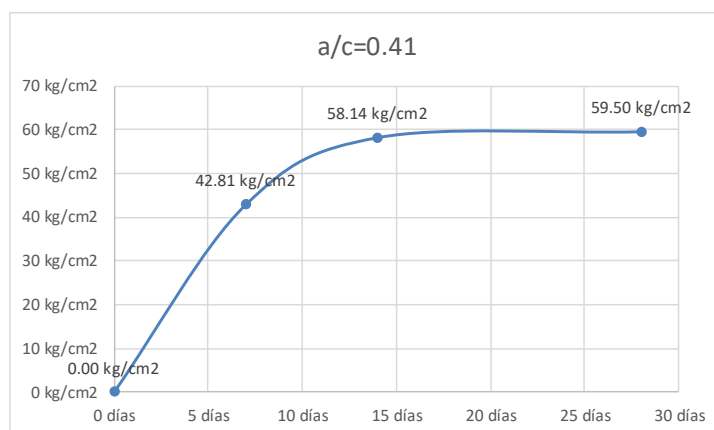
**Elaboración propia**

## 4.4. Ensayo de flexión

### 4.4.1. Muestra patrón

#### 4.4.1.1. Relación $A/C=0.41$

Gráfico n° 4. 18. Curva resistencia a la flexión vs días ( $a/c=0.41$ )

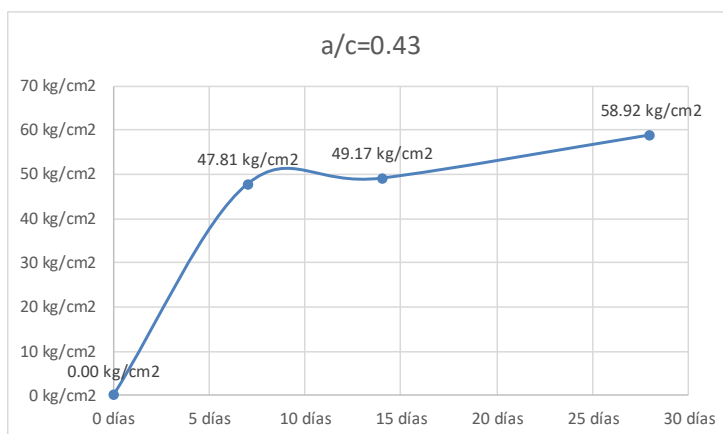


<b>a/c=0.41</b>	0 días	0 kg/cm²
	7 días	43 kg/cm²
	14 días	58 kg/cm²
	28 días	59 kg/cm²

Elaboración propia

#### 4.4.1.2. Relación $A/C=0.43$

Gráfico n° 4. 19. Curva resistencia a la flexión vs días ( $a/c=0.43$ )

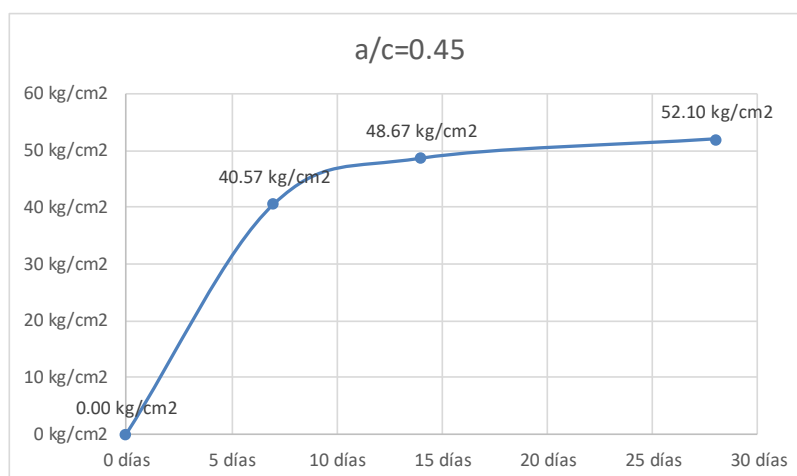


<b>a/c=0.43</b>	0 días	0 kg/cm²
	7 días	48 kg/cm²
	14 días	49 kg/cm²
	28 días	59 kg/cm²

Elaboración propia

#### 4.4.1.3. Relación A/C=0.45

Gráfico n° 4. 20. Curva resistencia a la flexión vs días (a/c=0.45)

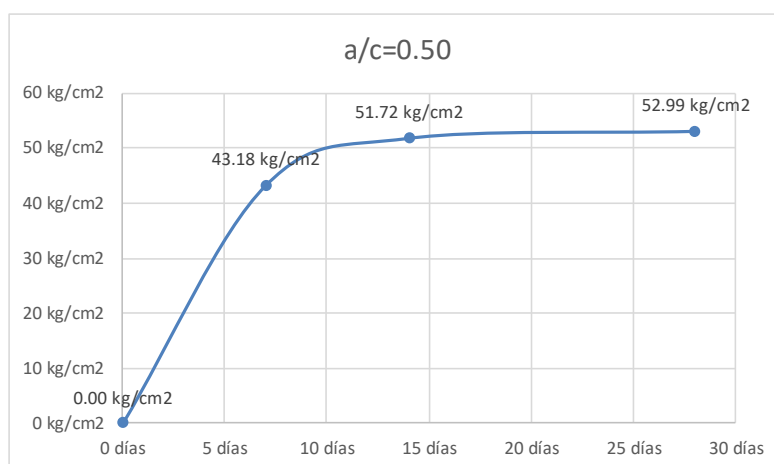


<b>a/c=0.45</b>	0 días	0 kg/cm <sup>2</sup>
	7 días	41 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	49 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	52 kg/cm <sup>2</sup>

Elaboración propia

#### 4.4.1.4. Relación A/C=0.50

Gráfico n° 4. 21. Curva resistencia a la flexión vs días (a/c=0.50)

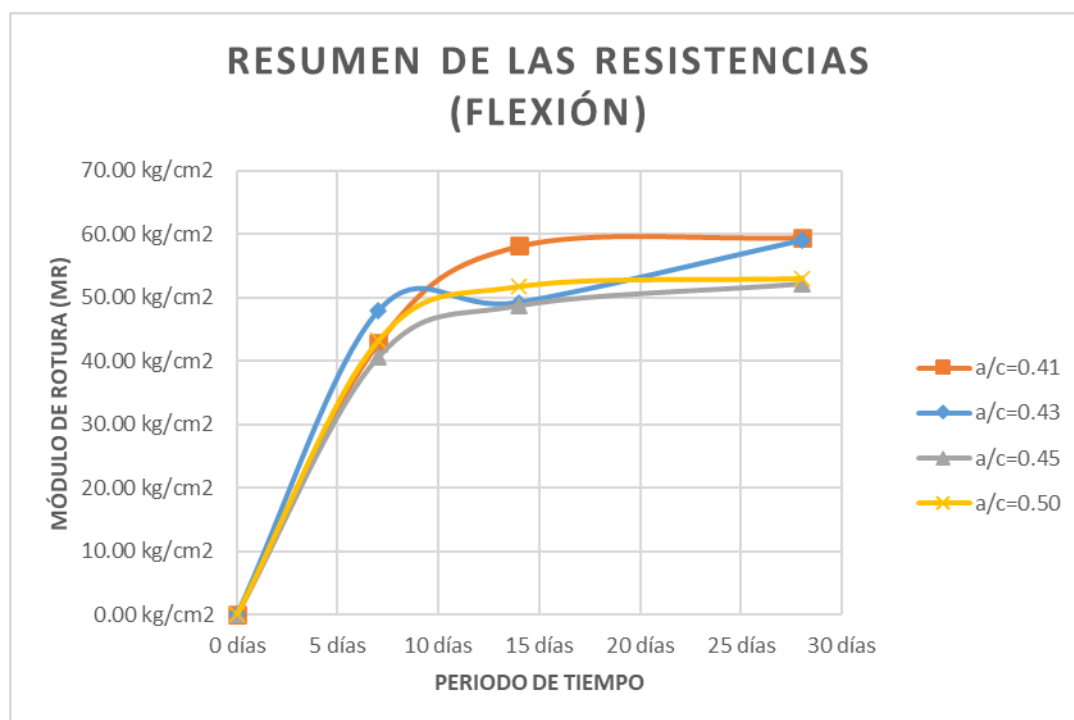


<b>a/c=0.50</b>	0 días	0 kg/cm <sup>2</sup>
	7 días	43 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	52 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	53 kg/cm <sup>2</sup>

Elaboración propia

#### 4.4.1.5. Resumen de resistencia a la flexión

Gráfico n° 4. 22. Resumen de curvas de resistencia a la flexión

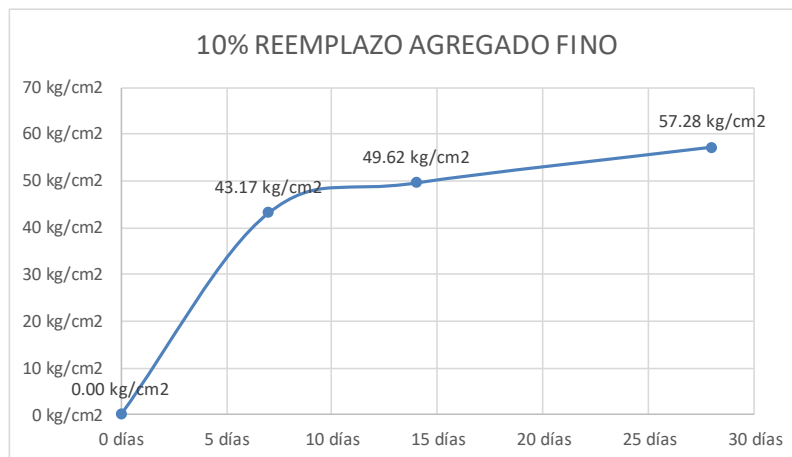


Elaboración propia

## 4.4.2. Reemplazos de agregado fino

### 4.4.2.1. Con 10% de reemplazo:

**Gráfico n° 4. 23. Curva resistencia a la flexión vs días (10% reemplazo A.F)**

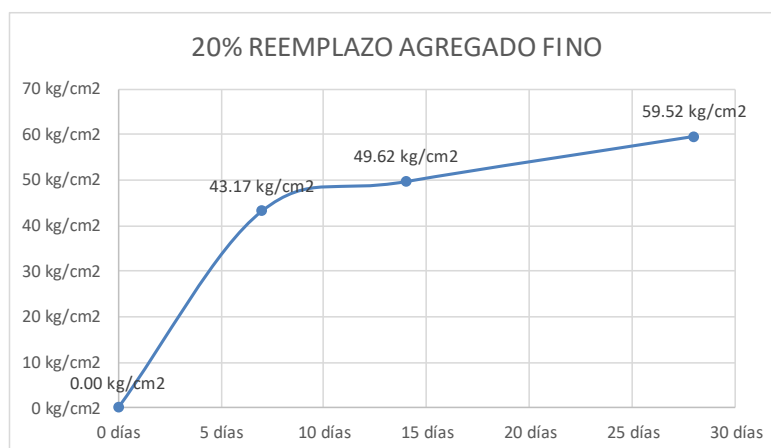


<b>10% REEMPLAZO A.F</b>	0 días	0 kg/cm <sup>2</sup>
	7 días	43 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	50 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	57 kg/cm <sup>2</sup>

### Elaboración propia

### 4.4.2.2. Con 20% de reemplazo:

**Gráfico n° 4. 24. Curva resistencia a la flexión vs días (20% reemplazo A.F)**

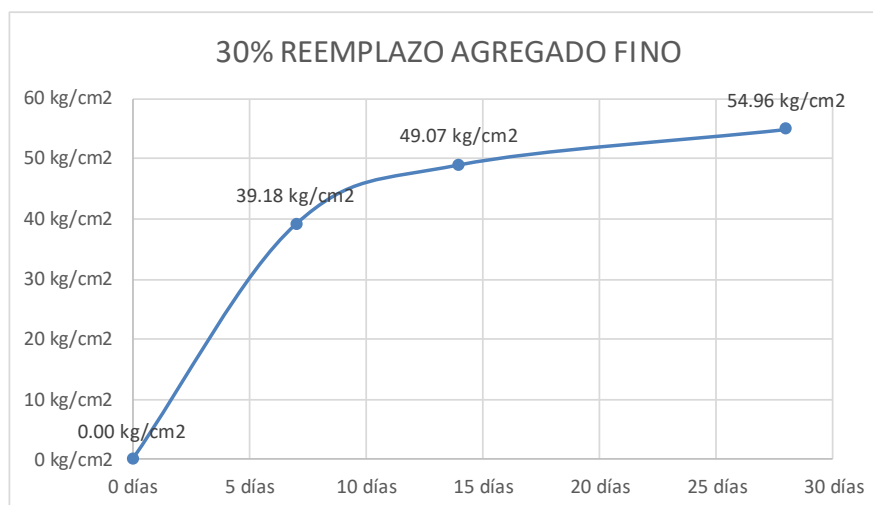


<b>20% REEMPLAZO A.F</b>	0 días	0 kg/cm <sup>2</sup>
	7 días	43 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	50 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	60 kg/cm <sup>2</sup>

### Elaboración propia

#### 4.4.2.3. Con 30% de reemplazo:

Gráfico n° 4. 25. Curva resistencia a la flexión vs días (30% reemplazo A.F)

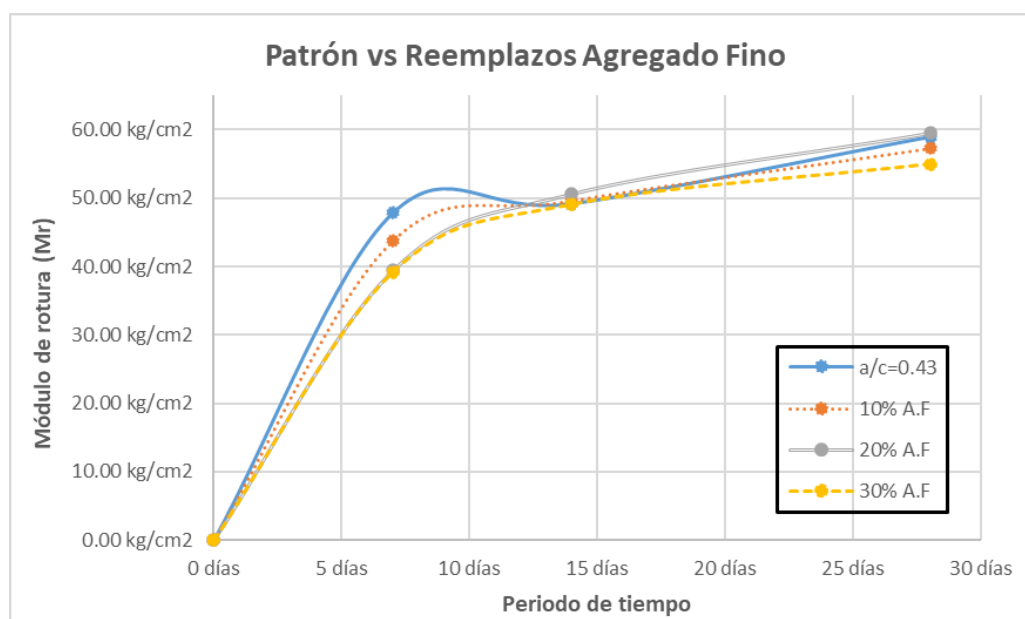


<b>30% REEMPLAZO A.F</b>	0 días	0 kg/cm²
	7 días	39 kg/cm²
	14 días	49 kg/cm²
	28 días	55 kg/cm²

**Elaboración propia**

#### 4.4.2.4. Resumen reemplazos agregado fino

Gráfico n° 4. 26. Resumen de curvas de resistencia a la flexión (Reemplazos A.F)

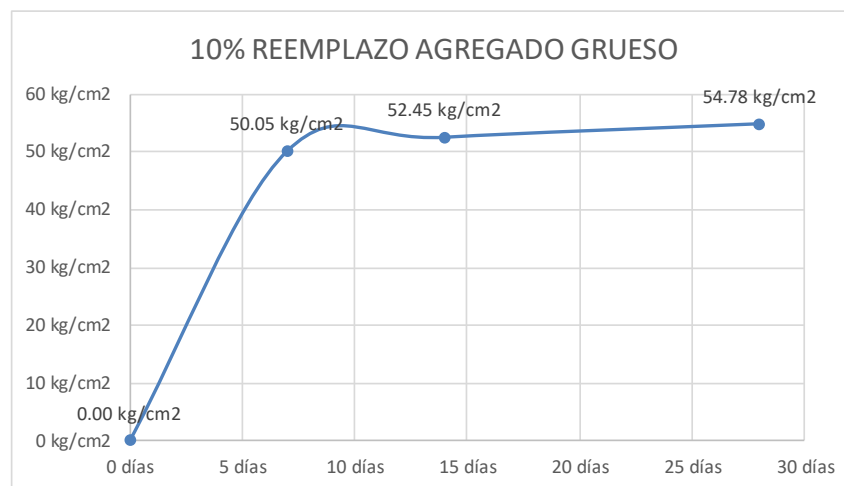


**Elaboración propia**

### 4.4.3. Reemplazos de agregado grueso

#### 4.4.3.1. Con 10% de reemplazo:

Gráfico n° 4. 27. Curva resistencia a la flexión vs días (10% reemplazo A.G)

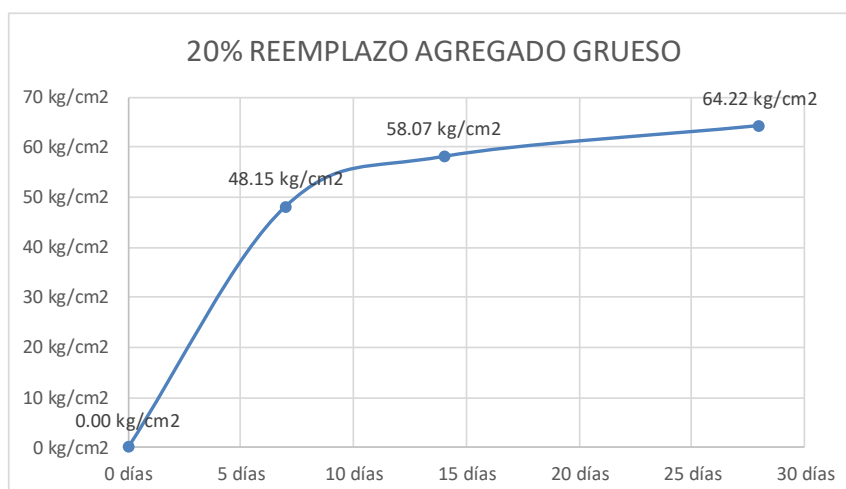


<b>10% REEMPLAZO A.G</b>	0 días	0 kg/cm <sup>2</sup>
	7 días	50 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	52 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	55 kg/cm <sup>2</sup>

Elaboración propia

#### 4.4.3.2. Con 20% de reemplazo:

Gráfico n° 4. 28. Curva resistencia a la flexión vs días (20% reemplazo A.G)

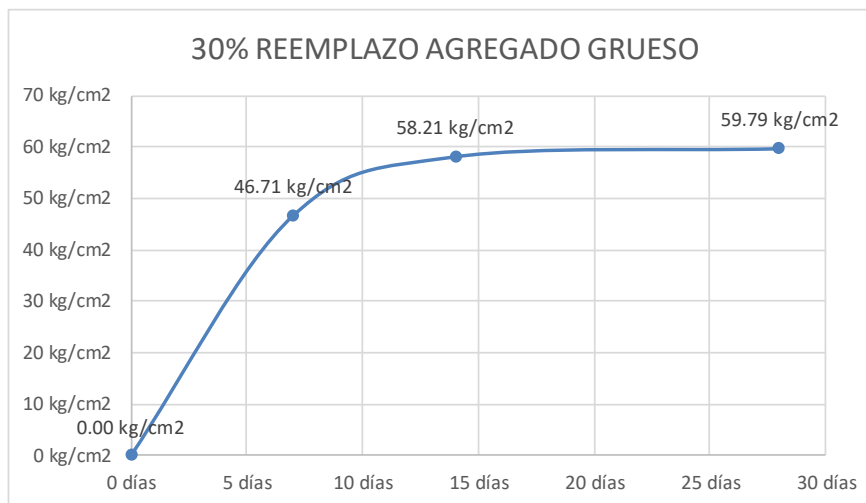


<b>20% REEMPLAZO A.G</b>	0 días	0 kg/cm <sup>2</sup>
	7 días	48 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	58 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	64 kg/cm <sup>2</sup>

Elaboración propia

#### 4.4.3.3. Con 30% de reemplazo:

Gráfico n° 4. 29. Curva resistencia a la flexión vs días (30% reemplazo A.G)

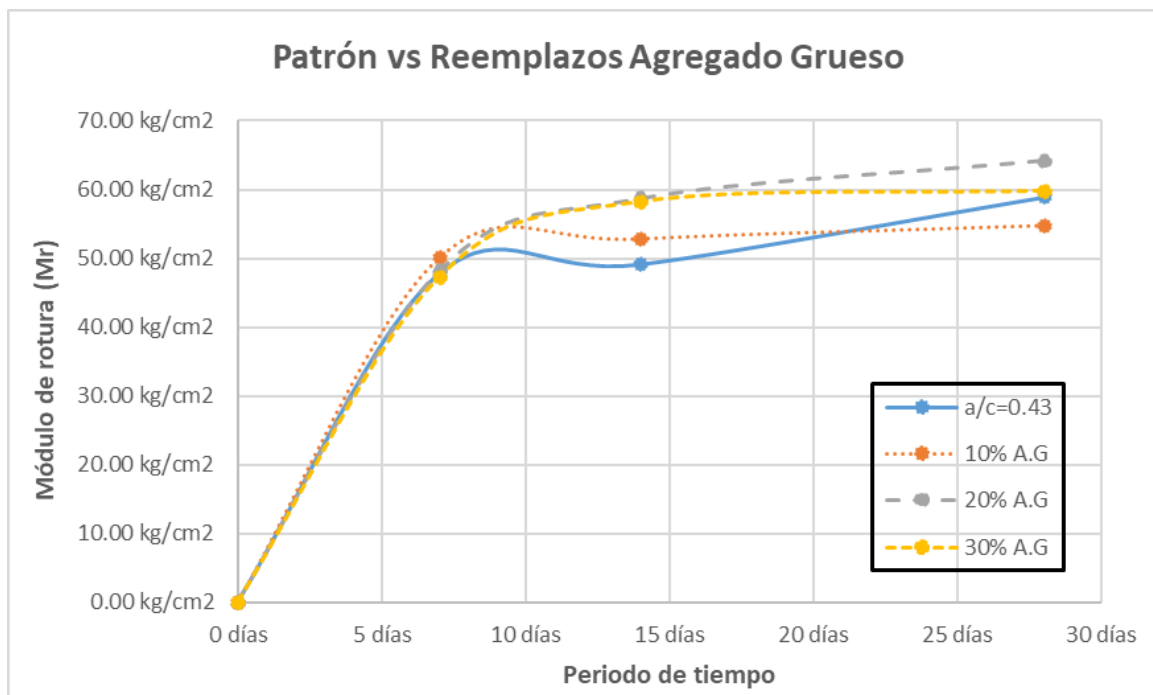


<b>30% REEMPLAZO A.G</b>	0 días	0 kg/cm²
	7 días	47 kg/cm²
	14 días	58 kg/cm²
	28 días	60 kg/cm²

Elaboración propia

#### 4.4.3.4. Resumen reemplazos agregado grueso

Gráfico n° 4. 30. Resumen de curvas de resistencia a la flexión (Reemplazos A.G)



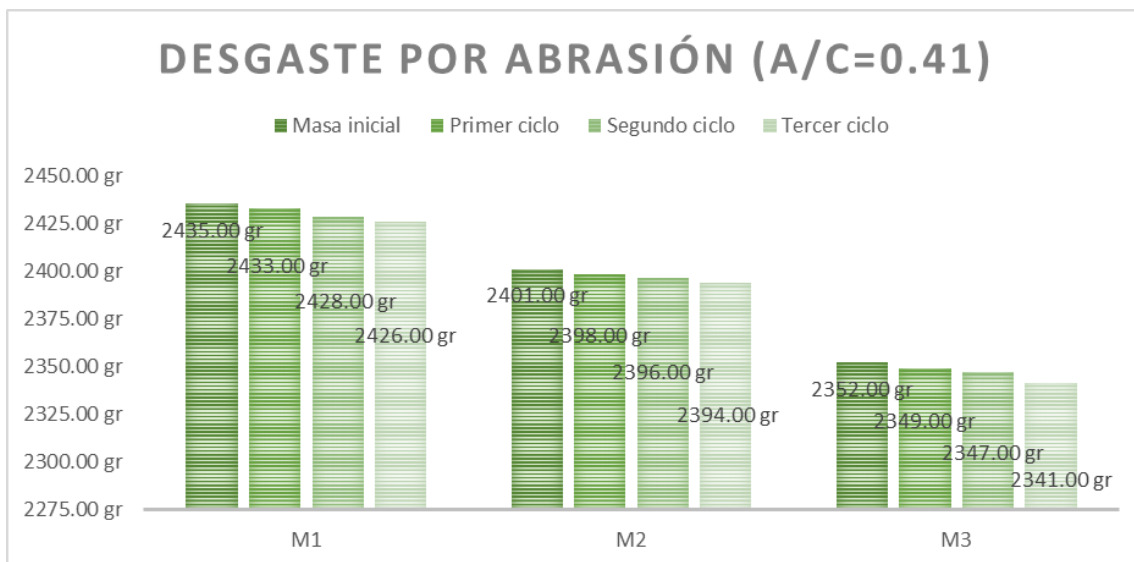
Elaboración propia

## 4.5. Ensayo de abrasión por rodillo giratorio

### 4.5.1. Muestras patrón

#### 4.5.1.1. Relación $A/C=0.41$

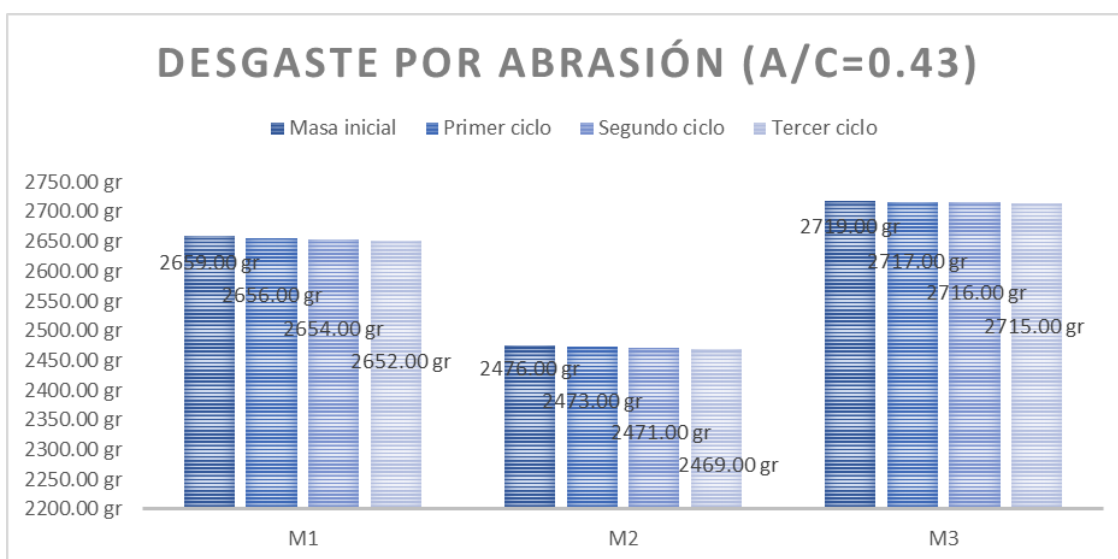
Gráfico n° 4. 31. Variación del peso por ciclo de desgaste ( $a/c=0.41$ )



Elaboración propia

#### 4.5.1.2. Relación $A/C=0.43$

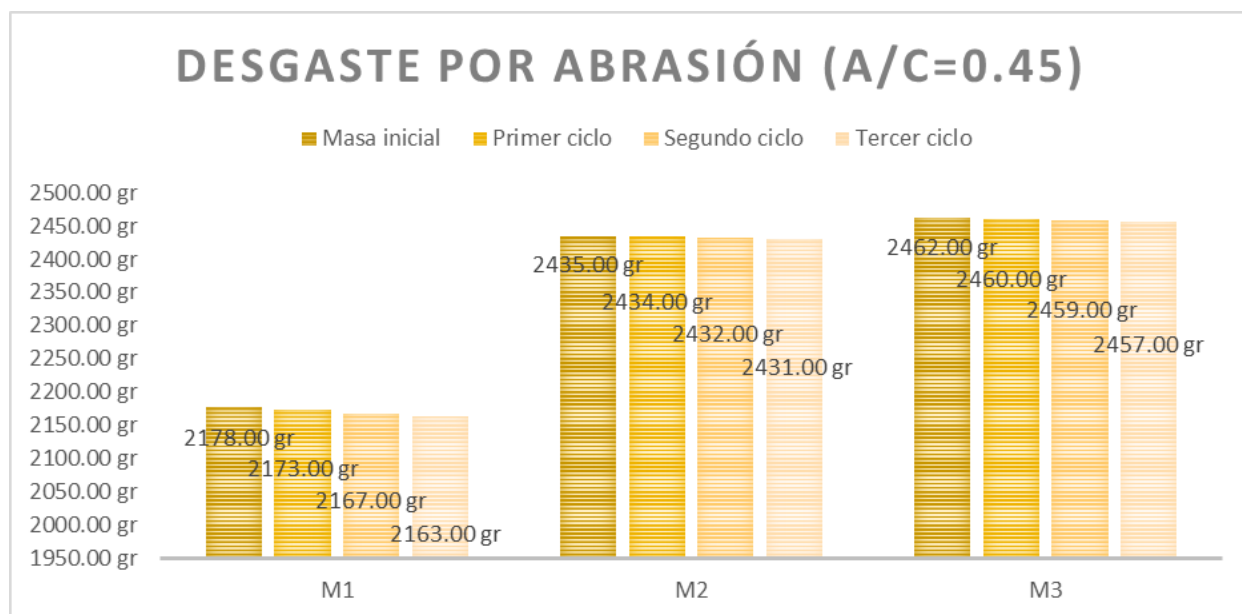
Gráfico n° 4. 32. Variación del peso por ciclo de desgaste ( $a/c=0.43$ )



Elaboración propia

#### 4.5.1.3. Relación $A/C=0.45$

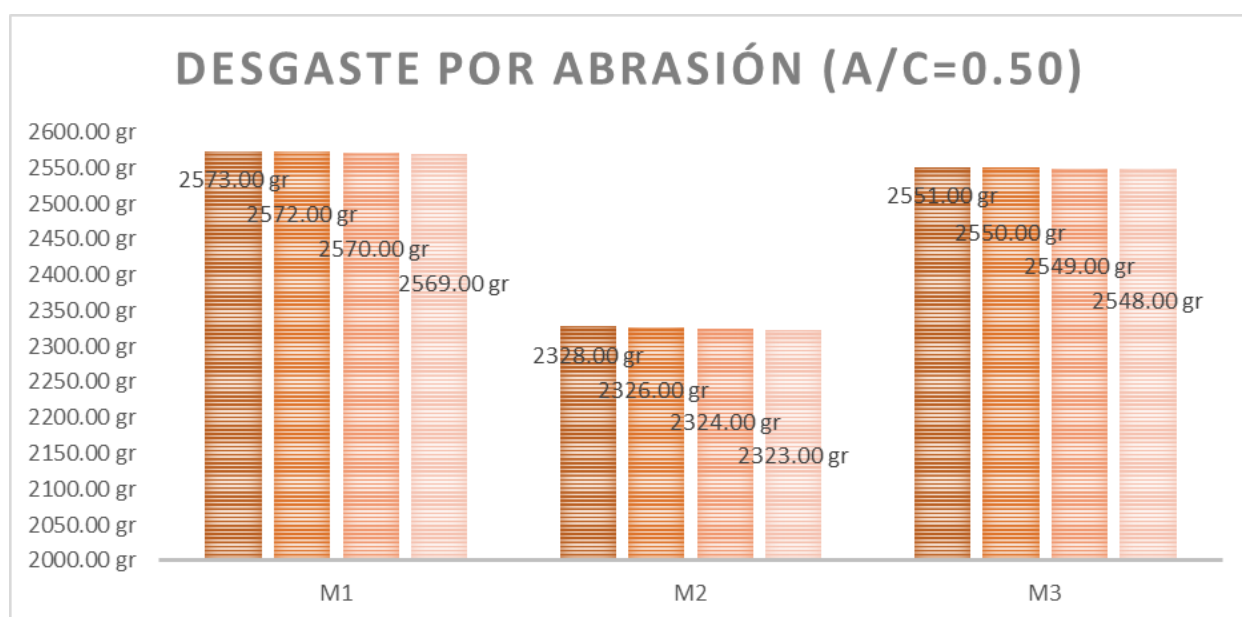
Gráfico n° 4. 33. Variación del peso por ciclo de desgaste ( $a/c=0.45$ )



Elaboración propia

#### 4.5.1.4. Relación $A/C=0.50$

Gráfico n° 4. 34. Variación del peso por ciclo de desgaste ( $a/c=0.50$ )

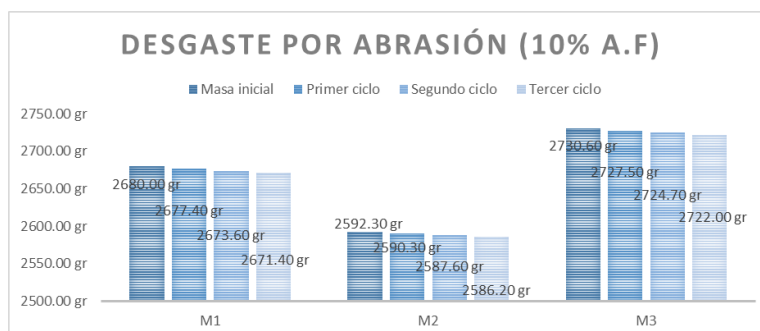


Elaboración propia

## 4.5.2. Reemplazos agregado fino

### 4.5.2.1. Con 10% de reemplazo:

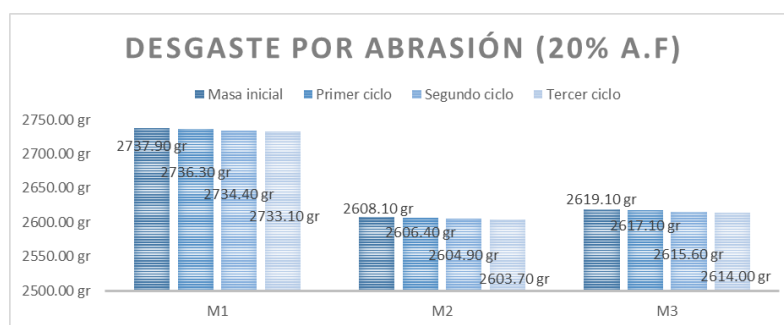
Gráfico n° 4. 35. Variación del peso por ciclo de desgaste (10% A.F)



Elaboración propia

### 4.5.2.2. Con 20% de reemplazo:

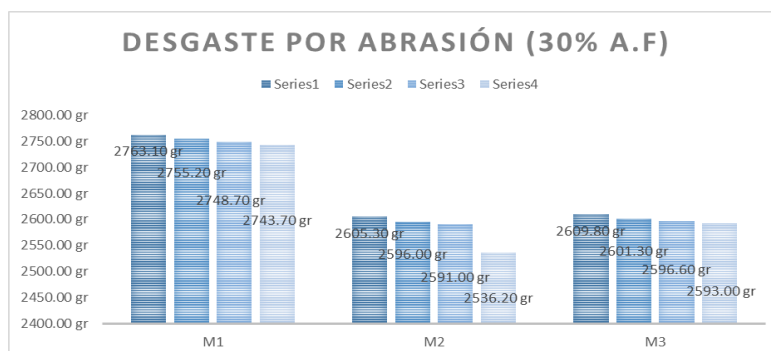
Gráfico n° 4. 36. Variación del peso por ciclo de desgaste (20% A.F)



Elaboración propia

### 4.5.2.3. Con 30% de reemplazo:

Gráfico n° 4. 37. Variación del peso por ciclo de desgaste (30% A.F)

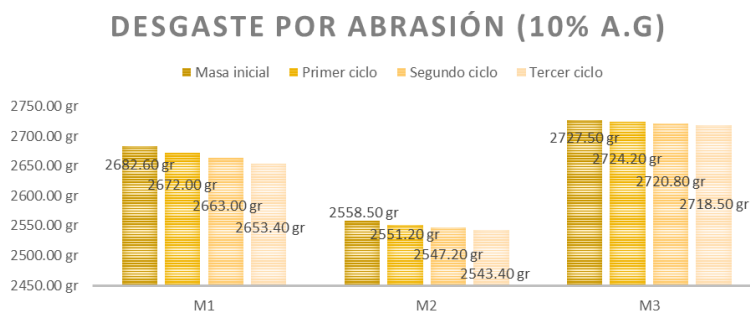


Elaboración propia

### 4.5.3. Reemplazos agreado grueso

#### 4.5.3.1. Con 10% de reemplazo:

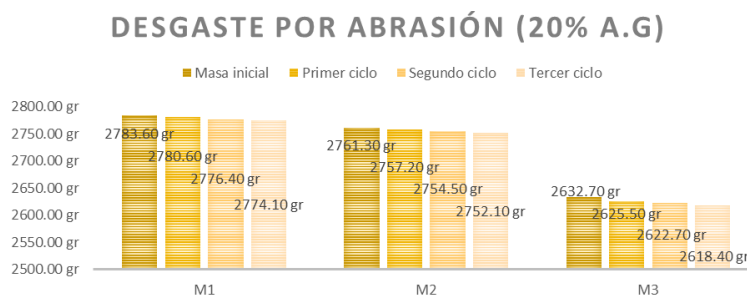
**Gráfico n° 4. 38. Variación del peso por ciclo de desgaste (10% A.G)**



Elaboración propia

#### 4.5.3.2. Con 20% de reemplazo:

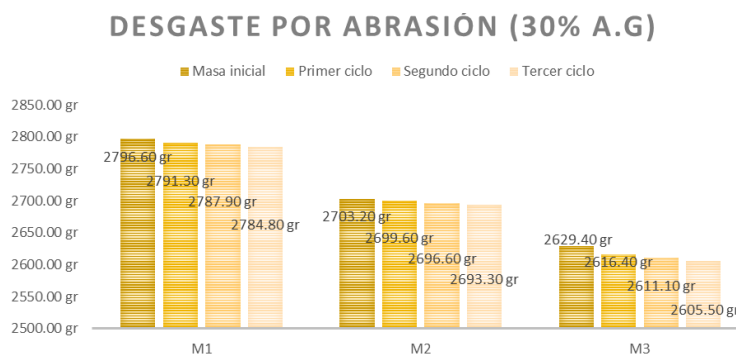
**Gráfico n° 4. 39. Variación del peso por ciclo de desgaste (20% A.G)**



Elaboración propia

#### 4.5.3.3. Con 30% de reemplazo:

**Gráfico n° 4. 40. Variación del peso por ciclo de desgaste (30% A.G)**

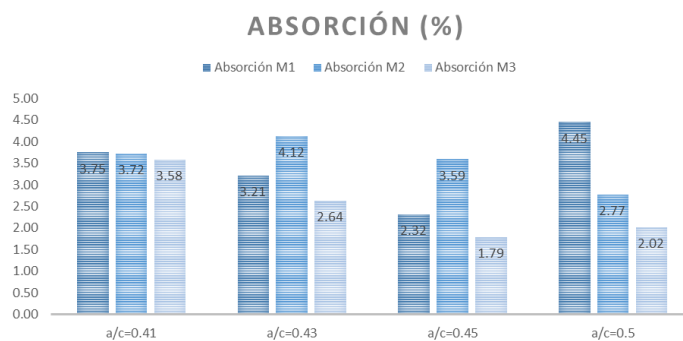


Elaboración propia

## 4.6. Absorción

### 4.6.1. Muestras patrón

Gráfico n° 4. 41. Variación de la absorción de las muestras patrón

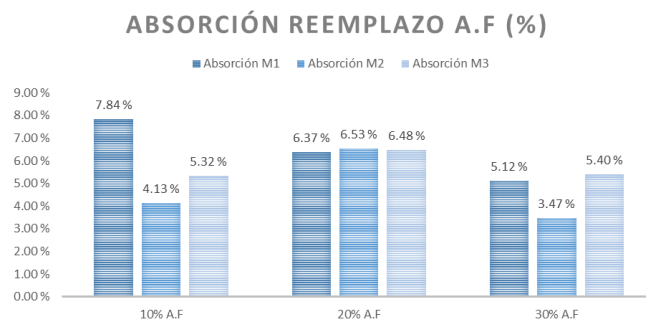


Elaboración propia

### 4.6.2. Muestras con reemplazo

#### 4.6.2.1. Reemplazos agregado fino

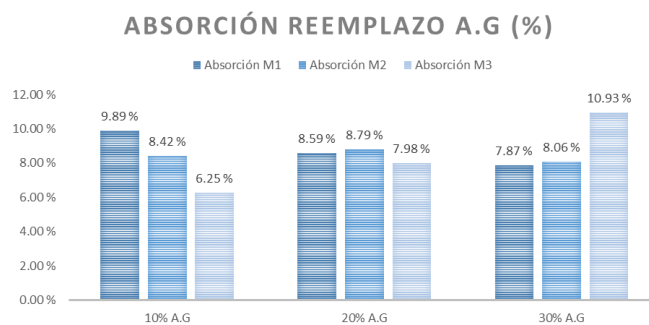
Gráfico n° 4. 42. Variación de la absorción de las muestras con reemplazo A.F



Elaboración propia

#### 4.6.2.2. Reemplazos agregado grueso

Gráfico n° 4. 43. Variación de la absorción de las muestras con reemplazo A.G

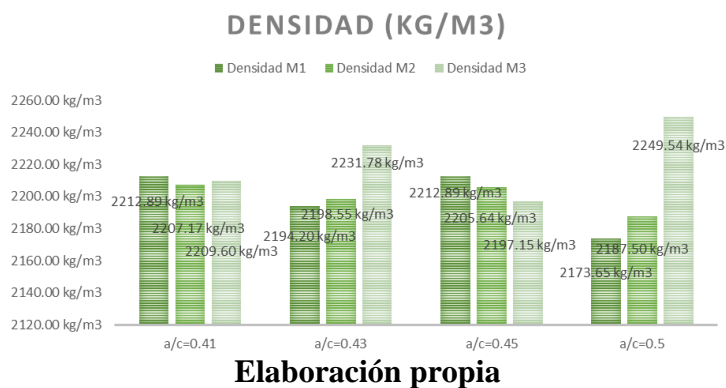


Elaboración propia

## 4.7. Densidad

### 4.7.1. Muestras patrón

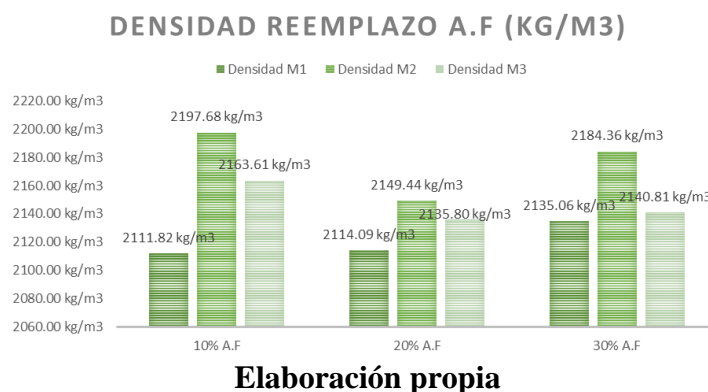
**Gráfico n° 4. 44. Variación de la densidad de las muestras patrón**



### 4.7.2. Muestras con reemplazo

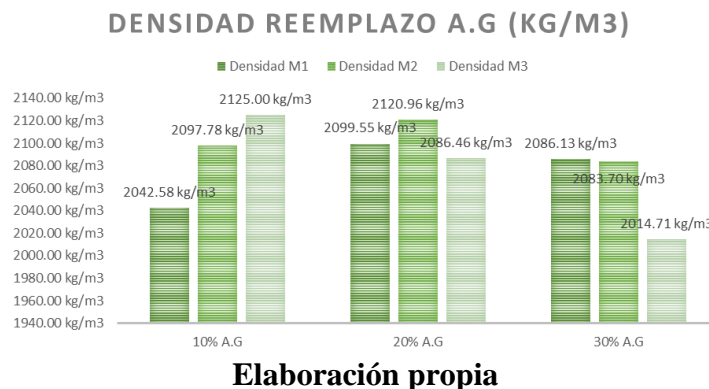
#### 4.7.2.1. Reemplazos agregado fino

**Gráfico n° 4. 45. Variación de la densidad de las muestras con reemplazo A.F**



#### 4.7.2.2. Reemplazos agregado grueso

**Gráfico n° 4. 46. Variación de la densidad de las muestras con reemplazo A.G**

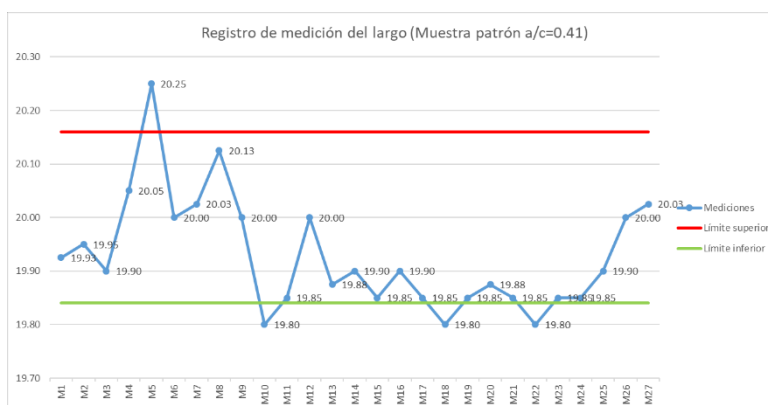


## 4.8. Variación dimensional

### 4.8.1. Muestras patrón

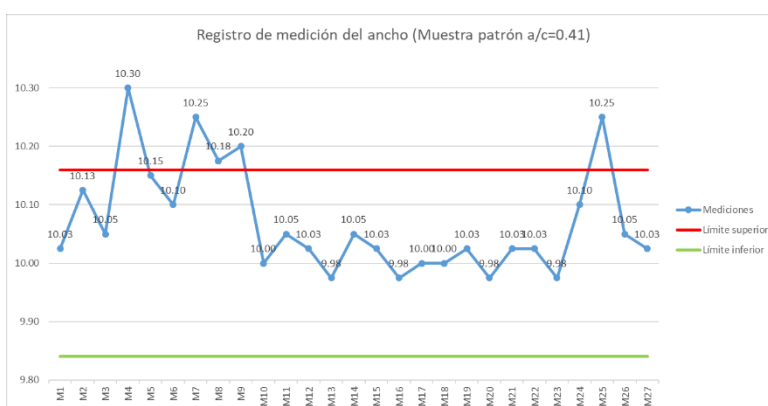
#### 4.8.1.1. Relación A/C=0.41

**Gráfico n° 4. 47. Variación dimensional (Largo) a/c=0.41**



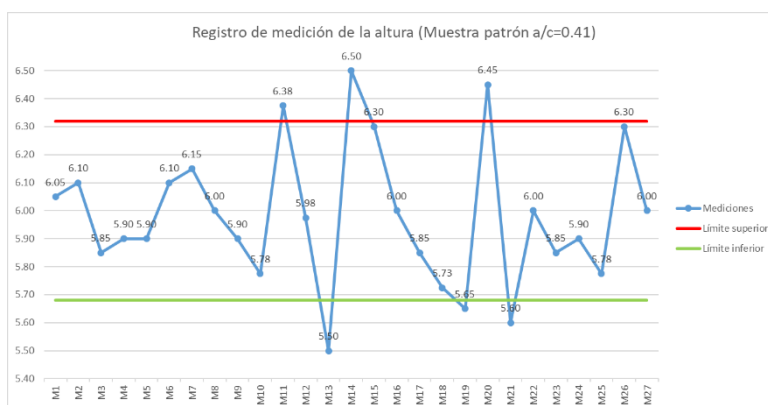
Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 48. Variación dimensional (Ancho) a/c=0.41**



Elaboración propia

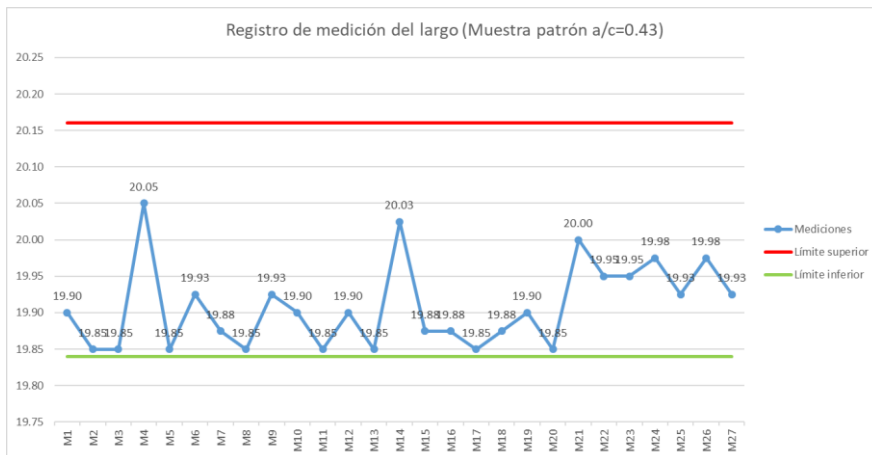
**Gráfico n° 4. 49. Variación dimensional (Altura) a/c=0.41**



Elaboración propia

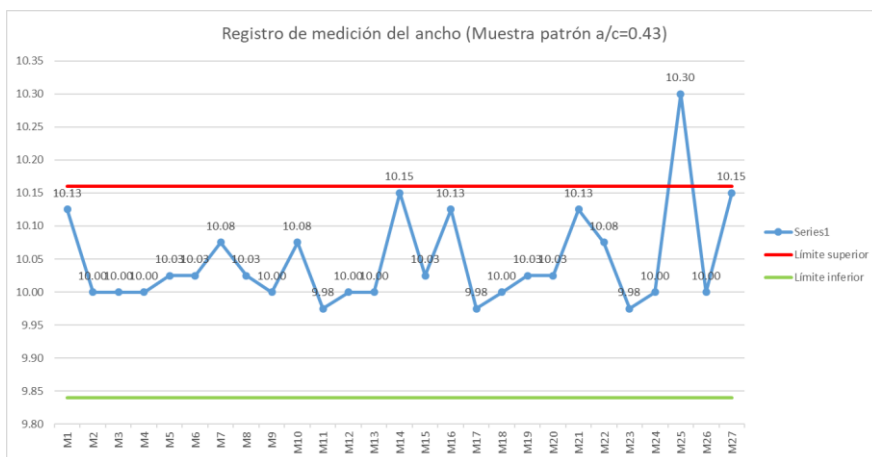
4.8.1.2. Relación A/C=0.43

**Gráfico n° 4. 50. Variación dimensional (Largo) a/c=0.43**



Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 51. Variación dimensional (Ancho) a/c=0.43**



Elaboración propia

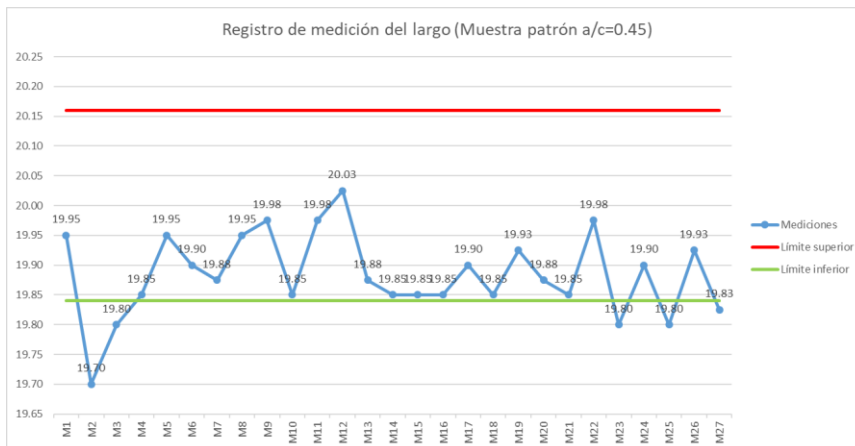
**Gráfico n° 4. 52. Variación dimensional (Altura) a/c=0.43**



Elaboración propia

4.8.1.3. Relación A/C=0.45

**Gráfico n° 4. 53. Variación dimensional (Largo) a/c=0.45**



Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 54. Variación dimensional (Ancho) a/c=0.45**



Elaboración propia

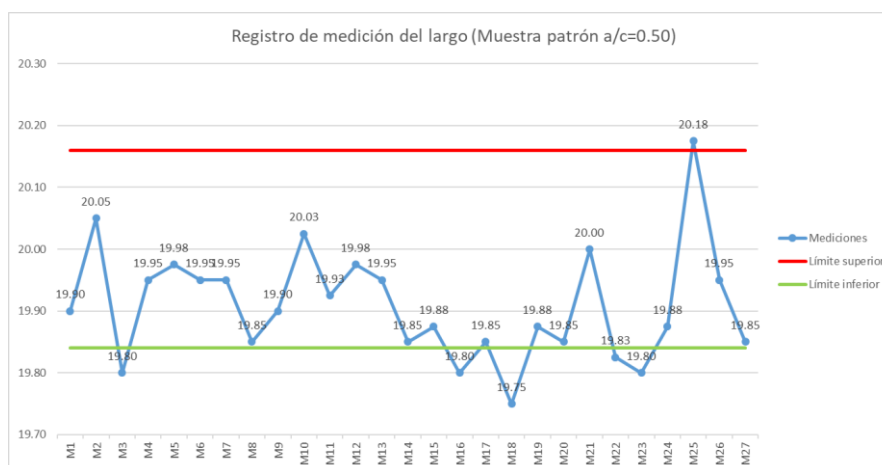
**Gráfico n° 4. 55. Variación dimensional (Altura) a/c=0.45**



Elaboración propia

#### 4.8.1.4. Relación A/C=0.50

**Gráfico n° 4. 56. Variación dimensional (Largo) a/c=0.50**



Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 57. Variación dimensional (Ancho) a/c=0.50**



Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 58. Variación dimensional (Altura) a/c=0.50**



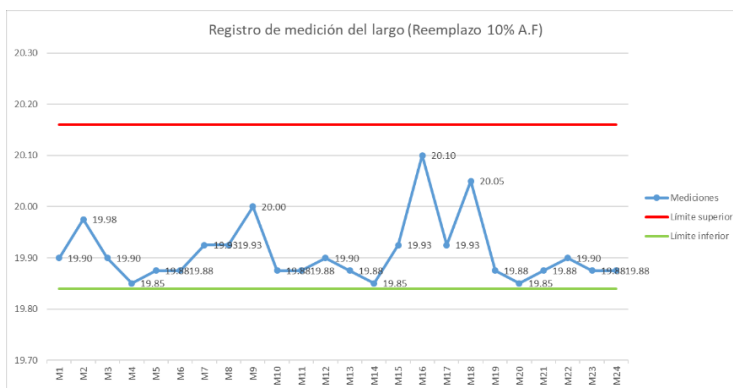
Elaboración propia

## 4.8.2. Muestras con reemplazos

### 4.8.2.1. Reemplazos agregado fino

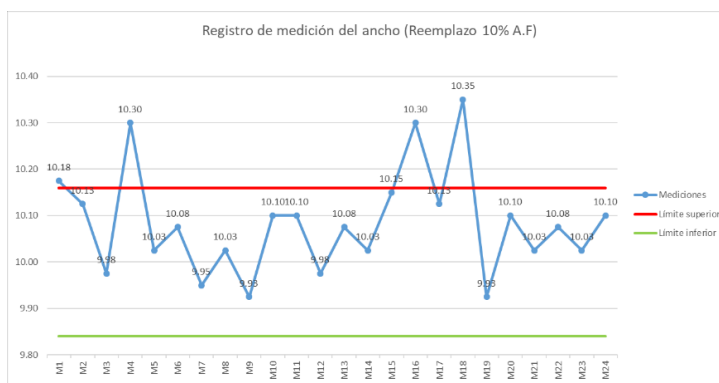
#### 4.8.2.1.1. Con 10% reemplazo

**Gráfico n° 4. 59. Variación dimensional (Largo) 10% A.F**



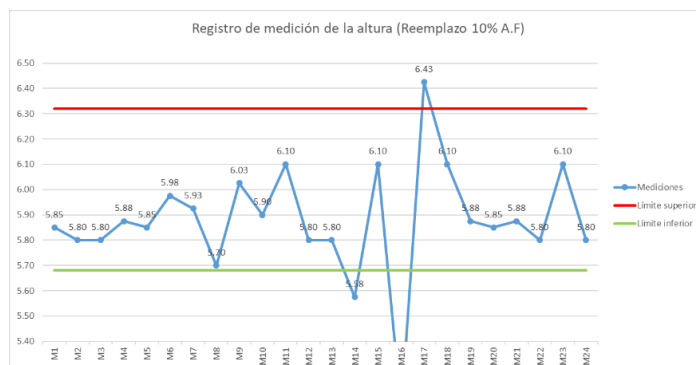
Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 60. Variación dimensional (Ancho) 10% A.F**



Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 61. Variación dimensional (Altura) 10% A.F**



Elaboración propia

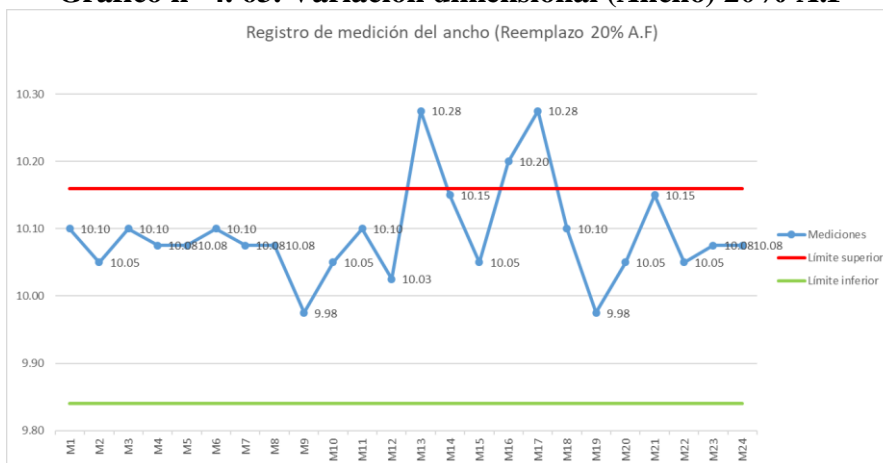
4.8.2.1.2. Con 20% reemplazo

**Gráfico n° 4. 62. Variación dimensional (Largo) 20% A.F**



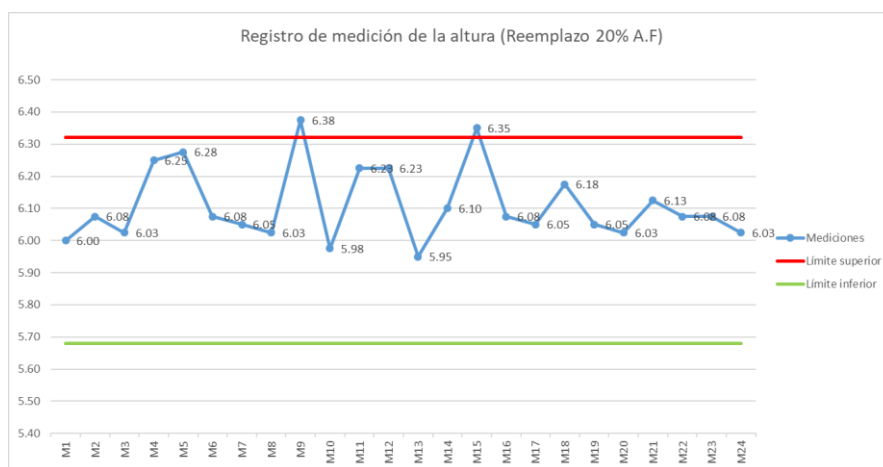
Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 63. Variación dimensional (Ancho) 20% A.F**



Elaboración propia

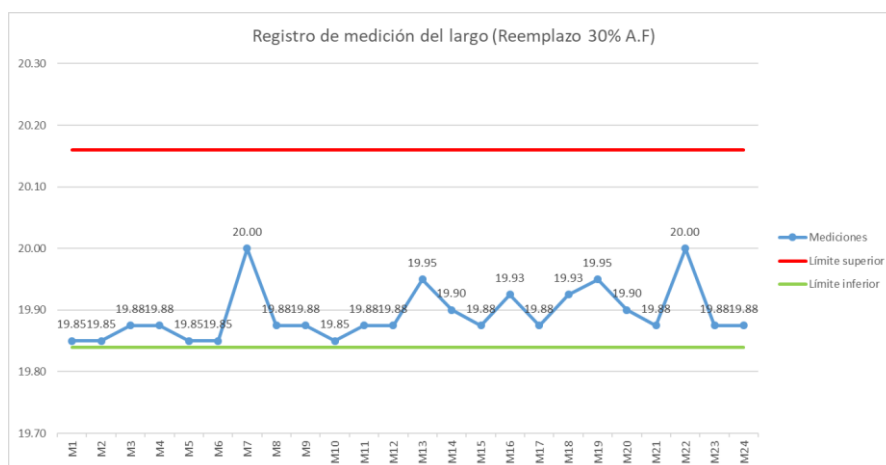
**Gráfico n° 4. 64. Variación dimensional (Altura) 20% A.F**



Elaboración propia

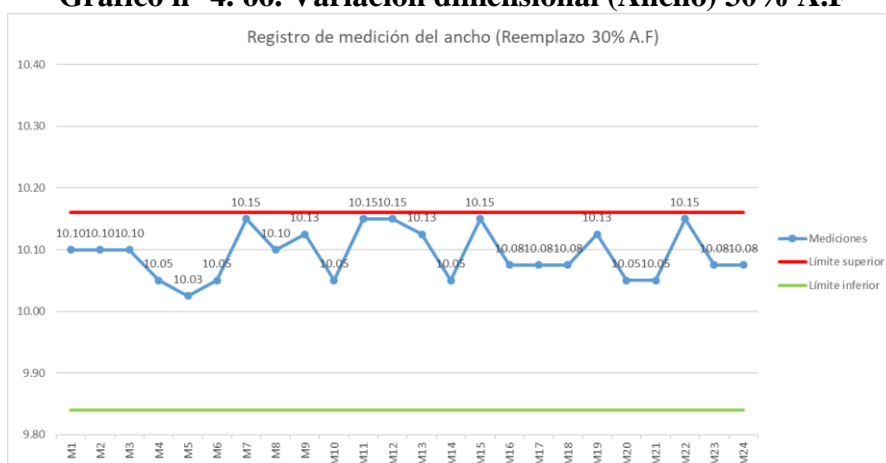
### 4.8.2.1.3. Con 30% reemplazo

**Gráfico n° 4. 65. Variación dimensional (Largo) 30% A.F**



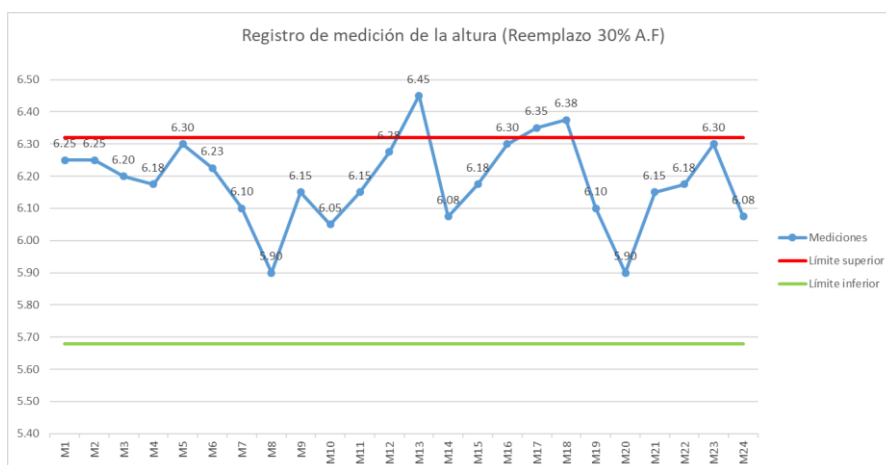
Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 66. Variación dimensional (Ancho) 30% A.F**



Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 67. Variación dimensional (Altura) 30% A.F**

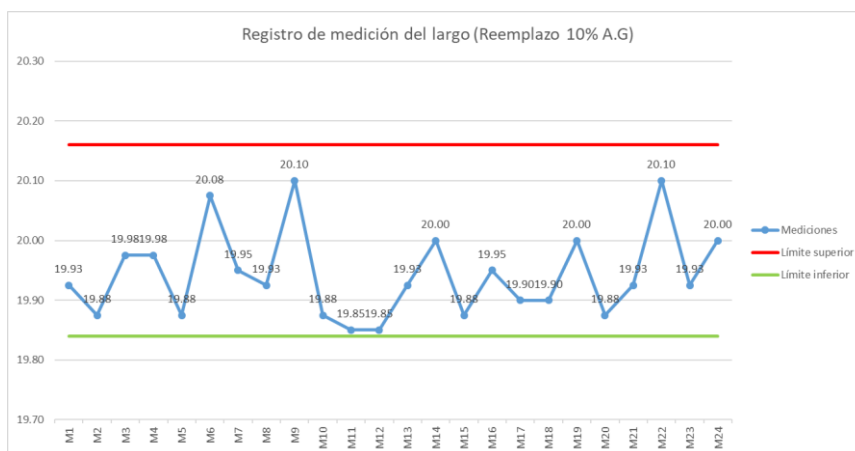


Elaboración propia

### 4.8.2.2. Reemplazos agregado grueso

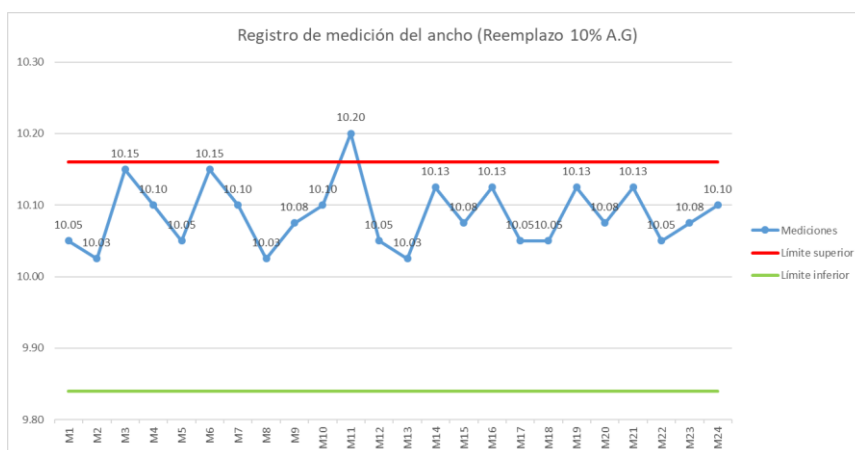
#### 4.8.2.2.1. Con 10% reemplazo

**Gráfico n° 4. 68. Variación dimensional (Largo) 10% A.G**



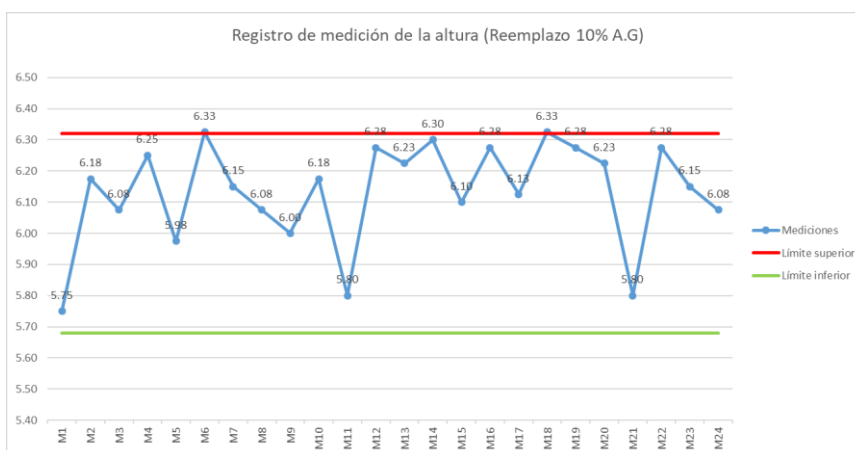
Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 69. Variación dimensional (Ancho) 10% A.G.**



Elaboración propia

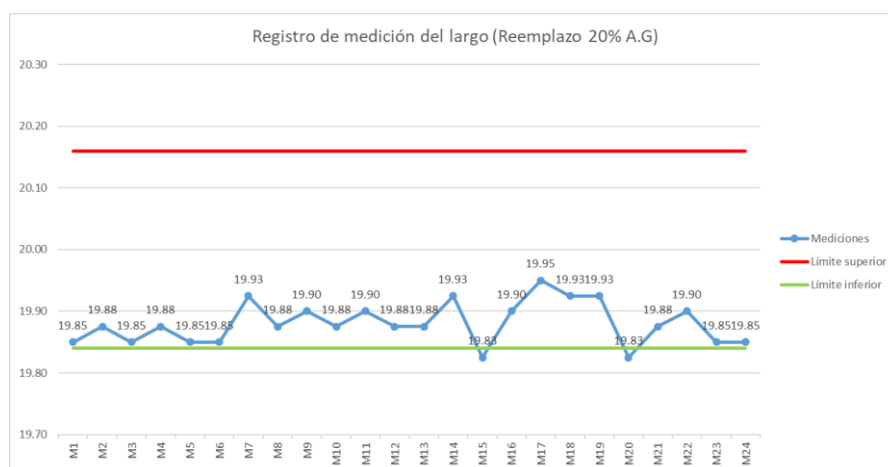
**Gráfico n° 4. 70. Variación dimensional (Altura) 10% A.G.**



Elaboración propia

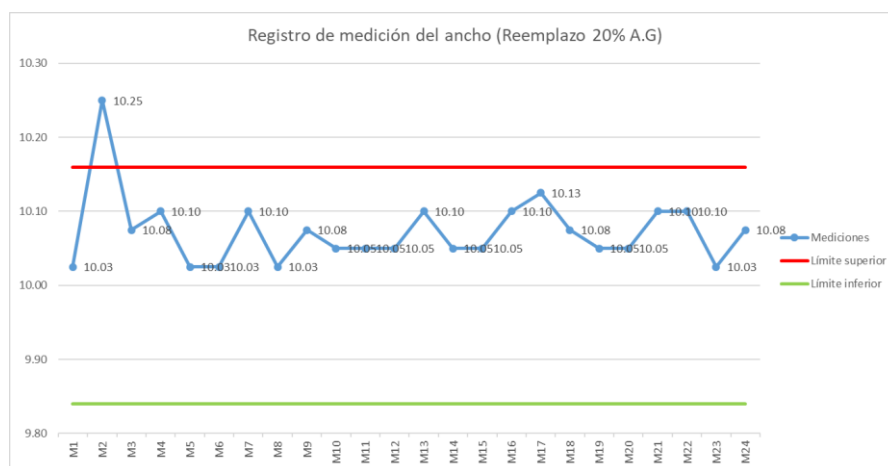
#### 4.8.2.2.2. Con 20% reemplazo

**Gráfico n° 4. 71. Variación dimensional (Largo) 20% A.G**



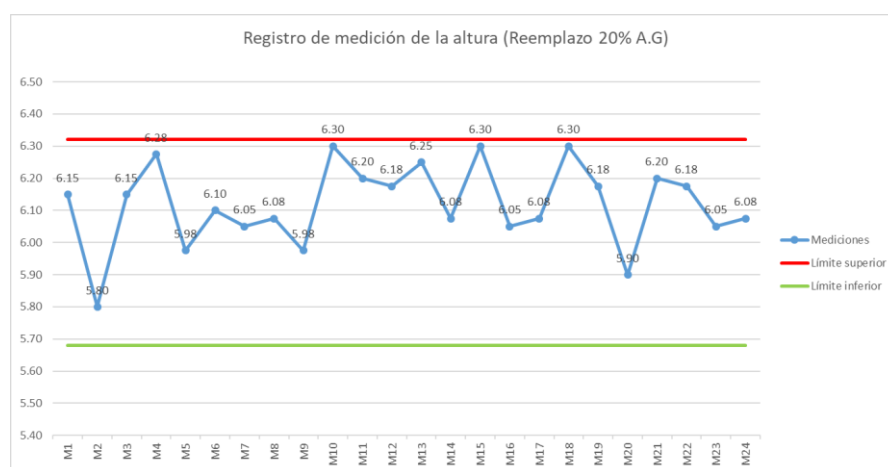
Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 72. Variación dimensional (Ancho) 20% A.G**



Elaboración propia

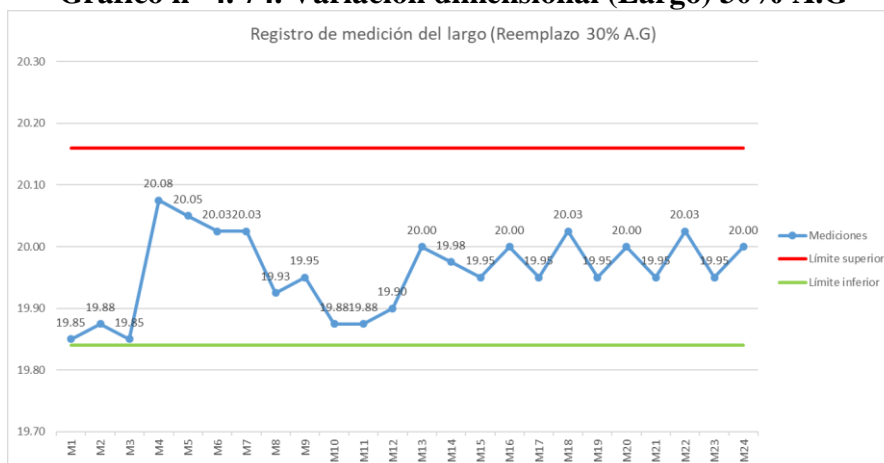
**Gráfico n° 4. 73. Variación dimensional (Altura) 20% A.G**



Elaboración propia

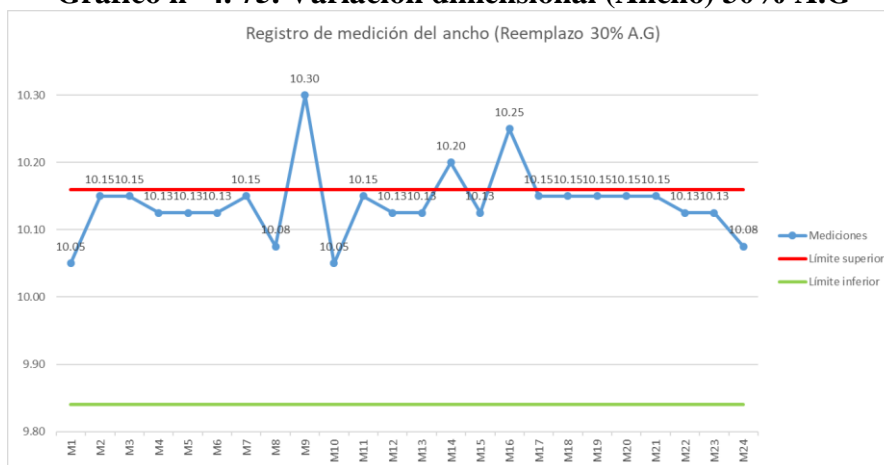
4.8.2.2.3. Con 30% reemplazo

**Gráfico n° 4. 74. Variación dimensional (Largo) 30% A.G**



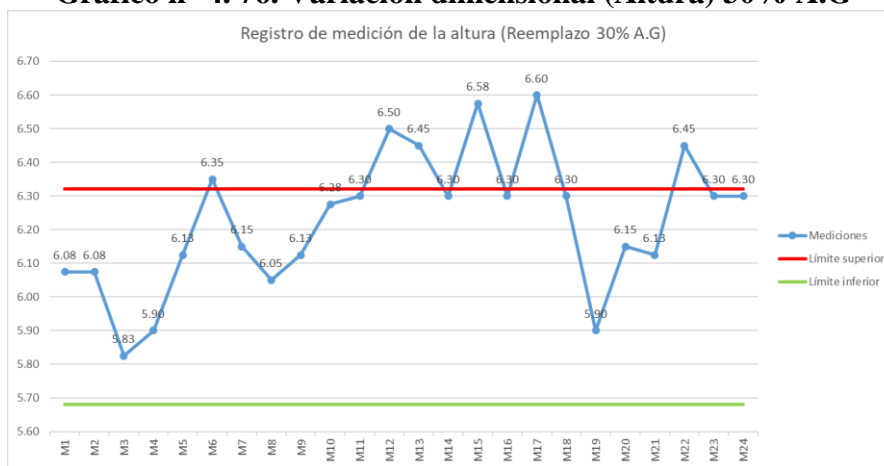
Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 75. Variación dimensional (Ancho) 30% A.G**



Elaboración propia

**Gráfico n° 4. 76. Variación dimensional (Altura) 30% A.G**



Elaboración propia

## V. Discusión

### 5.1. Propiedades de los Agregados pétreos vs. Agregados reciclados

#### A. Agregados finos (reciclado y natural)

##### GRANULOMETRÍA

Para empezar el agregado fino es de procedencia natural, es una arena procedente de la cantera La Victoria, ubicada en Pátapo, al momento de realizarse la granulometría, el ensayo determinó que se encontraba dentro de los límites aceptables, establecidos por la NTP 400.037, además su M.F fue de 3.103, que de igual manera se encuentra dentro de los rangos permisibles. En el agregado fino existen 2 factores muy importantes a considerar: el módulo de fineza y la gradación o continuidad en los tamaños. La teoría y algunas investigaciones acerca de la influencia de la naturaleza y características del agregado sobre el concreto, determinan que arenas con un módulo de fineza superior al 3.1, ya hablamos de arenas gruesas que podrían reducir la trabajabilidad de la mezcla.

Por otra parte, con respecto al material reciclado, se realizaron 6 ensayos diferentes de granulometría y como resultado se obtuvieron curvas granulométricas muy similares a nuestra arena natural. Además, poseían un módulo de fineza bastante similar al agregado fino convencional. En relación a su módulo de fineza según los ensayos realizados, oscilan entre 2.9-3.1, una arena bastante gruesa.

**Tabla n° 5. 1. Comparación entre los M.F del agregado fino reciclado y el natural**

Muestra	M.F
Natural	3.103
M1	3.088
M2	3.227
M3	3.116
M4	2.939
M5	3.129
M6	3.029

Elaboración propia

## CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

En cuanto a la humedad del agregado, es una propiedad importante en conjunto con la absorción, para determinar el agua efectiva. En los áridos existen vacíos, los cuales están expuestos constantemente a la intemperie y la humedad en su estado natural. En nuestro caso, nuestra arena por tener una procedente de río, se esperaba tener una humedad alta, sin embargo, la arena es presentó  $W=0.505\%$ , producto del promedio de 3 muestras para darle un poco de confiabilidad al ensayo. Por otro lado, con respecto al agregado reciclado, el contenido de humedad de las 6 muestras ensayadas, resultaron en valores un poco más altos que el mencionado anteriormente, que debe ser producto del almacenamiento en sacos, que evita contacto que se ponga en contacto con la intemperie y le impide de cierta de manera la evaporación de su humedad natural, y se tuvo como promedio de un  $H=1.160\%$ .

**Tabla n° 5. 2. Comparación entre los contenidos de humedad del agregado fino reciclado y el natural**

Muestra	Cont. Humedad
Natural	0.505 %
M1	1.265 %
M2	1.128 %
M3	1.092 %
M4	1.177 %
M5	0.983 %
M6	1.316 %

### Elaboración propia

En los resultados de la tabla se puede verificar que la humedad de una arena reciclada ronda entre 0.99 y 1.3 %.

## PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

El peso específico de nuestro agregado fue de  $2562 \text{ kg/m}^3$ . En cuanto a la absorción del agregado fino, como se mencionó anteriormente es importante para el diseño de mezclas, junto al contenido de humedad del agregado, pues ambos determinan el agua efectiva de mezcla, pues un elevado contenido de absorción le quitaría trabajabilidad a la muestra. El porcentaje de absorción fue de  $A=0.65 \%$ , un valor que no es muy alto, pero que deberíamos tomar en cuenta debido a que podría afectar en el mezclado de nuestras muestras.

Con respecto al agregado fino reciclado, el peso específico fue de un promedio de  $2462 \text{ kg/m}^3$ . En cuanto a la absorción del agregado fino, como se mencionó anteriormente es importante

para el diseño de mezclas, el concreto que se recicla si bien es cierto, de una u otra manera enriquecerá la mezcla y probablemente le otorgue un aumento en la resistencia a la compresión, es altamente poroso, lo cual resulta perjudicial en el tema de la trabajabilidad. Como se observa en la tabla, la variación de los pesos específicos no fue tan marcada, por lo que para el diseño se optó por el promedio.

**Tabla n° 5. 3. Comparación entre los pesos específicos y absorciones del agregado fino reciclado y el natural**

Muestra	P. Específico	Absorción
Natural	2562 kg/m <sup>3</sup>	0.65%
M1	2498 kg/m <sup>3</sup>	1.67 %
M2	2427 kg/m <sup>3</sup>	1.98 %
M3	2464 kg/m <sup>3</sup>	2.00 %
M4	2461 kg/m <sup>3</sup>	1.79 %
M5	2445 kg/m <sup>3</sup>	1.73 %
M6	2477 kg/m <sup>3</sup>	1.75 %
Promedio	<b>2462 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1.82 %</b>

Elaboración propia

De esta manera obtenemos los resultados que se han visualizado anteriormente, el valor de la absorción tiene cierto grado de variabilidad, debe ser debido a la naturaleza del material, una muestra difiere en cierto porcentaje de material, con respecto de la otra, por ejemplo, la muestra 1, debió tener un 20 o 30% más de cierto material poroso que alguna otra muestra; sin embargo, al igual que el caso anterior se optó por el promedio para realizar el diseño de mezclas.

Por otra parte, investigadores como Cárdenas y Hernández, reunieron en su investigación valores obtenidos sobre la absorción y el peso específico, obteniendo lo siguiente:

**Tabla n° 5. 4. Resultados de % absorción agregado fino reciclado obtenidos por otros investigadores**

Investigador	% absorción del agregado fino	
FERGUS	7.17	8.31
BEDOYA	1.26	5.35
HINCAPIÉ	6.84	-
MARTÍNEZ	6.03	-

Elaboración propia. Fuente: [47]

De acuerdo a los resultados que se observaron, y los obtenidos en esta investigación, se ve una tendencia de crecimiento con respecto a los agregados naturales, Cárdenas afirma que la gran variabilidad entre los distintos resultados en su estudio se debe en gran parte, en primer lugar, de la procedencia, debido a que las muestras recolectadas provienen de diferentes fuentes y lugares geográficos, porque Fergus elaboró su estudio en Estados Unidos, Bedoya en Colombia y Martínez en Hincapié en México. Por lo tanto, podemos concluir que la variabilidad se debe principalmente porque los agregados no son iguales en lugares distintos, adicionalmente se desconoce la naturaleza del material reciclado.

Con respecto al peso específico, se obtuvo que:

**Tabla n° 5. 5. Resultados de peso específico del agregado fino reciclado obtenidos por otros investigadores**

Investigador	Peso específico	
<b>FERGUS</b>	2.15	2.63
<b>BUCK</b>	2.36	-
<b>MENDOZA</b>	2.36	

Elaboración propia. **Fuente:** [47] y [48]

Para finalizar, los resultados obtenidos por investigadores como Fergus y Buck, nos demuestran que el valor promedio de una muestra reciclada se encuentra entre los 2150 kg/m<sup>3</sup> y los 2630 2150 kg/m<sup>3</sup>, rangos entre los cuales se encuentra el promedio de nuestro agregado.

### **PESO UNITARIO (SUELTO Y COMPACTADO)**

El peso unitario, es definido como el peso de un volumen determinado de material. Esta propiedad es de suma importancia en el tema de la cantidad de material a usar, pues mide el volumen que va a ocupar el agregado dentro de la mezcla de concreto. Tanto el peso unitario suelto como el compactado, son datos requeridos para determinar las proporciones de concreto por volumen. El P.U.S fue de 1403 kg/m<sup>3</sup>y el P.U.C fue de 1626 kg/m<sup>3</sup>. Por otro lado, con respecto a los ensayos realizados al material obtenido del reciclaje de residuos el P.U.S fue de 973 kg/m<sup>3</sup>y el P.U.C fue de 1698 kg/m<sup>3</sup>. Como se puede observar existe un considerable decrecimiento con respecto a la arena natural, lo cual indica que se necesitará menos material de esta naturaleza para un metro cúbico de concreto.

## **B. Agregados gruesos (reciclado y natural)**

### **GRANULOMETRÍA**

El agregado grueso, es una grava extraída de la cantera Tres Tomas, ubicada en Ferreñafe, al momento de realizarse la granulometría, se comprobó que se encontraba dentro de los límites aceptables, establecidos por la NTP 400.037 a través de los HUSOS granulométricos que han sido establecidos previamente por el ASTM. En el agregado grueso existe un factor muy importante a considerar: el tamaño máximo del agregado, para la elaboración de adoquines de adoquines, es fundamental tener una piedra de reducido tamaño, pues las dimensiones del mismo limitan bastante su tamaño. Para nuestro caso, el confitillo es un agregado teóricamente fino, producto de la trituración artificial de la piedra, cuya composición granulométrica se asemeja a la de una arena gruesa, por lo que la granulometría se ha realizado tomando tamices propios de un agregado fino (N°4, N°8, N° 16, N°30, N° 50 y N°100) para poder obtener una curva granulométrica de buen detalle.

Para el caso del confitillo reciclado, se adoptaron los mismos criterios de ensayo que para los agregados naturales y se realizaron 6 curvas granulométricas a diferentes muestras, y se obtuvo que la piedra reciclada poseía una gradación similar a la grava natural. Como la granulometría depende más de la distribución de la muestra y del chancado que se le dé, que, de su propia su naturaleza, se esperaba que adoptara una gradación similar al agregado natural.

### **CONTENIDO DE HUMEDAD**

Con respecto al contenido, ya se comentó antes su importancia para la determinación del agua efectiva de la mezcla, pues este aporta o quita agua dependiendo si el porcentaje es significativo. El resultado del ensayo fue que el agregado en promedio posee una humedad  $H\% = 0.209\%$ , un porcentaje considerablemente bajo, pues nuestro agregado es producto de una piedra chancada artificialmente y que se ha encontrado en su estado natural como una piedra over que ha sufrido un proceso de trituración y tamizado, a diferencia de nuestra arena. Para las 6 muestras se obtuvieron resultados cuyos valores se encuentran entre 1.20-1.50%. Algunos autores afirman que la humedad para los agregados naturales gruesos rara vez excede el 1% con valores normales entre 0 y 0.5%, la humedad para los agregados de concreto reciclado está en el rango de 0.5 a 3.5% con valores normales entre 2 y 3.5% y 1 y 1.5% para fracciones de 4 a 10 mm y de 10 a 20 mm, respectivamente.

**Tabla n° 5. 6. Comparación entre los contenidos de humedad del agregado grueso reciclado y el natural**

<b>Muestra</b>	<b>Cont. Humedad</b>
Natural	0.20%
M1	1.49 %
M2	1.51 %
M3	1.61 %
M4	1.56 %
M5	1.98 %
M6	1.18 %

**Elaboración propia**

### **PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN**

El peso específico nos permite clasificar a nuestro agregado como ligero, normal y pesado. Según la Portland Cement Association el peso específico de un agregado natural oscila entre los 2400 y 2900 kg/m<sup>3</sup>. Nuestro agregado grueso tiene un peso específico de 2577 kg/m<sup>3</sup>. Por otra parte, el porcentaje de absorción fue de  $A\% = 2.68\%$ , es un porcentaje de absorción bastante alto, que debe ser considerado a la hora del diseño de mezcla.

Los agregados gruesos reciclados presentan una variabilidad bastante considerable entre muestras, este material es considerablemente poroso, por lo que la variación entre muestras es evidente, a diferencia de los agregados finos reciclados.

**Tabla n° 5. 7. Comparación entre los pesos específicos y absorciones del agregado grueso reciclado y el natural.**

<b>Muestra</b>	<b>P. Específico</b>	<b>Absorción</b>
<b>Natural</b>	2577 kg/m <sup>3</sup>	2.68%
<b>M1</b>	2173 kg/m <sup>3</sup>	1.19 %
<b>M2</b>	2091 kg/m <sup>3</sup>	2.73 %
<b>M3</b>	2098 kg/m <sup>3</sup>	2.99 %
<b>M4</b>	2087 kg/m <sup>3</sup>	<b>4.10 %</b>
<b>M5</b>	2150 kg/m <sup>3</sup>	2.25 %
<b>M6</b>	2187 kg/m <sup>3</sup>	2.89 %
<b>Promedio</b>	<b>2131 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>2.69 %</b>

**Elaboración propia**

Nuevamente, citando a Cárdenas y Hernández, ellos no solamente hablan del agregado fino en sus investigaciones, exponen resultados de algunos investigadores respecto al porcentaje de absorción y el peso específico de los agregados gruesos reciclados:

<b>Tabla n° 5. 8. Resultados de % absorción agregado grueso reciclado obtenidos por otros investigadores</b>			<b>Tabla n° 5. 9. Resultados de peso específico del agregado grueso reciclado obtenidos por otros investigadores</b>		
<b>BUCK</b>	% absorción del agregado grueso		<b>Investigador</b>	Peso específico	
	4	4.3		<b>FERGUS</b>	2.31
<b>FERGUS</b>	3.9	-	2.11		-
	3.43	5	<b>BUCK</b>	2.43	2.44
8.36	-	2.52		-	
<b>BEDOYA</b>	8.34	-	Elaboración propia. <b>Fuente:</b> [47]		
<b>MARTÍNEZ</b>	2.62	-			

Elaboración propia. **Fuente:** [47] y [48]

De la misma manera que para el agregado fino reciclado, se observa un gran aumento del porcentaje de absorción debido a la naturaleza porosa del material, además los pesos específicos calculados en otras investigaciones son un poco mayores que las calculadas en este estudio, sin embargo, siguen siendo valores menores que los hallados en un agregado grueso natural.

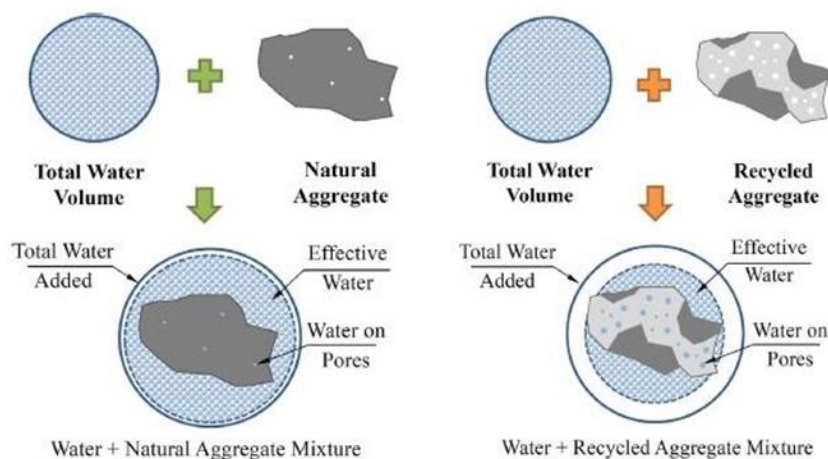
Los autores Laserna y Montero, durante sus investigaciones, encontraron un comportamiento bastante particular en los RCA (Recycled Concrete Aggregates) que son equivalentes a los agregados provenientes del reciclaje de concreto. Ellos afirman que la gran diferencia que marca entre estos agregados y los que comúnmente utilizamos es la gran porosidad que tienen estos, debido al mortero restante que se quedó pegado a los antiguos agregados del concreto original que afectan directamente a las características del agregado como la absorción, la densidad y, por ende, las propiedades mecánicas del concreto.

El fenómeno de la gran absorción que presenta afecta de manera directa al volumen de agua para la mezcla y por ende a la relación a/c, puesto que para obtener una buena trabajabilidad se va a necesitar un poco del agua requerida. Dentro de sus investigaciones, afirman que muchos autores han concluido que para concretos elaborados con esta clase de agregados se necesita entre 10-15% más de agua para garantizar la trabajabilidad, sin embargo para esta investigación esta estimación se realizó dentro del diseño de mezclas en el cálculo del agua efectiva,

considerando tanto la gran absorción que posee el agregado reciclado como humedad que se encontraba en sus poros, de este modo se aseguró mantener la relación agua cemento y la trabajabilidad de la mezcla.

En la siguiente imagen, se puede ver cómo es que responde el agregado reciclado frente a la presencia de agua.

**Figura n° 5. 1. Dinámica del agua efectiva en un agregado reciclado y uno normal**



**Fuente: J. Montero y S. Lasrna. 2017**

### **PESO UNITARIO (SUELTO Y COMPACTADO)**

El peso unitario, es definido como el peso de un volumen determinado de material. Esta propiedad es de suma importancia en el tema de la cantidad de material a usar, pues mide el volumen que va a ocupar el agregado dentro de la mezcla de concreto. Tanto el peso unitario suelto como el compactado, son datos requeridos para determinar las proporciones de concreto por volumen. El P.U.S fue de  $1216 \text{ kg/m}^3$  y el P.U.C fue de  $1392 \text{ kg/m}^3$ . En el caso de la grava reciclado el P.U.S fue de  $1153 \text{ kg/m}^3$  y el P.U.C fue de  $1492 \text{ kg/m}^3$ . Con respecto al peso unitario compactado se ve un incremento en cuanto a su valor, lo cual significa que se necesita más material reciclado para completar  $1 \text{ m}^3$  de concreto; durante los ensayos de este material se notó un incremento del material que se debía de colocar con cada lectura, debido a que es un material frágil y altamente desgastable, debido a las micro fisuras internas que debe tener este material, por ello con cada compactación el tamaño del material se iba reduciendo y por tanto, incrementando el volumen que debería ocupar para completar una unidad de concreto.

## 5.2. Influencia del reemplazo de los agregados pétreos por agregado reciclado en las propiedades físicas y mecánicas del adoquín

### A. ENSAYO DE COMPRESIÓN

#### REEMPLAZOS DE AGREGADO FINO

Para los adoquines de concreto que se elaboraron reemplazando un porcentaje del volumen del agregado fino por arena reciclada se pudieron observar los siguientes comportamientos:

- Durante los primeros 7 días, todos los reemplazos mostraron un crecimiento desde el 3% hasta casi el 13%, obteniéndose resistencias de 265 kg/cm<sup>2</sup> a 279 kg/cm<sup>2</sup>.
- Posteriormente los días restantes (14 y 28 días), todos los especímenes comenzaron a presentar reducciones en la resistencia desde 11% hasta un 30% de la resistencia por día que se encontró para la muestra patrón. Sin embargo, el reemplazo de 10% A.F aún se encuentra dentro de lo establecido en la norma con 442 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla n° 5. 10. Variación en porcentajes de las resistencias a la compresión según el reemplazo. (Agregado fino)**

Días	Patrón	10% A.F	Variación	20% A.F	Variación	30% A.F	Variación
7 días	257 kg/cm <sup>2</sup>	265 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 3.18 %	289 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 12.51 %	279 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 8.75 %
14 días	419 kg/cm <sup>2</sup>	370 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -11.64 %	329 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -21.37 %	315 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -24.76 %
28 días	488 kg/cm <sup>2</sup>	442 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -9.39 %	372 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -23.86 %	351 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -28.07 %

Elaboración propia

Con respecto a lo estipulado a la Norma Técnica Peruana 399.611 se puede evidenciar que el reemplazo de 10% A.F es el único que cumple con lo estipulado en la norma, por otra parte, los otros resultados demuestran reducciones hasta de un 30% de la resistencia.

**Tabla n° 5. 11. Resultados de compresión (reemplazos A.F) y NTP 399.611**

% reemplazo	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	P (kN)	P (kgf)	f'c (kgf/cm <sup>2</sup> )	NTP 399.611 (Unidad individual)	f'c prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	NTP 399.611 (Promedio)
10% A.F	169.38	763.95	77901.22	459.92	CUMPLE	442.45	CUMPLE
	170.80	705.02	71892.03	420.92	CUMPLE		
	169.58	742.55	75719.03	446.52	CUMPLE		
20% A.F	172.65	624.21	63651.71	368.67	NO CUMPLE	371.80	NO CUMPLE
	171.74	674.32	68761.50	400.37	CUMPLE		
	170.08	577.68	58906.97	346.36	NO CUMPLE		
30% A.F	173.85	615.77	62791.07	361.18	NO CUMPLE	351.23	NO CUMPLE
	171.76	513.07	52318.58	304.60	NO CUMPLE		
	172.23	655.19	66810.79	387.91	CUMPLE		

Elaboración propia

## REEMPLAZOS DE AGREGADO GRUESO

Para los adoquines de concreto que se elaboraron reemplazando un porcentaje del volumen del agregado grueso por confitillo reciclado se pudieron observar los siguientes comportamientos:

- Durante los primeros 7 días, los reemplazos del 10% y 20% mostraron una reducción de la resistencia a la compresión desde casi un 1% hasta un 3%, obteniéndose resistencias de 247 kg/cm<sup>2</sup> a 256 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, los resultados obtenidos con un 30% de reemplazo difieren con los resultados anteriores, puesto que se ve un incremento de casi un 16%.
- Posteriormente los días restantes (14 y 28 días), todos los especímenes comenzaron a presentar reducciones en la resistencia desde 16% hasta un 33% de la resistencia, siendo este último el valor más desfavorable y perteneciente al 30% A.F, quien en los primeros días mostró un buen resultado.

**Tabla n° 5. 12. Variación en porcentajes de las resistencias a la compresión según el reemplazo. (Agregado grueso)**

Días	Patrón	10% A.G	Variación	20% A.G	Variación	30% A.G	Variación
7 días	257 kg/cm <sup>2</sup>	247 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -3.88 %	256 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -0.49 %	298 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 15.86 %
14 días	419 kg/cm <sup>2</sup>	351 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -16.06 %	324 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -22.62 %	280 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -33.08 %
28 días	488 kg/cm <sup>2</sup>	353 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -27.77 %	365 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -25.23 %	325 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -33.36 %

**Elaboración propia**

Con respecto a lo estipulado a la Norma Técnica Peruana 399.611 se puede evidenciar que ninguno de los reemplazos cumple con lo estipulado en la norma, por otra parte, los otros resultados demuestran reducciones hasta de un 35% de la resistencia.

**Tabla n° 5. 13. Resultados de compresión (reemplazos A.G) y NTP 399.611**

% reemplazo	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	P (kN)	P (kgf)	f'c (kgf/cm <sup>2</sup> )	NTP 399.611 (Unidad individual)	f'c prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	NTP 399.611 (Promedio)
10% A.G	172.45	625.33	63765.91	369.78	NO CUMPLE	352.71	NO CUMPLE
	170.80	603.73	61563.33	360.44	NO CUMPLE		
	173.33	557.37	56835.92	327.90	NO CUMPLE		
20% A.G	172.22	651.22	66405.96	385.59	CUMPLE	365.07	NO CUMPLE
	170.35	656.81	66975.98	393.17	CUMPLE		
	171.52	532.28	54277.45	316.45	NO CUMPLE		
30% A.G	174.08	595.41	60714.92	348.78	NO CUMPLE	325.38	NO CUMPLE
	171.74	595.31	60704.73	353.46	NO CUMPLE		
	176.24	473.40	48273.37	273.91	NO CUMPLE		

**Elaboración propia**

Existen investigaciones, como por ejemplo la de Martínez y Mendoza [46], donde el promedio

de la resistencia a la compresión a los 28 días para reemplazos de agregado grueso, presentan grandes decrecimientos con respecto a su muestra patrón, para diferentes cantidades de cemento y por tanto, diferentes relaciones a/c. Todas las muestra obedecían el mismo comportamiento de reducir la resistencia. Por otra parte, en una investigación elaborada por los investigadores Robalo, Costa do Carmo y Júlio [47], para elaborar un concreto con cantidades bajas de cemento con el uso de materiales reciclados, encontraron durante sus investigaciones, cuando reemplazaban entre 50% a 60% de los agregados se presentaban reducciones de la resistencia hasta de 30%, que es un porcentaje parecido a los resultados obtenidos en esta investigación.

## B. ENSAYO DE FLEXIÓN

### REEMPLAZOS DE AGREGADO FINO

Para los adoquines de concreto que se elaboraron reemplazando un porcentaje del volumen del agregado fino por arena reciclada se pudieron observar los siguientes comportamientos:

- Durante los primeros 7 días, todos los reemplazos mostraron una reducción desde el 9% hasta casi el 17.5%, obteniéndose módulos de rotura desde 39 kg/cm<sup>2</sup> hasta 43 kg/cm<sup>2</sup>.
- Posteriormente los días restantes (14 y 28 días), todos los especímenes comenzaron a presentar tanto reducciones como aumentos en la resistencia bastante pequeños. Sin embargo, todos los valores de Módulo de rotura cumplen con los requisitos establecidos en la norma COGUANOR NTG 41087 h1, donde establece que el promedio de 3 adoquines nos debe resultar como mínimo 42 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla n° 5. 14. Variación en porcentajes de las resistencias a la flexión según el reemplazo. (Agregado fino)**

Días	Patrón	10% A.F	Variación	20% A.F	Variación	30% A.F	Variación
7 días	48 kg/cm <sup>2</sup>	43 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -9.70 %	39 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -17.52 %	39 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -18.05 %
14 días	49 kg/cm <sup>2</sup>	50 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 0.92 %	51 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 3.00 %	49 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -0.19 %
28 días	59 kg/cm <sup>2</sup>	57 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -2.79 %	60 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 1.01 %	55 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -6.73 %

Elaboración propia

Con respecto al cumplimiento con lo establecido en la norma COGUANOR NTG 41087 h1 se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla n° 5. 15. Resultados de flexión (reemplazos A.F) y COGUANOR NTG 41087 h1**

% reemplazo	P (kgf)	P (N)	Mr (MPa)	COGUANOR (Unidad individual)	Promedio (3 Unidades)	COGUANOR (Promedio)
10% A.F	545.00	5344.62	5.36	CUMPLE	5.62	CUMPLE
	957.50	9389.87	6.04	CUMPLE		
	790.00	7747.25	5.45	CUMPLE		
20% A.F	916.50	8987.79	6.39	CUMPLE	5.84	CUMPLE
	783.50	7683.51	5.57	CUMPLE		
	811.50	7958.10	5.55	CUMPLE		
30% A.F	773.50	7585.44	5.10	CUMPLE	5.39	CUMPLE
	939.00	9208.44	6.08	CUMPLE		
	775.00	7600.15	4.99	CUMPLE		

Elaboración propia

Se puede observar que, en cuanto a la resistencia a flexión o módulo de rotura, cumple los requisitos establecidos en la norma donde se estipula que la resistencia para cada unidad es de 3.5 MPa (35.7 kg/cm<sup>2</sup>) y el promedio de 3 unidades debe ser como mínimo 4.1 MPa (42 kg/cm<sup>2</sup>)

### REEMPLAZOS DE AGREGADO GRUESO

Para los adoquines de concreto que se elaboraron reemplazando un porcentaje del volumen del agregado grueso por confitillo reciclado se pudieron observar los siguientes comportamientos:

- Durante los primeros 7 días, todos los reemplazos, a excepción del caso de 30% A.G, mostraron un aumento de la resistencia a la flexión desde casi el 1% hasta más 4.5%, obteniéndose módulos de rotura de 48 kg/cm<sup>2</sup> a 50 kg/cm<sup>2</sup>. Por otra parte, el reemplazo que presentó reducción en el Módulo de rotura, obtuvo un valor promedio de 47 kg/cm<sup>2</sup>, que representa casi un 1.5% de reducción con respecto a la muestra patrón.
- Seguidamente los días posteriores (14 y 28 días), todos los especímenes comenzaron a presentar tanto reducciones como aumentos en la resistencia más considerables que en el caso anterior, teniendo como mínima reducción un 7% y como máximo un aumento de 19%.

**Tabla n° 5. 16. Variación en porcentajes de las resistencias a la flexión según el reemplazo. (Agregado grueso)**

Días	Patrón	10% A.G	Variación	20% A.G	Variación	30% A.G	Variación
7 días	48 kg/cm <sup>2</sup>	50 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 4.68 %	48 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 0.71 %	47 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -1.22 %
14 días	49 kg/cm <sup>2</sup>	52 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 6.67 %	59 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 19.37 %	58 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 18.39 %
28 días	59 kg/cm <sup>2</sup>	55 kg/cm <sup>2</sup>	↓ -7.03 %	64 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 8.99 %	60 kg/cm <sup>2</sup>	↑ 1.47 %

Elaboración propia

**Tabla n° 5. 17. Resultados de flexión (reemplazos A.G) y COGUANOR NTG 41087 h1**

% reemplazo	P (kgf)	P (N)	Mr (MPa)	COGUANOR (Unidad individual)	Promedio (3 Unidades)	COGUANOR (Promedio)
10% A.G	800.00	7845.32	5.30	CUMPLE	5.37	CUMPLE
	749.50	7350.08	5.23	CUMPLE		
	852.50	8360.17	5.58	CUMPLE		
20% A.G	944.00	9257.48	6.72	CUMPLE	6.30	CUMPLE
	817.00	8012.03	5.77	CUMPLE		
	970.00	9512.45	6.40	CUMPLE		
30% A.G	885.00	8678.89	5.76	CUMPLE	5.86	CUMPLE
	1011.50	9919.43	6.04	CUMPLE		
	879.50	8624.95	5.79	CUMPLE		

Elaboración propia

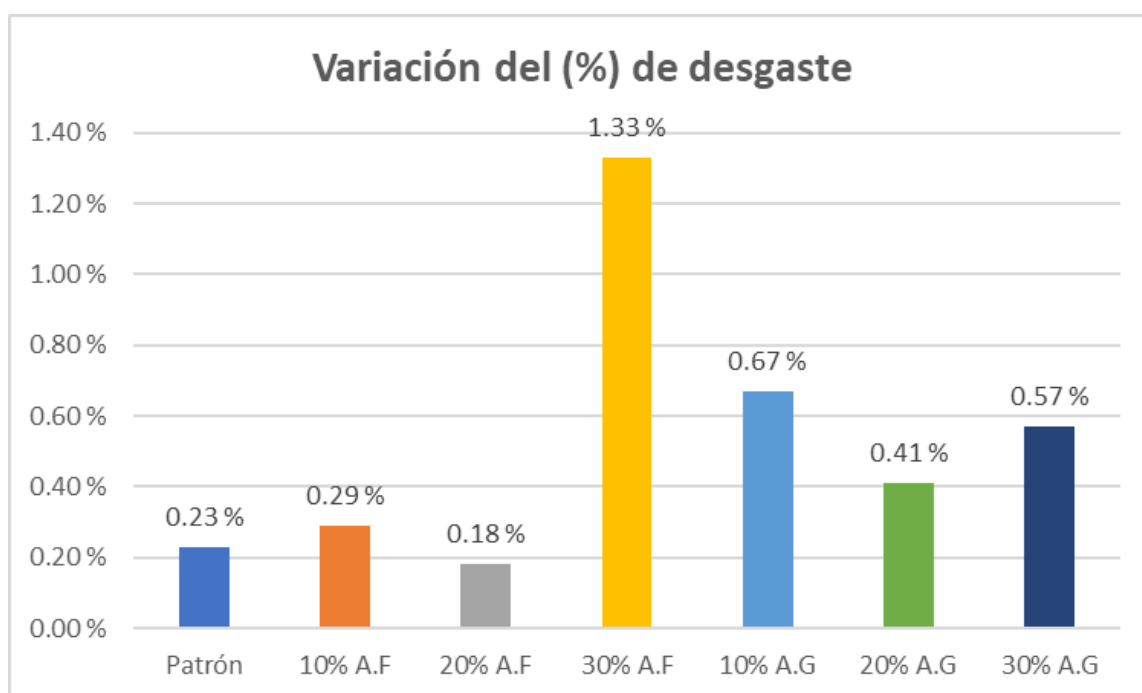
Se puede observar que, en cuanto a la resistencia a flexión o módulo de rotura, cumple los

requisitos establecidos

### C. ENSAYO DESGASTE POR ABRASIÓN

Para empezar tanto las muestras patrón, como las que tienen reemplazos fueron ensayadas a los 28 días, teniendo el criterio de que el porcentaje de desgaste por abrasión es una variable que depende del comportamiento mecánico que pueda tener el adoquín, sin embargo, no se observa un patrón de comportamiento definido entre muestras, pues como se verá en la tabla a continuación, con respecto a los primeros reemplazos (arena reciclada) se ven ligeras variaciones, sin embargo al 30% de reemplazo con este material, se ve un incremento demasiado alto con 1.33% que equivaldría a casi un 500% de variación con respecto a la muestra patrón; por otra parte los reemplazos con confitillo reciclado presentaron un incremento un poco menos variado, pero significativo desde 0.41% con 78% de variación hasta un 57% con casi un 150% de variación con respecto a los adoquines elaborados sin reemplazos de estos agregados.

**Gráfica n° 5. 1. Comparación del (%) de desgaste por abrasión de los adoquines con reemplazo y sin reemplazo**



**Elaboración propia**

Sin embargo, se observó durante la investigación, que los adoquines que tenían superficies con agrietamientos son las que desgastaban mucho más que las otras que no presentaban estas características. Estos fenómenos ya han sido estudiados por Liu y sus colaboradores.

En su investigación denominada “Abrasion resistance of concrete – design construction and case study” nos habla de una experimentación que se hizo sobre superficies de concreto que presentaban grietas de 0.5, 1, 2 y 3 mm de ancho, y al igual que nuestras muestras, dichas superficies fueron evaluadas sobre los lineamientos de la ASTM C944.

Los resultados confirman que el porcentaje de desgaste que presentan las muestras con grietas aumentó en más del 100% en comparación de las superficies que no las presentaban, además se consideró la profundidad de las grietas, puesto que aquellas muestras con grietas perpendiculares a la cara de desgaste aumentaban la superficie de contacto que iba a tener el rodillo giratorio y por tanto amplificaban su capacidad de desgaste.



Por otro lado, investigaciones que hizo Laplante y su equipo sobre la correlación de la dureza del agregado y su resistencia a la abrasión del concreto elaborado con dicho material, es otro de los factores determinantes para los resultados de esta investigación.

Este autor analizó 5 agregados gruesos de diferente naturaleza: granito, calizas, calizas dolomíticas y basalto, y las sometió a la máquina de abrasión de los Ángeles para determinar cuáles eran los agregados más frágiles.

Por lo tanto, como hemos ido mencionando a lo largo de esta investigación el RCD es un material bastante abrasivo, por la cual, si sumamos el efecto de las grietas que presenta debido a la manipulabilidad a la hora de elaborar el adoquín y adicionalmente, le sumamos el efecto de la dureza del agregado grueso, los resultados son totalmente coherentes con los resultados de dichas investigaciones.

Por último, Dhir realizó un estudio para probar cuál era la influencia del tamaño máximo del agregado sobre la resistencia al desgaste por abrasión, para ello analizó agregados con tamaños

máximos de 5, 10, 20 y 40 mm (N°4, 3/8", 3/4" y 1 1/2"). Los resultados de su experimentación determinaron que el porcentaje de desgaste disminuía a medida que el tamaño máximo del agregado grueso aumentaba. Otra característica, que refuerza los resultados obtenidos.

Con respecto a la normativa y su cumplimiento, la ASTM C944 solo establece los procedimientos, materiales, especificaciones del dispositivo y del rodillo, mas no nos indican el porcentaje máximo o mínimo que debe presentar la muestra, e investigaciones sobre adoquines con la adición o reemplazo con cualquier otro material, no consideran esta variable dentro de sus estudios; sin embargo, hay una investigación hecha por Chavarry [48] donde compara la abrasión de distintos concretos de alta resistencia obteniendo los siguientes resultados: para un concreto de 350 kg/cm<sup>2</sup>, se observaron porcentajes de abrasión que variaban entre 0.60% a 0.75%, para un concreto de resistencia de 420 kg/cm<sup>2</sup>, desde 0.47% a 0.56% y por último, para un concreto de 5000 kg/cm<sup>2</sup>, se obtuvo un porcentaje de desgaste entre los 0.40% a 0.43%.

#### **D. ENSAYO DE ABSORCIÓN**

Con respecto a los ensayos de absorción se tocará dos puntos bastante interesantes, el primero cuál es la influencia del reemplazo de agregados reciclados y, en segundo lugar, cómo se correlaciona la absorción con la densidad independientemente de cual haya sido el porcentaje del reemplazo.

#### **INFLUENCIA DE LOS AGREGADOS RECICLADOS SOBRE LA ABSORCIÓN**

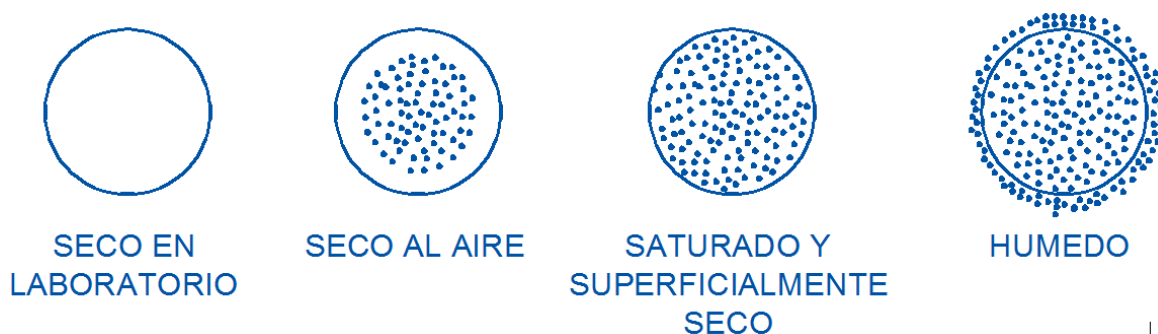
Como se pudo verificar en el apartado de resultados, mediante las gráficas pudimos observar un comportamiento y una tendencia de crecimiento respecto a la absorción, cuando el agregado natural es reemplazado por un material proveniente del reciclado de residuos de construcción y demolición. Este fenómeno se presenta debido a la alta absorción que presentan estos materiales, eso explicaría el aumento en dicha propiedad. En los resultados se obtuvo que los adoquines que fueron reemplazados por agregado grueso reciclado presentaron valores más altos de absorción. Los autores Rómel Solís y Miguel Alcocer en su estudio denominado "Durabilidad del concreto con agregados de alta absorción" que tanto la porosidad como la permeabilidad son propiedades del concreto que van a ser de crucial participación en el tránsito de líquidos y gases en la estructura interna del concreto.

Por un lado, la porosidad se define como el "volumen total de poros que se encuentran en la

estructura interna del concreto en su estado endurecido” [49], dicha propiedad se encuentra relacionada la relación a/c, el contenido de aire atrapado y las proporciones de agregado fino y grueso, debido a que estos representan el 75% del volumen total que van a formar parte de la pasta aglutinante del concreto, por lo que la naturaleza porosa o no porosa del agregado será importante para la porosidad final del concreto.

Por otra parte, la permeabilidad se define como “la capacidad del material para permitir la filtración de un fluido a través de sus poros interconectados” [49], es por eso que depende directamente de la cantidad, distribución y conexión de los poros. Por ello, siendo el RCD un material, por su naturaleza, bastante poroso, facilitó el transporte y retención de agua en sus poros, por consiguiente, la evaporación que se produjo en el horno, redujo todo el volumen de agua que se encontraba en la estructura interna del adoquín, por ello la diferencia de peso entre el adoquín en su estado saturado y su estado seco al horno fue aún mayor.

**Figura n° 5. 4. Estados de la muestra**

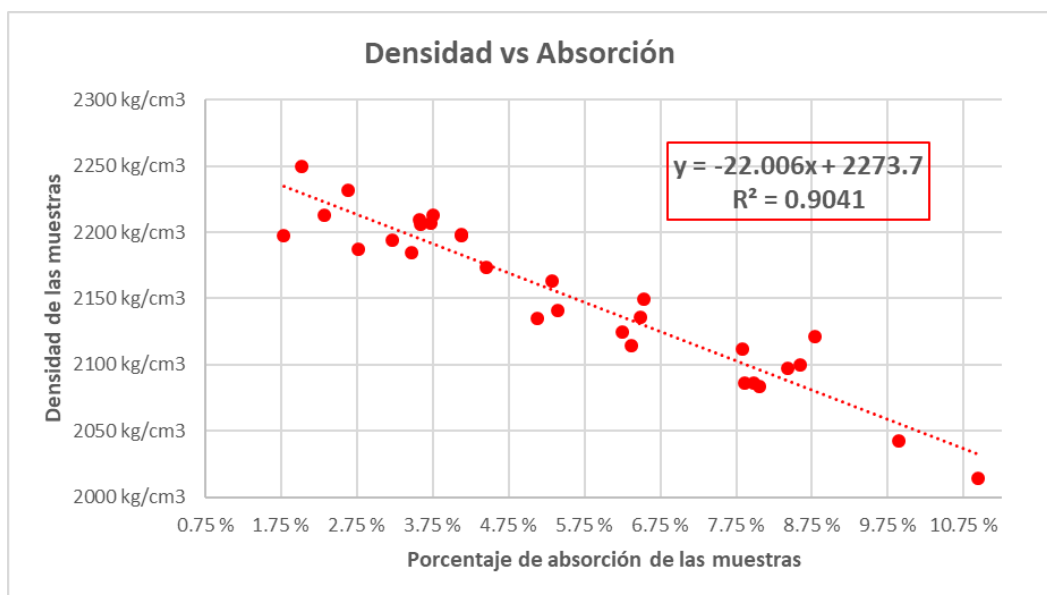


**Fuente: Google**

### **CORRELACIÓN DE LA DENSIDAD CON EL GRADO DE ABSORCIÓN**

Como se mencionó anteriormente, para el desarrollo de esta correlación no se está tomando en cuenta factores como la naturaleza del agregado, ni el porcentaje de reemplazo de dicho agregado. En el gráfico que se va a mostrar a continuación, podemos ver una correspondencia lineal que tiene una tendencia a crecer entre el porcentaje de absorción de las muestras y la densidad de la misma. Mientras mayor sea el grado de absorción, menor es la densidad de la muestra; por el contrario, mientras menor sea el porcentaje de absorción de la muestra, mayor será su densidad.

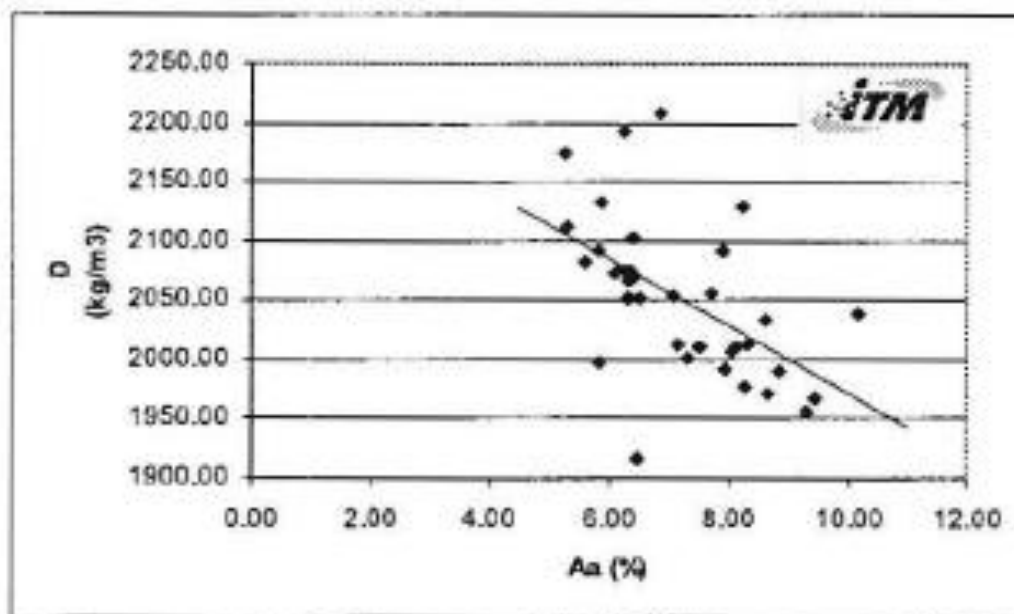
**Gráfica n° 5. 2. Densidad y absorción de las unidades elaboradas**



**Elaboración propia**

Existe un estudio denominado “Adoquines de concreto: Propiedades físico-mecánicas y sus correlaciones” donde plantean la correlación entre estas 2 propiedades y se obtuvo el siguiente gráfico:

**Figura n° 5. 5. Correlación entre densidad y absorción**



**Fuente:** [50]

Por lo que podemos concluir, que mientras más densa sea la muestra, debido a la ausencia de poros o vacíos en su estructura interna, menos va a ser la absorción.

Con respecto a lo estipulado en la Norma Técnica Peruana 399.611, ésta indica que el porcentaje de absorción para cada muestra individual tiene que ser como máximo de 7.5% y el promedio de 3 unidades debe ser de 6%. En la investigación se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla n° 5. 18. Resultados de absorción y comparación con NTP 399.611**

% reemplazo	MUESTRA	ABSORCIÓN (%)	NTP 399.611 (Unidad individual)	PROMEDIO ABSORCIÓN (%)	NTP 399.611 (Unidad individual)
10% A.F	M1	7.84	NO CUMPLE	5.76 %	CUMPLE
	M2	4.13	CUMPLE		
	M3	5.32	CUMPLE		
20% A.F	M1	6.37	CUMPLE	6.46 %	NO CUMPLE
	M2	6.53	CUMPLE		
	M3	6.48	CUMPLE		
30% A.F	M1	5.12	CUMPLE	4.66 %	CUMPLE
	M2	3.47	CUMPLE		
	M3	5.40	CUMPLE		
10% A.G	M1	9.89	NO CUMPLE	8.19 %	NO CUMPLE
	M2	8.42	NO CUMPLE		
	M3	6.25	CUMPLE		
20% A.G	M1	8.59	NO CUMPLE	8.45 %	NO CUMPLE
	M2	8.79	NO CUMPLE		
	M3	7.98	NO CUMPLE		
30% A.G	M1	7.87	NO CUMPLE	8.95 %	NO CUMPLE
	M2	8.06	NO CUMPLE		
	M3	10.93	NO CUMPLE		

**Elaboración propia**

De la tabla anterior, se observa que a excepción de los resultados obtenidos para los reemplazos de 10% y 30% A.F, ninguno de los restantes cumple con la norma. En el caso del 10% A.F sólo una de las muestras sobrepasó por poco el 7.5% establecido en la norma.

## E. VARIACIÓN DIMENSIONAL

Respecto a este requisito no es específicamente una propiedad mecánica o física, más bien es un requerimiento arquitectónico establecido en la NTP 399.611 y nos indica que el adoquín debe cumplir con las siguientes dimensiones:

**Tabla n° 5. 19. Requisitos de variación dimensional de la NTP 399.611**

TOLERANCIA DIMENSIONAL	LARGO	Lim. Sup.	± 1.6 mm	20.16 cm
		Lim. Inf.		19.84 cm
	ANCHO	Lim. Sup.	± 1.6 mm	10.16 cm
		Lim. Inf.		9.84 cm
	ALTURA	Lim. Sup.	± 3.2 mm	6.32 cm
		Lim. Inf.		5.68 cm

### Elaboración propia

Debido a la trabajabilidad de la mezcla, que era bastante seca debido a la relación a/c y a la cantidad de agua de mezclado considerada, adicionalmente a la variación del volumen de la pieza debido a la temperatura y secado de la muestra, los primeros adoquines que se hicieron tuvieron regular variación, como se puede observar en las siguientes tablas que contienen desde los adoquines elaborados sin reemplazos hasta las unidades elaboradas con reemplazos:

**Tabla n° 5. 20. Resultados variación dimensional a/c=0.41**

a/c	Muestra	Longitud				Ancho				h			
		L1	L2	Promedio	Tolerancia	A1	A2	Promedio	Tolerancia	h1	h2	Promedio	Tolerancia
0.41	M1	19.90	19.95	19.93	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	6.20	5.90	6.05	CUMPLE
	M2	19.90	20.00	19.95	CUMPLE	10.10	10.15	10.13	CUMPLE	6.20	6.00	6.10	CUMPLE
	M3	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	5.90	5.80	5.85	CUMPLE
	M4	20.10	20.00	20.05	CUMPLE	10.20	10.40	10.30	NO CUMPLE	5.90	5.90	5.90	CUMPLE
	M5	20.00	20.50	20.25	NO CUMPLE	10.15	10.15	10.15	CUMPLE	5.90	5.90	5.90	CUMPLE
	M6	20.00	20.00	20.00	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	6.10	6.10	6.10	CUMPLE
	M7	20.05	20.00	20.03	CUMPLE	10.20	10.30	10.25	NO CUMPLE	6.10	6.20	6.15	CUMPLE
	M8	20.10	20.15	20.13	CUMPLE	10.15	10.20	10.18	NO CUMPLE	5.95	6.05	6.00	CUMPLE
	M9	20.00	20.00	20.00	CUMPLE	10.30	10.10	10.20	NO CUMPLE	5.80	6.00	5.90	CUMPLE
	M10	19.80	19.80	19.80	NO CUMPLE	10.05	9.95	10.00	CUMPLE	5.90	5.65	5.78	CUMPLE
	M11	19.90	19.80	19.85	CUMPLE	10.00	10.10	10.05	CUMPLE	6.25	6.50	6.38	NO CUMPLE
	M12	20.05	19.95	20.00	CUMPLE	10.00	10.05	10.03	CUMPLE	6.05	5.90	5.98	CUMPLE
	M13	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.00	9.95	9.98	CUMPLE	5.50	5.40	5.50	NO CUMPLE
	M14	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.00	10.10	10.05	CUMPLE	6.60	6.40	6.50	NO CUMPLE
	M15	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	6.35	6.25	6.30	CUMPLE
	M16	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	9.95	10.00	9.98	CUMPLE	6.10	5.90	6.00	CUMPLE
	M17	19.90	19.80	19.85	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.75	5.95	5.85	CUMPLE
	M18	19.80	19.80	19.80	NO CUMPLE	10.05	9.95	10.00	CUMPLE	5.75	5.70	5.73	CUMPLE
	M19	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.00	10.05	10.03	CUMPLE	5.90	5.40	5.65	NO CUMPLE
	M20	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	9.95	10.00	9.98	CUMPLE	6.45	6.45	6.45	NO CUMPLE
	M21	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	5.50	5.70	5.60	NO CUMPLE
	M22	19.80	19.80	19.80	NO CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	6.10	5.90	6.00	CUMPLE
	M23	19.90	19.80	19.85	CUMPLE	9.95	10.00	9.98	CUMPLE	5.75	5.95	5.85	CUMPLE
	M24	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	5.80	6.00	5.90	CUMPLE
	M25	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.20	10.30	10.25	NO CUMPLE	5.90	5.65	5.78	CUMPLE
	M26	20.00	20.00	20.00	CUMPLE	10.00	10.10	10.05	CUMPLE	6.35	6.25	6.30	CUMPLE
	M27	20.05	20.00	20.03	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	6.10	5.90	6.00	CUMPLE

### Elaboración propia

Tabla n° 5. 21. Resultados variación dimensional a/c=0.43

a/c	Muestra	Longitud				Ancho				h			
		L1	L2	Promedio	Tolerancia	A1	A2	Promedio	Tolerancia	h1	h2	Promedio	Tolerancia
0.43	M1	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.20	10.05	10.13	CUMPLE	5.95	5.90	5.93	CUMPLE
	M2	19.90	19.80	19.85	CUMPLE	9.95	10.05	10.00	CUMPLE	5.95	6.00	5.98	CUMPLE
	M3	19.80	19.90	19.85	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	6.00	6.05	6.03	CUMPLE
	M4	20.10	20.00	20.05	CUMPLE	9.95	10.05	10.00	CUMPLE	5.90	6.00	5.95	CUMPLE
	M5	19.80	19.90	19.85	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	5.90	5.90	5.90	CUMPLE
	M6	19.90	19.95	19.93	CUMPLE	10.00	10.05	10.03	CUMPLE	6.00	6.05	6.03	CUMPLE
	M7	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.10	10.05	10.08	CUMPLE	5.80	5.75	5.78	CUMPLE
	M8	19.80	19.90	19.85	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	5.90	6.05	5.98	CUMPLE
	M9	20.00	19.85	19.93	CUMPLE	10.05	9.95	10.00	CUMPLE	6.05	6.00	6.03	CUMPLE
	M10	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	5.90	5.90	5.90	CUMPLE
	M11	19.80	19.90	19.85	CUMPLE	10.00	9.95	9.98	CUMPLE	6.05	6.00	6.03	CUMPLE
	M12	19.85	19.95	19.90	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.90	6.10	6.00	CUMPLE
	M13	19.90	19.80	19.85	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.70	5.70	5.70	CUMPLE
	M14	19.95	20.10	20.03	CUMPLE	10.15	10.15	10.15	CUMPLE	5.65	5.90	5.78	CUMPLE
	M15	19.80	19.95	19.88	CUMPLE	10.10	9.95	10.03	CUMPLE	5.80	6.15	5.98	CUMPLE
	M16	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.10	10.15	10.13	CUMPLE	5.70	5.70	5.70	CUMPLE
	M17	19.90	19.80	19.85	CUMPLE	9.95	10.00	9.98	CUMPLE	5.90	6.10	6.00	CUMPLE
	M18	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.70	5.80	5.75	CUMPLE
	M19	19.95	19.85	19.90	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	5.50	5.70	5.60	NO CUMPLE
	M20	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	5.50	5.35	5.43	NO CUMPLE
	M21	20.00	20.00	20.00	CUMPLE	10.15	10.10	10.13	CUMPLE	5.65	5.80	5.73	CUMPLE
	M22	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.20	5.90	6.05	CUMPLE
	M23	20.00	19.90	19.95	CUMPLE	10.00	9.95	9.98	CUMPLE	6.20	6.00	6.10	CUMPLE
	M24	20.00	19.95	19.98	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.90	5.80	5.85	CUMPLE
	M25	19.95	19.90	19.93	CUMPLE	10.10	10.50	10.30	NO CUMPLE	5.90	5.90	5.90	CUMPLE
	M26	20.00	19.95	19.98	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.90	5.90	5.90	CUMPLE
	M27	19.90	19.95	19.93	CUMPLE	9.95	10.35	10.15	CUMPLE	6.10	6.10	6.10	CUMPLE

Elaboración propia

Tabla n° 5. 22. Resultados variación dimensional a/c=0.45

a/c	Muestra	Longitud				Ancho				h			
		L1	L2	Promedio	Tolerancia	A1	A2	Promedio	Tolerancia	h1	h2	Promedio	Tolerancia
0.45	M1	20.00	19.90	19.95	CUMPLE	10.10	10.50	10.30	NO CUMPLE	5.95	5.90	5.93	CUMPLE
	M2	19.70	19.70	19.70	NO CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	6.05	5.90	5.98	CUMPLE
	M3	19.80	19.80	19.80	NO CUMPLE	9.95	10.35	10.15	CUMPLE	5.70	6.10	5.90	CUMPLE
	M4	19.90	19.80	19.85	CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	6.30	6.30	6.30	CUMPLE
	M5	19.90	20.00	19.95	CUMPLE	10.00	10.05	10.03	CUMPLE	6.05	6.05	6.05	CUMPLE
	M6	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.15	10.05	10.10	CUMPLE	6.30	6.30	6.30	CUMPLE
	M7	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.10	10.05	10.08	CUMPLE	5.95	6.10	6.03	CUMPLE
	M8	19.90	20.00	19.95	CUMPLE	10.00	10.10	10.05	CUMPLE	6.30	6.10	6.20	CUMPLE
	M9	20.00	19.95	19.98	CUMPLE	10.10	10.05	10.08	CUMPLE	6.30	6.00	6.15	CUMPLE
	M10	19.80	19.90	19.85	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.95	6.05	6.00	CUMPLE
	M11	19.95	20.00	19.98	CUMPLE	10.00	10.15	10.08	CUMPLE	6.00	6.05	6.03	CUMPLE
	M12	20.00	20.05	20.03	CUMPLE	9.95	10.05	10.00	CUMPLE	6.00	6.05	6.03	CUMPLE
	M13	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.00	10.05	10.03	CUMPLE	5.90	5.95	5.93	CUMPLE
	M14	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	9.95	10.05	10.00	CUMPLE	5.80	5.95	5.88	CUMPLE
	M15	19.80	19.90	19.85	CUMPLE	10.10	10.15	10.13	CUMPLE	5.80	5.90	5.85	CUMPLE
	M16	19.80	19.90	19.85	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.75	5.75	5.75	CUMPLE
	M17	19.80	20.00	19.90	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.85	5.75	5.80	CUMPLE
	M18	19.90	19.80	19.85	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.70	5.80	5.75	CUMPLE
	M19	19.90	19.95	19.93	CUMPLE	10.00	9.95	9.98	CUMPLE	5.85	5.90	5.88	CUMPLE
	M20	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.05	9.95	10.00	CUMPLE	5.80	5.90	5.85	CUMPLE
	M21	19.80	19.90	19.85	CUMPLE	10.10	10.00	10.05	CUMPLE	5.85	5.95	5.90	CUMPLE
	M22	19.90	20.05	19.98	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.20	5.90	6.05	CUMPLE
	M23	19.80	19.80	19.80	NO CUMPLE	10.00	9.95	9.98	CUMPLE	6.20	6.00	6.10	CUMPLE
	M24	19.85	19.95	19.90	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.90	5.80	5.85	CUMPLE
	M25	19.80	19.80	19.80	NO CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.75	5.75	5.75	CUMPLE
	M26	19.90	19.95	19.93	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.85	5.75	5.80	CUMPLE
	M27	19.80	19.85	19.83	NO CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	6.25	6.50	6.38	NO CUMPLE

Elaboración propia

Tabla n° 5. 23. Resultados variación dimensional a/c=0.50

a/c	Muestra	Longitud				Ancho				h			
		L1	L2	Promedio	Tolerancia	A1	A2	Promedio	Tolerancia	h1	h2	Promedio	Tolerancia
0.50	M1	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.10	10.00	10.05	CUMPLE	6.05	6.10	6.08	CUMPLE
	M2	20.20	19.90	20.05	CUMPLE	10.20	10.00	10.10	CUMPLE	6.05	6.10	6.08	CUMPLE
	M3	19.80	19.80	19.80	NO CUMPLE	9.95	10.10	10.03	CUMPLE	5.70	6.10	5.90	CUMPLE
	M4	19.90	20.00	19.95	CUMPLE	10.00	10.15	10.08	CUMPLE	6.30	6.30	6.30	CUMPLE
	M5	19.95	20.00	19.98	CUMPLE	10.05	10.15	10.10	CUMPLE	5.90	5.90	5.90	CUMPLE
	M6	19.90	20.00	19.95	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.00	6.05	6.03	CUMPLE
	M7	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.15	10.10	10.13	CUMPLE	6.25	6.10	6.18	CUMPLE
	M8	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.00	10.05	10.03	CUMPLE	6.00	5.95	5.98	CUMPLE
	M9	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	6.15	6.35	6.25	CUMPLE
	M10	20.00	20.05	20.03	CUMPLE	10.00	9.95	9.98	CUMPLE	6.15	6.10	6.13	CUMPLE
	M11	19.95	19.90	19.93	CUMPLE	10.15	9.95	10.05	CUMPLE	5.90	6.00	5.95	CUMPLE
	M12	20.00	19.95	19.98	CUMPLE	10.00	10.05	10.03	CUMPLE	6.00	6.10	6.05	CUMPLE
	M13	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.10	10.20	10.15	CUMPLE	5.55	5.60	5.58	NO CUMPLE
	M14	19.90	19.80	19.85	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.75	5.90	5.83	CUMPLE
	M15	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	9.95	10.05	10.00	CUMPLE	5.80	5.85	5.83	CUMPLE
	M16	19.80	19.80	19.80	NO CUMPLE	10.10	10.00	10.05	CUMPLE	6.00	6.00	6.00	CUMPLE
	M17	19.90	19.80	19.85	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	5.80	5.70	5.75	CUMPLE
	M18	19.70	19.80	19.75	NO CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	5.70	5.85	5.78	CUMPLE
	M19	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.25	10.15	10.20	NO CUMPLE	5.75	5.70	5.73	CUMPLE
	M20	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.80	5.85	5.83	CUMPLE
	M21	20.00	20.00	20.00	CUMPLE	10.05	10.12	10.09	CUMPLE	5.15	5.40	5.28	NO CUMPLE
	M22	19.85	19.80	19.83	NO CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.20	5.90	6.05	CUMPLE
	M23	19.90	19.70	19.80	NO CUMPLE	10.00	9.95	9.98	CUMPLE	6.20	6.00	6.10	CUMPLE
	M24	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.90	5.80	5.85	CUMPLE
	M25	20.15	20.20	20.18	NO CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.75	5.75	5.75	CUMPLE
	M26	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	5.85	5.75	5.80	CUMPLE
	M27	19.90	19.80	19.85	CUMPLE	10.00	10.00	10.00	CUMPLE	6.25	6.50	6.38	NO CUMPLE

Elaboración propia

Tabla n° 5. 24. Resultados variación dimensional reemplazo 10% A.F

Reemp.	Muestra	Longitud				Ancho				h			
		L1	L2	Promedio	Tolerancia	A1	A2	Promedio	Tolerancia	h1	h2	Promedio	Tolerancia
10% A.F	M1	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.15	10.20	10.18	NO CUMPLE	5.80	5.90	5.85	CUMPLE
	M2	19.95	20.00	19.98	CUMPLE	10.15	10.10	10.13	CUMPLE	5.90	5.70	5.80	CUMPLE
	M3	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.00	9.95	9.98	CUMPLE	5.95	5.65	5.80	CUMPLE
	M4	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.25	10.35	10.30	NO CUMPLE	5.90	5.85	5.88	CUMPLE
	M5	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.00	10.05	10.03	CUMPLE	5.80	5.90	5.85	CUMPLE
	M6	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	5.90	6.05	5.98	CUMPLE
	M7	19.90	19.95	19.93	CUMPLE	9.90	10.00	9.95	CUMPLE	5.90	5.95	5.93	CUMPLE
	M8	19.95	19.90	19.93	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	5.70	5.70	5.70	CUMPLE
	M9	20.00	20.00	20.00	CUMPLE	9.95	9.90	9.93	CUMPLE	6.00	6.05	6.03	CUMPLE
	M10	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.15	10.05	10.10	CUMPLE	5.95	5.85	5.90	CUMPLE
	M11	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	6.10	6.10	6.10	CUMPLE
	M12	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.00	9.95	9.98	CUMPLE	5.85	5.75	5.80	CUMPLE
	M13	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	5.80	5.80	5.80	CUMPLE
	M14	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.00	10.05	10.03	CUMPLE	5.55	5.60	5.58	NO CUMPLE
	M15	20.00	19.85	19.93	CUMPLE	10.30	10.00	10.15	CUMPLE	6.30	5.90	6.10	CUMPLE
	M16	20.10	20.10	20.10	CUMPLE	10.35	10.25	10.30	NO CUMPLE	5.20	5.05	5.13	NO CUMPLE
	M17	19.95	19.90	19.93	CUMPLE	10.10	10.15	10.13	CUMPLE	6.40	6.45	6.43	NO CUMPLE
	M18	20.05	20.05	20.05	CUMPLE	10.40	10.30	10.35	NO CUMPLE	6.10	6.10	6.10	CUMPLE
	M19	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	9.95	9.90	9.93	CUMPLE	5.90	5.85	5.88	CUMPLE
	M20	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.15	10.05	10.10	CUMPLE	5.80	5.90	5.85	CUMPLE
	M21	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.00	10.05	10.03	CUMPLE	5.85	5.90	5.88	CUMPLE
	M22	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	5.80	5.80	5.80	CUMPLE
	M23	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.00	10.05	10.03	CUMPLE	6.10	6.10	6.10	CUMPLE
	M24	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.20	10.00	10.10	CUMPLE	5.85	5.75	5.80	CUMPLE

Elaboración propia

Tabla n° 5. 25. Resultados variación dimensional reemplazo 20% A.F

Reemp.	Muestra	Longitud				Ancho				h			
		L1	L2	Promedio	Tolerancia	A1	A2	Promedio	Tolerancia	h1	h2	Promedio	Tolerancia
20% A.F	M1	20.10	20.00	20.05	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	6.10	5.90	6.00	CUMPLE
	M2	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	6.15	6.00	6.08	CUMPLE
	M3	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.20	10.00	10.10	CUMPLE	6.05	6.00	6.03	CUMPLE
	M4	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.20	6.30	6.25	CUMPLE
	M5	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.35	6.20	6.28	CUMPLE
	M6	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	6.00	6.15	6.08	CUMPLE
	M7	20.00	20.05	20.03	CUMPLE	10.10	10.05	10.08	CUMPLE	6.10	6.00	6.05	CUMPLE
	M8	19.90	19.95	19.93	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.05	6.00	6.03	CUMPLE
	M9	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.00	9.95	9.98	CUMPLE	6.40	6.35	6.38	NO CUMPLE
	M10	19.80	19.80	19.80	NO CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	6.10	5.85	5.98	CUMPLE
	M11	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.15	10.05	10.10	CUMPLE	6.15	6.30	6.23	CUMPLE
	M12	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	6.15	6.30	6.23	CUMPLE
	M13	20.15	20.10	20.13	CUMPLE	10.20	10.35	10.28	NO CUMPLE	6.10	5.80	5.95	CUMPLE
	M14	19.95	19.90	19.93	CUMPLE	10.15	10.15	10.15	CUMPLE	6.20	6.00	6.10	CUMPLE
	M15	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.00	10.10	10.05	CUMPLE	6.45	6.25	6.35	NO CUMPLE
	M16	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.20	10.20	10.20	NO CUMPLE	5.95	6.20	6.08	CUMPLE
	M17	20.30	20.05	20.18	NO CUMPLE	10.25	10.30	10.28	NO CUMPLE	6.20	5.90	6.05	CUMPLE
	M18	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.15	10.05	10.10	CUMPLE	6.30	6.05	6.18	CUMPLE
	M19	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.00	9.95	9.98	CUMPLE	6.10	6.00	6.05	CUMPLE
	M20	20.15	20.10	20.13	CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	6.05	6.00	6.03	CUMPLE
	M21	20.00	20.05	20.03	CUMPLE	10.15	10.15	10.15	CUMPLE	6.15	6.10	6.13	CUMPLE
	M22	19.90	19.95	19.93	CUMPLE	10.00	10.10	10.05	CUMPLE	6.10	6.05	6.08	CUMPLE
	M23	20.10	20.05	20.08	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.15	6.00	6.08	CUMPLE
	M24	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.05	6.00	6.03	CUMPLE

Elaboración propia

Tabla n° 5. 26. Resultados variación dimensional reemplazo 30% A.F

Reemp.	Muestra	Longitud				Ancho				h			
		L1	L2	Promedio	Tolerancia	A1	A2	Promedio	Tolerancia	h1	h2	Promedio	Tolerancia
30% A.F	M1	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	6.15	6.35	6.25	CUMPLE
	M2	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.15	10.05	10.10	CUMPLE	6.30	6.20	6.25	CUMPLE
	M3	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.15	10.05	10.10	CUMPLE	6.10	6.30	6.20	CUMPLE
	M4	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	6.15	6.20	6.18	CUMPLE
	M5	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	6.30	6.30	6.30	CUMPLE
	M6	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	6.25	6.20	6.23	CUMPLE
	M7	20.10	19.90	20.00	CUMPLE	10.15	10.15	10.15	CUMPLE	6.10	6.10	6.10	CUMPLE
	M8	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.15	10.05	10.10	CUMPLE	6.00	5.80	5.90	CUMPLE
	M9	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.15	10.10	10.13	CUMPLE	6.00	6.30	6.15	CUMPLE
	M10	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.00	10.10	10.05	CUMPLE	6.00	6.10	6.05	CUMPLE
	M11	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.20	10.10	10.15	CUMPLE	6.20	6.10	6.15	CUMPLE
	M12	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.20	10.10	10.15	CUMPLE	6.30	6.25	6.28	CUMPLE
	M13	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.10	10.15	10.13	CUMPLE	6.40	6.50	6.45	NO CUMPLE
	M14	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	6.10	6.05	6.08	CUMPLE
	M15	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.20	10.10	10.15	CUMPLE	6.25	6.10	6.18	CUMPLE
	M16	19.90	19.95	19.93	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.35	6.25	6.30	CUMPLE
	M17	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.30	6.40	6.35	NO CUMPLE
	M18	19.95	19.90	19.93	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.40	6.35	6.38	NO CUMPLE
	M19	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.10	10.15	10.13	CUMPLE	6.10	6.10	6.10	CUMPLE
	M20	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	6.00	5.80	5.90	CUMPLE
	M21	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.00	10.10	10.05	CUMPLE	6.00	6.30	6.15	CUMPLE
	M22	20.10	19.90	20.00	CUMPLE	10.20	10.10	10.15	CUMPLE	6.15	6.20	6.18	CUMPLE
	M23	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.30	6.30	6.30	CUMPLE
	M24	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.10	6.05	6.08	CUMPLE

Elaboración propia

Tabla n° 5. 27. Resultados variación dimensional reemplazo 10% A.G

Reemp.	Muestra	Longitud				Ancho				h			
		L1	L2	Promedio	Tolerancia	A1	A2	Promedio	Tolerancia	h1	h2	Promedio	Tolerancia
10% A.G	M1	19.85	20.00	19.93	CUMPLE	10.10	10.00	10.05	CUMPLE	6.30	6.05	6.18	CUMPLE
	M2	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	6.30	6.05	6.18	CUMPLE
	M3	20.00	19.95	19.98	CUMPLE	10.15	10.15	10.15	CUMPLE	6.05	6.10	6.08	CUMPLE
	M4	20.00	19.95	19.98	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	6.25	6.25	6.25	CUMPLE
	M5	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	6.05	5.90	5.98	CUMPLE
	M6	20.05	20.10	20.08	CUMPLE	10.20	10.10	10.15	CUMPLE	6.30	6.35	6.33	NO CUMPLE
	M7	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	6.20	6.10	6.15	CUMPLE
	M8	19.95	19.90	19.93	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	6.10	6.05	6.08	CUMPLE
	M9	20.10	20.10	20.10	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.00	6.00	6.00	CUMPLE
	M10	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.00	10.20	10.10	CUMPLE	6.05	6.30	6.18	CUMPLE
	M11	19.80	19.90	19.85	CUMPLE	10.20	10.20	10.20	NO CUMPLE	5.75	5.85	5.80	CUMPLE
	M12	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.10	10.00	10.05	CUMPLE	6.35	6.20	6.28	CUMPLE
	M13	19.95	19.90	19.93	CUMPLE	10.00	10.05	10.03	CUMPLE	6.25	6.20	6.23	CUMPLE
	M14	20.00	20.00	20.00	CUMPLE	10.15	10.10	10.13	CUMPLE	6.30	6.30	6.30	CUMPLE
	M15	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.05	6.15	6.10	CUMPLE
	M16	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.15	10.10	10.13	CUMPLE	6.30	6.25	6.28	CUMPLE
	M17	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.00	10.10	10.05	CUMPLE	6.05	6.20	6.13	CUMPLE
	M18	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	6.30	6.35	6.33	NO CUMPLE
	M19	20.00	20.00	20.00	CUMPLE	10.15	10.10	10.13	CUMPLE	6.35	6.20	6.28	CUMPLE
	M20	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.25	6.20	6.23	CUMPLE
	M21	19.95	19.90	19.93	CUMPLE	10.15	10.10	10.13	CUMPLE	5.75	5.85	5.80	CUMPLE
	M22	20.10	20.10	20.10	CUMPLE	10.10	10.00	10.05	CUMPLE	6.35	6.20	6.28	CUMPLE
	M23	19.95	19.90	19.93	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.20	6.10	6.15	CUMPLE
	M24	20.00	20.00	20.00	CUMPLE	10.00	10.20	10.10	CUMPLE	6.10	6.05	6.08	CUMPLE

Elaboración propia

Tabla n° 5. 28. Resultados variación dimensional reemplazo 20% A.G

Reemp.	Muestra	Longitud				Ancho				h			
		L1	L2	Promedio	Tolerancia	A1	A2	Promedio	Tolerancia	h1	h2	Promedio	Tolerancia
20% A.G	M1	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	6.10	6.20	6.15	CUMPLE
	M2	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.25	10.25	10.25	NO CUMPLE	5.85	5.75	5.80	CUMPLE
	M3	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.00	6.30	6.15	CUMPLE
	M4	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.15	10.05	10.10	CUMPLE	6.20	6.35	6.28	CUMPLE
	M5	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.00	10.05	10.03	CUMPLE	6.15	5.80	5.98	CUMPLE
	M6	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	5.90	6.30	6.10	CUMPLE
	M7	19.90	19.95	19.93	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	6.00	6.10	6.05	CUMPLE
	M8	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	6.10	6.05	6.08	CUMPLE
	M9	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	5.95	6.00	5.98	CUMPLE
	M10	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	6.20	6.40	6.30	CUMPLE
	M11	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.10	10.00	10.05	CUMPLE	6.10	6.30	6.20	CUMPLE
	M12	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.10	10.00	10.05	CUMPLE	6.15	6.20	6.18	CUMPLE
	M13	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	6.25	6.25	6.25	CUMPLE
	M14	19.90	19.95	19.93	CUMPLE	10.10	10.00	10.05	CUMPLE	6.10	6.05	6.08	CUMPLE
	M15	19.85	19.80	19.83	NO CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	6.30	6.30	6.30	CUMPLE
	M16	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	5.95	6.15	6.05	CUMPLE
	M17	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.10	10.15	10.13	CUMPLE	6.10	6.05	6.08	CUMPLE
	M18	19.95	19.90	19.93	CUMPLE	10.10	10.05	10.08	CUMPLE	6.30	6.30	6.30	CUMPLE
	M19	19.90	19.95	19.93	CUMPLE	10.10	10.00	10.05	CUMPLE	6.20	6.15	6.18	CUMPLE
	M20	19.85	19.80	19.83	NO CUMPLE	10.10	10.00	10.05	CUMPLE	6.00	5.80	5.90	CUMPLE
	M21	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	6.10	6.30	6.20	CUMPLE
	M22	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.10	10.10	10.10	CUMPLE	6.15	6.20	6.18	CUMPLE
	M23	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.05	10.00	10.03	CUMPLE	6.00	6.10	6.05	CUMPLE
	M24	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.10	6.05	6.08	CUMPLE

Elaboración propia

Tabla n° 5. 29. Resultados variación dimensional reemplazo 30% A.G

Reemp.	Muestra	Longitud				Ancho				h			
		L1	L2	Promedio	Tolerancia	A1	A2	Promedio	Tolerancia	h1	h2	Promedio	Tolerancia
30% A.G	M1	19.90	19.80	19.85	CUMPLE	10.05	10.05	10.05	CUMPLE	5.95	6.20	6.08	CUMPLE
	M2	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.20	10.10	10.15	CUMPLE	6.10	6.05	6.08	CUMPLE
	M3	19.85	19.85	19.85	CUMPLE	10.10	10.20	10.15	CUMPLE	5.85	5.80	5.83	CUMPLE
	M4	20.10	20.05	20.08	CUMPLE	10.15	10.10	10.13	CUMPLE	5.90	5.90	5.90	CUMPLE
	M5	20.10	20.00	20.05	CUMPLE	10.20	10.05	10.13	CUMPLE	6.10	6.15	6.13	CUMPLE
	M6	20.00	20.05	20.03	CUMPLE	10.15	10.10	10.13	CUMPLE	6.35	6.35	6.35	NO CUMPLE
	M7	20.00	20.05	20.03	CUMPLE	10.10	10.20	10.15	CUMPLE	6.10	6.20	6.15	CUMPLE
	M8	19.90	19.95	19.93	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.00	6.10	6.05	CUMPLE
	M9	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.30	10.30	10.30	NO CUMPLE	6.10	6.15	6.13	CUMPLE
	M10	19.85	19.90	19.88	CUMPLE	10.00	10.10	10.05	CUMPLE	6.25	6.30	6.28	CUMPLE
	M11	19.90	19.85	19.88	CUMPLE	10.10	10.20	10.15	CUMPLE	6.30	6.30	6.30	CUMPLE
	M12	19.90	19.90	19.90	CUMPLE	10.20	10.05	10.13	CUMPLE	6.60	6.40	6.50	NO CUMPLE
	M13	20.00	20.00	20.00	CUMPLE	10.10	10.15	10.13	CUMPLE	6.40	6.50	6.45	NO CUMPLE
	M14	19.95	20.00	19.98	CUMPLE	10.20	10.20	10.20	NO CUMPLE	6.35	6.25	6.30	CUMPLE
	M15	19.90	20.00	19.95	CUMPLE	10.10	10.15	10.13	CUMPLE	6.50	6.65	6.58	NO CUMPLE
	M16	20.00	20.00	20.00	CUMPLE	10.25	10.25	10.25	NO CUMPLE	6.30	6.30	6.30	CUMPLE
	M17	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.10	10.20	10.15	CUMPLE	6.60	6.60	6.60	NO CUMPLE
	M18	20.00	20.05	20.03	CUMPLE	10.15	10.15	10.15	CUMPLE	6.30	6.30	6.30	CUMPLE
	M19	19.90	20.00	19.95	CUMPLE	10.10	10.20	10.15	CUMPLE	5.90	5.90	5.90	CUMPLE
	M20	20.00	20.00	20.00	CUMPLE	10.10	10.20	10.15	CUMPLE	6.10	6.20	6.15	CUMPLE
	M21	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.10	10.20	10.15	CUMPLE	6.10	6.15	6.13	CUMPLE
	M22	20.00	20.05	20.03	CUMPLE	10.10	10.15	10.13	CUMPLE	6.40	6.50	6.45	NO CUMPLE
	M23	19.95	19.95	19.95	CUMPLE	10.10	10.15	10.13	CUMPLE	6.30	6.30	6.30	CUMPLE
	M24	20.00	20.00	20.00	CUMPLE	10.05	10.10	10.08	CUMPLE	6.30	6.30	6.30	CUMPLE

## Elaboración propia

Si comparamos los resultados que se obtuvieron de los reemplazos con respecto a los adoquines elaborados con los agregados convencionales, en ambos casos hubo variación y esto se debe principalmente a que la fabricación de estos adoquines son semi industriales, no son industrializados, pero tampoco es una práctica al 100% manual, por lo que la mano del hombre puede presentar algunos errores a la hora de su fabricación, en comparación como las grandes empresas adoquineras del país que tiene maquinaria controlada mediante un cuarto de operaciones, donde se controlan todas las variables para la fabricación de estas unidades.

## F. RESUMEN DE ENSAYOS

En el siguiente recuadro se puede observar todos los resultados obtenidos en la investigación para los diferentes ensayos:

**Tabla n° 5. 30. Resumen de ensayos realizados**

% reemplazo	f'c (kgf/cm <sup>2</sup> )	f'c prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Mr (MPa)	Mr Promedio (MPa)	Absorción (%)	Absorción promedio (%)	Desgaste (%)	Desgaste promedio (%)
10% A.F	459.92	442.45	5.36	5.62	7.84	5.76 %	0.32%	0.29%
	420.92		6.04		4.13		0.24%	
	446.52		5.45		5.32		0.31%	
20% A.F	368.67	371.80	6.39	5.84	6.37	6.46 %	0.18%	0.18%
	400.37		5.57		6.53		0.17%	
	346.36		5.55		6.48		0.19%	
30% A.F	361.18	351.23	5.10	5.39	5.12	4.66 %	0.70%	1.33%
	304.60		6.08		3.47		2.65%	
	387.91		4.99		5.40		0.64%	
10% A.G	369.78	352.71	5.30	5.37	9.89	8.19 %	1.09%	0.67%
	360.44		5.23		8.42		0.59%	
	327.90		5.58		6.25		0.33%	
20% A.G	385.59	365.07	6.72	6.30	8.59	8.45 %	0.34%	0.41%
	393.17		5.77		8.79		0.33%	
	316.45		6.40		7.98		0.54%	
30% A.G	348.78	325.38	5.76	5.86	7.87	8.95 %	0.42%	0.57%
	353.46		6.04		8.06		0.37%	
	273.91		5.79		10.93		0.91%	

**Elaboración propia**

De los datos obtenidos, solo la dosificación con 10% reemplazo del agregado fino cumple con los requisitos establecidos en las normas citadas anteriormente, los demás solo cumplen en algunos ensayos, sin embargo, gran parte de estos resultados cumplen los requisitos de un adoquín con las mismas características, pero para un uso diferente, sin embargo, eso sería materia de otra investigación.

## VI. Conclusiones

### **En cuanto a los procedimientos de recolección y selección:**

- El aprovechamiento de los residuos provenientes de la demolición durante el proceso de recolección y selección fue del 50% por edificación sólo para el propósito de esta investigación, puesto que existen factores como la edad de la edificación por demoler, la naturaleza de los materiales de construcción, el grado de contaminación del residuo, el origen del material reciclado, por ejemplo si el residuo provenía del cimientado o de elementos estructurales pertenecientes al cascarón de la edificación (columnas, vigas y losas). Sin embargo, durante el proceso de elaboración de los agregados reciclados se aprovechó el 100% de todo lo recolectado y seleccionado con anterioridad, pues la idea de este estudio es aprovechar lo máximo posible estos recursos. Luego este material fue llevado a la chancadora Piedra Azul, para ser triturada; posteriormente una vez obtenido el material se tamizó en un agregado más pequeño para el propósito de estudio.

### **En cuanto a las propiedades físicas de los agregados:**

- La distribución granulométrica tanto en agregados finos como gruesos reciclados, tienen una similitud con la granulometría de los agregados convencionales.
- El contenido de humedad de los agregados reciclados era por mucho mayor en ambos casos con respecto a su contraparte.
- El porcentaje de absorción en ambos casos salió mayor, sin embargo, de los 2 agregados reciclados, el agregado grueso resultó ser el más absorbente, fenómeno que se produce debido a la naturaleza porosa del material; por otra parte, el peso específico de los áridos provenientes del reciclaje de residuos de demolición es considerablemente menor, por lo que se concluye que tanto la arena como el conquitillo reciclado son materiales menos pesados que los agregados naturales.
- Los pesos unitarios de los agregados reciclados son mayores que los de los agregados convencionales, por lo que se necesitará más material para una muestra de concreto.

### **En cuanto a las propiedades físicas y mecánicas del adoquín:**

- Se trabajó 04 dosificaciones (0.41, 0.43, 0.45 y 0.50) inicialmente y se determinó mediante los ensayos que la dosificación  $a/c=0.43$  era quien presentaba los mejores resultados.
- Se trabajó seguidamente 06 dosificaciones (03 reemplazos de agregado fino y otras 03 de agregado grueso, de las cuales la dosificación del 10% A.F fue la que cumplía con los

estándares establecidos en la N.T.P 399.611.

- En la resistencia a la compresión, se observó decrecimientos hasta un máximo de 30%, sin embargo, la dosificación 10% A.F aún se mantuvo dentro de los límites de la norma. Los resultados que se obtuvieron con los demás reemplazos pueden ser utilizados para un adoquín de las mismas dimensiones, pero para un uso Tipo I: Tránsito peatonal.
- En cuanto a la resistencia a la flexión se notó un aumento hasta de 20%, siendo la dosificación 20% A.G la que mejores resultados presentó, cumpliendo con lo estipulado en normativas internacionales.
- La absorción que se presentó en los adoquines con reemplazo fue mucho mayor que los adoquines que se elaboraron con agregados naturales, siendo las dosificaciones con agregado grueso reemplazado, las que presentaron los mayores resultados desfavorables.
- Los resultados de los ensayos de resistencia a la abrasión por desgaste fueron bastante variables en los adoquines con reemplazos tanto de agregado fino como grueso, ambos presentaron resultados divergentes de la muestra patrón, debido a varios factores como la naturaleza del agregado, los pequeños agrietamientos que presentaron algunas de las muestras y la influencia del tamaño máximo.
- Con respecto a la densidad y a su fuerte correlación con absorción, estableció una tendencia lineal donde a más absorción menor densidad, y viceversa.

## VII. Recomendaciones

- Se recomienda que, durante el proceso de selección y recolección de la muestra, se procure de segregar la muestra con el menor grado de impurezas y agentes perjudiciales para el concreto.
- Se recomienda a los futuros investigadores de esta línea, que estudien más a fondo las propiedades físicas de los agregados reciclados para promover el uso de estos materiales para la construcción.
- Se recomienda a los nuevos tesisistas e investigadores promover el estudio de los materiales reciclados, mediante el estudio de diversos usos aplicativos para la ingeniería: estabilización de suelos, elaboración de concretos de diferentes propiedades, etc.
- Se recomienda para el mezclado de concreto para estos adoquines se utilicen trompos de barrido horizontal con el fin de obtener un mejor mezclado de los componentes del agregado, puesto que este es el que más se utiliza para esta clase de trabajos.
- Como se pudo observar en los resultados, específicamente en la absorción, hubo un aumento bastante considerable de esta propiedad, por ello se recomienda utilizar un aditivo plastificante, pues estos aumentarían de manera favorable la fluidez de la mezcla con una cantidad reducida de cemento (y por tanto de agua), permitiéndonos a través de la vibración reducir la cantidad de poros en la estructura interna del concreto sin mayor complicación. Además, que el uso de un plastificante no ayudaría a utilizar relaciones de agua/cemento mucho más baja, pero manteniendo una buena trabajabilidad.
- En base a lo establecido en el punto anterior, se recomienda el uso de un aditivo plastificante a quienes van investigar las propiedades del concreto seco con esta clase de materiales, para evaluar en cuanto podría mejorar la trabajabilidad de la mezcla, y, por ende, cómo este efecto podría mejorar las propiedades de nuestro concreto.
- Se recomienda el uso de estos agregados reciclados para la elaboración de adoquines con menores exigencias en cuanto a propiedades mecánicas, por ejemplo, se puede promover su uso para adoquines Tipo I: Tránsito peatonal.

## VIII. Referencias

- [1] Ministerio del Ambiente, *Resolución Ministerial N°145-2019: "Declaran en emergencia la gestión y manejo de los residuos sólidos en los distritos de Chiclayo, José Leonardo Ortiz, La Victoria, Reque y Saña de la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque*, Lima: El Peruano, 2019.
- [2] A. P. Rodríguez, *Manual de Prácticas de Laboratorio*, México: Universidad Autónoma de Chihuahua .
- [3] K. M. Parra Maya y M. A. Bautista Moros, *Diseño de una mezcla de concreto utilizando residuos industriales y escombros*, Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana, 2010.
- [4] J. Arrieta Freyre y E. Peñaherrera Deza, *Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibratoria*, Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2001.
- [5] «Notas de hormigón armado,» 15 Abril 2011. [En línea]. Available: <http://notasdehormigonarmado.blogspot.com/2011/04/2-compacidad-del-hormigon-endurecido.html>.
- [6] A. M. Neville, *Tecnología del concreto*, México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2013.
- [7] «¿Qué es el cemento y cuáles son sus componentes?,» Cementos Tequendama, 31 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <http://www.cetesa.com.co/que-es-el-cemento-y-cual-es-su-composicion/>.
- [8] INACAL, *Norma Técnica Peruana 334.090:2016. Cemento Portland*, Lima, 2016.
- [9] L. Gutiérrez de López, *El concreto y otros materiales para la construcción*, Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2003.
- [1] C. S. Caicedo Quinayás, *Diseño de un pavimento articulado con adoquines compuestos por reciclados de concreto como agregado fino y cenizas provenientes del bagazo de la caña de azúcar como reemplazo parcial del cemento Portland*, Cali: Pontificia Universidad Javeriana, 2016.
- [1] M. I. Cabezas Fierro , *Elaboración de un manual de procesos constructivos del adoquinado*, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2014.
- [1] Instituto Mexicano del Concreto y Cemento, «La historia del adoquín,» Mayo 2005. [En línea]. Available: <http://www.imcyc.com/cyt/mayo05/POSIBILIDADES.pdf>.
- [1] Construmática, «CONSTRUMÁTICA: Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción,» [En línea]. Available: [https://www.construmatica.com/construpedia/Proceso\\_de\\_Fabricaci%C3%B3n,\\_Suministro\\_y\\_Recepci%C3%B3n\\_del\\_Euroadoqu%C3%ADn](https://www.construmatica.com/construpedia/Proceso_de_Fabricaci%C3%B3n,_Suministro_y_Recepci%C3%B3n_del_Euroadoqu%C3%ADn).
- [1] L. K. Cabrera Barboza, *Comparación de la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrios reciclados*, Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2014.
- [1] Sika, *Curado del Concreto*, Colombia: Sika Colombia, 2009.
- [1] J. Castaño, R. Misle Rodríguez, L. Andres Lasso, A. Gómez Cabrera y M. S. Ocampo, *Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes*, Bogotá: Tecnura, 2013.
- [1] D. de Santos Marián, B. Monercillo Delgado y A. García Martínez, *Gestión de residuos en las obras de construcción y demolición*, Madrid: Tomapunta Ediciones, 2011.
- [1] J. F. García Temoltzi, *Gestión de residuos de construcción y demolición en Alemania*, México: Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, 2014.
- [1] C. A. Pacheco Bustos, L. G. Fuentes Pumarejo, É. H. Sánchez Cotte y H. A. Rondón Quintana, «Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión,» *Ingeniería y Desarrollo. Universidad del*

*Norte*, vol. 35, nº 02, pp. 533-555, 2017.

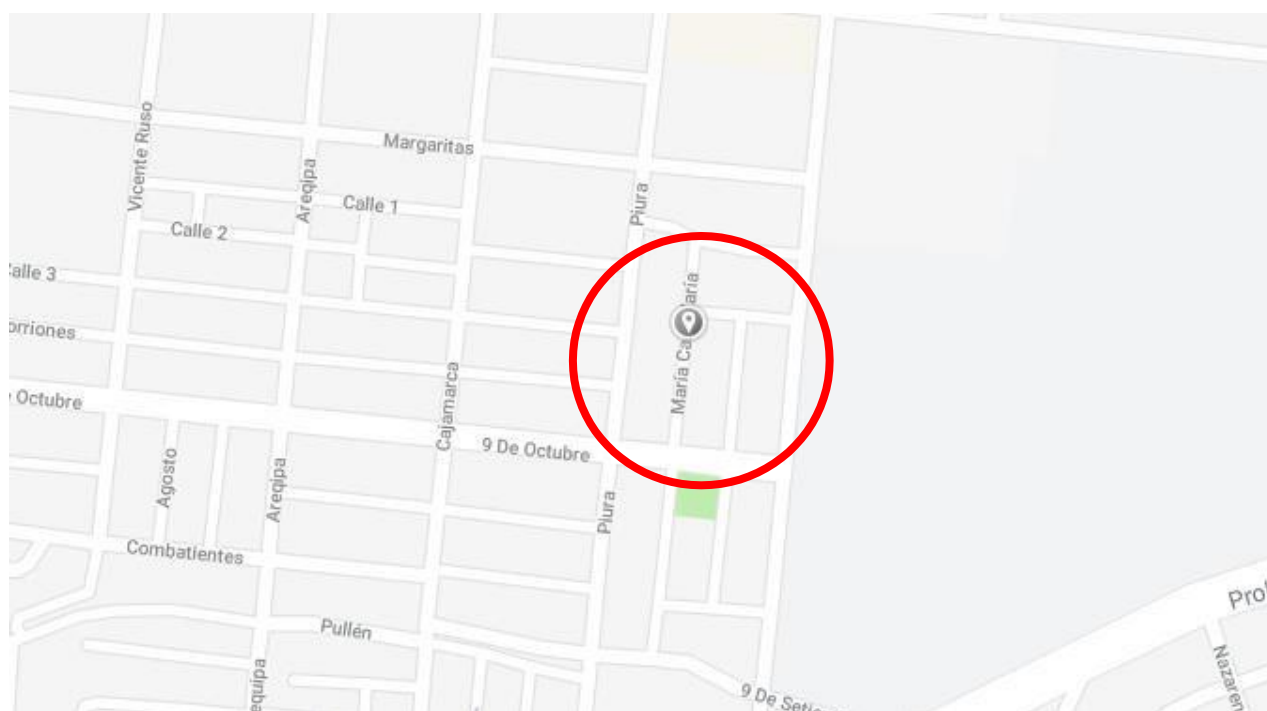
- [2 N. L. Guarín Cortés, L. Y. Montenegro Roa, L. H. Walteros Galarza y S. T. Reyes Gómez,  
0] «Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción y demolición en Brasil y Colombia,» Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.
- [2 J. C. Sumari Ramos, Estudio del concreto de mediana a alta resistencia elaborado con residuos  
1] de concreto reciclado sobre el concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$ , Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2016.
- [2 M. Bustillo Revuleta, Manual de RCD y áridos reciclados, Madrid: Fueyo Editores, 2010.  
2]
- [2 INACAL, Norma Técnica Peruana 339.035:2009. Método de ensayo para la medición del  
3] asentamiento del hormigón con el cono de Abrams, Lima, 2010.
- [2 INACAL, Norma Técnica Peruana 339.185:2013. Método de ensayo normalizado para  
4] contenido de humedad total evaporable de agregados por secado, Lima, 2016.
- [2 INACAL, Norma Técnica Peruana 399.604:2002. Método de muestreo y ensayo de unidades de  
5] albañilería de concreto, Lima, 2002.
- [2 INACAL, Norma Técnica Peruana 399.611:2010. Adoquines de concreto para pavimentos,  
6] Lima, 2010.
- [2 INACAL, Norma Técnica Peruana 400.012:2001. Análisis granulométrico del agregado fino,  
7] grueso y global, Lima, 2002.
- [2 INACAL, Norma Técnica Peruana 400.017:1999. Método de ensayo normalizado para  
8] determinar la masa por unidad de volumen o densidad, Lima, 2011.
- [2 INACAL, Norma Técnica Peruana 400.018:2002. Método de ensayo normalizado para  
9] determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado  $75\ \mu\text{m}$  (n.º 200) por lavado en agregados, Lima, 2002.
- [3 INACAL, Norma Técnica Peruana 400.019:2014. Método de ensayo normalizado para la  
0] determinación de la resistencia a la degradación de agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles, Lima, 2014.
- [3 INACAL, Norma Técnica Peruana 400.021:2002. Método de ensayo normalizado para peso  
1] específico y absorción del agregado grueso, Lima, 2002.
- [3 INACAL, Norma Técnica Peruana 400.022:2013. Método de ensayo normalizado para la  
2] densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino, Lima, 2014.
- [3 ASTM, ASTM C29/C29M-09: Método de ensayo estándar para determinar la densidad en masa  
3] (peso unitario) e índice de huecos en los agregados, Washington: ASTM International, 2011.
- [3 ASTM, ASTM C33/C33M-16: Especificación estándar de agregados para concreto,  
4] Washington: ASTM International, 2016.
- [3 ASTM, ASTM C125-15b: Terminología estándar relativa a concreto y agregados del hormigón,  
5] Washington: ASTM International, 2015.
- [3 ASTM, ASTM C127-15. Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad  
6] relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso, Washington: ASTM International, 2015.
- [3 ASTM, ASTM C128-15: Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad  
7] relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados finos, Washington: ASTM International, 2015.
- [3 ASTM, ASTM C136/C136M-14. Método de ensayo normalizado para la determinación  
8] granulométrica de agregados finos y gruesos, Washington: ASTM International, 2014.
- [3 ASTM, ASTM C140/C140M-18: Métodos de prueba estándar para el muestreo y la prueba de  
9] unidades de concreto de albañilería y unidades relacionadas, Washington: ASTM International, 2018.
- [4 ASTM, ASTM C944-12: Método de ensayo estándar para la resistencia a la abrasión del  
0] concreto y superficies de mortero por medio del cortador giratorio, Washington: ASTM

- International, 2012.
- [4 1] Comisión Guatemaltaca de Normas , COGUANOR NTG 41086. Adoquines de concreto para pavimentos. Especificaciones, Guatemala: Ministerio de Economía, 2014.
- [4 2] Comisión Guatemalteca de Normas , COGUANOR NTG 41087 h1. Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto., Guatemala: Ministerio de Economía, 2017.
- [4 3] ICONTEC Internacional, NTC 2017. Adoquines de concreto para pavimentos., Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2018.
- [4 4] L. F. Pacheco Gonzáles y M. C. Brayan Giovanni, Análisis del comportamiento mecánico en adoquines de concreto hidráulico mecánico en adoquines de concreto con sustitución de agregado fino por gran de caucho reciclado en la tamices n°8 al n°20 (2.6mm-0.85mm) y adición de polvo fino de microsílíce, Bogotá: Universidad de La Salle, 2018.
- [4 5] F. J. Estrada Quintanilla, Uso de material reciclado de tereftalato de polietileno, PET, como agregado fino para mezclas de concreto, para la elaboración de adoquines, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017.
- [4 6] I. Martínez Soto y C. Mendoza Escobedo, Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados, México D.F: INGENIERÍA Investigación y Tecnología, 2006.
- [4 7] K. Robalo , H. Costa, d. C. Ricardo y E. Júlio, Experimental development of low cement content and recycled construction and demolition waste aggregates concrete, Lisboa: Construction and building materials, 2020.
- [4 8] G. Chavarry Boy, Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén, Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2018.
- [4 9] M. A. Alcocer Fraga y R. G. Solís Carcaño, Concrete durability with high absorption aggregates, México: Ingeniería, Investigación y Tecnología, 2019.
- [5 0] J. F. Arango Londoño, Adoquines de concreto: propiedades físico-mecánicas y sus relaciones, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2006.
- [5 1] Congreso Constituyente Democrático, *Constitución Política del Perú*, Lima, 1993.
- [5 2] INACAL, *Norma Técnica Peruana 399.624:2006. Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto utilizando la máquina de desgaste*, Lima, 2015.
- [5 3] J. Montero y S. Laserna, «Influence of effective mixing water in recycled concrete,» *Construction and Building Materials*, vol. 132, pp. 343-352, 2016.
- [5 4] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, Metodología de la investigación, México: McGrawHill/Interamericana Editores, 2014.
- [5 5] F. J. Arenas Cabello, «Los materiales de construcción y el medio ambiente,» *Medio Ambiente & Derecho*, Junio 2008. [En línea]. Available: [https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03\\_materiales.html](https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html).
- [5 6] A. Moragues Terrades, *Procesos de hidratación del Cemento Portland y Microestructura del Hormigón*, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- [5 7] O. Javier Silva, «360 en concreto,» [En línea]. Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/proceso-hidratacion-del-cemento>.
- [5 8] J. P. León, «"En Lima se generan 19 mil toneladas de desmonte al día y el 70% va al mar o ríos",» *Diario El Comercio*, Agosto 2017.
- [5 9] B. D. Scott y M. Safiudin, Abrasion resistance of concrete-design, construction and case study, Canada: Concrete Research Letters, 2015.
- [6 0] Gobierno Provincial de Chiclayo, Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Chiclayo, Chiclayo: EMDECOSEGE S.A, 2008.
- [6] Autoridad Nacional del Agua (ANA), «ana.gob.pe,» [En línea]. Available:

- 1] <https://www.ana.gob.pe/consejo-de-cuenca/chancay-lambayeque/portada>.
- [6 Autoridad Nacional del Agua (ANA), «Monitoreo de las aguas subterráneas en el acuífero
- 2] Chancay-Lambayeque,» Administración Local de Aguas Chancay-Lambayeque, Chiclayo, 2010.
- [6 EPSEL, «Ciclo operacional del Agua Potable,» 2013. [En línea]. Available:
- 3] <http://www.epsel.com.pe/Presentacion/WFrmServicioAP.aspx>.
- [6 EPSEL, «Servicios disponibles al Mercado Regional y Nacional,» 2013. [En línea]. Available:
- 4] <http://www.epsel.com.pe/Presentacion/WFrmServicioCC.aspx>.
- [6 Lo mejor del Perú, «Lambayeque - Flora y Fauna,» [En línea]. Available: [http://www.peru-](http://www.peru-info.net/lambayeque_flora_y_fauna.html)
- 5] [info.net/lambayeque\\_flora\\_y\\_fauna.html](http://www.peru-info.net/lambayeque_flora_y_fauna.html).

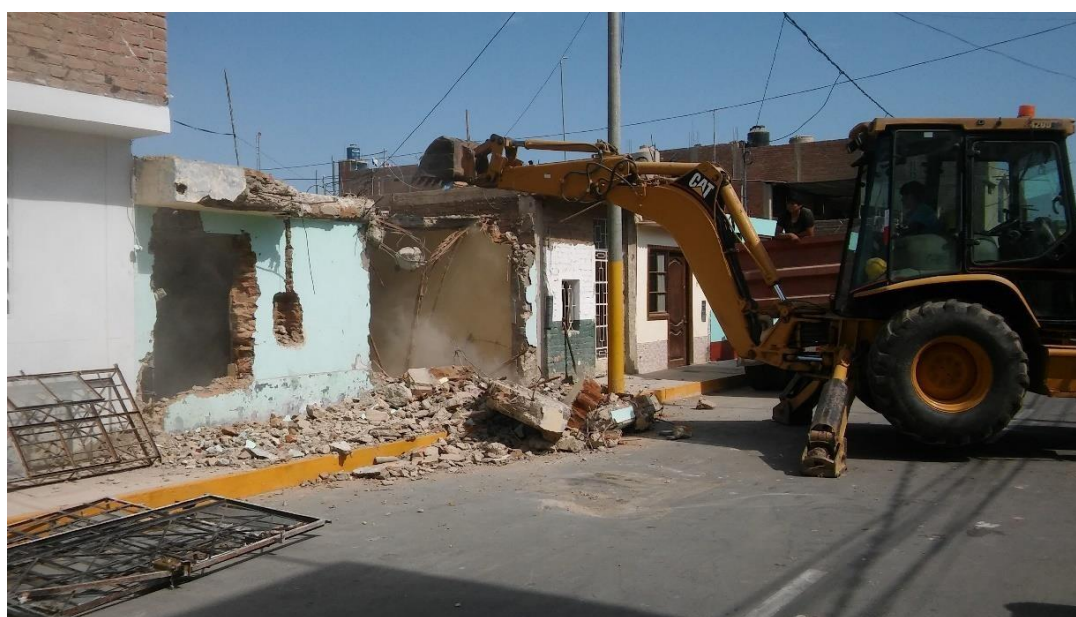
## IX. Anexos

**Figura n° 9. 1. “Ubicación de la casa demolida en Calle María Candelaria”**



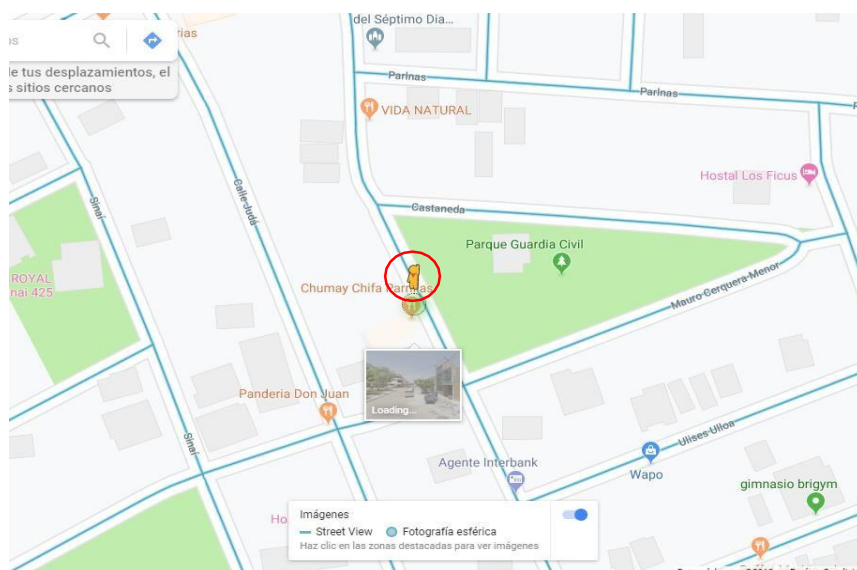
**Fuente: Google Maps**

**Figura n° 9. 2. “Demolición de la casa ubicada en la Calle María Candelaria”**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9.3. "Ubicación de la demolición ubicada en la calle Wilfredo Valdiviezo"**



**Fuente: Google Maps**

**Figura n° 9.4. "Demolición calle Wilfredo Valdiviezo 319"**



**Elaboración propia**

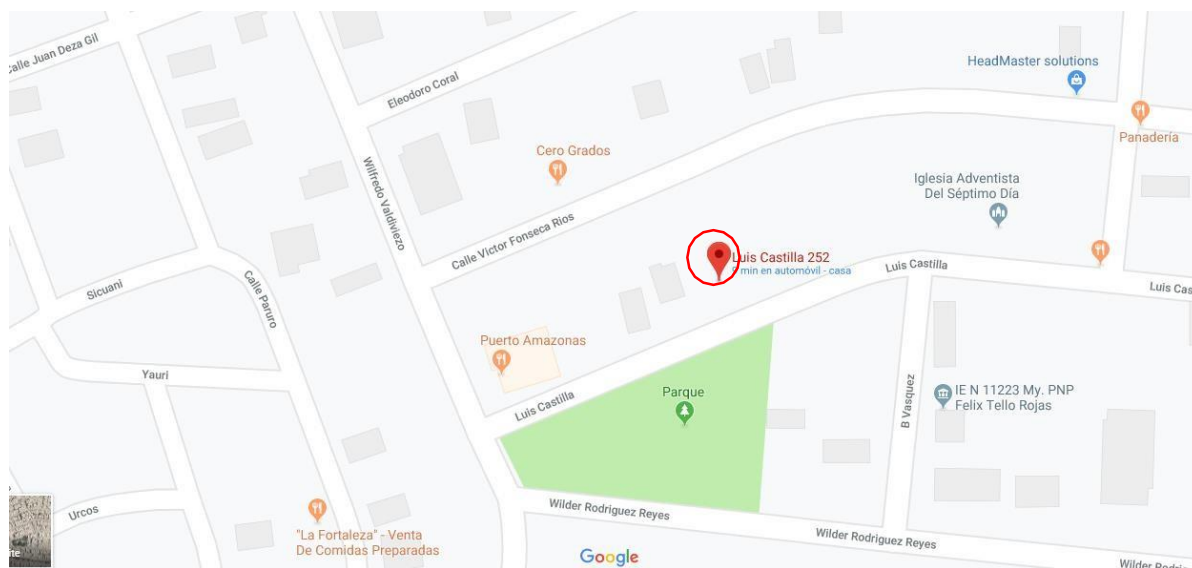
**Figura n° 9.5. "Demolición calle Wilfredo Valdiviezo 319 (2)"**



**Elaboración propia**



**Figura n° 9. 6. “Ubicación de la demolición en la Calle Luis Castilla 252”**



**Fuente: Google Maps**

**Figura n° 9. 7. "Demolición en la calle Luis Castilla 252"**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 8."Elección de la muestra a demoler"**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 9. "Transporte del material a la chancadora Piedra Azul S.A"**

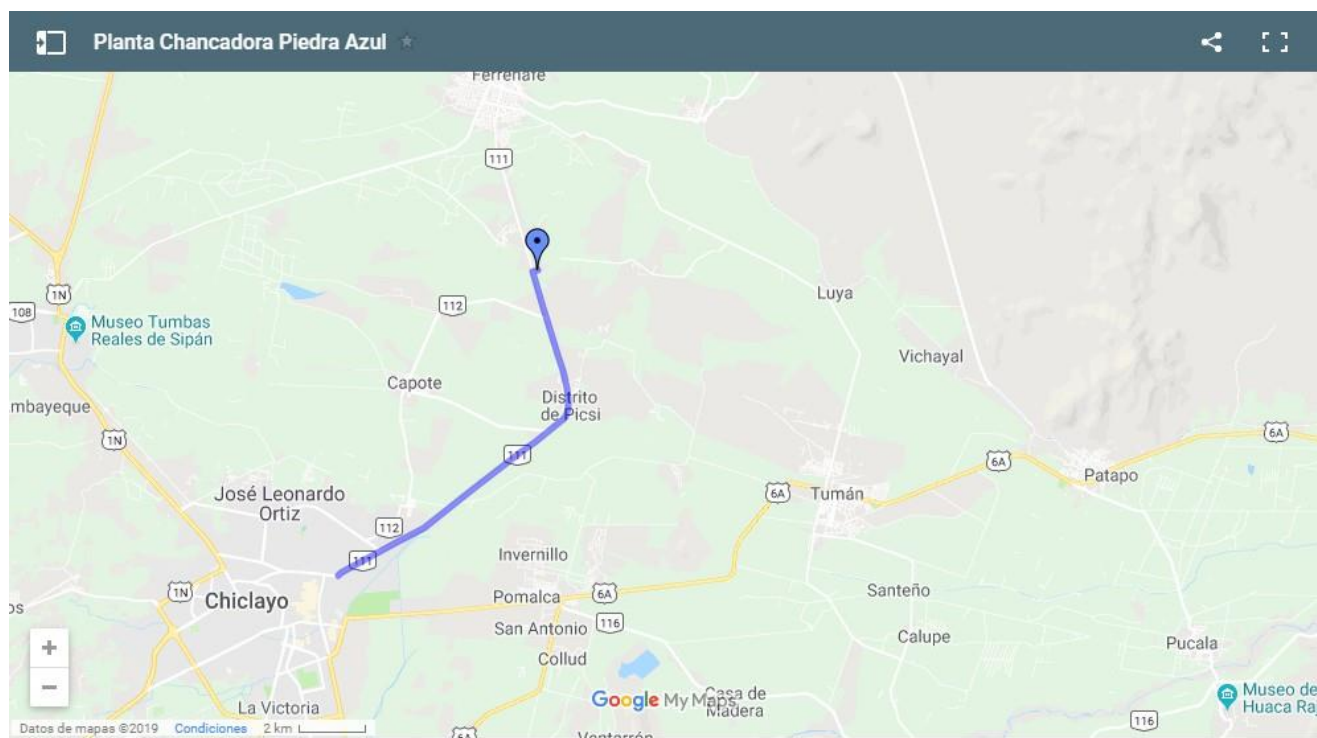


**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 10. "Llegada chancadora Piedra Azul S.A"**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 11. "Ubicación Chancadora Piedra Azul"**

CARRETERA CHICLAYO-FERREÑAFE KM 12  
TELÉFONO: (074)607095

**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 12. Chancadora, proceso de chancado**

**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 13. "Proceso de tamizado y transporte del material chancado"**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 14. "Producto final"**



**Elaboración propia**





### Figura n° 9. 16. “Pesos unitarios y humedad del agregado fino”



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Jueves, 01 de abril del 2021.  
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa

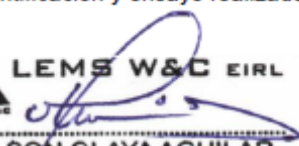
Cantera: La Victoria - Pátapo.

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1410.68
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1403.46
Contenido de Humedad	(%)	0.51

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1634.62
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1626.26
Contenido de Humedad	(%)	0.51

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Elaboración propia**

### Figura n° 9. 17. "Peso específico y % de absorción del agregado fino"



#### INFORME

Pag. 1 de 1

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Jueves, 01 de abril del 2021.

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

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : Pátapo - La Victoria

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.562
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.654

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Elaboración propia**

## AGREGADO GRUESO:

Figura n° 9. 18. "Granulometría agregado grueso"



**LEMS W&C EIRL**

RNP Servicios 00608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

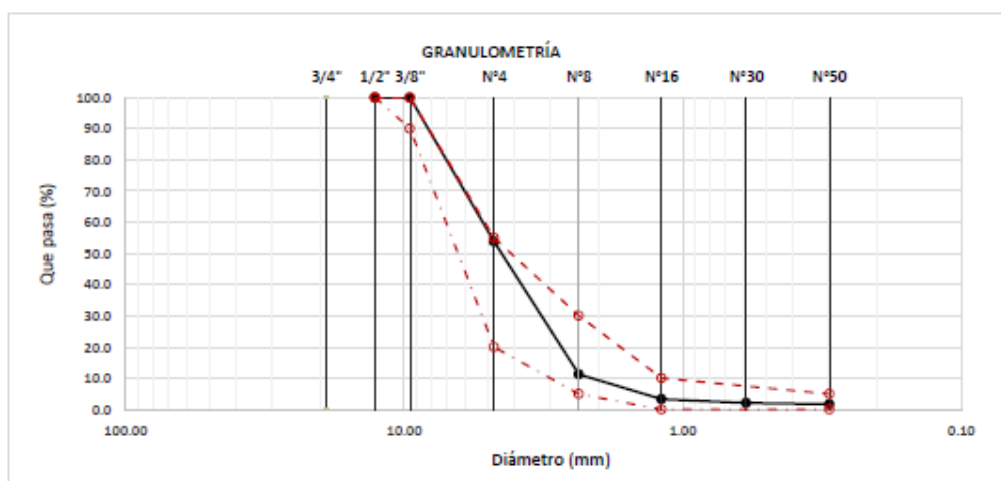
Email: servicios@lemswycpeirl.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Juenes, 01 de abril del 2021.  
 ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA DE REFERENCIA : NTP 400.012

Muestra : Piedra Chancada (Confitillo)

Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe

Análisis Granulométrico por tamizado					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO
3/4"	19.00	0.0	0.0	100.0	89
1/2"	12.70	0.0	0.0	100.0	100
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0	90 - 100
N°4	4.75	46.2	46.2	53.8	20 - 55
N°8	2.36	42.5	88.7	11.3	5 - 30
N°16	1.19	8.0	96.7	3.3	0 - 10
N°30	0.59	1.2	97.9	2.1	
N°50	0.30	0.4	98.3	1.7	0 - 5
<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>					<b>N°4</b>



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

### Figura n° 9.19. “Pesos unitarios y humedad del agregado grueso”



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Juenes, 01 de abril del 2021.  
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Confitillo

Cantera: Tres Tomas - Ferreñafe.

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1218.27
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1215.73
Contenido de Humedad	(%)	0.22
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1395.02
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1392.02
Contenido de Humedad	(%)	0.22

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

## Figura n° 9. 20. "Peso específico y % de absorción del agregado grueso"



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyeirl.com

### INFORME

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Jueves, 01 de abril del 2021.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : NTP 400.021

Muestra: Piedra Chancada (Confitillo)      Cantera: Tres Tomas - Fereñaife

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.577
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	2.019

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
 LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Elaboración propia**

## Figura n° 9. 21. "Ensayo de abrasión del agregado grueso"



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswcoeir.com

### INFORME

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Lunes. 24 de mayo del 2021.

**ENSAYO** : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

**REFERENCIA** : NORMA N.T.P. 400.019

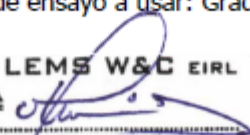

**Muestra** : PIEDRA CHANCADA (CONFITILLO)

**Cantera** : TRES TOMAS - FERREÑAFE

<b>% de desgaste por abrasión</b>	<b>%</b>	<b>11.96</b>
-----------------------------------	----------	--------------

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "C", N° de esferas : 8, Revoluciones : total 500

  
 LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

## AGREGADO RECICLADO

### AGREGADO FINO:

Figura n° 9. 22. "Granulometría agregado fino reciclado"



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

**Ensayo:** Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

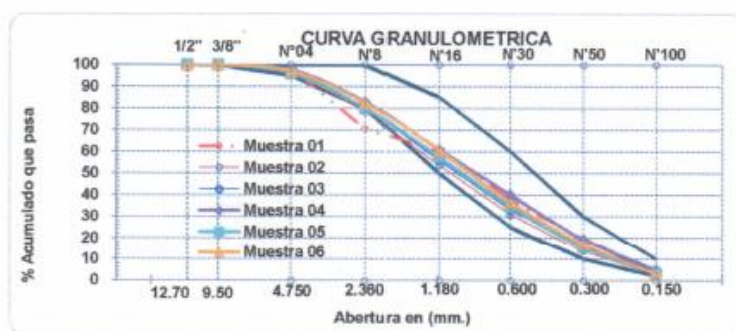
**Referencia:** Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada  
**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso

**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo

**Cantera** Propia  
**Muestra** Residuos de demolición

Malla	Pulg.	(mm.)	M1	M2	M3	M4	M5	M6
			1/2"	12.700	100.0	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
N° 04	4.750	98.6	97.4	97.5	97.8	96.1	97.1	
N° 08	2.360	70.6	78.6	80.6	83.0	80.1	82.5	
N° 16	1.180	60.4	53.8	56.1	60.9	57.5	60.7	
N° 30	0.600	37.8	31.0	33.3	40.1	34.7	36.7	
N° 50	0.300	19.9	13.8	16.4	19.4	15.7	17.2	
N° 100	0.150	3.8	2.7	4.5	4.8	3.0	2.9	



**OBSERVACIONES :**

- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que su reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI G004 : 1993)

*Rivadeneira Obispo Henry*  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

Figura n° 9. 23. "Contenido de humedad de las muestras de agregado fino reciclado"



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Av. San Josemaría Escrivá N°855, Chiclayo - Perú

**Formato interno de ensayo**

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada  
**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  
**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo  
**Ensayo:** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

**Referencia:** NTP 339.185:2013

**Cantera:** Propia  
**Muestra:** Arena reciclada

P tara (1)	P muestra (2)	(1)+(2)	P muestra seca+ tara	Cont. Humedad
89.79 gr	500 gr	589.79 gr	582.33 gr	1.265 %
84.92 gr	500 gr	584.92 gr	578.32 gr	1.128 %
62.21 gr	500 gr	562.21 gr	556.07 gr	1.092 %
78.66 gr	500 gr	578.66 gr	571.85 gr	1.177 %
120.8 gr	500 gr	620.8 gr	614.7 gr	0.983 %
82.77 gr	500 gr	582.77 gr	575.1 gr	1.316 %

Humedad  $w_{med}$  = 1.160

*[Firma]*  
 RIVADENEYRA Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

**Figura n° 9. 24. "Material más fino que pasa la malla n° 200"**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo

Formato interno de ensayo

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada  
**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  
**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo

**ENSAYO:** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por lavado en agregados

**REFERENCIA:** NORMA NTP 400.018 / ASTM C-117

**Muestra:** Agregado Reciclado

**Cantera:** Propia


*Rivadeneira Oblitas Jent*  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Peso de la muestra seca antes del ensayo	500
Peso de la muestra seca después del ensayo	485
Peso de material menos que la N° 200	15
% menos que la malla N° 200	3,0

**Elaboración propia**

Figura n° 9.25. "Peso específico muestra 1"

USAT		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo	
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo		<u>Formato interno de ensayo</u>	
<b>ESCUELA:</b>	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL		
<b>TESISTA:</b>	Arnold David Espinoza Taboada		
<b>TESIS:</b>	Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso		
<b>UBICACIÓN:</b>	Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo		
<b>ENSAYO:</b>	AGREGADOS, Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.		
<b>NORMA:</b>	NTP 400.022		
<b>Cantera:</b>	Propia		
<b>Muestra:</b>	Arena reciclada (M1)		
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	942.7	942.7
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5) g	639.6	639.6
4.- Peso del Agua.	(2-3) g	303.2	303.2
5.- Peso del Frasco	g	139.6	139.6
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	(5+7) g	631.4	631.4
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	491.8	491.8
8.- Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0	500.0
<b>B.- Resultados</b>			
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	$7/(8-4)$	g/cm <sup>3</sup>	2.498
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	$7/(7-4)$	g/cm <sup>3</sup>	2.540
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	$7/((8-4)-(8-7))$	g/cm <sup>3</sup>	2.607
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	$((1-7)/7)*100$	%	1.67

  
Rivadeneyra Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

Figura n° 9. 26. " Peso específico muestra 2"

 <b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo</b>		<b>Formato interno de ensayo</b>	
<b>ESCUELA:</b>	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL		
<b>TESISTA:</b>	Arnold David Espinoza Taboada		
<b>TESIS:</b>	Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso		
<b>UBICACIÓN:</b>	Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo		
<b>ENSAYO:</b>	AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.		
<b>NORMA:</b>	NTP 400.022		
<b>Cantera:</b>	Propia		
<b>Muestra:</b>	Avena reciclada (M2)		
1.- Peso de la Muest. Saf. Sup. Seca.	g	500.0	500.0
2.- Peso de la Muest. Saf. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	937.5	937.5
3.- Peso de la Muest. Saf. Sup. Seca + Peso del frasco. (1+5)	g	639.6	639.6
4.- Peso del Agua. (2-3)	g	297.9	297.9
5.- Peso del Frasco	g	139.6	139.6
6.- Peso de la Muest. secada ahomo + Peso del frasco. (5+7)	g	629.9	629.9
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	490.3	490.3
8.- Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0	500.0
<b>B.- Resultados</b>			
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA. $7/(8-4)$	g/cm <sup>3</sup>	2.427	2.427
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S. S. S. $7/(7-4)$	g/cm <sup>3</sup>	2.475	2.475
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE $7/((8-4)-(8-7))$	g/cm <sup>3</sup>	2.549	2.549
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN. $((1-7)/7)*100$	%	1.98	1.98

  
 Rivaldo Henry Obispo Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

Figura n° 9. 27. "Peso específico muestra 3"

USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo		
<u>Formato interno de ensayo</u>				
<b>ESCUELA:</b>	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL			
<b>TESISTA:</b>	Arnold David Espinoza Taboada			
<b>TESIS:</b>	Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso			
<b>UBICACIÓN:</b>	Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo			
<b>ENSAYO:</b>	AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.			
<b>NORMA:</b>	NTP 400.022			
<b>Cantera:</b>	Propia			
<b>Muestra:</b>	Arena reciclada (M3)			
1. - Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0	500.0	
2. - Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua	g	940.5	940.5	
3. - Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5) g	639.5	639.5	
4. - Peso del Agua.	(2-3) g	301.1	301.1	
5. - Peso del Frasco	g	139.5	139.5	
6. - Peso de la Muest. secada ahomo + Peso del frasco.	(5+7) g	629.7	629.7	
7. - Peso de la Muest. seca en el horno.	g	490.2	490.2	
8. - Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0	500.0	
<b>B.- Resultados</b>				
A. - PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	7/(8-4)	g/cm <sup>3</sup>	2.464	2.464
B. - PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	7/(7-4)	g/cm <sup>3</sup>	2.513	2.513
C. - PESO ESPECIFICO APARENTE	7/((8-4)-(8-7))	g/cm <sup>3</sup>	2.592	2.592
D. - PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((1-7)/7)*100	%	2.00	2.00

  
 Rivadeneira Oblitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

Figura n° 9. 28. "Peso específico muestra 4"

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo**

**USAT**  
Universidad Católica  
Santo Toribio de Mogrovejo

**Formato interno de ensayo**

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada  
**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  
**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo

**ENSAYO:** AGREGADOS, Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.  
**NORMA:** NTP 400.022

**Cantera:** Propia  
**Muestra:** Arena reciclada (M4)

1.- Peso de la Muestr. Sat. Sup. Seca	g	500.0	500.0
2.- Peso de la Muestr. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	939.5	939.5
3.- Peso de la Muestr. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	g (1+5)	639.1	639.1
4.- Peso del Agua	g (2-3)	300.4	300.4
5.- Peso del Frasco	g	139.1	139.1
6.- Peso de la Muestr. secada ahomo + Peso del frasco.	g (5+7)	630.3	630.3
7.- Peso de la Muestr. seca en el horno.	g	491.2	491.2
8.- Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0	500.0
<b>B.- Resultados</b>			
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	$\frac{7}{(8-4)}$	g/cm <sup>3</sup>	2.461
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S. S. S	$\frac{7}{(7-4)}$	g/cm <sup>3</sup>	2.505
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	$\frac{7}{((8-4)-(8-7))}$	g/cm <sup>3</sup>	2.574
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$((1-7/7)*100)$	%	1.79

  
 Rixadegra Obllitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

**Elaboración propia**

Figura n° 9. 29. "Peso específico muestra 5"

USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo		
Formato interno de ensayo				
<b>ESCUELA:</b>	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL			
<b>TESISTA:</b>	Arnold David Espinoza Taboada			
<b>TESIS:</b>	Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso			
<b>UBICACIÓN:</b>	Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo			
<b>ENSAYO:</b>	AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.			
<b>NORMA:</b>	NTP 400.022			
<b>Cantera:</b>	Propia			
<b>Muestra:</b>	Arena reciclada (M5)			
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0	500.0	
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	937.5	937.5	
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5) g	638.5	638.5	
4.- Peso del Agua.	(2-3) g	299.0	299.0	
5.- Peso del Frasco	g	138.5	138.5	
6.- Peso de la Muest. secada ahomo + Peso del frasco.	(5+7) g	630.0	630.0	
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	491.5	491.5	
8.- Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0	500.0	
<b>B.- Resultados</b>				
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	7/(B-4) g/cm <sup>3</sup>	2.445	2.445	
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	7/(7-4) g/cm <sup>3</sup>	2.487	2.487	
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	7/((B-4)-(B-7)) g/cm <sup>3</sup>	2.553	2.553	
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((1-7)/7)*100 %	1.73	1.73	

  
 Rivadeneyra Oblitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

Figura n° 9. 30. " Peso específico muestra 6"

USAT		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo	
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo		Formato interno de ensayo	
<b>ESCUELA:</b>	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL		
<b>TESISTA:</b>	Arnold David Espinoza Taboada		
<b>TESIS:</b>	Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso		
<b>UBICACIÓN:</b>	Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo		
<b>ENSAYO:</b>	AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.		
<b>NORMA:</b>	NTP 400.022		
<b>Cantera:</b>	Propia		
<b>Muestra:</b>	Arena reciclada (M6)		
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	940.0	940.0
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco. (1+5)	g	638.4	638.4
4.- Peso del Agua. (2-3)	g	301.6	301.6
5.- Peso del Frasco	g	138.4	138.4
6.- Peso de la Muest. secada ahomo + Peso del frasco. (5+7)	g	629.8	629.8
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	491.4	491.4
8.- Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0	500.0
<b>B.- Resultados</b>			
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA. 7/(8-4)	g/cm <sup>3</sup>	2.477	2.477
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S. 7/(7-4)	g/cm <sup>3</sup>	2.520	2.520
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE 7/((8-4)-(8-7))	g/cm <sup>3</sup>	2.589	2.589
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN. ((1-7)/7)*100	%	1.75	1.75

  
 Rivaderia Oblitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

Figura n° 9. 31. "Peso unitario agregado fino reciclado"



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú**

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada  
**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  
**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo

**ENSAYO:** AGREGADO. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado  
**NORMA:** Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

**Muestra:** Arena reciclada  
**Cantera:** Residuo de demolición

#### A. PESO UNITARIO SUELTO

Lecturas	P molde + agregado (1)	P molde (2)	(1)-(2)	V molde	P.U.S
Lectura 1	14,54 kg	10,17 kg	4,37 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	800,4543
Lectura 2	15,25 kg	10,17 kg	5,08 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	929,7134
Lectura 3	15,36 kg	10,17 kg	5,19 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	949,8529
Lectura 4	15,38 kg	10,17 kg	5,21 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	953,6977
Lectura 5	15,47 kg	10,17 kg	5,30 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	969,6262
Lectura 6	15,44 kg	10,17 kg	5,27 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	964,1336
Lectura 7	15,55 kg	10,17 kg	5,38 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	984,8224
Lectura 8	15,55 kg	10,17 kg	5,38 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	985,5548

**V molde=** 0,005461898 m<sup>3</sup>

**Prom=** 973,85 kg/cm<sup>3</sup>

#### B. PESO UNITARIO COMPACTADO

Lecturas	P molde + agregado (1)	P molde (2)	(1)-(2)	V molde	P.U.C
Lectura 1	19,42 kg	10,17 kg	9,25 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	1633,416
Lectura 2	19,29 kg	10,17 kg	9,12 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	1634,402
Lectura 3	19,53 kg	10,17 kg	9,36 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	1636,044
Lectura 4	19,59 kg	10,17 kg	9,42 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	1724,675
Lectura 5	19,55 kg	10,17 kg	9,38 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	1716,802
Lectura 6	19,55 kg	10,17 kg	9,38 kg	0,0054619 m <sup>3</sup>	1718,084

**V molde=** 0,005461898 m<sup>3</sup>

**Prom=** 1697,68 kg/cm<sup>3</sup>

  
**Rivadeneira Oblitas Henry**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

**Elaboración propia**

## AGREGADO GRUESO:

Figura n° 9. 32. Curva granulométrica de las muestras de agregado grueso reciclado



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

**Ensayo:** Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso

**Referencia:** Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada

**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso

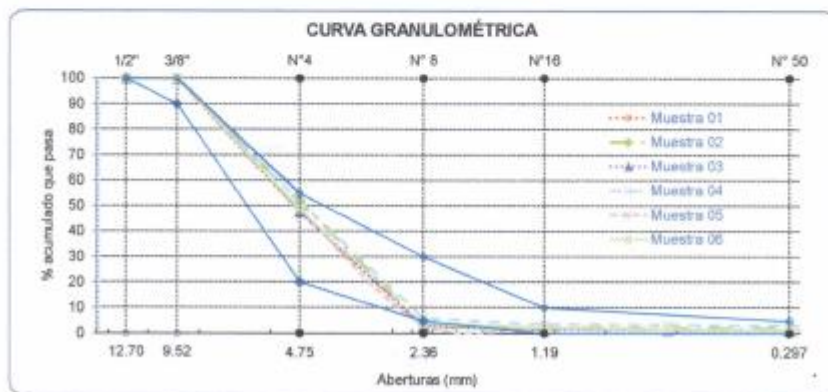
**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo

**Cantera:** Tres Tomas-Ferreñafe

**Muestra:** Confitillo

**Peso muestra:** 1000 gr

Malla		M1	M2	M3	M4	M5	M6
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.70	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
N° 04	4.750	55.60	51.80	47.7	51.8	48.77	48.77
N° 08	2.360	2.40	3.30	2.7	6.1	3.73	3.73
N° 16	1.190	1.50	2.20	1.5	3.5	2.21	2.21
N° 30	0.590	1.40	2.00	1.4	3.3	1.64	1.64
N° 50	0.297	1.30	1.80	1.2	2.9	1.40	1.40
N° 100	0.149	0.90	1.20	0.8	2.4	1.03	1.03
Fondo		0.40	1.20	0.7	2.3	1.19	1.19
Tamaño Maximo		3/8"		2.36			
Tamaño Maximo Nominal		N° 04		1.19			



*Rivadeneira Oblitas Henry*  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

Figura n° 9. 33. "Contenido de humedad de las muestras de agregado grueso reciclado"



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

#### Formato interno de ensayo

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada  
**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  
**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo  
**Ensayo:** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

**Referencia:** NTP 339.185:2013

**Cantera:** Propia  
**Muestra:** Piedra reciclada

P tara (1)	P muestra (2)	(1)+(2)	P muestra seca+ tara	Cont. Humedad
84.89 gr	800.32 gr	885.21 gr	872.01 gr	1.491 %
81.34 gr	800 gr	881.34 gr	868.03 gr	1.510 %
102.27 gr	800.15 gr	902.42 gr	887.86 gr	1.613 %
84.32 gr	800.03 gr	884.35 gr	870.52 gr	1.564 %
85.25 gr	800.96 gr	886.21 gr	868.65 gr	1.982 %
112.2 gr	800 gr	912.2 gr	901.40 gr	1.184 %

Humedad <sub>prom</sub> = 1.557 %

  
 Rivaldo Oblitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

Figura n° 9. 34. Peso específico muestra 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

**Formato interno de ensayo**

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada  
**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  
**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo

**ENSAYO:** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

**NORMA:** NTP 400.022

**Cantera:** Propia

**Muestra:** Confitillo reciclado (M1)

**A.- Datos de la grava**

1.- Peso de la muestra seca al horno	g	1945	1945
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1968	1968
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	1995	1995
4.- Peso de la canastilla	g	922	922
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua (3-4)	g	1073	1073

**B.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA	$1/(2-5)$	g/cm <sup>2</sup>	2.173	2.173
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S. S. S.	$2/(2-5)$	g/cm <sup>3</sup>	2.199	2.199
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	$1/(1-5)$	g/cm <sup>3</sup>	2.231	2.231
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	$((2-1)/1)*100$	%	1.19	1.19

  
 Rivalmeyra Obitos Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

Figura n° 9. 35. Peso específico muestra 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

**Formato interno de ensayo**

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada  
**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  
**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo

**ENSAYO:** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.  
**NORMA:** NTP 400.022

**Cantera:** Propia  
**Muestra:** Confitillo reciclado (M2)

**A.- Datos de la grava**

1.- Peso de la muestra seca al horno	g	1926	1926
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1968	1968
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	1938	1938
4.- Peso de la canastilla	g	886	886
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua (3-4)	g	1052	1052

**B.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA	$1/(2-5)$	$g/cm^3$	2.091	2.091
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	$2/(2-5)$	$g/cm^3$	2.148	2.148
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	$1/(1-5)$	$g/cm^3$	2.218	2.218
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	$((2-1)/1)*100$	%	2.73	2.73

  
 Rivalcerra Oblitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

### Figura n° 9. 36. Peso específico muestra 3



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

#### Formato interno de ensayo

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada  
**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  
**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo

**ENSAYO:** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

**NORMA:** NTP 400.022

**Cantera:** Propia

**Muestra:** Confitillo reciclado (M3)

#### **A.- Datos de la grava**

1.- Peso de la muestra seca al horno	g	1081	1081
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1113	1113
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	1490	1490
4.- Peso de la canastilla	g	892	892
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua (3-4)	g	598	598

#### **B.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA	1/(2-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.098	2.098
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S. S. S.	2/(2-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.161	2.161
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	1/(1-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.238	2.238
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((2-1)/1)*100	%	2.99	2.99

  
 Rivaldo Oblitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

Figura n° 9. 37. Peso específico muestra 4



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

**Formato interno de ensayo**

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada  
**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  
**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo

**ENSAYO:** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

**NORMA:** NTP 400.022

**Cantera:** Propia

**Muestra:** Confilillo reciclado (M4)

**A.- Datos de la grava**

1.- Peso de la muestra seca al horno	g	1472	1472
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1532	1532
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	1722	1722
4.- Peso de la canastilla	g	895	895
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua (3-4)	g	827	827

**B.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA	1/(2-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.087	2.087
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S. S. S.	2/(2-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.173	2.173
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	1/(1-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.283	2.283
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((2-1)/1)*100	%	4.10	4.10

  
 Riva Obispo Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

**Elaboración propia**

Figura n° 9. 38. Peso específico muestra 5



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Av. San Josemaría Escrivá N°855, Chiclayo - Perú

**Formato interno de ensayo**

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada  
**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  
**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo

**ENSAYO:** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

**NORMA:** NTP 400.022

**Cantera:** Propia

**Muestra:** Confitillo reciclado (M5)

**A.- Datos de la grava**

1.- Peso de la muestra seca al horno	g	1479	1479
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1512	1512
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	1722	1722
4.- Peso de la canastilla	g	898	898
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua (3-4)	g	824	824

**B.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA	1/(2-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.150	2.150
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	2/(2-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.198	2.198
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	1/(1-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.259	2.259
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((2-1)/1)*100	%	2.25	2.25

  
 Rivadeneira Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

Figura n° 9. 39. Peso específico muestra 6



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

**Formato interno de ensayo**

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada  
**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  
**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo

**ENSAYO:** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.  
**NORMA:** NTP 400.022

**Cantera:** Propia  
**Muestra:** Confitillo reciclado (M6)

**A.- Datos de la grava**

1.- Peso de la muestra seca al horno	g	1002	1002
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1113	1113
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	1487	1487
4.- Peso de la canastilla	g	869	869
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua (3-4)	g	618	618

**B.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA	1/(2-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.187	2.187
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S. S. S.	2/(2-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.251	2.251
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	1/(1-5)	g/cm <sup>3</sup>	2.335	2.335
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((2-1)/1)*100	%	2.89	2.89

  
 Rivadeneira Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración propia

Figura n° 9. 40. Peso unitario del agregado grueso reciclado



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

**ESCUELA:** ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
**TESISTA:** Arnold David Espinoza Taboada  
**TESIS:** Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  
**UBICACIÓN:** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo

**ENSAYO:** AGREGADO. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado

**NORMA:** Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

**Muestra:** Confitillo reciclado

**Cantera:** Residuo de demolición

#### A. PESO UNITARIO SUELTO

Lecturas	P molde + agregado (1)	P molde (2)	(1)-(2)	V molde	P.U.S
Lectura 1	15,54 kg	10,17 kg	5,37 kg	0,0054619 m3	983,5408
Lectura 2	16,25 kg	10,17 kg	6,08 kg	0,0054619 m3	1112,8
Lectura 3	16,36 kg	10,17 kg	6,19 kg	0,0054619 m3	1132,939
Lectura 4	16,38 kg	10,17 kg	6,21 kg	0,0054619 m3	1136,784
Lectura 5	16,47 kg	10,17 kg	6,30 kg	0,0054619 m3	1152,713
Lectura 6	16,44 kg	10,17 kg	6,27 kg	0,0054619 m3	1147,22
Lectura 7	16,57 kg	10,17 kg	6,40 kg	0,0054619 m3	1171,571
Lectura 8	16,56 kg	10,17 kg	6,39 kg	0,0054619 m3	1170,472

$V\ molde = 0,005461898\ m^3$

$Prom = 1153,03\ kg/cm^3$

#### B. PESO UNITARIO COMPACTADO

Lecturas	P molde + agregado (1)	P molde (2)	(1)-(2)	V molde	P.U.C
Lectura 1	17,20 kg	10,05 kg	7,15 kg	0,0054619 m3	1308,336
Lectura 2	17,50 kg	10,05 kg	7,45 kg	0,0054619 m3	1364,727
Lectura 3	17,62 kg	10,05 kg	7,57 kg	0,0054619 m3	1385,233
Lectura 4	17,75 kg	10,05 kg	7,70 kg	0,0054619 m3	1410,499
Lectura 5	17,71 kg	10,05 kg	7,66 kg	0,0054619 m3	1402,443
Lectura 6	17,74 kg	10,05 kg	7,69 kg	0,0054619 m3	1407,935
Lectura 7	17,85 kg	10,05 kg	7,80 kg	0,0054619 m3	1427,343
Lectura 8	18,00 kg	10,05 kg	7,95 kg	0,0054619 m3	1455,172
Lectura 9	18,32 kg	10,05 kg	8,27 kg	0,0054619 m3	1514,126
Lectura 10	18,33 kg	10,05 kg	8,28 kg	0,0054619 m3	1515,041
Lectura 11	18,33 kg	10,05 kg	8,28 kg	0,0054619 m3	1516,689


*Rivadeneira Oblitas*  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

$V\ molde = 0,005461898\ m^3$

$Prom = 1492,01\ kg/cm^3$


Elaboración propia

Figura n° 9. 41. Diseño de mezcla a/c=0.41

 <b>LEMS W&amp;C</b> EIRL	Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: servicios@lemswyceirl.com			
<p><b>ESCUELA:</b> ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  <b>TESISTA:</b> Arnold David Espinoza Taboada  <b>TESIS:</b> Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  <b>UBICACIÓN:</b> Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo</p>				
<p><b><u>DISEÑO DE MEZCLA FINAL <math>f'c=420 \text{ kg/cm}^2</math></u></b></p>				
<p><b><u>CEMENTO</u></b></p>				
<p><b>1. Tipo de cemento:</b>  <b>2. Peso específico:</b></p>	<p>Pacasmayo Tipo MS          3150 kg/m<sup>3</sup></p>			
<p><b><u>AGREGADOS:</u></b></p>				
<p><b>Agregado fino: (Pátapo)</b></p>	<p><b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b></p>			
<p>a) Tamaño máximo nominal -----          b) P.U.S 1403.47          c) P.U.S.C 1626.26          d) Peso específico de masa 2562.00          e) Contenido de humedad 0.51          f) Contenido de absorción 0.65          g) Módulo de fineza 3.00</p>	<p>a) Tamaño máximo nominal N° 04          b) Peso Unitario suelto seco 1215.73          c) Peso Unitario compactado 1392.87          d) Peso específico de masa : 2577.00          e) Contenido de humedad 0.21          f) Contenido de absorción 2.68          g) Módulo de fineza -----</p>			
<p><b><u>RESULTADOS DEL DISEÑO:</u></b></p>				
<p><b>Factor cemento:</b>  <b>Relación a/c:</b></p>	<p>12.63 bls/m<sup>3</sup>          0.41</p>			
<p><b>Cantidad de materiales por metro cúbico:</b></p>				
<p><b>Cemento:</b> 537 kg/m<sup>3</sup>  <b>Agua:</b> 236 lts/m<sup>3</sup>  <b>A. Fino:</b> 876 kg/m<sup>3</sup>  <b>A. Grueso:</b> 613 kg/m<sup>3</sup></p>	<p><b>Pacasmayo Tipo MS</b>  <b>Potable</b>  <b>Cantera Pátapo</b>  <b>Cantera Tres Tomas</b></p>			
<p><b>Proporción en peso:</b></p>				
<p><u>Cemento</u> 1</p>	<p><u>Arena</u> 1.64</p>	<p><u>Piedra</u> 1.14</p>	<p><u>Agua</u> 18.72</p>	<p><u>Reemplazo</u> 0</p>
<p><b>Proporción en volumen:</b></p>				
<p><u>Cemento</u> 1</p>	<p><u>Arena</u> 1.74</p>	<p><u>Piedra</u> 1.40</p>	<p><u>Agua</u> 18.72</p>	<p><u>Reemplazo</u> 0</p>


**Elaboración propia**

Figura n° 9. 42. Diseño de mezcla a/c=0.43

 <b>LEMS W&amp;C</b> EIRL	Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: servicios@lemswyceirl.com																												
<p><b>ESCUELA:</b> ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  <b>TESISTA:</b> Arnold David Espinoza Taboada  <b>TESIS:</b> Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  <b>UBICACIÓN</b> Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo</p>																													
<p><b><u>DISEÑO DE MEZCLA FINAL <math>f_c=420 \text{ kg/cm}^2</math></u></b></p>																													
<p><b><u>CEMENTO</u></b></p>																													
<p><b>1. Tipo de cemento:</b> Pacasmayo Tipo MS  <b>2. Peso específico:</b> 3150 kg/m<sup>3</sup></p>																													
<p><b><u>AGREGADOS:</u></b></p>																													
<p><b>Agregado fino: (Pátapo)</b></p> <table border="0"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>-----</td></tr> <tr><td>b) P.U.S.S</td><td>1403.47</td></tr> <tr><td>c) P.U.S.C</td><td>1626.26</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa</td><td>2562.00</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.51</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>0.65</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>3.00</td></tr> </table>	a) Tamaño máximo nominal	-----	b) P.U.S.S	1403.47	c) P.U.S.C	1626.26	d) Peso específico de masa	2562.00	e) Contenido de humedad	0.51	f) Contenido de absorción	0.65	g) Módulo de fineza	3.00	<p><b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b></p> <table border="0"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>N° 04</td></tr> <tr><td>b) Peso Unitario suelto seco</td><td>1215.73</td></tr> <tr><td>c) Peso Unitario compactado</td><td>1392.87</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa :</td><td>2577.00</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.21</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>2.68</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>-----</td></tr> </table>	a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) Peso Unitario suelto seco	1215.73	c) Peso Unitario compactado	1392.87	d) Peso específico de masa :	2577.00	e) Contenido de humedad	0.21	f) Contenido de absorción	2.68	g) Módulo de fineza	-----
a) Tamaño máximo nominal	-----																												
b) P.U.S.S	1403.47																												
c) P.U.S.C	1626.26																												
d) Peso específico de masa	2562.00																												
e) Contenido de humedad	0.51																												
f) Contenido de absorción	0.65																												
g) Módulo de fineza	3.00																												
a) Tamaño máximo nominal	N° 04																												
b) Peso Unitario suelto seco	1215.73																												
c) Peso Unitario compactado	1392.87																												
d) Peso específico de masa :	2577.00																												
e) Contenido de humedad	0.21																												
f) Contenido de absorción	2.68																												
g) Módulo de fineza	-----																												
<p><b><u>RESULTADOS DEL DISEÑO:</u></b></p>																													
<p><b>Factor cemento:</b> 12.04 bls/m<sup>3</sup></p>																													
<p><b>Relación a/c:</b> 0.43</p>																													
<p><b>Cantidad de cemento por metro cúbico:</b></p>																													
<table border="0"> <tr><td><b>Cemento:</b></td><td>512 kg/m<sup>3</sup></td><td><b>Pacasmayo Tipo MS</b></td></tr> <tr><td><b>Agua:</b></td><td>220 lts/m<sup>3</sup></td><td><b>Potable</b></td></tr> <tr><td><b>A. Fino:</b></td><td>896 kg/m<sup>3</sup></td><td><b>Cantera Pátapo</b></td></tr> <tr><td><b>A. Grueso:</b></td><td>613 kg/m<sup>3</sup></td><td><b>Cantera Tres Tomas</b></td></tr> </table>	<b>Cemento:</b>	512 kg/m <sup>3</sup>	<b>Pacasmayo Tipo MS</b>	<b>Agua:</b>	220 lts/m <sup>3</sup>	<b>Potable</b>	<b>A. Fino:</b>	896 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Pátapo</b>	<b>A. Grueso:</b>	613 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Tres Tomas</b>																	
<b>Cemento:</b>	512 kg/m <sup>3</sup>	<b>Pacasmayo Tipo MS</b>																											
<b>Agua:</b>	220 lts/m <sup>3</sup>	<b>Potable</b>																											
<b>A. Fino:</b>	896 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Pátapo</b>																											
<b>A. Grueso:</b>	613 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Tres Tomas</b>																											
<p><b>Proporción en peso:</b></p>																													
<table border="0"> <tr> <td><u>Cemento</u></td> <td><u>Arena</u></td> <td><u>Piedra</u></td> <td><u>Agua</u></td> <td><u>Reemplazo</u></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1.76</td> <td>1.20</td> <td>19.63</td> <td>0</td> </tr> </table>	<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Agua</u>	<u>Reemplazo</u>	1	1.76	1.20	19.63	0																			
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Agua</u>	<u>Reemplazo</u>																									
1	1.76	1.20	19.63	0																									
<p><b>Proporción en volumen:</b></p>																													
<table border="0"> <tr> <td><u>Cemento</u></td> <td><u>Arena</u></td> <td><u>Piedra</u></td> <td><u>Agua</u></td> <td><u>Reemplazo</u></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1.86</td> <td>1.47</td> <td>19.63</td> <td>0</td> </tr> </table>	<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Agua</u>	<u>Reemplazo</u>	1	1.86	1.47	19.63	0																			
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Agua</u>	<u>Reemplazo</u>																									
1	1.86	1.47	19.63	0																									


**Elaboración propia**

Figura n° 9. 43. Diseño de mezcla a/c=0.45

	Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: servicios@lemswyceirl.com																												
<p><b>ESCUELA:</b> ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  <b>TESISTA:</b> Arnold David Espinoza Taboada  <b>TESIS:</b> Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  <b>UBICACIÓN:</b> Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo</p>																													
<p><b><u>DISEÑO DE MEZCLA FINAL <math>f_c=420 \text{ kg/cm}^2</math></u></b></p>																													
<p><b><u>CEMENTO</u></b></p>																													
<p><b>1. Tipo de cemento:</b> Pacasmayo Tipo MS</p>	<p><b>2. Peso específico:</b> 3150 kg/m<sup>3</sup></p>																												
<p><b><u>AGREGADOS:</u></b></p>																													
<p><b>Agregado fino: (Pátapo)</b></p> <table border="0"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>-----</td></tr> <tr><td>b) P.U.S.S</td><td>1403.47</td></tr> <tr><td>c) P.U.S.C</td><td>1626.26</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa</td><td>2562.00</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.51</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>0.65</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>3.00</td></tr> </table>	a) Tamaño máximo nominal	-----	b) P.U.S.S	1403.47	c) P.U.S.C	1626.26	d) Peso específico de masa	2562.00	e) Contenido de humedad	0.51	f) Contenido de absorción	0.65	g) Módulo de fineza	3.00	<p><b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b></p> <table border="0"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>N° 04</td></tr> <tr><td>b) Peso Unitario suelto seco</td><td>1215.73</td></tr> <tr><td>c) Peso Unitario compactado</td><td>1392.87</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa :</td><td>2577.00</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.21</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>2.68</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>-----</td></tr> </table>	a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) Peso Unitario suelto seco	1215.73	c) Peso Unitario compactado	1392.87	d) Peso específico de masa :	2577.00	e) Contenido de humedad	0.21	f) Contenido de absorción	2.68	g) Módulo de fineza	-----
a) Tamaño máximo nominal	-----																												
b) P.U.S.S	1403.47																												
c) P.U.S.C	1626.26																												
d) Peso específico de masa	2562.00																												
e) Contenido de humedad	0.51																												
f) Contenido de absorción	0.65																												
g) Módulo de fineza	3.00																												
a) Tamaño máximo nominal	N° 04																												
b) Peso Unitario suelto seco	1215.73																												
c) Peso Unitario compactado	1392.87																												
d) Peso específico de masa :	2577.00																												
e) Contenido de humedad	0.21																												
f) Contenido de absorción	2.68																												
g) Módulo de fineza	-----																												
<p><b><u>RESULTADOS DEL DISEÑO:</u></b></p>																													
<p><b>Factor cemento:</b> 11.50 bls/m<sup>3</sup></p>	<p><b>Relación a/c:</b> 0.45</p>																												
<p><b>Cantidad de cemento por metro cúbico:</b></p>																													
<table border="0"> <tr><td><b>Cemento:</b></td><td>489 kg/m<sup>3</sup></td><td><b>Pacasmayo Tipo MS</b></td></tr> <tr><td><b>Agua:</b></td><td>220 kg/m<sup>3</sup></td><td><b>Potable</b></td></tr> <tr><td><b>A. Fino:</b></td><td>915 kg/m<sup>3</sup></td><td><b>Cantera Pátapo</b></td></tr> <tr><td><b>A. Grueso:</b></td><td>613 kg/m<sup>3</sup></td><td><b>Cantera Tres Tomas</b></td></tr> </table>	<b>Cemento:</b>	489 kg/m <sup>3</sup>	<b>Pacasmayo Tipo MS</b>	<b>Agua:</b>	220 kg/m <sup>3</sup>	<b>Potable</b>	<b>A. Fino:</b>	915 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Pátapo</b>	<b>A. Grueso:</b>	613 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Tres Tomas</b>																	
<b>Cemento:</b>	489 kg/m <sup>3</sup>	<b>Pacasmayo Tipo MS</b>																											
<b>Agua:</b>	220 kg/m <sup>3</sup>	<b>Potable</b>																											
<b>A. Fino:</b>	915 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Pátapo</b>																											
<b>A. Grueso:</b>	613 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Tres Tomas</b>																											
<p><b>Proporción en peso:</b></p>																													
<table border="0"> <tr> <td><u>Cemento</u></td> <td><u>Arena</u></td> <td><u>Piedra</u></td> <td><u>Agua</u></td> <td><u>Reemplazo</u></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1.88</td> <td>1.26</td> <td>20.54</td> <td>0</td> </tr> </table>	<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Agua</u>	<u>Reemplazo</u>	1	1.88	1.26	20.54	0																			
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Agua</u>	<u>Reemplazo</u>																									
1	1.88	1.26	20.54	0																									
<p><b>Proporción en volumen:</b></p>																													
<table border="0"> <tr> <td><u>Cemento</u></td> <td><u>Arena</u></td> <td><u>Piedra</u></td> <td><u>Agua</u></td> <td><u>Reemplazo</u></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1.99</td> <td>1.54</td> <td>19.63</td> <td>0</td> </tr> </table>	<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Agua</u>	<u>Reemplazo</u>	1	1.99	1.54	19.63	0																			
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Agua</u>	<u>Reemplazo</u>																									
1	1.99	1.54	19.63	0																									


Elaboración propia

Figura n° 9. 44. Diseño de mezcla a/c=0.50

 <b>LEMS W&amp;C</b> EIRL	Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: servicios@lemswyceirl.com			
<p><b>ESCUELA:</b> ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</p> <p><b>TESISTA:</b> Arnold David Espinoza Taboada</p> <p><b>TESIS:</b> Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso</p> <p><b>UBICACIÓN:</b> Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo</p>				
<p><b><u>DISEÑO DE MEZCLA FINAL <math>f'c=420 \text{ kg/cm}^2</math></u></b></p>				
<p><b><u>CEMENTO</u></b></p>				
<p><b>1. Tipo de cemento:</b></p>	<p>Pacasmayo Tipo MS</p>			
<p><b>2. Peso específico:</b></p>	<p>3150 kg/m<sup>3</sup></p>			
<p><b><u>AGREGADOS:</u></b></p>				
<p><b>Agregado fino: (Pátapo)</b></p>	<p><b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b></p>			
<p>a) Tamaño máximo nominal -----</p> <p>b) P.U.S.S 1403.47</p> <p>c) P.U.S.C 1626.26</p> <p>d) Peso específico de masa 2562.00</p> <p>e) Contenido de humedad 0.51</p> <p>f) Contenido de absorción 0.65</p> <p>g) Módulo de fineza 3.00</p>	<p>a) Tamaño máximo nominal 3/8"</p> <p>b) Peso Unitario suelto seco 1215.73</p> <p>c) Peso Unitario compactado 1392.87</p> <p>d) Peso específico de masa : 2577.00</p> <p>e) Contenido de humedad 0.21</p> <p>f) Contenido de absorción 2.68</p> <p>g) Módulo de fineza -----</p>			
<p><b><u>RESULTADOS DEL DISEÑO:</u></b></p>				
<p><b>Factor cemento:</b></p>	<p>10.35 bls/m<sup>3</sup></p>			
<p><b>Relación a/c:</b></p>	<p>0.50</p>			
<p><b>Cantidad de cemento por metro cúbico:</b></p>				
<p><b>Cemento:</b> 440 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Agua:</b> 220 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>A. Fino:</b> 954 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>A. Grueso:</b> 613 kg/m<sup>3</sup></p>	<p><b>Pacasmayo Tipo MS</b></p> <p><b>Potable</b></p> <p><b>Cantera Pátapo</b></p> <p><b>Cantera Tres Tomas</b></p>			
<p><b>Proporción en peso:</b></p>				
<p><u>Cemento</u> 1</p>	<p><u>Arena</u> 2.18</p>	<p><u>Piedra</u> 1.40</p>	<p><u>Agua</u> 22.84</p>	<p><u>Reemplazo</u> 0</p>
<p><b>Proporción en volumen:</b></p>				
<p><u>Cemento</u> 1</p>	<p><u>Arena</u> 2.31</p>	<p><u>Piedra</u> 1.71</p>	<p><u>Agua</u> 22.84</p>	<p><u>Reemplazo</u> 0</p>


**Elaboración propia**

Figura n° 9. 45. Diseño de mezcla 10% A.F

	Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: servicios@lemswycerl.com																																																																																																			
<p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</b>  <b>TESISTA:</b> Arnold David Espinoza Taboada  <b>TESIS:</b> Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  <b>UBICACIÓN:</b> Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo</p> <p style="text-align: center;"><b><u>DISEÑO DE MEZCLA FINAL <math>f'c = 420 \text{ kg/cm}^2</math> (REEMPLAZO 10% A.F)</u></b></p> <p><b><u>CEMENTO</u></b></p> <p><b>1. Tipo de cemento:</b> Pacasmayo Tipo MS  <b>2. Peso específico:</b> 3150 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b><u>AGREGADOS:</u></b></p> <table border="0"> <tr> <td colspan="2"><b>Agregado fino: (Pátapo)</b></td> <td colspan="2"><b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b></td> </tr> <tr> <td>a) Tamaño máximo nominal</td> <td>-----</td> <td>a) Tamaño máximo nominal</td> <td>N° 04</td> </tr> <tr> <td>b) P.U.S</td> <td>1403</td> <td>b) Peso Unitario suelto seco</td> <td>1216</td> </tr> <tr> <td>c) P.U.S.C</td> <td>1626</td> <td>c) Peso Unitario compactado seco</td> <td>1393</td> </tr> <tr> <td>d) Peso específico de masa</td> <td>2562</td> <td>d) Peso específico de masa seco</td> <td>2577</td> </tr> <tr> <td>e) Contenido de humedad</td> <td>0.51</td> <td>e) Contenido de humedad</td> <td>0.209</td> </tr> <tr> <td>f) Contenido de absorción</td> <td>0.65</td> <td>f) Contenido de absorción</td> <td>2.68</td> </tr> <tr> <td>g) Módulo de fineza</td> <td>3.00</td> <td>g) Módulo de fineza</td> <td>-----</td> </tr> </table> <table border="0"> <tr> <td colspan="2"><b>Agregado fino: (Reciclado)</b></td> <td colspan="2"><b>Agregado grueso: (Reciclado)</b></td> </tr> <tr> <td>a) Tamaño máximo nominal</td> <td>-----</td> <td>a) Tamaño máximo nominal</td> <td>N° 04</td> </tr> <tr> <td>b) P.U.S</td> <td>973</td> <td>b) Peso Unitario suelto seco</td> <td>1170</td> </tr> <tr> <td>c) P.U.S.C</td> <td>1698</td> <td>c) Peso Unitario compactado seco</td> <td>1514</td> </tr> <tr> <td>d) Peso específico de masa</td> <td>2462</td> <td>d) Peso específico de masa seco</td> <td>2131</td> </tr> <tr> <td>e) Contenido de humedad</td> <td>1.16</td> <td>e) Contenido de humedad</td> <td>1.56</td> </tr> <tr> <td>f) Contenido de absorción</td> <td>1.82</td> <td>f) Contenido de absorción</td> <td>4.1</td> </tr> <tr> <td>g) Módulo de fineza</td> <td>3.255</td> <td>g) Módulo de fineza</td> <td>-----</td> </tr> </table> <p><b><u>RESULTADOS DEL DISEÑO:</u></b></p> <p><b>Factor cemento:</b> 12.04 bls/m<sup>3</sup>  <b>Relación a/c:</b> 0.43 (10% reemplazo agregado fino)  <b>Cantidad de cemento por metro cúbico:</b></p> <table border="0"> <tr> <td><b>Cemento:</b></td> <td>512 kg/m<sup>3</sup></td> <td><b>Pacasmayo Tipo MS</b></td> </tr> <tr> <td><b>Agua:</b></td> <td>220 kg/m<sup>3</sup></td> <td><b>Potable</b></td> </tr> <tr> <td><b>A. Fino:</b></td> <td>810 kg/m<sup>3</sup></td> <td><b>Cantera Pátapo</b></td> </tr> <tr> <td><b>A. F reciclado:</b></td> <td>86 kg/m<sup>3</sup></td> <td><b>RCD</b></td> </tr> <tr> <td><b>A. Grueso:</b></td> <td>613 kg/m<sup>3</sup></td> <td><b>Cantera Tres Tomas</b></td> </tr> </table> <p><b>Proporción en peso:</b></p> <table border="0"> <tr> <td><u>Cemento</u></td> <td><u>Arena</u></td> <td><u>Piedra</u></td> <td><u>Reemplazo</u></td> <td><u>Agua</u></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1.59</td> <td>1.20</td> <td>0.17</td> <td>19.67</td> </tr> </table> <p><b>Proporción en volumen:</b></p> <table border="0"> <tr> <td><u>Cemento</u></td> <td><u>Arena</u></td> <td><u>Piedra</u></td> <td><u>Reemplazo</u></td> <td><u>Agua</u></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1.47</td> <td>2.43</td> <td>0.18</td> <td>19.67</td> </tr> </table>		<b>Agregado fino: (Pátapo)</b>		<b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b>		a) Tamaño máximo nominal	-----	a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) P.U.S	1403	b) Peso Unitario suelto seco	1216	c) P.U.S.C	1626	c) Peso Unitario compactado seco	1393	d) Peso específico de masa	2562	d) Peso específico de masa seco	2577	e) Contenido de humedad	0.51	e) Contenido de humedad	0.209	f) Contenido de absorción	0.65	f) Contenido de absorción	2.68	g) Módulo de fineza	3.00	g) Módulo de fineza	-----	<b>Agregado fino: (Reciclado)</b>		<b>Agregado grueso: (Reciclado)</b>		a) Tamaño máximo nominal	-----	a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) P.U.S	973	b) Peso Unitario suelto seco	1170	c) P.U.S.C	1698	c) Peso Unitario compactado seco	1514	d) Peso específico de masa	2462	d) Peso específico de masa seco	2131	e) Contenido de humedad	1.16	e) Contenido de humedad	1.56	f) Contenido de absorción	1.82	f) Contenido de absorción	4.1	g) Módulo de fineza	3.255	g) Módulo de fineza	-----	<b>Cemento:</b>	512 kg/m <sup>3</sup>	<b>Pacasmayo Tipo MS</b>	<b>Agua:</b>	220 kg/m <sup>3</sup>	<b>Potable</b>	<b>A. Fino:</b>	810 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Pátapo</b>	<b>A. F reciclado:</b>	86 kg/m <sup>3</sup>	<b>RCD</b>	<b>A. Grueso:</b>	613 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Tres Tomas</b>	<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>	1	1.59	1.20	0.17	19.67	<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>	1	1.47	2.43	0.18	19.67
<b>Agregado fino: (Pátapo)</b>		<b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b>																																																																																																		
a) Tamaño máximo nominal	-----	a) Tamaño máximo nominal	N° 04																																																																																																	
b) P.U.S	1403	b) Peso Unitario suelto seco	1216																																																																																																	
c) P.U.S.C	1626	c) Peso Unitario compactado seco	1393																																																																																																	
d) Peso específico de masa	2562	d) Peso específico de masa seco	2577																																																																																																	
e) Contenido de humedad	0.51	e) Contenido de humedad	0.209																																																																																																	
f) Contenido de absorción	0.65	f) Contenido de absorción	2.68																																																																																																	
g) Módulo de fineza	3.00	g) Módulo de fineza	-----																																																																																																	
<b>Agregado fino: (Reciclado)</b>		<b>Agregado grueso: (Reciclado)</b>																																																																																																		
a) Tamaño máximo nominal	-----	a) Tamaño máximo nominal	N° 04																																																																																																	
b) P.U.S	973	b) Peso Unitario suelto seco	1170																																																																																																	
c) P.U.S.C	1698	c) Peso Unitario compactado seco	1514																																																																																																	
d) Peso específico de masa	2462	d) Peso específico de masa seco	2131																																																																																																	
e) Contenido de humedad	1.16	e) Contenido de humedad	1.56																																																																																																	
f) Contenido de absorción	1.82	f) Contenido de absorción	4.1																																																																																																	
g) Módulo de fineza	3.255	g) Módulo de fineza	-----																																																																																																	
<b>Cemento:</b>	512 kg/m <sup>3</sup>	<b>Pacasmayo Tipo MS</b>																																																																																																		
<b>Agua:</b>	220 kg/m <sup>3</sup>	<b>Potable</b>																																																																																																		
<b>A. Fino:</b>	810 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Pátapo</b>																																																																																																		
<b>A. F reciclado:</b>	86 kg/m <sup>3</sup>	<b>RCD</b>																																																																																																		
<b>A. Grueso:</b>	613 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Tres Tomas</b>																																																																																																		
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>																																																																																																
1	1.59	1.20	0.17	19.67																																																																																																
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>																																																																																																
1	1.47	2.43	0.18	19.67																																																																																																


Elaboración propia

Figura n° 9. 46. Diseño de mezcla 20% A.F

	Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: servicios@lemswyceirl.com			
<p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</b>  <b>TESISTA:</b> Arnold David Espinoza Taboada  <b>TESIS:</b> Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  <b>UBICACIÓN:</b> Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo</p>				
<b><u>DISEÑO DE MEZCLA FINAL <math>f_c = 420 \text{ kg/cm}^2</math> (REEMPLAZO 20% A.F)</u></b>				
<b><u>CEMENTO</u></b>				
1. Tipo de cemento:	Pacasmayo Tipo MS			
2. Peso específico:	3150 kg/m <sup>3</sup>			
<b><u>AGREGADOS:</u></b>				
<b><u>Agregado fino: (Pátapo)</u></b>				
a) Tamaño máximo nominal	-----			
b) P.U.S.S	1403			
c) P.U.S.C	1626			
d) Peso específico de masa	2562			
e) Contenido de humedad	0.51			
f) Contenido de absorción	0.65			
g) Módulo de finza	3.00			
<b><u>Agregado grueso: (Tres Tomas)</u></b>				
a) Tamaño máximo nominal	N° 04			
b) Peso Unitario suelto seco	1216			
c) Peso Unitario compactado seco	1393			
d) Peso específico de masa seco	2577			
e) Contenido de humedad	0.209			
f) Contenido de absorción	2.68			
g) Módulo de finza	-----			
<b><u>Agregado fino: (Reciclado)</u></b>				
a) Tamaño máximo nominal	-----			
b) P.U.S.S	973			
c) P.U.S.C	1698			
d) Peso específico de masa	2462			
e) Contenido de humedad	1.16			
f) Contenido de absorción	1.82			
g) Módulo de finza	3.255			
<b><u>Agregado grueso: (Reciclado)</u></b>				
a) Tamaño máximo nominal	N° 04			
b) Peso Unitario suelto seco	1170			
c) Peso Unitario compactado seco	1514			
d) Peso específico de masa seco	2131			
e) Contenido de humedad	1.56			
f) Contenido de absorción	4.1			
g) Módulo de finza	-----			
<b><u>RESULTADOS DEL DISEÑO:</u></b>				
Factor cemento:	12.04 bls/m <sup>3</sup>			
Relación a/c:	0.43 (10% reemplazo agregado fino)			
<b>Cantidad de cemento por metro cúbico:</b>				
Cemento:	512 kg/m <sup>3</sup> Pacasmayo Tipo MS			
Agua:	220 lts/m <sup>3</sup> Potable			
A. Fino:	724 kg/m <sup>3</sup> Cantera Pátapo			
A. F reciclado:	172 kg/m <sup>3</sup> RCD			
A. Grueso:	613 kg/m <sup>3</sup> Cantera Tres Tomas			
<b>Proporción en peso:</b>				
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>
1	1.42	1.20	0.34	19.71
<b>Proporción en volumen:</b>				
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>
1	1.51	1.47	0.52	19.71


Elaboración propia

Figura n° 9. 47. Diseño de mezcla 30% A.F

	Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: servicios@lemswycerl.com																																																																																																			
<p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</b>  <b>TESISTA:</b> Arnold David Espinoza Taboada  <b>TESIS:</b> Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  <b>UBICACIÓN:</b> Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo</p> <p style="text-align: center;"><b><u>DISEÑO DE MEZCLA FINAL <math>f_c = 420 \text{ kg/cm}^2</math> (REEMPLAZO 10% A.F)</u></b></p> <p><b><u>CEMENTO</u></b></p> <p><b>1. Tipo de cemento:</b> Pacasmayo Tipo MS  <b>2. Peso específico:</b> 3150 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b><u>AGREGADOS:</u></b></p> <table border="0"> <tr> <td><b>Agregado fino: (Pátapo)</b></td> <td></td> <td><b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a) Tamaño máximo nominal</td> <td>-----</td> <td>a) Tamaño máximo nominal</td> <td>N° 04</td> </tr> <tr> <td>b) P.U.S.S</td> <td>1403</td> <td>b) Peso Unitario suelto seco</td> <td>1216</td> </tr> <tr> <td>c) P.U.S.C</td> <td>1626</td> <td>c) Peso Unitario compactado seco</td> <td>1393</td> </tr> <tr> <td>d) Peso específico de masa</td> <td>2562</td> <td>d) Peso específico de masa seco</td> <td>2577</td> </tr> <tr> <td>e) Contenido de humedad</td> <td>0.51</td> <td>e) Contenido de humedad</td> <td>0.209</td> </tr> <tr> <td>f) Contenido de absorción</td> <td>0.65</td> <td>f) Contenido de absorción</td> <td>2.68</td> </tr> <tr> <td>g) Módulo de fineza</td> <td>3.00</td> <td>g) Módulo de fineza</td> <td>-----</td> </tr> </table> <table border="0"> <tr> <td><b>Agregado fino: (Reciclado)</b></td> <td></td> <td><b>Agregado grueso: (Reciclado)</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a) Tamaño máximo nominal</td> <td>-----</td> <td>a) Tamaño máximo nominal</td> <td>N° 04</td> </tr> <tr> <td>b) P.U.S.S</td> <td>973</td> <td>b) Peso Unitario suelto seco</td> <td>1170</td> </tr> <tr> <td>c) P.U.S.C</td> <td>1698</td> <td>c) Peso Unitario compactado seco</td> <td>1514</td> </tr> <tr> <td>d) Peso específico de masa</td> <td>2462</td> <td>d) Peso específico de masa seco</td> <td>2131</td> </tr> <tr> <td>e) Contenido de humedad</td> <td>1.16</td> <td>e) Contenido de humedad</td> <td>1.56</td> </tr> <tr> <td>f) Contenido de absorción</td> <td>1.82</td> <td>f) Contenido de absorción</td> <td>4.1</td> </tr> <tr> <td>g) Módulo de fineza</td> <td>3.255</td> <td>g) Módulo de fineza</td> <td>-----</td> </tr> </table> <p><b><u>RESULTADOS DEL DISEÑO:</u></b></p> <p><b>Factor cemento:</b> 12.04 bls/m<sup>3</sup>  <b>Relación a/c:</b> 0.43 (10% reemplazo agregado fino)  <b>Cantidad de cemento por metro cúbico:</b></p> <table border="0"> <tr> <td><b>Cemento:</b></td> <td>512 kg/m<sup>3</sup></td> <td><b>Pacasmayo Tipo MS</b></td> </tr> <tr> <td><b>Agua:</b></td> <td>220 lts/m<sup>3</sup></td> <td><b>Potable</b></td> </tr> <tr> <td><b>A. Fino:</b></td> <td>638 kg/m<sup>3</sup></td> <td><b>Cantera Pátapo</b></td> </tr> <tr> <td><b>A. F reciclado:</b></td> <td>258 kg/m<sup>3</sup></td> <td><b>RCD</b></td> </tr> <tr> <td><b>A. Grueso:</b></td> <td>613 kg/m<sup>3</sup></td> <td><b>Cantera Tres Tomas</b></td> </tr> </table> <p><b>Proporción en peso:</b></p> <table border="0"> <tr> <td><u>Cemento</u></td> <td><u>Arena</u></td> <td><u>Piedra</u></td> <td><u>Reemplazo</u></td> <td><u>Agua</u></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1.25</td> <td>1.20</td> <td>0.51</td> <td>19.71</td> </tr> </table> <p><b>Proporción en volumen:</b></p> <table border="0"> <tr> <td><u>Cemento</u></td> <td><u>Arena</u></td> <td><u>Piedra</u></td> <td><u>Reemplazo</u></td> <td><u>Agua</u></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1.33</td> <td>1.47</td> <td>0.78</td> <td>19.71</td> </tr> </table>		<b>Agregado fino: (Pátapo)</b>		<b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b>		a) Tamaño máximo nominal	-----	a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) P.U.S.S	1403	b) Peso Unitario suelto seco	1216	c) P.U.S.C	1626	c) Peso Unitario compactado seco	1393	d) Peso específico de masa	2562	d) Peso específico de masa seco	2577	e) Contenido de humedad	0.51	e) Contenido de humedad	0.209	f) Contenido de absorción	0.65	f) Contenido de absorción	2.68	g) Módulo de fineza	3.00	g) Módulo de fineza	-----	<b>Agregado fino: (Reciclado)</b>		<b>Agregado grueso: (Reciclado)</b>		a) Tamaño máximo nominal	-----	a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) P.U.S.S	973	b) Peso Unitario suelto seco	1170	c) P.U.S.C	1698	c) Peso Unitario compactado seco	1514	d) Peso específico de masa	2462	d) Peso específico de masa seco	2131	e) Contenido de humedad	1.16	e) Contenido de humedad	1.56	f) Contenido de absorción	1.82	f) Contenido de absorción	4.1	g) Módulo de fineza	3.255	g) Módulo de fineza	-----	<b>Cemento:</b>	512 kg/m <sup>3</sup>	<b>Pacasmayo Tipo MS</b>	<b>Agua:</b>	220 lts/m <sup>3</sup>	<b>Potable</b>	<b>A. Fino:</b>	638 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Pátapo</b>	<b>A. F reciclado:</b>	258 kg/m <sup>3</sup>	<b>RCD</b>	<b>A. Grueso:</b>	613 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Tres Tomas</b>	<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>	1	1.25	1.20	0.51	19.71	<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>	1	1.33	1.47	0.78	19.71
<b>Agregado fino: (Pátapo)</b>		<b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b>																																																																																																		
a) Tamaño máximo nominal	-----	a) Tamaño máximo nominal	N° 04																																																																																																	
b) P.U.S.S	1403	b) Peso Unitario suelto seco	1216																																																																																																	
c) P.U.S.C	1626	c) Peso Unitario compactado seco	1393																																																																																																	
d) Peso específico de masa	2562	d) Peso específico de masa seco	2577																																																																																																	
e) Contenido de humedad	0.51	e) Contenido de humedad	0.209																																																																																																	
f) Contenido de absorción	0.65	f) Contenido de absorción	2.68																																																																																																	
g) Módulo de fineza	3.00	g) Módulo de fineza	-----																																																																																																	
<b>Agregado fino: (Reciclado)</b>		<b>Agregado grueso: (Reciclado)</b>																																																																																																		
a) Tamaño máximo nominal	-----	a) Tamaño máximo nominal	N° 04																																																																																																	
b) P.U.S.S	973	b) Peso Unitario suelto seco	1170																																																																																																	
c) P.U.S.C	1698	c) Peso Unitario compactado seco	1514																																																																																																	
d) Peso específico de masa	2462	d) Peso específico de masa seco	2131																																																																																																	
e) Contenido de humedad	1.16	e) Contenido de humedad	1.56																																																																																																	
f) Contenido de absorción	1.82	f) Contenido de absorción	4.1																																																																																																	
g) Módulo de fineza	3.255	g) Módulo de fineza	-----																																																																																																	
<b>Cemento:</b>	512 kg/m <sup>3</sup>	<b>Pacasmayo Tipo MS</b>																																																																																																		
<b>Agua:</b>	220 lts/m <sup>3</sup>	<b>Potable</b>																																																																																																		
<b>A. Fino:</b>	638 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Pátapo</b>																																																																																																		
<b>A. F reciclado:</b>	258 kg/m <sup>3</sup>	<b>RCD</b>																																																																																																		
<b>A. Grueso:</b>	613 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Tres Tomas</b>																																																																																																		
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>																																																																																																
1	1.25	1.20	0.51	19.71																																																																																																
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>																																																																																																
1	1.33	1.47	0.78	19.71																																																																																																


Elaboración propia

Figura n° 9. 48. Diseño de mezcla (10% A.G)

	Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: servicios@lemswyceirl.com																																																																																													
<p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</b>  <b>TESISTA:</b> Arnold David Espinoza Taboada  <b>TESIS:</b> Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  <b>UBICACIÓN:</b> Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo</p> <p style="text-align: center;"><b><u>DISEÑO DE MEZCLA FINAL <math>f'c = 420 \text{ kg/cm}^2</math> (REEMPLAZO 10% A.G)</u></b></p> <p><b><u>CEMENTO</u></b></p> <p><b>1. Tipo de cemento:</b> Pacasmayo Tipo MS  <b>2. Peso específico:</b> 3150 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b><u>AGREGADOS:</u></b></p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><b>Agregado fino: (Pátapo)</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>-----</td></tr> <tr><td>b) P.U.S</td><td>1403</td></tr> <tr><td>c) P.U.S.C</td><td>1626</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa</td><td>2562</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.51</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>0.65</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>3.00</td></tr> </table> <p><b>Agregado fino: (Reciclado)</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>-----</td></tr> <tr><td>b) P.U.S</td><td>973</td></tr> <tr><td>c) P.U.S.C</td><td>1698</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa</td><td>2462</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>1.16</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>1.82</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>3.255</td></tr> </table> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>N° 04</td></tr> <tr><td>b) Peso Unitario suelto seco</td><td>1216</td></tr> <tr><td>c) Peso Unitario compactado seco</td><td>1393</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa seco</td><td>2577</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.209</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>2.68</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>-----</td></tr> </table> <p><b>Agregado grueso: (Reciclado)</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>N° 04</td></tr> <tr><td>b) Peso Unitario suelto seco</td><td>1170</td></tr> <tr><td>c) Peso Unitario compactado seco</td><td>1514</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa seco</td><td>2131</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>1.56</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>4.1</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>-----</td></tr> </table> </td> </tr> </table> <p><b><u>RESULTADOS DEL DISEÑO:</u></b></p> <p><b>Factor cemento:</b> 12.04 bls/m<sup>3</sup>  <b>Relación a/c:</b> 0.43 (10% reemplazo agregado grueso)  <b>Cantidad de cemento por metro cúbico:</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;"><b>Cemento:</b></td> <td style="width: 20%;">512 kg/m<sup>3</sup></td> <td style="width: 50%;"><b>Pacasmayo Tipo MS</b></td> </tr> <tr> <td><b>Agua:</b></td> <td>220 lts/m<sup>3</sup></td> <td><b>Potable</b></td> </tr> <tr> <td><b>A. Fino:</b></td> <td>896 kg/m<sup>3</sup></td> <td><b>Cantera Pátapo</b></td> </tr> <tr> <td><b>A. G reciclado:</b></td> <td>51 kg/m<sup>3</sup></td> <td><b>RCD</b></td> </tr> <tr> <td><b>A. Grueso:</b></td> <td>562 kg/m<sup>3</sup></td> <td><b>Cantera Tres Tomas</b></td> </tr> </table> <p><b>Proporción en peso:</b></p> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><b><u>Cemento</u></b></td> <td><b><u>Arena</u></b></td> <td><b><u>Piedra</u></b></td> <td><b><u>Reemplazo</u></b></td> <td><b><u>Agua</u></b></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1.76</td> <td>1.10</td> <td>0.10</td> <td>19.71</td> </tr> </table> <p><b>Proporción en volumen:</b></p> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><b><u>Cemento</u></b></td> <td><b><u>Arena</u></b></td> <td><b><u>Piedra</u></b></td> <td><b><u>Reemplazo</u></b></td> <td><b><u>Agua</u></b></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1.86</td> <td>1.35</td> <td>0.13</td> <td>19.71</td> </tr> </table>		<p><b>Agregado fino: (Pátapo)</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>-----</td></tr> <tr><td>b) P.U.S</td><td>1403</td></tr> <tr><td>c) P.U.S.C</td><td>1626</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa</td><td>2562</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.51</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>0.65</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>3.00</td></tr> </table> <p><b>Agregado fino: (Reciclado)</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>-----</td></tr> <tr><td>b) P.U.S</td><td>973</td></tr> <tr><td>c) P.U.S.C</td><td>1698</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa</td><td>2462</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>1.16</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>1.82</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>3.255</td></tr> </table>	a) Tamaño máximo nominal	-----	b) P.U.S	1403	c) P.U.S.C	1626	d) Peso específico de masa	2562	e) Contenido de humedad	0.51	f) Contenido de absorción	0.65	g) Módulo de fineza	3.00	a) Tamaño máximo nominal	-----	b) P.U.S	973	c) P.U.S.C	1698	d) Peso específico de masa	2462	e) Contenido de humedad	1.16	f) Contenido de absorción	1.82	g) Módulo de fineza	3.255	<p><b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>N° 04</td></tr> <tr><td>b) Peso Unitario suelto seco</td><td>1216</td></tr> <tr><td>c) Peso Unitario compactado seco</td><td>1393</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa seco</td><td>2577</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.209</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>2.68</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>-----</td></tr> </table> <p><b>Agregado grueso: (Reciclado)</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>N° 04</td></tr> <tr><td>b) Peso Unitario suelto seco</td><td>1170</td></tr> <tr><td>c) Peso Unitario compactado seco</td><td>1514</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa seco</td><td>2131</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>1.56</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>4.1</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>-----</td></tr> </table>	a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) Peso Unitario suelto seco	1216	c) Peso Unitario compactado seco	1393	d) Peso específico de masa seco	2577	e) Contenido de humedad	0.209	f) Contenido de absorción	2.68	g) Módulo de fineza	-----	a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) Peso Unitario suelto seco	1170	c) Peso Unitario compactado seco	1514	d) Peso específico de masa seco	2131	e) Contenido de humedad	1.56	f) Contenido de absorción	4.1	g) Módulo de fineza	-----	<b>Cemento:</b>	512 kg/m <sup>3</sup>	<b>Pacasmayo Tipo MS</b>	<b>Agua:</b>	220 lts/m <sup>3</sup>	<b>Potable</b>	<b>A. Fino:</b>	896 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Pátapo</b>	<b>A. G reciclado:</b>	51 kg/m <sup>3</sup>	<b>RCD</b>	<b>A. Grueso:</b>	562 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Tres Tomas</b>	<b><u>Cemento</u></b>	<b><u>Arena</u></b>	<b><u>Piedra</u></b>	<b><u>Reemplazo</u></b>	<b><u>Agua</u></b>	1	1.76	1.10	0.10	19.71	<b><u>Cemento</u></b>	<b><u>Arena</u></b>	<b><u>Piedra</u></b>	<b><u>Reemplazo</u></b>	<b><u>Agua</u></b>	1	1.86	1.35	0.13	19.71
<p><b>Agregado fino: (Pátapo)</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>-----</td></tr> <tr><td>b) P.U.S</td><td>1403</td></tr> <tr><td>c) P.U.S.C</td><td>1626</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa</td><td>2562</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.51</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>0.65</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>3.00</td></tr> </table> <p><b>Agregado fino: (Reciclado)</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>-----</td></tr> <tr><td>b) P.U.S</td><td>973</td></tr> <tr><td>c) P.U.S.C</td><td>1698</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa</td><td>2462</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>1.16</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>1.82</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>3.255</td></tr> </table>	a) Tamaño máximo nominal	-----	b) P.U.S	1403	c) P.U.S.C	1626	d) Peso específico de masa	2562	e) Contenido de humedad	0.51	f) Contenido de absorción	0.65	g) Módulo de fineza	3.00	a) Tamaño máximo nominal	-----	b) P.U.S	973	c) P.U.S.C	1698	d) Peso específico de masa	2462	e) Contenido de humedad	1.16	f) Contenido de absorción	1.82	g) Módulo de fineza	3.255	<p><b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>N° 04</td></tr> <tr><td>b) Peso Unitario suelto seco</td><td>1216</td></tr> <tr><td>c) Peso Unitario compactado seco</td><td>1393</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa seco</td><td>2577</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.209</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>2.68</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>-----</td></tr> </table> <p><b>Agregado grueso: (Reciclado)</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>N° 04</td></tr> <tr><td>b) Peso Unitario suelto seco</td><td>1170</td></tr> <tr><td>c) Peso Unitario compactado seco</td><td>1514</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa seco</td><td>2131</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>1.56</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>4.1</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>-----</td></tr> </table>	a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) Peso Unitario suelto seco	1216	c) Peso Unitario compactado seco	1393	d) Peso específico de masa seco	2577	e) Contenido de humedad	0.209	f) Contenido de absorción	2.68	g) Módulo de fineza	-----	a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) Peso Unitario suelto seco	1170	c) Peso Unitario compactado seco	1514	d) Peso específico de masa seco	2131	e) Contenido de humedad	1.56	f) Contenido de absorción	4.1	g) Módulo de fineza	-----																																					
a) Tamaño máximo nominal	-----																																																																																													
b) P.U.S	1403																																																																																													
c) P.U.S.C	1626																																																																																													
d) Peso específico de masa	2562																																																																																													
e) Contenido de humedad	0.51																																																																																													
f) Contenido de absorción	0.65																																																																																													
g) Módulo de fineza	3.00																																																																																													
a) Tamaño máximo nominal	-----																																																																																													
b) P.U.S	973																																																																																													
c) P.U.S.C	1698																																																																																													
d) Peso específico de masa	2462																																																																																													
e) Contenido de humedad	1.16																																																																																													
f) Contenido de absorción	1.82																																																																																													
g) Módulo de fineza	3.255																																																																																													
a) Tamaño máximo nominal	N° 04																																																																																													
b) Peso Unitario suelto seco	1216																																																																																													
c) Peso Unitario compactado seco	1393																																																																																													
d) Peso específico de masa seco	2577																																																																																													
e) Contenido de humedad	0.209																																																																																													
f) Contenido de absorción	2.68																																																																																													
g) Módulo de fineza	-----																																																																																													
a) Tamaño máximo nominal	N° 04																																																																																													
b) Peso Unitario suelto seco	1170																																																																																													
c) Peso Unitario compactado seco	1514																																																																																													
d) Peso específico de masa seco	2131																																																																																													
e) Contenido de humedad	1.56																																																																																													
f) Contenido de absorción	4.1																																																																																													
g) Módulo de fineza	-----																																																																																													
<b>Cemento:</b>	512 kg/m <sup>3</sup>	<b>Pacasmayo Tipo MS</b>																																																																																												
<b>Agua:</b>	220 lts/m <sup>3</sup>	<b>Potable</b>																																																																																												
<b>A. Fino:</b>	896 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Pátapo</b>																																																																																												
<b>A. G reciclado:</b>	51 kg/m <sup>3</sup>	<b>RCD</b>																																																																																												
<b>A. Grueso:</b>	562 kg/m <sup>3</sup>	<b>Cantera Tres Tomas</b>																																																																																												
<b><u>Cemento</u></b>	<b><u>Arena</u></b>	<b><u>Piedra</u></b>	<b><u>Reemplazo</u></b>	<b><u>Agua</u></b>																																																																																										
1	1.76	1.10	0.10	19.71																																																																																										
<b><u>Cemento</u></b>	<b><u>Arena</u></b>	<b><u>Piedra</u></b>	<b><u>Reemplazo</u></b>	<b><u>Agua</u></b>																																																																																										
1	1.86	1.35	0.13	19.71																																																																																										


Elaboración propia

Figura n° 9. 49. Diseño de mezcla 20% A.G

		Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: servicios@lemswyceirl.com																													
<p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</b>  <b>TESISTA:</b> Arnold David Espinoza Taboada  <b>TESIS:</b> Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  <b>UBICACIÓN:</b> Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo</p>																															
<b>DISEÑO DE MEZCLA FINAL <math>f'c= 420 \text{ kg/cm}^2</math> (REEMPLAZO 20% A.G)</b>																															
<p><b>CEMENTO</b></p> <p>1. Tipo de cemento: Pacasmayo Tipo MS          2. Peso específico: 3150 kg/m<sup>3</sup></p>																															
<p><b>AGREGADOS:</b></p>																															
<p><b>Agregado fino: (Pátapo)</b></p> <table border="0"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>-----</td></tr> <tr><td>b) P.U.S.S</td><td>1403</td></tr> <tr><td>c) P.U.S.C</td><td>1626</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa</td><td>2562</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.51</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>0.65</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>3.00</td></tr> </table>		a) Tamaño máximo nominal	-----	b) P.U.S.S	1403	c) P.U.S.C	1626	d) Peso específico de masa	2562	e) Contenido de humedad	0.51	f) Contenido de absorción	0.65	g) Módulo de fineza	3.00	<p><b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b></p> <table border="0"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>N° 04</td></tr> <tr><td>b) Peso Unitario suelto seco</td><td>1216</td></tr> <tr><td>c) Peso Unitario compactado seco</td><td>1393</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa seco</td><td>2577</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.209</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>2.68</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>-----</td></tr> </table>		a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) Peso Unitario suelto seco	1216	c) Peso Unitario compactado seco	1393	d) Peso específico de masa seco	2577	e) Contenido de humedad	0.209	f) Contenido de absorción	2.68	g) Módulo de fineza	-----
a) Tamaño máximo nominal	-----																														
b) P.U.S.S	1403																														
c) P.U.S.C	1626																														
d) Peso específico de masa	2562																														
e) Contenido de humedad	0.51																														
f) Contenido de absorción	0.65																														
g) Módulo de fineza	3.00																														
a) Tamaño máximo nominal	N° 04																														
b) Peso Unitario suelto seco	1216																														
c) Peso Unitario compactado seco	1393																														
d) Peso específico de masa seco	2577																														
e) Contenido de humedad	0.209																														
f) Contenido de absorción	2.68																														
g) Módulo de fineza	-----																														
<p><b>Agregado fino: (Reciclado)</b></p> <table border="0"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>-----</td></tr> <tr><td>b) P.U.S.S</td><td>973</td></tr> <tr><td>c) P.U.S.C</td><td>1698</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa</td><td>2462</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>1.16</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>1.82</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>3.255</td></tr> </table>		a) Tamaño máximo nominal	-----	b) P.U.S.S	973	c) P.U.S.C	1698	d) Peso específico de masa	2462	e) Contenido de humedad	1.16	f) Contenido de absorción	1.82	g) Módulo de fineza	3.255	<p><b>Agregado grueso: (Reciclado)</b></p> <table border="0"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>N° 04</td></tr> <tr><td>b) Peso Unitario suelto seco</td><td>1170</td></tr> <tr><td>c) Peso Unitario compactado seco</td><td>1514</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa seco</td><td>2131</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>1.56</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>4.1</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>-----</td></tr> </table>		a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) Peso Unitario suelto seco	1170	c) Peso Unitario compactado seco	1514	d) Peso específico de masa seco	2131	e) Contenido de humedad	1.56	f) Contenido de absorción	4.1	g) Módulo de fineza	-----
a) Tamaño máximo nominal	-----																														
b) P.U.S.S	973																														
c) P.U.S.C	1698																														
d) Peso específico de masa	2462																														
e) Contenido de humedad	1.16																														
f) Contenido de absorción	1.82																														
g) Módulo de fineza	3.255																														
a) Tamaño máximo nominal	N° 04																														
b) Peso Unitario suelto seco	1170																														
c) Peso Unitario compactado seco	1514																														
d) Peso específico de masa seco	2131																														
e) Contenido de humedad	1.56																														
f) Contenido de absorción	4.1																														
g) Módulo de fineza	-----																														
<p><b>RESULTADOS DEL DISEÑO:</b></p> <p>Factor cemento: 12.04 bls/m<sup>3</sup>          Relación a/c: 0.43 (20% reemplazo agregado grueso)          Cantidad de cemento por metro cúbico:</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Cemento:</td> <td style="width: 25%;">512 kg/m<sup>3</sup></td> <td style="width: 25%;">Pacasmayo Tipo MS</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>Agua:</td> <td>220 lts/m<sup>3</sup></td> <td>Potable</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A. Fino:</td> <td>896 kg/m<sup>3</sup></td> <td>Cantera Pátapo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A. G reciclado:</td> <td>101 kg/m<sup>3</sup></td> <td>RCD</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A. Grueso:</td> <td>512 kg/m<sup>3</sup></td> <td>Cantera Tres Tomas</td> <td></td> </tr> </table>				Cemento:	512 kg/m <sup>3</sup>	Pacasmayo Tipo MS		Agua:	220 lts/m <sup>3</sup>	Potable		A. Fino:	896 kg/m <sup>3</sup>	Cantera Pátapo		A. G reciclado:	101 kg/m <sup>3</sup>	RCD		A. Grueso:	512 kg/m <sup>3</sup>	Cantera Tres Tomas									
Cemento:	512 kg/m <sup>3</sup>	Pacasmayo Tipo MS																													
Agua:	220 lts/m <sup>3</sup>	Potable																													
A. Fino:	896 kg/m <sup>3</sup>	Cantera Pátapo																													
A. G reciclado:	101 kg/m <sup>3</sup>	RCD																													
A. Grueso:	512 kg/m <sup>3</sup>	Cantera Tres Tomas																													
<p><b>Proporción en peso:</b></p> <table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><u>Cemento</u></td> <td><u>Arena</u></td> <td><u>Piedra</u></td> <td><u>Reemplazo</u></td> <td><u>Agua</u></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1.76</td> <td>1.00</td> <td>0.20</td> <td>19.71</td> </tr> </table>				<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>	1	1.76	1.00	0.20	19.71																		
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>																											
1	1.76	1.00	0.20	19.71																											
<p><b>Proporción en volumen:</b></p> <table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><u>Cemento</u></td> <td><u>Arena</u></td> <td><u>Piedra</u></td> <td><u>Reemplazo</u></td> <td><u>Agua</u></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1.86</td> <td>1.22</td> <td>0.26</td> <td>19.71</td> </tr> </table>				<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>	1	1.86	1.22	0.26	19.71																		
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>																											
1	1.86	1.22	0.26	19.71																											

Elaboración propia

Figura n° 9. 50. Diseño de mezcla 30% A.G

	Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: servicios@lemswyceirl.com																												
<p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</b>  <b>TESISTA:</b> Arnold David Espinoza Taboada  <b>TESIS:</b> Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso  <b>UBICACIÓN:</b> Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo</p>																													
<p align="center"><b><u>DISEÑO DE MEZCLA FINAL <math>f'c= 420 \text{ kg/cm}^2</math> (REEMPLAZO 30% A.G)</u></b></p>																													
<p><b><u>CEMENTO</u></b></p> <p>1. Tipo de cemento: Pacasmayo Tipo MS          2. Peso específico: 3150 kg/m<sup>3</sup></p>																													
<p><b><u>AGREGADOS:</u></b></p>																													
<p><b>Agregado fino: (Pátapo)</b></p> <table border="0"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>-----</td></tr> <tr><td>b) P.U.S</td><td>1403</td></tr> <tr><td>c) P.U.S.C</td><td>1626</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa</td><td>2562</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.51</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>0.65</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>3.00</td></tr> </table>	a) Tamaño máximo nominal	-----	b) P.U.S	1403	c) P.U.S.C	1626	d) Peso específico de masa	2562	e) Contenido de humedad	0.51	f) Contenido de absorción	0.65	g) Módulo de fineza	3.00	<p><b>Agregado grueso: (Tres Tomas)</b></p> <table border="0"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>N° 04</td></tr> <tr><td>b) Peso Unitario suelto seco</td><td>1216</td></tr> <tr><td>c) Peso Unitario compactado seco</td><td>1393</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa seco</td><td>2577</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>0.209</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>2.68</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>-----</td></tr> </table>	a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) Peso Unitario suelto seco	1216	c) Peso Unitario compactado seco	1393	d) Peso específico de masa seco	2577	e) Contenido de humedad	0.209	f) Contenido de absorción	2.68	g) Módulo de fineza	-----
a) Tamaño máximo nominal	-----																												
b) P.U.S	1403																												
c) P.U.S.C	1626																												
d) Peso específico de masa	2562																												
e) Contenido de humedad	0.51																												
f) Contenido de absorción	0.65																												
g) Módulo de fineza	3.00																												
a) Tamaño máximo nominal	N° 04																												
b) Peso Unitario suelto seco	1216																												
c) Peso Unitario compactado seco	1393																												
d) Peso específico de masa seco	2577																												
e) Contenido de humedad	0.209																												
f) Contenido de absorción	2.68																												
g) Módulo de fineza	-----																												
<p><b>Agregado fino: (Reciclado)</b></p> <table border="0"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>-----</td></tr> <tr><td>b) P.U.S</td><td>973</td></tr> <tr><td>c) P.U.S.C</td><td>1698</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa</td><td>2462</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>1.16</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>1.82</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>3.255</td></tr> </table>	a) Tamaño máximo nominal	-----	b) P.U.S	973	c) P.U.S.C	1698	d) Peso específico de masa	2462	e) Contenido de humedad	1.16	f) Contenido de absorción	1.82	g) Módulo de fineza	3.255	<p><b>Agregado grueso: (Reciclado)</b></p> <table border="0"> <tr><td>a) Tamaño máximo nominal</td><td>N° 04</td></tr> <tr><td>b) Peso Unitario suelto seco</td><td>1170</td></tr> <tr><td>c) Peso Unitario compactado seco</td><td>1514</td></tr> <tr><td>d) Peso específico de masa seco</td><td>2131</td></tr> <tr><td>e) Contenido de humedad</td><td>1.56</td></tr> <tr><td>f) Contenido de absorción</td><td>4.1</td></tr> <tr><td>g) Módulo de fineza</td><td>-----</td></tr> </table>	a) Tamaño máximo nominal	N° 04	b) Peso Unitario suelto seco	1170	c) Peso Unitario compactado seco	1514	d) Peso específico de masa seco	2131	e) Contenido de humedad	1.56	f) Contenido de absorción	4.1	g) Módulo de fineza	-----
a) Tamaño máximo nominal	-----																												
b) P.U.S	973																												
c) P.U.S.C	1698																												
d) Peso específico de masa	2462																												
e) Contenido de humedad	1.16																												
f) Contenido de absorción	1.82																												
g) Módulo de fineza	3.255																												
a) Tamaño máximo nominal	N° 04																												
b) Peso Unitario suelto seco	1170																												
c) Peso Unitario compactado seco	1514																												
d) Peso específico de masa seco	2131																												
e) Contenido de humedad	1.56																												
f) Contenido de absorción	4.1																												
g) Módulo de fineza	-----																												
<p><b><u>RESULTADOS DEL DISEÑO:</u></b></p>																													
<p>Factor cemento: 12.04 bls/m<sup>3</sup></p>																													
<p>Relación a/c: 0.43 (30% reemplazo agregado grueso)</p>																													
<p>Cantidad de cemento por metro cúbico:</p>																													
<table border="0"> <tr><td>Cemento:</td><td>512 kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Agua:</td><td>220 lts/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>A. Fino:</td><td>896 kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>A. G reciclado:</td><td>152 kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>A. Grueso:</td><td>461 kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table>	Cemento:	512 kg/m <sup>3</sup>	Agua:	220 lts/m <sup>3</sup>	A. Fino:	896 kg/m <sup>3</sup>	A. G reciclado:	152 kg/m <sup>3</sup>	A. Grueso:	461 kg/m <sup>3</sup>	<table border="0"> <tr><td>Pacasmayo Tipo MS</td></tr> <tr><td>Potable</td></tr> <tr><td>Cantera Pátapo</td></tr> <tr><td>RCD</td></tr> <tr><td>Cantera Tres Tomas</td></tr> </table>	Pacasmayo Tipo MS	Potable	Cantera Pátapo	RCD	Cantera Tres Tomas													
Cemento:	512 kg/m <sup>3</sup>																												
Agua:	220 lts/m <sup>3</sup>																												
A. Fino:	896 kg/m <sup>3</sup>																												
A. G reciclado:	152 kg/m <sup>3</sup>																												
A. Grueso:	461 kg/m <sup>3</sup>																												
Pacasmayo Tipo MS																													
Potable																													
Cantera Pátapo																													
RCD																													
Cantera Tres Tomas																													
<p>Proporción en peso:</p>																													
<table border="0"> <tr><td><u>Cemento</u></td><td><u>Arena</u></td><td><u>Piedra</u></td><td><u>Reemplazo</u></td><td><u>Agua</u></td></tr> <tr><td>1</td><td>1.76</td><td>0.90</td><td>0.30</td><td>19.71</td></tr> </table>	<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>	1	1.76	0.90	0.30	19.71																			
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>																									
1	1.76	0.90	0.30	19.71																									
<p>Proporción en volumen:</p>																													
<table border="0"> <tr><td><u>Cemento</u></td><td><u>Arena</u></td><td><u>Piedra</u></td><td><u>Reemplazo</u></td><td><u>Agua</u></td></tr> <tr><td>1</td><td>1.86</td><td>1.10</td><td>0.39</td><td>19.71</td></tr> </table>	<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>	1	1.86	1.10	0.39	19.71																			
<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Reemplazo</u>	<u>Agua</u>																									
1	1.86	1.10	0.39	19.71																									

Elaboración propia

**Figura n° 9. 51. Ensayo de  
revenimiento**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 52. Determinación del slump seco**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 53. Máquina vibro compactadora**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 54. Pesaje de agregados**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 55. Colocación de los agregados en el trompo**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 56. Limpieza de la máquina**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 57. Elaboración de la mezcla**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 58. Elaboración de adoquines**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 59. Fraguado de adoquines**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 60. Curado de los adoquines de concreto**



**Elaboración propia**

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

**Figura n° 9. 61. Prensa utilizada para el ensayo**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 62. Medición de las muestras a ensayar**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 63. Ensayo de compresión**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 64. Muestra después del ensayo**



**Elaboración propia**

## RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN (MUESTRAS SIN REEMPLAZO)

**Figura n° 9. 65. Resultados de compresión con relación a/c=0.41**



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirf.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 03, 10 y 24 de mayo del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002  
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
Ensayo : Resistencia a la Compresión

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Reemplazo R a/c = 0.41	26/04/2021	03/05/2021	7	439420	17717	24.80	253
02		26/04/2021	03/05/2021	7	374950	17614	21.29	217
03		26/04/2021	03/05/2021	7	453240	17290	26.21	267
04	Reemplazo R a/c = 0.41	26/04/2021	10/05/2021	14	337640	17598	19.19	196
05		26/04/2021	10/05/2021	14	628000	17547	35.79	365
06		26/04/2021	10/05/2021	14	630060	17480	36.04	368
07	Reemplazo R a/c = 0.41	26/04/2021	24/05/2021	28	620400	16920	36.67	374
08		26/04/2021	24/05/2021	28	653070	17059	38.28	390
09		26/04/2021	24/05/2021	28	700170	17148	40.83	416

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Elaboración propia**

Figura n° 9. 66. Resultados de compresión con relación a/c=0.43



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycieirl.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 03, 10 y 24 de mayo del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002  
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
Ensayo : Resistencia a la Compresión

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Replazo R a/c = 0.43	26/04/2021	03/05/2021	7	502150	20050	25.04	255
02		26/04/2021	03/05/2021	7	405040	19900	20.35	208
03		26/04/2021	03/05/2021	7	383996	19975	19.22	196
04	Replazo R a/c = 0.43	26/04/2021	10/05/2021	14	739530	20024	36.93	377
05		26/04/2021	10/05/2021	14	731160	19900	36.74	375
06		26/04/2021	10/05/2021	14	630370	19925	31.64	323
07	Replazo R a/c = 0.43	26/04/2021	24/05/2021	28	825560	20049	41.18	420
08		26/04/2021	24/05/2021	28	835040	19800	42.17	430
09		26/04/2021	24/05/2021	28	807800	19900	40.59	414

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 67. Resultados de compresión con relación a/c=0.45



Prolongación Bolognesi Km. 3,5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycerl.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 04, 11 y 25 de mayo del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002  
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
Ensayo : Resistencia a la Compresión

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Reemplazo R a/c = 0.45	27/04/2021	04/05/2021	7	326300	17059	19.13	195
02		27/04/2021	04/05/2021	7	304240	17102	17.79	181
03		27/04/2021	04/05/2021	7	573680	17199	33.36	340
04	Reemplazo R a/c = 0.45	27/04/2021	11/05/2021	14	587980	17129	34.33	350
05		27/04/2021	11/05/2021	14	681010	17150	39.71	405
06		27/04/2021	11/05/2021	14	577620	17220	33.54	342
07	Reemplazo R a/c = 0.45	27/04/2021	25/05/2021	28	741150	16965	43.69	445
08		27/04/2021	25/05/2021	28	725540	17220	42.13	430
09		27/04/2021	25/05/2021	28	759500	17123	44.36	452

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Elaboración propia

**Figura n° 9. 68. Resultados de compresión con relación a/c=0.50**



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycuir.com

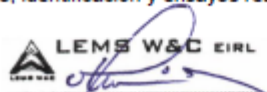
Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 04, 11 y 25 de mayo del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002  
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
Ensayo : Resistencia a la Compresión

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Reemplazo R a/c = 0.50	27/04/2021	04/05/2021	7	395550	17197	23.00	235
02		27/04/2021	04/05/2021	7	457560	17267	26.50	270
03		27/04/2021	04/05/2021	7	521330	17197	30.31	309
04	Reemplazo R a/c = 0.50	27/04/2021	11/05/2021	14	611740	17292	35.38	361
05		27/04/2021	11/05/2021	14	557810	17012	32.79	334
06		27/04/2021	11/05/2021	14	438760	17199	25.51	260
07	Reemplazo R a/c = 0.50	27/04/2021	25/05/2021	28	667850	17075	39.11	399
08		27/04/2021	25/05/2021	28	756810	17127	44.19	451
09		27/04/2021	25/05/2021	28	768140	17125	44.86	457

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Elaboración propia**

## RESULTADOS DE COMPRESIÓN (MUESTRAS CON REEMPLAZO)

Figura n° 9. 69.Resultados compresión del reemplazo 10% A.F



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycieirl.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 05, 12 y 26 de mayo del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002  
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
Ensayo : Resistencia a la Compresión

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	10% Reemplazo A.F.	28/04/2021	05/05/2021	7	388830	17341	22.42	229
02		28/04/2021	05/05/2021	7	514690	17315	29.73	303
03		28/04/2021	05/05/2021	7	438230	16963	25.83	263
04	10% Reemplazo A.F.	28/04/2021	12/05/2021	14	699170	17531	39.88	407
05		28/04/2021	12/05/2021	14	661760	17035	38.85	396
06		28/04/2021	12/05/2021	14	515450	17129	30.09	307
07	10% Reemplazo A.F.	28/04/2021	26/05/2021	28	763950	16938	45.10	460
08		28/04/2021	26/05/2021	28	705020	17080	41.28	421
09		28/04/2021	26/05/2021	28	742550	16958	43.79	447

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Elaboración propia

### Figura n° 9. 70. Resultados compresión del reemplazo 10% A.G



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyoeirf.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 06, 13 y 27 de mayo del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002  
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
Ensayo : Resistencia a la Compresión

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	10% Reemplazo A.G.	29/04/2021	06/05/2021	7	501140	17127	29.26	298
02		29/04/2021	06/05/2021	7	389180	17035	22.85	233
03		29/04/2021	06/05/2021	7	356660	17362	20.54	209
04	10% Reemplazo A.G.	29/04/2021	13/05/2021	14	601760	17267	34.85	355
05		29/04/2021	13/05/2021	14	665210	17082	38.94	397
06		29/04/2021	13/05/2021	14	516370	17454	29.59	302
07	10% Reemplazo A.G.	29/04/2021	27/05/2021	28	625330	17245	36.26	370
08		29/04/2021	27/05/2021	28	603730	17080	35.35	360
09		29/04/2021	27/05/2021	28	557370	17333	32.16	328

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 71.Resultados compresión del reemplazo 20% A.F



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycuir.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 05, 12 y 26 de mayo del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002  
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
Ensayo : Resistencia a la Compresión

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	20% Reemplazo A.F.	28/04/2021	05/05/2021	7	456150	17336	26.31	268
02		28/04/2021	05/05/2021	7	515560	17150	30.06	307
03		28/04/2021	05/05/2021	7	492900	17199	28.66	292
04	20% Reemplazo A.F.	28/04/2021	12/05/2021	14	584220	17129	34.11	348
05		28/04/2021	12/05/2021	14	527650	17129	30.80	314
06		28/04/2021	12/05/2021	14	549190	17199	31.93	326
07	20% Reemplazo A.F.	28/04/2021	26/05/2021	28	624210	17265	36.15	369
08		28/04/2021	26/05/2021	28	674320	17174	39.26	400
09		28/04/2021	26/05/2021	28	577680	17008	33.97	346

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 72. Resultados compresión del reemplazo 20% A.G



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirf.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 07, 14 y 28 de mayo del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002  
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
Ensayo : Resistencia a la Compresión

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	20% Reemplazo A.G.	30/04/2021	07/05/2021	7	472650	17012	27.78	283
02		30/04/2021	07/05/2021	7	339350	17459	19.44	198
03		30/04/2021	07/05/2021	7	478840	17106	27.99	285
04	20% Reemplazo A.G.	30/04/2021	14/05/2021	14	562040	17176	32.72	334
05		30/04/2021	14/05/2021	14	538760	17012	31.67	323
06		30/04/2021	14/05/2021	14	525910	17012	30.91	315
07	20% Reemplazo A.G.	30/04/2021	28/05/2021	28	651220	17222	37.81	386
08		30/04/2021	28/05/2021	28	656810	17035	38.56	393
09		30/04/2021	28/05/2021	28	532280	17152	31.03	316

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

### Figura n° 9. 73. Resultados compresión del reemplazo 30% A.F



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyc.eirl.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto / Obra : Tesis "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 06, 13 y 27 de mayo del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
 Ensayo : Resistencia a la Compresión

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	30% Reemplazo A.F.	29/04/2021	06/05/2021	7	518060	17154	30.20	308
02		29/04/2021	06/05/2021	7	362200	17154	21.12	215
03		29/04/2021	06/05/2021	7	530340	17176	30.88	315
04	30% Reemplazo A.F.	29/04/2021	13/05/2021	14	516320	17082	30.23	308
05		29/04/2021	13/05/2021	14	475630	17012	27.96	285
06		29/04/2021	13/05/2021	14	588180	17059	34.48	352
07	30% Reemplazo A.F.	29/04/2021	27/05/2021	28	615770	17385	35.42	361
08		29/04/2021	27/05/2021	28	513070	17176	29.87	305
09		29/04/2021	27/05/2021	28	655190	17223	38.04	388

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 74. Resultados compresión del reemplazo 30% A.G



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycerl.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 07, 14 y 28 de mayo del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002  
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
Ensayo : Resistencia a la Compresión

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	30% Reemplazo A.G.	30/04/2021	07/05/2021	7	557360	17059	32.67	333
02		30/04/2021	07/05/2021	7	462710	17271	26.79	273
03		30/04/2021	07/05/2021	7	484760	17248	28.11	287
04	30% Reemplazo A.G.	30/04/2021	14/05/2021	14	419270	17406	24.09	246
05		30/04/2021	14/05/2021	14	458000	17383	26.35	269
06		30/04/2021	14/05/2021	14	555380	17360	31.99	326
07	30% Reemplazo A.G.	30/04/2021	28/05/2021	28	595410	17408	34.20	349
08		30/04/2021	28/05/2021	28	595310	17174	34.66	353
09		30/04/2021	28/05/2021	28	473400	17624	26.86	274

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEG. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

**Figura n° 9. 75. Máquina utilizada para el ensayo**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 76. Medición de las muestras a ensayar**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 77. Muestra después del ensayo**



**Elaboración propia**

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN (MUESTRAS SIN REEMPLAZO)

Figura n° 9. 78. Resultados flexión a/c=0.41



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycelr.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 03, 10 y 24 de mayo del 2021.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
Título : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
Ensayo : Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Reemplazo R a/c = 0.41	26/04/2021	03/05/2021	7	5099	178.8	99.8	54.5	4.61	47
02		26/04/2021	03/05/2021	7	5403	178.8	100.5	65.0	4.07	41
03		26/04/2021	03/05/2021	7	6781	178.8	100.3	63.0	4.43	45
04	Reemplazo R a/c = 0.41	26/04/2021	10/05/2021	14	6423	178.8	99.8	60.0	4.57	47
05		26/04/2021	10/05/2021	14	8801	178.8	100.0	58.5	6.72	69
06		26/04/2021	10/05/2021	14	6649	178.8	100.0	57.3	5.32	54
07	Reemplazo R a/c = 0.41	26/04/2021	24/05/2021	28	7943	178.8	100.3	56.5	6.57	67
08		26/04/2021	24/05/2021	28	9503	178.8	99.8	64.5	7.01	71
09		26/04/2021	24/05/2021	28	5541	178.8	100.3	56.0	4.10	42

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C FIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 79. Resultados flexión a/c=0.43



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyc.eirl.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto / Obra : Tesis "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 03, 10 y 24 de mayo del 2021.

Código : NTP 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.  
 Ensayo : Resistencia a la Compresión

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	CARGA (N)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Reemplazo R a/c = 0.43	26/04/2021	03/05/2021	7	502150	17145	29.29	299
02		26/04/2021	03/05/2021	7	405040	17012	23.81	243
03		26/04/2021	03/05/2021	7	383996	17080	22.48	229
04	Reemplazo R a/c = 0.43	26/04/2021	10/05/2021	14	739530	17129	43.17	440
05		26/04/2021	10/05/2021	14	731160	17012	42.98	438
06		26/04/2021	10/05/2021	14	630370	17033	37.01	377
07	Reemplazo R a/c = 0.43	26/04/2021	24/05/2021	28	825560	17152	48.13	491
08		26/04/2021	24/05/2021	28	835040	16918	49.36	503
09		26/04/2021	24/05/2021	28	807800	17010	47.49	484

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEG. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 80. Resultados flexión a/c=0.45



RNP Servicios 50608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyc.eirl.com



Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 04, 11 y 25 de mayo del 2021.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
Título : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
Ensayo : Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Reemplazo R a/c = 0.45	27/04/2021	04/05/2021	7	5786	178.8	100.3	59.3	4.41	45
02		27/04/2021	04/05/2021	7	4791	178.8	100.0	58.8	3.69	38
03		27/04/2021	04/05/2021	7	4933	178.8	101.3	58.5	3.80	39
04	Reemplazo R a/c = 0.45	27/04/2021	11/05/2021	14	5884	178.8	100.0	57.5	4.69	48
05		27/04/2021	11/05/2021	14	6243	178.8	100.0	58.0	5.02	51
06		27/04/2021	11/05/2021	14	5644	178.8	100.0	57.5	4.54	46
07	Reemplazo R a/c = 0.45	27/04/2021	25/05/2021	28	6629	178.8	99.8	58.8	5.27	54
08		27/04/2021	25/05/2021	28	5727	178.8	100.0	58.5	4.47	46
09		27/04/2021	25/05/2021	28	7399	178.8	100.5	59.0	5.72	58

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
 LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 81. Resultados flexión a/c=0.50



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswcoeiri.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 04, 11 y 25 de mayo del 2021.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
Título : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
Ensayo : Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	Reemplazo R a/c = 0.50	27/04/2021	04/05/2021	7	4776	178.8	101.5	55.8	4.06	41
02		27/04/2021	04/05/2021	7	5815	178.8	100.0	58.3	4.80	49
03		27/04/2021	04/05/2021	7	5109	178.8	100.0	58.3	4.04	41
04	Reemplazo R a/c = 0.50	27/04/2021	11/05/2021	14	6129	178.8	100.5	60.0	4.68	48
05		27/04/2021	11/05/2021	14	6075	178.8	100.8	57.5	4.69	48
06		27/04/2021	11/05/2021	14	7296	178.8	100.3	57.8	5.88	60
07	Reemplazo R a/c = 0.50	27/04/2021	25/05/2021	28	6193	178.8	102.0	57.3	4.92	50
08		27/04/2021	25/05/2021	28	6664	178.8	100.0	58.3	5.36	55
09		27/04/2021	25/05/2021	28	5575	178.8	100.9	52.8	4.82	49

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

## RESULTADOS FLEXIÓN (MUESTRAS CON REEMPLAZO)

Figura n° 9. 82. Resultados flexión reemplazos 10% A.F



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyc.eirl.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 05, 12 y 26 de mayo del 2021.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
Título : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
Ensayo : Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	10% Reemplazo A.F.	28/04/2021	05/05/2021	7	5467	178.8	101.0	59.0	4.17	43
02		28/04/2021	05/05/2021	7	5001	178.8	106.3	61.0	3.51	36
03		28/04/2021	05/05/2021	7	6423	178.8	99.8	58.0	4.88	50
04	10% Reemplazo A.F.	28/04/2021	12/05/2021	14	7286	178.8	100.8	58.0	5.76	59
05		28/04/2021	12/05/2021	14	5369	178.8	100.3	55.8	4.44	45
06		28/04/2021	12/05/2021	14	5928	178.8	101.5	61.0	4.60	47
07	10% Reemplazo A.F.	28/04/2021	26/05/2021	28	5345	178.8	103.0	51.3	4.45	45
08		28/04/2021	26/05/2021	28	9390	178.8	101.3	64.3	7.55	77
09		28/04/2021	26/05/2021	28	7747	178.8	103.5	61.0	5.12	52

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 83. Resultados flexión reemplazos 20% A.F



RNP Servicios 50608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycoir.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 05, 12 y 26 de mayo del 2021.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
 Título : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
 Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
 Ensayo : Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	20% Reemplazo A.F.	28/04/2021	05/05/2021	7	5467	178.8	101.0	59.0	4.17	43
02		28/04/2021	05/05/2021	7	5001	178.8	106.3	61.0	3.51	36
03		28/04/2021	05/05/2021	7	6423	178.8	99.8	58.0	4.88	50
04	20% Reemplazo A.F.	28/04/2021	12/05/2021	14	7286	178.8	100.8	58.0	5.76	59
05		28/04/2021	12/05/2021	14	5369	178.8	100.3	55.8	4.44	45
06		28/04/2021	12/05/2021	14	5928	178.8	101.5	61.0	4.60	47
07	20% Reemplazo A.F.	28/04/2021	26/05/2021	28	8988	178.8	102.0	60.8	6.38	65
08		28/04/2021	26/05/2021	28	7684	178.8	102.8	60.5	5.46	56
09		28/04/2021	26/05/2021	28	7958	178.8	101.0	61.8	5.66	58

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 84. Resultados flexión reemplazos 30% A.F



RNP Servicios 50608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 06, 13 y 27 de mayo del 2021.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
 Título : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
 Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
 Ensayo : Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	30% Reemplazo A.F.	29/04/2021	06/05/2021	7	5698	178.5	100.5	60.5	4.15	42
02		29/04/2021	06/05/2021	7	5913	178.5	101.5	61.5	4.19	43
03		29/04/2021	06/05/2021	7	4844	178.5	101.5	62.8	3.31	34
04	30% Reemplazo A.F.	29/04/2021	13/05/2021	14	8311	178.5	101.3	64.5	5.43	55
05		29/04/2021	13/05/2021	14	6776	178.5	100.5	60.8	4.61	47
06		29/04/2021	13/05/2021	14	6090	178.5	101.5	61.8	4.28	44
07	30% Reemplazo A.F.	29/04/2021	27/05/2021	28	7585	178.5	100.8	63.0	5.18	53
08		29/04/2021	27/05/2021	28	9208	178.5	100.8	63.5	6.12	62
09		29/04/2021	27/05/2021	28	7600	178.5	100.8	63.8	4.99	51

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

### Figura n° 9. 85. Resultados flexión reemplazos 10% A.G



RNP Servicios 50608589

Prolongación Bolognesi Km. 3,5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycerl.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 06, 13 y 27 de mayo del 2021.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
 Título : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
 Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
 Ensayo : Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	10% Reemplazo A.G.	29/04/2021	06/05/2021	7	6379	178.8	101.0	61.8	4.44	45
02		29/04/2021	06/05/2021	7	6320	178.8	102.0	58.0	4.64	47
03		29/04/2021	06/05/2021	7	7909	178.8	100.5	62.8	5.80	59
04	10% Reemplazo A.G.	29/04/2021	13/05/2021	14	6541	178.8	100.3	62.3	4.48	46
05		29/04/2021	13/05/2021	14	8218	178.8	102.5	63.3	5.46	56
06		29/04/2021	13/05/2021	14	7679	178.8	100.8	61.0	5.30	54
07	10% Reemplazo A.G.	29/04/2021	27/05/2021	28	7845	178.8	101.3	62.8	5.43	55
08		29/04/2021	27/05/2021	28	7350	178.8	100.5	61.3	5.10	52
09		29/04/2021	27/05/2021	28	8360	178.8	100.5	63.3	5.76	59

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C E.I.R.L.  
  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

### Figura n° 9. 86. Resultados flexión reemplazos 20% A.G



RNP Servicios 50608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyc.eirl.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 07, 14 y 28 de mayo del 2021.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
Título : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
Ensayo : Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	20% Reemplazo A.G.	30/04/2021	07/05/2021	7	5663	178.8	100.5	63.0	3.81	39
02		30/04/2021	07/05/2021	7	7100	178.8	100.5	62.0	4.85	49
03		30/04/2021	07/05/2021	7	7752	178.8	100.5	61.8	5.40	55
04	20% Reemplazo A.G.	30/04/2021	14/05/2021	14	8669	178.8	101.0	63.3	5.89	60
05		30/04/2021	14/05/2021	14	7914	178.8	100.5	60.8	5.49	56
06		30/04/2021	14/05/2021	14	8411	178.8	100.5	63.3	5.84	60
07	20% Reemplazo A.G.	30/04/2021	28/05/2021	28	9257	178.8	101.0	60.5	6.42	65
08		30/04/2021	28/05/2021	28	8012	178.8	101.3	60.8	5.77	59
09		30/04/2021	28/05/2021	28	9512	178.8	100.8	63.0	6.61	67

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 87.Resultados flexión reemplazos 30% A.G



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyoair.com

Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 07, 14 y 28 de mayo del 2021.

Código : ITINTEC 399.124 : 1988  
Título : ADOQUINES DE CONCRETO (HORMIGON) PARA PAVIMENTOS.  
Norma : Requisitos y Métodos de ensayo.  
Ensayo : Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.

Muestra N°	Descripción de la muestra.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad Días	Carga (N)	Luz (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción por Flexión	
									Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	30% Reemplazo A.G.	30/04/2021	07/05/2021	7	7154	178.8	100.5	63.8	4.70	48
02		30/04/2021	07/05/2021	7	6624	178.8	101.5	63.0	4.36	44
03		30/04/2021	07/05/2021	7	7389	178.8	101.3	65.0	4.78	49
04	30% Reemplazo A.G.	30/04/2021	14/05/2021	14	8684	178.8	101.3	64.5	5.49	56
05		30/04/2021	14/05/2021	14	8439	178.8	102.0	63.0	5.46	56
06		30/04/2021	14/05/2021	14	9655	178.8	101.3	65.8	6.17	63
07	30% Reemplazo A.G.	30/04/2021	28/05/2021	28	8679	178.8	102.5	63.0	5.48	56
08		30/04/2021	28/05/2021	28	9919	178.8	101.5	66.0	6.30	64
09		30/04/2021	28/05/2021	28	8625	178.8	101.5	63.0	5.48	56

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

## ENSAYO DE ABRASIÓN

**Figura n° 9. 88. Máquina de desgaste por abrasión**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 89. Arandelas escarificadoras**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 90. Rodillo giratorio**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 91. Pesaje de la masa inicial**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 92. Aseguramiento de la muestra**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 93. Muestra después de un ciclo de desgaste**



**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 94. Muestra después del segundo ciclo de desgaste**



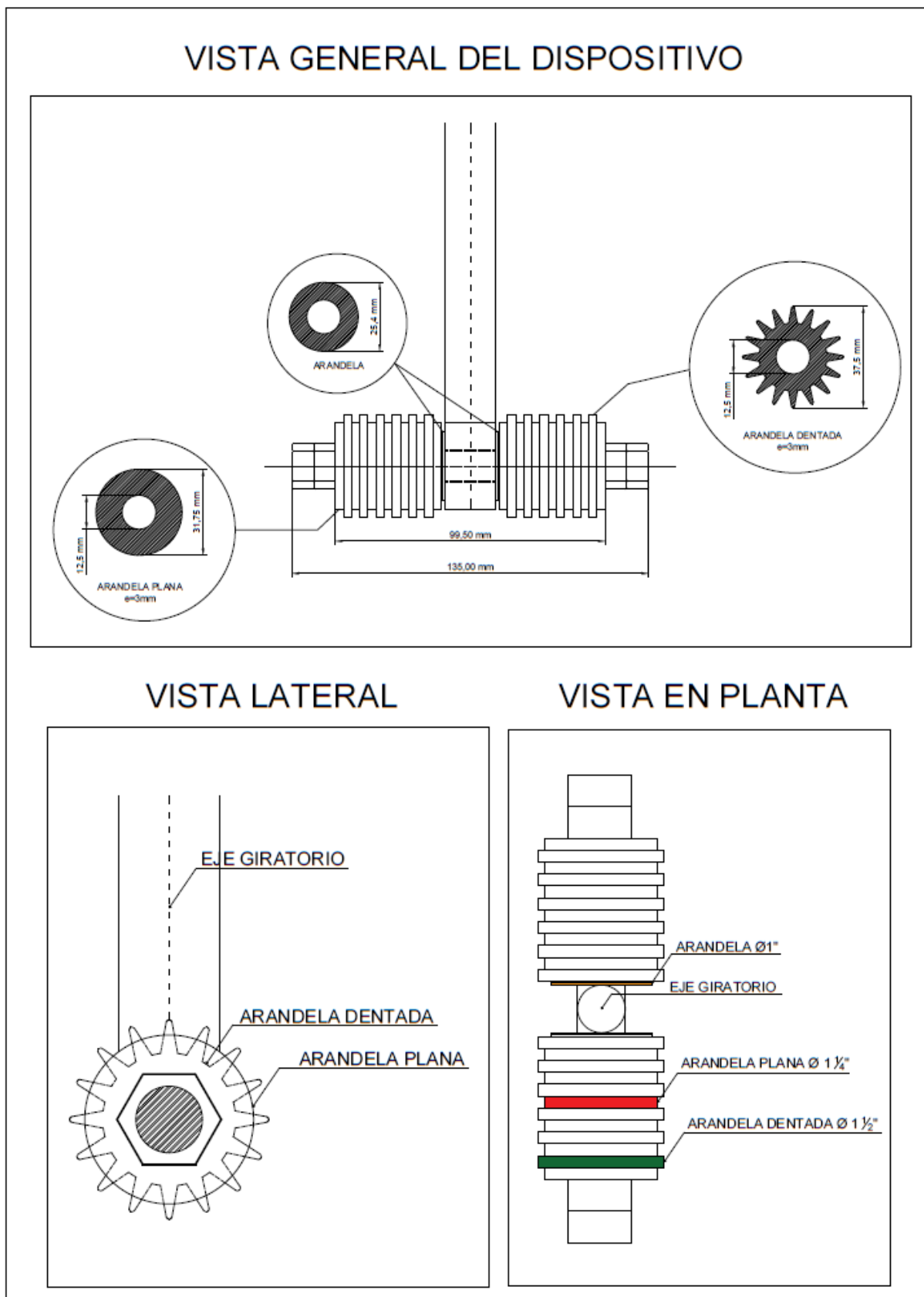
**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 95. Muestra después del tercer ciclo de desgaste**



**Elaboración propia**

Figura n° 9. 96. Plano del rodillo giratorio



Elaboración propia

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ABRASIÓN (MUESTRAS SIN REEMPLAZO)

Figura n° 9. 97. Resultados abrasión a/c=0.41



**Solicitante** : Arnold David Espinoza Taboada  
**Proyecto / Obra** : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de Ensayo** : Lunes, 24 de mayo del 2021.

**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Reemplazo $R_{ac} = 0.41$	26-abr	24-may	28	2	3	98	2435	2428	9	0.37
M-2		26-abr	24-may	28	2	3	98	2401	2394	7	0.29
M-3		26-abr	24-may	28	2	3	98	2352	2341	11	0.47

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 98. Resultados abrasión a/c= 0.43



**Solicitante** : Arnold David Espinoza Taboada  
**Proyecto / Obra** : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de Ensayo** : Lunes, 24 de mayo del 2021.

**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Reemplazo $R_{alc} = 0.43$	26-abr	24-may	28	2	3	98	2659	2652	7	0.26
M-2		26-abr	24-may	28	2	3	98	2476	2469	7	0.28
M-3		26-abr	24-may	28	2	3	98	2719	2715	4	0.15

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 99. Resultados abrasión a/c=0.45



**Solicitante** : Arnold David Espinoza Taboada  
**Proyecto / Obra** : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de Ensayo** : Martes, 25 de mayo del 2021.

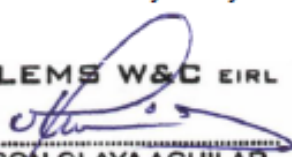
**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Reemplazo $R_{ac} = 0.45$	27-abr	25-may	28	2	3	98	2178	2163	15	0.69
M-2		27-abr	25-may	28	2	3	98	2435	2431	4	0.16
M-3		27-abr	25-may	28	2	3	98	2462	2457	5	0.20

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 100. Resultados abrasión a/c=0.50



**Solicitante** : Arnold David Espinoza Taboada  
**Proyecto / Obra** : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de Ensayo** : Martes, 25 de mayo del 2021.

**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Reemplazo $R_{a/c} = 0.50$	27-abr	25-may	28	2	3	98	2573	2569	4	0.16
M-2		27-abr	25-may	28	2	3	98	2328	2323	5	0.21
M-3		27-abr	25-may	28	2	3	98	2551	2548	3	0.12

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
 **LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 101. Resultados abrasión reemplazos 10% A.F



RNP - Servicios S0808589

LEMS W&amp;C EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswycerl.com

**Solicitante** : Arnold David Espinoza Taboada

**Proyecto / Obra** : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso"

**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha de Ensayo** : Miércoles, 26 de mayo del 2021.

**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Reemplazo 10% A.F.	28-abr	26-may	28	2	3	98	2573	2569	4	0.16
M-2		28-abr	26-may	28	2	3	98	2328	2323	5	0.21
M-3		28-abr	26-may	28	2	3	98	2551	2548	3	0.12

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 102. Resultados abrasión 20% A.F



**Solicitante** : Arnold David Espinoza Taboada  
**Proyecto / Obra** : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de Ensayo** : Miércoles, 26 de mayo del 2021.


**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Reemplazo 20% A.F.	28-abr	26-may	28	2	3	98	2738	2733	5	0.18
M-2		28-abr	26-may	28	2	3	98	2608	2604	4	0.17
M-3		28-abr	26-may	28	2	3	98	2619	2614	5	0.19

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 103. Resultados abrasión reemplazos 30% A.F



**Solicitante** : Arnold David Espinoza Taboada  
**Proyecto / Obra** : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de Ensayo** : Jueves, 27 de mayo del 2021.


**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Reemplazo 30% A.F.	29-abr	27-may	28	2	3	98	2763	2744	19	0.70
M-2		29-abr	27-may	28	2	3	98	2605	2536	69	2.65
M-3		29-abr	27-may	28	2	3	98	2610	2593	17	0.64

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Elaboración propia**

Figura n° 9. 104. Resultados abrasión reemplazos 10% A.G



**Solicitante** : Arnold David Espinoza Taboada

**Proyecto / Obra** : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso"

**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha de Ensayo** : Jueves, 27 de mayo del 2021.

**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Reemplazo 10% A.G.	29-abr	27-may	28	2	3	98	2683	2653	29	1.09
M-2		29-abr	27-may	28	2	3	98	2559	2543	15	0.59
M-3		29-abr	27-may	28	2	3	98	2728	2719	9	0.33

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Elaboración propia

### Figura n° 9. 105. Resultados abrasión 20% A.G



Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceilf.com

**Solicitante** : Arnold David Espinoza Taboada  
**Proyecto / Obra** : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de Ensayo** : Viernes, 28 de mayo del 2021.

**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Reemplazo 20% A.G.	30-abr	28-may	28	2	3	98	2784	2774	10	0.34
M-2		30-abr	28-may	28	2	3	98	2761	2752	9	0.33
M-3		30-abr	28-may	28	2	3	98	2633	2618	14	0.54

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Elaboración propia**

### Figura n° 9. 106. Resultados abrasión 30% A.G



Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswycerl.com

**Solicitante** : Arnold David Espinoza Taboada  
**Proyecto / Obra** : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de Ensayo** : Viernes, 28 de mayo del 2021.

**ENSAYO** : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

**NORMA** : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Reemplazo 30% A.G.	30-abr	28-may	28	2	3	98	2797	2785	12	0.42
M-2		30-abr	28-may	28	2	3	98	2703	2693	10	0.37
M-3		30-abr	28-may	28	2	3	98	2629	2606	24	0.91

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Elaboración propia**

**ENSAYO DE ABSORCIÓN****Figura n° 9. 107. Pesaje de la muestra saturada****Elaboración propia****Figura n° 9. 108. Peso de la muestra sumergida en agua****Elaboración propia****Figura n° 9. 109. Muestras en el horno****Elaboración propia****Figura n° 9. 110. Peso de la muestra seca del horno****Elaboración propia**

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ABSORCIÓN

**Figura n° 9. 111. Resultados absorción a/c=0.41**



**LEMS W&C EIRL**

RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com



Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Viernes, 28 de mayo del 2021.

Código : 399.604 : 2002  
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
Ensayo **Absorción**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al horno (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	R <sub>a/c</sub> = 0.41	2351	1327	2266	2212.9	3.8
02		2619	1475	2525	2207.2	3.7
03		2719	1531	2625	2209.6	3.6

### OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.

  
 **LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Elaboración propia**

Figura n° 9. 112. Resultados absorción a/c=0.43



LEMS W&amp;C EIRL

RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

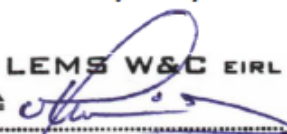
Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Viernes, 28 de mayo del 2021.

Código : 399.604 : 2002  
 Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
 Ensayo **Absorción**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al horno (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	R <sub>w/c</sub> = 0.43	2344	1309	2271	2194	3.2
02		2525	1422	2425	2199	4.1
03		2451	1381	2388	2232	2.6

## OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.

  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 113. Resultados absorción a/c=0.45



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycerl.com


Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Viernes, 28 de mayo del 2021.

Código : 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
 Ensayo : **Absorción**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al horno (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	R <sub>a/c</sub> = 0.45	2425	1354	2370	2213	2.3
02		2511	1412	2424	2206	3.6
03		2507	1386	2463	2197	1.8

## OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

Figura n° 9. 114. Resultados absorción reemplazos 10% A.F


**LEMS W&C EIRL**

RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com


Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Miércoles, 26 de mayo del 2021.

Código : 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
 Ensayo : **Absorción**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al homo (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	Reemplazo 10% A.F.	2833	1589	2627	2112	7.8
02		2666	1501	2560	2198	4.1
03		2812	1578	2670	2164	5.3

## OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Elaboración propia

**Figura n° 9. 115. Resultados absorción reemplazos 20% A.F**



**LEMS W&C EIRL**

RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswceirl.com


Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Miércoles, 26 de mayo del 2021.

Código : 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
 Ensayo **Absorción**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al horno (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	Reemplazo 20% A.F.	2730	1516	2566.5	2114	6.4
02		2663	1500	2499.8	2149	6.5
03		2554	1431	2398.5	2136	6.5

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 116. Resultados absorción reemplazos 30% A.F**



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com



Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Jueves, 27 de mayo del 2021.

Código : 399.604 : 2002  
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
Ensayo : **Absorción**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al homo (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	Reemplazo 30% A.F.	2727	1512	2594.1	2135	5.1
02		2615	1458	2527.3	2184	3.5
03		2737	1524	2596.8	2141	5.4

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.

  

**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Elaboración propia**

Figura n° 9. 117. Resultados absorción reemplazos 10% A.G



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com


Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Jueves, 27 de mayo del 2021.

Código : 399.604 : 2002  
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
Ensayo **Absorción**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al homo (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	Reemplazo 10% A.G.	2662	1476	2422.5	2043	9.9
02		2254	1263	2078.9	2098	8.4
03		2601	1449	2448	2125	6.3

## OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Elaboración propia

**Figura n° 9. 118. Resultados absorción reemplazos 20% A.G**



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: [servicios@lemswceirl.com](mailto:servicios@lemswceirl.com)


Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Viernes, 28 de mayo del 2021.

Código : 399.604 : 2002  
Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
Ensayo **Absorción**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al homo (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	Reemplazo 20% A.G.	2533	1422	2332.6	2100	8.6
02		2785	1578	2560	2121	8.8
03		2645	1471	2449.5	2086	8.0

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Elaboración propia**

**Figura n° 9. 119. Resultados absorción reemplazos 30% A.G**



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

Email: [servicios@lemswyceirl.com](mailto:servicios@lemswyceirl.com)


Solicitante : Arnold David Espinoza Taboada  
 Proyecto / Obra : Tesis: "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Viernes, 28 de mayo del 2021.

Código : 399.604 : 2002  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo usados en albañilería de concreto.  
 Ensayo : **Absorción**

Muestra N°	Denominación ó Descripción de la muestra.	Masa Saturada (g)	Masa Sumergida (g)	Masa Seca al homo (g)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN (%)
01	Reemplazo 30% A.G.	2425	1354	2370	2213	2.3
02		2511	1412	2424	2206	3.6
03		2507	1386	2463	2197	1.8

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación y ensayo realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Elaboración propia**

## ENSAYO QUÍMICO

## Figura n° 9. 120. Ensayos químicos



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS



REPORTE DE ANALISIS N°003

1. DATOS DE CLIENTE

a) Razón Social:

Arnold David Espinoza Taboada

b) R.U.C.:

---

2. DATOS DE LA MUESTRA

# de Muestras	Fecha de Toma de Muestra	Tipo	Matriz
01	20/05/2021	Suelo	Suelo

3. RESULTADOS DE ANALISIS

Denominación del Análisis	Resultados	Observaciones*
Sulfatos	370.08 mg/Kg	Se trabajo en malla 50
Materia Orgánica	5.23 %	Se trabajo en malla 200

\*Límites máximos permisibles/ Alguna observación de la muestra

4. METODOLOGÍA

- NTP 400.042 (2001). Agregados. Determinación de Sulfatos.
- Determinación de Materia Orgánica – Vía Humedad

5. CONCLUSIONES

---

Firma		Firma	
Analista	Ing. Marilyn Quinteros Vilchez	V°B°	Ing. Cesar Monteza Arbulú
Fecha del Análisis	25-27/05/2021		

Elaboración propia

## **EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **1) RESUMEN EJECUTIVO**

La presente evaluación de impacto ambiental se encuentra deslindado a la ciudad de Chiclayo, ubicada en la región de Lambayeque, delimitado por el Norte con las provincias de Lambayeque y Ferreñafe, y por el sur con las provincias de Chepén (La Libertad) y la provincia de San Miguel (Cajamarca), la misma que se encuentra definida dentro de los marcos de la normativa ambiental vigente con el fin de garantizar la prevención y mitigación de posibles impactos ambientales y sociales que se puedan suscitar durante la demolición de residuos de construcción, logrando a grosso modo la adecuada gestión del RCD, que normalmente son dispuestos de manera ilegal en distintos puntos de la ciudad.

La EIA del presente proyecto fomenta el reciclaje de estos residuos inertes para preservar la sostenibilidad ambiental mediante la reutilización del RCD como agregados para la potencial elaboración de adoquines de concreto de tránsito ligero que cumpla con los estándares dictados por la normativa vigente sobre adoquines.

### **2) ASPECTOS GENERALES**

#### **2.1) OBJETIVOS**

##### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar los impactos ambientales y sociales que puedan derivarse tanto de la demolición de residuos de construcción como de la elaboración de adoquines utilizando dicho material, producto de la molienda, en la ciudad de Chiclayo.

##### **ALCANCES**

El proyecto que se está planteando, propone la reutilización de este material inerte, que comúnmente es dispuesto de manera ilegal en botaderos informales en distintos puntos de la ciudad, para la elaboración de un nuevo producto. La constante práctica de arrojar dichos residuos de manera ilícita produce un impacto visual bastante negativo, dado que aún dentro de nuestra ciudad no se han propuesto proyectos para disponer los residuos de construcción dentro de botaderos de manera formal y eco amigable.

#### **2.2) ANTECEDENTES**

Todos los años se producen toneladas de residuos de construcción, debido al constante crecimiento e influencia del sector construcción, sumado a la ineficiente gestión de los mismos, conforman un problema que representan ambiental y salubre para la población. Para el año el CEGACH, en conjunto con la Municipalidad Provincial de Chiclayo, en el 2013 registraron 13181.615 m<sup>3</sup> de RCD en distintos puntos de Chiclayo, que es equivalente a 8 toneladas de

material aproximadamente, cantidades que se han ido conservando durante el paso de los años. Ante tal panorama desalentador, el MINAM en el año 2019, decidió emitir la Resolución Ministerial 145 – MINAM, donde declara en emergencia la gestión y manejo de residuos sólidos en Chiclayo, José Leonardo Ortiz, La Victoria, Reque y Zaña, distritos de la provincia de Chiclayo, durante 60 días. Además, dentro la resolución, el MINAM dispuso que el Gobierno Regional de Lambayeque y todas las entidades públicas cuyas competencias se encuentren relacionadas adopten acciones complementarias que garanticen la continuidad de las operaciones de disposición final de residuos de los distritos anteriormente mencionados como indica el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278: Ley de gestión integral de residuos sólidos, en sus ápices 127 y 128.

### **3) MARCO LEGAL**

#### **NORMATIVA Y LEYES AMBIENTALES**

##### **CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ DEL AÑO 1993**

La Constitución Política es la Carta Magna donde se encuentran las bases del derecho, la justicia y toda la normativa nacional para controlar, regular y defender los derechos y libertades de los peruanos. Nuestra constitución fue redactada por el Congreso Constituyente Democrático y dentro de su contenido no se refiere de manera explícita a mecanismos para la protección del medio ambiente, como si lo hacen en otros países.

Sin embargo, citando al Artículo 2° numeral 22: toda persona tiene derecho, “a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida” [51], resulta casi conveniente tomar ciertas medidas para asegurar el cumplimiento de tal derecho.

De esta manera para garantizar un medio saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida y, asimismo, a la preservación del paisaje y la naturaleza, era necesario promover mecanismos como leyes y normas generales, que se han ido modificando con el paso de los años.

##### **LEY N° 26793: LEY DE CREACIÓN DEL FONDO NACIONAL AMBIENTAL**

El 22 de mayo de 1997, se crea la Ley N° 26793: Ley de creación del Fondo Nacional Ambiental, el FONAM es un organismo privado creado con el objeto de promover la inversión tanto pública como privada para el desarrollo de todo tipo de proyectos y actividades que se orienten al mejoramiento de la calidad ambiental, el uso sostenible de recursos y el crecimiento de las capacidades para una adecuada gestión ambiental.

**LEY N° 26821: LEY ORGÁNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

El 26 de junio de 1997, se crea la Ley N° 26821: Ley Orgánica para el Aprovechamiento de Recursos Naturales, que tiene como principal objetivo fomentar y controlar el uso de los recursos renovables y no renovables, para promover un crecimiento económico equilibrado y acorde con la conservación de dichos recursos.

**LEY N° 27446: LEY DEL SISTEMA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

La presente ley fue promulgada el 23 de abril del 2001, dando pase a la creación del SEIA, que básicamente es un sistema que se encarga de identificar, prevenir, supervisar, controlar y dar medidas correctivas a todos aquellos impactos negativos que se presenten o deriven de la actividad humana durante la ejecución de proyectos de inversión, cual sea su naturaleza o envergadura. Adicionalmente, otro de los objetos de esta ley es establecer todos los requerimientos, alcances y etapas para la evaluación de los impactos ambientales de estos proyectos; por otra parte, pretende fomentar mecanismos que aseguren la participación ciudadana durante el proceso de evaluación de dichos impactos. Posteriormente, esta Ley se modificaría el 28 de junio de 2008, mediante Decreto Legislativo N° 1078.

**DECRETO SUPREMO N° 086-2003-PCM: ESTRATEGIA NACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO**

El 24 de octubre del 2003, se publica el Decreto Supremo N° 086-2003-PCM, donde aprueban la Estrategia Nacional sobre Cambio Climático, cuyo contenido comprende desde el Cambio Climático y su importancia para el país hasta los lineamientos estratégicos para reducir dicho fenómeno.

**LEY N° 28245: LEY MARCO DEL SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN AMBIENTAL**

El 04 de junio del 2004, se crea la Ley N° 28245: Ley marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, organismo que tiene como objetivo orientar integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes, programas y acciones destinados a la protección del ambiente y contribuir a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

### **LEY N° 28611: LEY GENERAL DEL AMBIENTE**

La Ley General del Ambiente reemplazó al Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, que fue aprobada mediante Decreto Legislativo N° 613; dicho código significó el primer intento de agrupar y sistematizar todo aspecto relacionado con la regulación en temas ambientales, sin embargo, muchas de sus disposiciones fueron descartadas con la publicación de los Decreto Legislativo N° 708 y N° 757, dentro del régimen de promoción de las inversiones allá por la década de los 90's.

Esta ley fue publicada el 15 de octubre del 2005, es una norma que regula el marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú, para ello se encarga de establecer todos los principios y normas para garantizar el real cumplimiento del derecho a un ambiente saludable y adecuado para el desarrollo de la vida, así mismo como el cumplimiento de contribuir a una eficiente gestión y protección del medio ambiente y todos sus componentes, con el fin de mejorar la calidad de vida de la población en general y fomentar el desarrollo sostenible del país.

Esta ley posteriormente sería modificada mediante Decreto Legislativo N° 1055, el 27 de junio de 2008, donde se señala la modificación de los artículos 32°, 42°, 43° y 51°. La ley vigente reúne los principios internacionales en temas de protección y conservación del ambiente, recursos naturales, daño al medio ambiente y temas relacionados, del mismo modo ha ratificado su carácter transectorial de la gestión ambiental en el Perú, mediante el Ministerio del Ambiente (MINAM).

### **REGLAMENTO DE LA LEY N° 27446: LEY DEL SEIA (SISTEMA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL)**

Este reglamento fue aprobado, mediante Decreto Supremo N° 019-2009 – MINAM, el 25 de septiembre de 2009, y fue modificado recientemente mediante Resolución Ministerial N° 293 – 2019 – MINAM, el 01 de octubre de 2019. Este documento fue elaborado para identificar, prevenir, supervisar, controlar y dar medidas anticipadas, de manera efectiva, los impactos negativos que se deriven de los proyectos de inversión, debido a la actividad humana. Otro punto importante de este Reglamento es que establece los principios por los cuales se rige el SEIA:

- **Indivisibilidad**, toda evaluación de impactos se realiza de manera integrada e integral, rigiéndose a las políticas, programas y proyectos de inversión; abarcando todos sus componentes de manera inseparable. Así mismo, comprende también, determinar

acciones específicas, factibles y de carácter obligatorio para consolidar un manejo ambiental adecuado y positivo de los componentes mencionados anteriormente.

- **Participación**, fomenta la participación de manera adecuada, responsable y sobre todo informada, de todos aquellos dispuestos a intervenir en el proceso de evaluación de dichos impactos negativos, para promover una adecuada intervención en la toma de decisiones y una exitosa ejecución de programas y proyectos de inversión dirigidas al cumplimiento de los objetivos del SEIA.
- **Complementariedad**, el Estado Peruano debe encargarse de que haya una coherencia durante el ejercicio de funciones públicas acorde con los lineamientos del SEIA, así como de la elaboración de instrumentos para la gestión ambiental a nivel nacional, regional y local.
- **Responsabilidad compartida**, el Estado Peruano debe unir esfuerzos mediante una alianza estratégica con diferentes inversionistas privados, organismos no gubernamentales y los pobladores, para implementar una adecuada y efectiva gestión del medio ambiente, así como la implementación del SEIA.
- **Eficacia**, comprende la capacidad para convertir todo proyecto de inversión, programa o plan viable en términos ambientales, conservando la finalidad de estos, estableciendo medidas de todo tipo de naturaleza (desde preventivas hasta compensatorias) de acuerdo a ciertos criterios económicos, de simplicidad y de prontitud, así como el marco normativo vigente y el debido interés por la protección del interés de la población.
- **Eficiencia**, es la competencia para usar todos los medios y recursos disponibles para alcanzar un objetivo final, aplicándose dicho término, toda decisión adoptada dentro del marco del SEIA debe mantener una coherencia entre las acciones a realizar y los objetivos a conseguir.

### **LEY N° 27314: LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Esta ley se aprueba mediante Decreto Legislativo N° 1278, el 23 de diciembre del 2016; y fue modificada mediante Decreto Legislativo N° 1501, el pasado 11 de mayo del 2020.

Se encarga de poner en conocimiento de la sociedad todos los derechos, compromisos y atribuciones que tienen estos, para fomentar una gestión adecuada y un manejo seguro de los residuos sólidos, alineados a principios de reducción, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y bienestar de las personas. Su ámbito de aplicación se enmarca en todas las actividades y procesos relacionados a la gestión y manejo de residuos sólidos, desde que se

generan hasta su término final, que es su disposición, sin distinción de cuál es la fuente de generación, el sector económico o social y de la población.

## **REGLAMENTO DE LA LEY N° 27314: LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Este reglamento fue aprobado mediante Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, el 21 de diciembre del 2017 y que hasta ahora se encuentra en vigencia. Dicho documento tiene como objetivo establecer todos los lineamientos del Decreto Legislativo N° 1278: Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos con el propósito de optimizar el uso de recursos y regularizar la gestión de los residuos generados por dichos usos.

### **4) DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

#### **4.1) ETAPAS DEL PROYECTO**

El presente proyecto llamado **“ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO DESTINADOS AL TRÁNSITO VEHICULAR LIGERO UTILIZANDO PARCIALMENTE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN COMO AGREGADO FINO Y GRUESO”**, se ha desarrollado de la siguiente manera, en diferentes fases:

- **FASE DE UBICACIÓN DE LOS DISTINTOS PUNTOS DE RECOLECCIÓN**, inicialmente se pensó en recolectar de las fuentes principales, que en este caso sería los botaderos informales de residuos de construcción y demolición, sin embargo, por un tema sanitario y, además, para conservar una muestra lo más limpia y libre de agentes contaminantes que afecten a futuro el comportamiento del adoquín, se optó por obtener la muestra directamente de la demolición en las ubicaciones anteriormente especificadas.
- **RECOLECCIÓN Y SELECCIÓN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN**, una vez que ya se identificó y estableció el lugar de obtención de la muestra, se procedió a seleccionar aquellos residuos de concreto y mampostería, libres de agentes que puedan perjudicar en la elaboración del concreto para este proyecto.
- **ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS**, se llevó la muestra a almacenar a una cochera, mientras se recolectaba la cantidad necesaria para procesar, puesto que la chancadora no procesaría cantidades pequeñas de residuo.
- **TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS**, una vez que ya se almacenó un gran volumen de residuos de demolición, se dispone a llevar toda la muestra a la chancadora Piedra Azul del ingeniero Granda, donde se procesó a través de máquina trituradora y

tamizadora toda la muestra, obteniendo muestras de agregado de 1", ¾", ½" y arena, que son las mallas estándar de dicha maquinaria.

- **SEPARACIÓN DE TAMAÑOS**, una vez obtenidos los agregados reciclados, se tamizó los tamaños más grandes para obtener el confitillo por la malla ¼".
- **ELABORACIÓN DE ENSAYOS**, cuando ya se obtuvo la muestra totalmente tamizada, se prosiguió con la determinación de sus propiedades físicas para el posterior diseño de concreto: granulometría, pesos unitarios (suelto y varillado), peso específico, absorción, contenido de humedad, etc.
- **PRODUCCIÓN Y ENSAYOS DE ADOQUINES**, esta fase de la investigación implica la elaboración de adoquines con y sin reemplazos de los residuos de demolición para luego someterlos a ensayos descritos en capítulos anteriores.

#### **4.2) UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Este estudio se encuentra enfocado netamente en los posibles impactos que se podrían generar con la industrialización y generación a gran escala de adoquines de concreto con los reemplazos de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Chiclayo. Este proyecto se encuentra delimitado y se desarrollará en los primeros tramos de la carretera Ciudad de Dios-Chiclayo, del distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

#### **ÁREA DE INFLUENCIA**

Durante la elaboración de este estudio de impacto ambiental se identificó tanto el área de influencia directa como indirecta:

El área de influencia directa se encuentra delimitado en el distrito de Chiclayo, debido a que todo el proceso de producción: recolección, conversión de los residuos recolectados en material pétreo reciclado y post elaboración de adoquines con este material, se desarrollará en dicho distrito. Chiclayo se encuentra delimitando por el norte con los distritos de José Leonardo Ortiz, Picsi, por el sur con los distritos de Reque y Monsefú, por el oeste con los distritos de Pimentel y La Victoria y por el este con el distrito de Pomalca; mientras tanto Pimentel se encuentra delimitado por el sur con la provincia de Lambayeque, por el sur con el distrito de Santa Rosa, por el oeste se encuentra bordeando el Océano Pacífico y finalmente por el este se encuentra limitando con los distritos de José Leonardo Ortiz, La Victoria y Chiclayo.

Por otro lado, el área de influencia indirecto se encuentra determinado por el departamento de Cajamarca y La Libertad, específicamente con la ciudad de Pacasmayo. El primero, debido a la fuerte conexión que tiene con nuestra provincia por el alto dinamismo de comercio que existe

entre ambos, y, por otra parte, con el segundo debido a que es uno de los principales proveedores de materiales de construcción para el Norte.

### 4.3) LÍNEA BASE AMBIENTAL

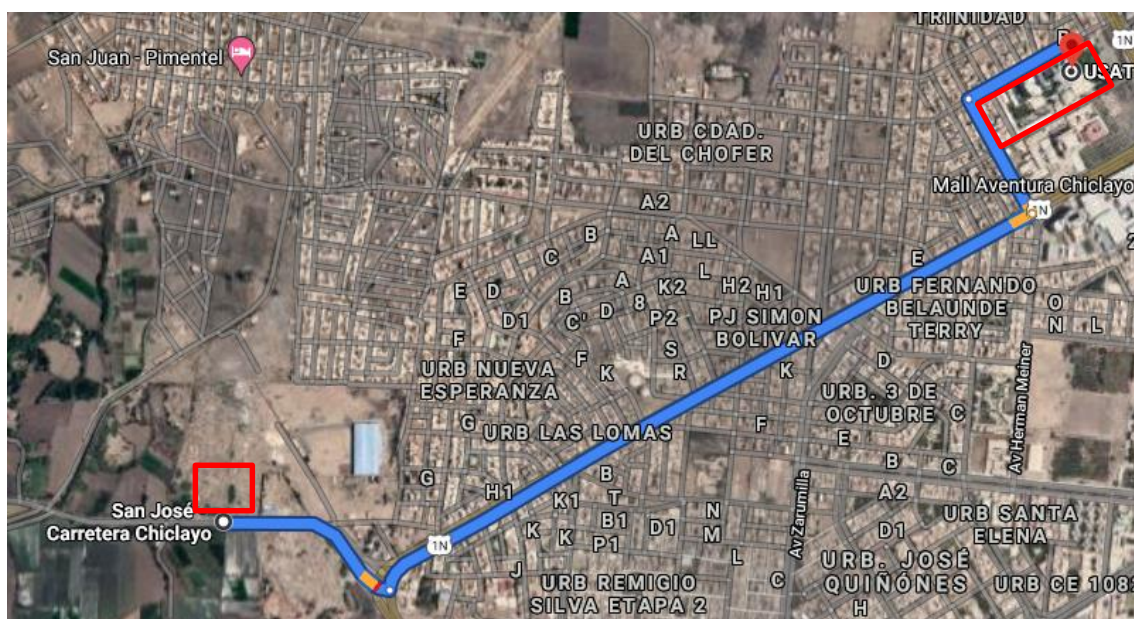
#### GENERALIDADES

Esta investigación tiene como base principal el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de un adoquín elaborado con reemplazos de ciertos porcentajes de agregados reciclados, tanto fino como grueso, provenientes de los residuos de demolición, que en su mayoría se encuentran dispuestos de manera ilegal en distintos puntos del distrito de Chiclayo.

#### UBICACIÓN

La producción masiva de adoquines y todos sus componentes para la producción (chancado del material reciclado, tamizado, elaboración de concreto y adoquines) se desarrollará en el primer tramo de la carretera Chiclayo-Ciudad de Dios, aproximadamente a unos 3km de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

#### Ubicación donde se desarrollará la elaboración masiva de adoquines



Fuente: Google Maps

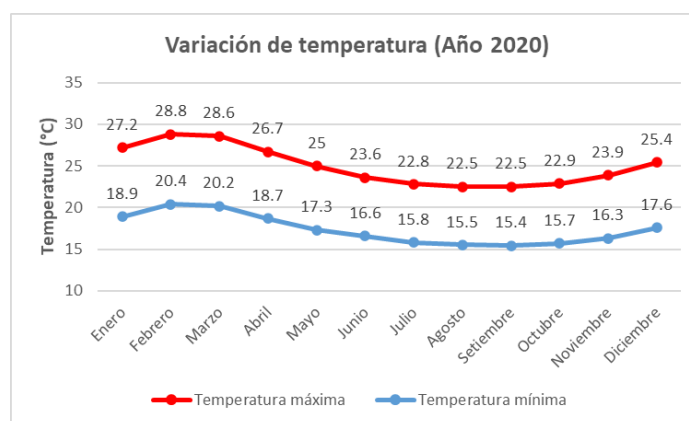
### 4.4) LÍNEA BASE FÍSICA

#### CLIMA

La ciudad de Chiclayo tiene un clima particular y bastante variable, puede ser caluroso y/o templado durante primavera, invierno y otoño; y llegar a ser demasiado caluroso en la estación de verano. Durante la temporada más calurosa del año (verano) se registran temperaturas mínimas de 18°C hasta temperaturas máximas de 30°C; mientras que durante la época mas fría

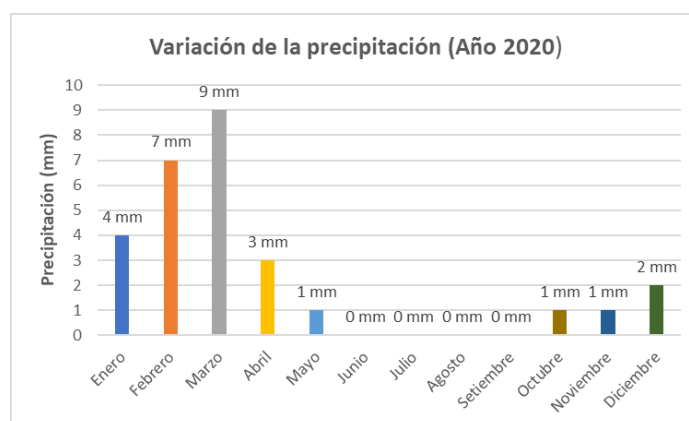
(invierno), la mínima temperatura que se alcanza se encuentra entre los 15-16°C y la más alta hasta los 25°C. Sin embargo, durante la época del denominado “Fenómeno del Niño”, la temperatura presenta anomalías, y la mínima temperatura que se puede registrar es de 20° C y la máxima hasta de 34°C. Normalmente, cuenta un régimen de lluvias bastante reducido durante todo el año, especialmente en invierno donde no se registra lluvias entre los meses Junio y Septiembre, hasta un régimen bastante alto entre los meses de enero y abril, durante la estación de verano (9mm).

### Variación de temperatura (Chiclayo)



Elaboración propia. Fuente: Senamhi

### Variación de la precipitación (Chiclayo)



Elaboración propia. Fuente: Senamhi

## CALIDAD DEL AIRE

Según la Constitución Política de nuestro país, todo ciudadano que reside dentro de esta nación tiene derecho a desarrollarse en medio de un ambiente sano y equilibrado. Un medio como el descrito anteriormente, solo es posible con el apoyo del Estado y la constante participación de

todos los involucrados, puesto que calidad del aire es sinónimo de calidad de vida. La contaminación del aire es una de las expresiones de contaminación más importantes tanto en el plano nacional como local, la cual se debe principalmente a las siguientes actividades:

### Principales fuentes de contaminación

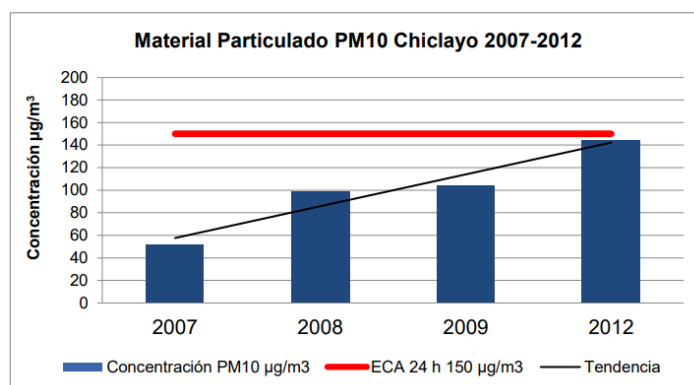
N.º	Zona de Atención Prioritaria	Principales fuentes de contaminación
1	Arequipa	Ladrilleras, cementeras, parque automotor (vehículos)
2	Cerro de Pasco	Extracción de minerales
3	Chiclayo	Parque automotor (vehículos), industrias (ladrilleras, azucarera, fundiciones) y fuente de área (panaderías, imprentas y carpinterías)
4	Chimbote	Industria pesquera

**Fuente:** Informe Nacional de la Calidad del Aire (MINAM)

Además, según el PLARAA (Plan Regional de Acción Ambiental 2016-2021), existen otras actividades como la quema de basura y caña de azúcar y la producción de las pequeñas y grandes industrias, se están convirtiendo en una potencial fuente de contaminación en la ciudad. En el caso de Chiclayo, lamentablemente, no existen registros muy recientes sobre estudios de calidad del aire y solo se evaluó el parámetro PM10. Y, ¿qué es el PM10? Son aquellas partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera, de un diámetro que varía entre 2.5  $\mu\text{m}$  y 10  $\mu\text{m}$ . Su composición comprende desde materiales inorgánicos como los silicatos y aluminatos, y materia orgánica asociada al carbono, que encontramos desde el hollín hasta los residuos de cemento.

Los monitoreos que se realizaron entre el 2007 y 2012, estuvieron a cargo de la DIGESA (Dirección General de Salud) de Lambayeque en 4 puntos estratégicos, en los Centros de Salud Quiñones, La Victoria, Centro de José Leonardo Ortiz y Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental; los cuales dieron como resultado que en todos los años de estudio se sobrepasa el ECA de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y tiende una fuerte tendencia de crecimiento con el tiempo, como se muestra en el siguiente gráfico elaborado por el MINAM:

### Chiclayo – Tendencia de la concentración promedio diaria de PM10



Elaborado por MINAM. Fuente: DIGESA

## GEOLOGÍA

En general, todo el valle Chancay-Lambayeque y la ciudad de Chiclayo se encuentran cimentados sobre depósitos de suelos finos de procedencia sedimentaria, estructura heterogénea y de unidades estratigráficas relativamente nuevas. Los depósitos de los cuaternarios recientes tienen un origen aluvial y eólico y forman pampas que se encuentran atravesadas por algunas cadenas de cerros. Dichas pampas forman una franja continua a lo largo de la costa y al sur presenta grandes extensiones de abanicos de material conglomerado. Las unidades geológicas que se encontraron tenemos las siguientes:

- **Zona de afloramientos rocosos.**

Ubicada en su mayoría muy cerca del cementerio el Carmen de Chiclayo, constituida por tres cerros compuestos de orto cuarcitas, de color grisáceo a marrón claro que se encuentran dispuestos y aislados unos de los otros dentro de los depósitos aluviales. Estos afloramientos pertenecen al Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior. Las orto cuarcitas presentan un bandeamiento paralelo al plano de estratificación, en capas de 20 a 40 cm de espesor.

Debido a la elevada compactación y silificación (petrificación debido a la acción de algunos silicatos) que presentan y al poco fracturamiento, estos estratos pueden considerarse como impermeables al flujo hídrico, por lo tanto, podría considerárseles como sub-estrato rocoso impermeable del acuífero superficial.

- **Zona de terrazas marinas.**

Uno de los factores que controlan los principales rasgos en la forma del terreno de la costa son las pampas emplazadas en la Planicie Costanera. Se encuentran en los extremos Occidental y Sur Occidental de la ciudad de Chiclayo y forman parte de antiguos

depósitos marinos. Al producirse la aparición de la gran franja costera, las corrientes de lluvia erosionaron estos depósitos dando como resultado unas remanentes y depositando en la parte baja, los denominados sedimentos fluviales. Las remanentes mencionadas con anterioridad se encuentran en las localidades de San Carlos, Las Pampas, Chacupe, Huaca Blanca, etc.

- **Zona de depósitos aluviales**

Se encuentra compuesto por depósitos dejados por los ríos Chancay-Lambayeque y Reque, estos materiales están conformados por canto rodado, arcillas, arenas y limos mezclados en proporciones variables debido a su deposición en condiciones desconocidas y variadas de volumen y velocidad de flujo.

- **Zona de mantos arenosos**

Emplazada en el extremo Nor-Occidental de Chiclayo, bajo esta denominación se engloban aquellas áreas que actualmente se encuentran cubiertas por depósitos de arena en forma de mantos o de dunas de origen eólico, presentando partículas muy finas de arcilla o limo.

## GEOMORFOLGÍA

En Chiclayo en general, se pueden identificar 04 unidades geomorfológicas, debido a la ubicación, el clima, la evolución geomorfológica y el relieve: Colinas, Cadena Montañosa, Pampa Costanera y Valle Amplio.

Los rasgos geomorfológicos de esas unidades se originan debido a la confluencia entre patrones fisiográficos y estructurales particulares, además de procesos geodinámicos que han modificado el relieve en su totalidad.

### Extensión superficial de los distintos tipos de fisiografía

DESCRIPCIÓN	ÁREA (KM2)	PORCENTAJES
Cadena Montañosa	775.03	23.33 %
Colinas	315.63	9.50 %
Pampa Costanera	1957.79	58.93 %
Valle Amplio	273.79	8.24 %

Elaboración propia. **Fuente:** Estudio de diagnóstico y zonificación de la provincia de Chiclayo

### Cadena Montañosa

Conocida también como “Montañas de Vertiente Andina” abarcan más de un 20% de la superficie de Chiclayo. Se caracteriza principalmente por tener una topografía accidentada, donde el relieve es de inclinado a empinado, contando con grandes laderas de elevada pendiente, constituidas principalmente por materiales litológicos de origen volcánico

combinados con agrestes vertientes montañosas.

Estas superficies normalmente se pueden encontrar en zonas de mayor altitud, como son el caso de Oyotún, Chongoyape o Nueva Arica. En estos lugares existen intensos procesos erosivos desde escurrimientos difusos hasta disección de laderas, como es el caso del distrito de Oyotún, donde se puede evidenciar formación de cárcavas (socavamientos en rocas y suelos con elevada pendiente debido a la erosión producida por lluvias) en vertientes de gran pendiente y escorrentía difusa (erosión del suelo en capas laminares más delgadas en un terreno inclinado) en zonas de laderas inclinadas.

### **Colinas**

Constituidas por elevaciones residuales producto de las grandes erosiones que se produjeron en el cuaternario, que representa casi el 10% de la ciudad de Chiclayo y cuya predominancia se puede observar en los distritos de Zaña, Reque, Pucalá, Pátapo, Cayalti, Chongoyape, que se encuentran en su mayoría encerradas entre valles amplios.

### **Pampa Costanera**

Esta unidad geomorfológica, que abarca una gran parte del territorio chiclayano con un 58.93%, está constituida principalmente por formas colinosas, mantos de arena, dunas y terrazas marinas, producidas por factores hidrológicos (escorrentía), climatológicos (lluvias) e incluso eólicos. Adicionalmente, en estas superficies predominan pampas de material cuaternario de estructura homogénea en su mayoría (pendiente plana a ligeramente ondulada).

### **Valle Amplio**

Con un área de 273.79 km<sup>2</sup>, que representa el 8.24% de extensión sobre el territorio, encontramos sectores poco pronunciados ubicados en las inmediaciones de los ríos Reque, Chancay-Lambayeque y Zaña, que son contiguos a pampas de la costa y que corresponde al suelo con mayor producción de la ciudad de Chiclayo.

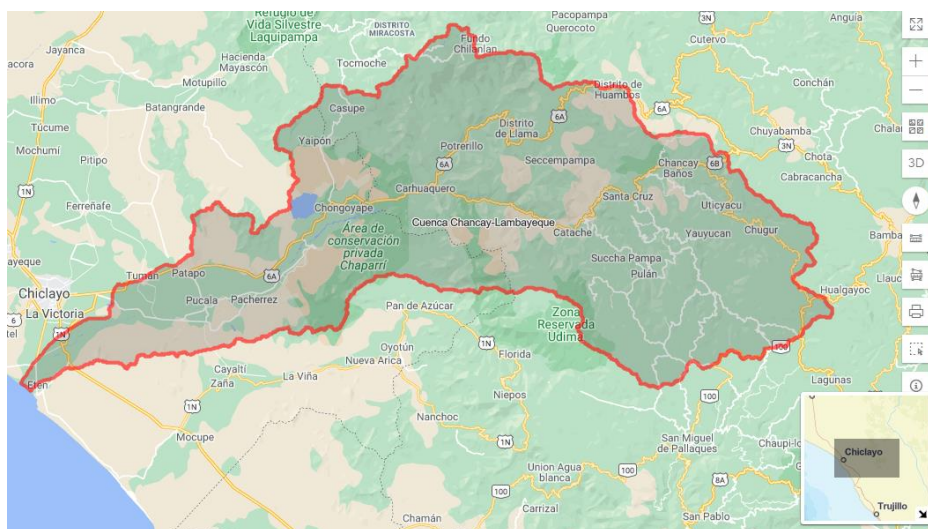
Debido a las características de la pendiente, y la reducida o casi nula actividad morfodinámica (actividades simultáneas o sinérgicas con la capacidad de modificar la forma de la superficie terrestre), hace que la erosión se encuentre limitada, salvo algunas excepciones como los bordes ribereños donde los ríos han presentado erosión en sus cauces sobre los valles pre existentes debido la acción de material aluvial que estuvo sujeto a procesos de socavación e inundaciones, dando pase a nuevas formas de relieve como las llanuras aluviales de piedemonte y abanicos coalescentes.

## HIDROGRAFÍA

La ciudad de Chiclayo cuenta con 02 fuentes de diferentes orígenes: una fuente superficial, que sería la Cuenca de los Ríos Chancay - Lambayeque, que a su vez se subdivide en 04 unidades hidrográficas: Cuenca Chancay-Lambayeque, Cuenca Chupayal, Intercuenca 1377599 y la Intercuenca 137771, según datos del ANA (Autoridad Nacional del Agua). Y, por otra parte, tenemos, otra fuente subterránea que son los pozos tubulares que se encuentran en distintos puntos de la ciudad. Dicha cuenca posee un área total de 5555.49 km<sup>2</sup> y el río Chancay-Lambayeque abarca una extensión de 433.95 km, políticamente se ubica en el Norte del país, en la región Nor Oriental, en los departamentos de Cajamarca y Lambayeque.

Las vertientes del río Chancay-Lambayeque son captadas inicialmente en la Bocatoma Raca Rumi, que se ubica a 280 m.s.n.m del mismo cuerpo de agua y cuya capacidad de captación es de 75 m<sup>3</sup>/s. Posteriormente, las aguas captadas son derivadas a través de un canal de aducción hacia el Reservorio Tinajones, cuya longitud es de 16 km y una capacidad de captación máxima de 70 m<sup>3</sup>/s. Dicho embalse, se encuentra en la margen derecha del río Chancay, y tiene una capacidad de almacenamiento de 320 millones de m<sup>3</sup> con unos 37 m de profundidad del reservorio. Finalmente, el agua captada y almacenada se deriva hacia el repartidor La Puntilla, ubicado también en el cauce del río Chancay, aguas debajo de la Bocatoma Raca Rumi que se encarga de distribuir los cuerpos de agua hacia el canal Taymi, río Lambayeque y río Reque, pasando primero por, un desarenador ubicado a 2.5 km aguas abajo, para su posterior derivación para el uso de la población.

### Mapa de la cuenca Chancay - Lambayeque



**Fuente:** Observatorio del Agua SNIRH. ANA (Autoridad Nacional del Agua)

Por otro lado, con respecto a las aguas subterráneas, también conocido como napa freática, es

otra de las fuentes de abastecimiento de nuestra ciudad y es utilizada para la agricultura, abastecimiento propio de la población, industria y otros usos derivados. Según estudios realizados por el ANA, se han identificado a nivel regional, 1314 pozos subterráneos en estado óptimo, 977 en estado utilizado y 311 sin explotar. En el siguiente cuadro, se puede apreciar la distribución de dichos pozos en los distintos distritos:

### Distribución de los pozos según su estado valle Chancay-Lambayeque

DISTRITO	UTILIZADO				UTILIZABLE				NO UTILIZABLE			
	Tubular	Mixto	Tajo Abierto	Total	Tubular	Mixto	Tajo Abierto	Total	Tubular	Mixto	Tajo Abierto	Total
Chongovape	20		28	48	75		58	133	48	1	7	56
Pátapo	12		6	18	35	2	16	53				
Pucalá	20		4	24	105		12	117	21	1	4	26
Tumán	42		60	102	55		10	65	7		4	11
Pomalca	82		28	110	70		38	108	17		4	21
Chiclayo	11		56	67	19	2	32	53	9		13	22
La Victoria	5	4	46	55	6		17	23	5		16	21
Reque	21	1	83	105	4		22	26	2		12	14

**Fuente:** Monitoreo de las Aguas Subterráneas en el acuífero Chancay-Lambayeque – ANA  
(Autoridad Nacional del Agua)

### CALIDAD DEL AGUA

EPSEL (Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento de Lambayeque) es la empresa encargada de producir, almacenar y derivar agua potable a diferentes puntos de la ciudad; así mismo, dentro de sus facultades está la de recolectar, tratar y darles un vertido final adecuado a las aguas residuales con el objetivo de mejorar la calidad de vida de sus usuarios utilizando la tecnología adecuada y apropiada.

De esta manera EPSEL es responsable de suministrar agua, con la mejor calidad para su consumo, a la población de Chiclayo, manteniendo rigurosos controles durante todas las etapas del proceso de prestación del servicio, para ellos se encarga de realizar los siguientes estudios:

#### Control de calidad del agua potable:

- **Análisis microbiológico:** coliformes totales, termo tolerantes, bacterias heterótrofas.
- **Análisis físico-químico:** pH, conductividad, temperatura, turbidez, color, alcalinidad, dureza, sulfatos, nitrato y metales.

#### Control de calidad de aguas residuales:

- **Análisis microbiológico:** coliformes totales, termo tolerantes
- **Análisis biológico:** algas

- **Análisis físico-químico:** oxígeno disuelto, DQO, DBQ, nutrientes, aceites, grasas, sólidos sedimentales y temperatura.

#### **4.5) LÍNEA BASE BIOLÓGICA**

##### **FORMACIÓN ECOLÓGICA**

En general, el territorio lambayecano está formado por innumerables paisajes donde se refleja una biodiversidad, que se manifiesta a través de diversas formas y modos de vida. La región Lambayeque comprende un 20% de las zonas de vida que existen en el Perú, es decir 14 de 84 registradas, de las cuales el 50% corresponde a la región de la costa y la otra mitad a la región andina. El paisaje más representativo y de mayor extensión de la región es el desierto desecado pre montano tropical con un 25% de presencia sobre la superficie y, por otra parte, el de menor extensión es el páramo pluvial sub alpino tropical con un 0.2% de influencia.

Presenta 12 sistemas ecológicos, dentro de los cuales podemos encontrar a los humedales de Eten y el páramo, quienes a pesar que, presentan altos niveles de fragilidad, son de vital de importancia. Los humedales a pesar de su baja extensión, representan un ambiente significativo para el desarrollo de la fauna y de suma importancia para el crecimiento de la gran y variada flora de la región. Su importancia para la vida silvestre radica en que es un ambiente de descanso y alimentación para las especies que ahí se desarrollan, a la cual se le denomina “zona de paso”. Con respecto al páramo, que hasta el día de hoy sigue siendo una zona poco investigada, al igual que el anterior es un sistema de suma importancia por su ubicación geográfica y los servicios ambientales que brinda, además de ser considerada como cabeza de cuenca.

Lambayeque, a pesar de presentar una alta vulnerabilidad ecológica y fragilidad de sus ecosistemas, posee una elevada riqueza en el medio biológico, que se refleja en el sinnúmero de endemismos de especies de fauna y flora, es decir una “exclusividad” en cuanto la presencia de dichas especies en algún otro lado del globo, por ello en el departamento se han registrado 1041 especies de flora y 533 de fauna, sin embargo, la mitad del total de especies avistadas, se encuentran como mínimo en alguna categoría de amenazas definidas por el Estado y/o por la lista de especies en peligro de extinción publicado por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).



## FLORA Y FAUNA

Lambayeque alberga una gran variedad de flora y fauna, especialmente en la región andina. El mar de lambayecano, al igual que el resto del Perú, posee una gran riqueza ictiológica debido a la abundancia de plancton que posee la actual corriente Humboldt. Estos conforman los cimientos de la cadena alimenticia, puesto que son una gran fuente de alimentación para especies más pequeñas, como la anchoveta que, a su vez, sirve de alimento para especies de mayor tamaño.





En cuanto a la zona costera de Lambayeque, uno de los paisajes predominantes son los desiertos, que son ambientes bastante adversos al cual se han adaptado algunas especies de plantas como los famosos cactus, y animales como los escorpiones y algunas especies de serpientes.

La sequedad del desierto se ve interrumpida por una serie de ríos que descienden de la sierra, los cuales, a pesar de su escaso caudal y régimen irregular, permiten el desarrollo y crecimiento de fértiles valles que acobijan a una fauna silvestre más variada.

Por otra parte, algunas especies de árboles, como el algarrobo y el zapote, lograron adaptarse a las difíciles condiciones de la sierra de la región formando amplios bosques, los cuales están habitados por especies de aves como el huerequeque y la pava aliblanca y por mamíferos como el zorro gris, y muchas otras clases de animales, sin embargo, debido a la lamentable sobreexplotación humana estos han sido reducidos a una fracción de lo que solían ser.

## FLORA

La vegetación que se presenta en la costa de Lambayeque es bastante precaria debido a las grandes extensiones de terreno desértico que posee la región, sin embargo, existen 03 tipologías de bosque donde destacan los algarrobos (*Prosopis limensis*) y el zapote (*Capparis longifolia*). En la actualidad, debido a la explotación irracional e intensiva de estos recursos para la elaboración de leña y materia prima para el sector construcción, dieron como resultado un aumento del área de influencia de dichos desiertos. Por ello, en Lambayeque se crearon zonas de reserva (Laquipampa y Batan Grande) con el objetivo de proteger los bosques de algarrobos que aún existen.

<p><b>Algarrobo (<i>Prosopis limensis</i>)</b></p>  <p><b>Fuente:</b> Google</p>	<p><b>Zapote (<i>Capparis longifolia</i>)</b></p>  <p><b>Fuente:</b> Google</p>
<p><b>Carrizo (<i>Phragmites australis</i>)</b></p>  <p><b>Fuente:</b> Google</p>	<p><b>Taya (<i>Cesal pinia spinosa</i>)</b></p>  <p><b>Fuente:</b> Google</p>

En los terrenos que poseen fuerte pendiente y que son poco accesibles debido a la altitud, se forman los bosques secos semidensos donde aparecen especies como el guayacán (*Tecoma sp.*), palosanto y hualtaco (*Loxopteygium huasango*).

Por debajo de los 400 m.s.n.m, específicamente en la parte baja de la zona costera, se dormán

los bosques secos tipo chaparral, dentro de los cuales destacan especies como el vichayo y el overo, que presentan asociaciones de tipo arbustiva con malezas desérticas tropicales. Otras especies de flora costera lambayecana son: guarango, palo negro, chopa, concuno, sauce, pasallo, hierba santa, pájaro bobo, ambulón, micania, caña brava, carrizo e hinea.

En la parte baja de la sierra de Lambayeque, aproximadamente a unos 500-1000 m.s.n.m, encontramos especies como el ceibo (*Bombax bicolor*), la taya (*Cesal pinia spinosa*) y el huaylulo (*Erythrina* sp.), que se ubican mayormente en la zona norte de la región; en la parte central, entre los 1000-2000 m.s.n.m, habitan especies leñosas como: chirimoya (*Annona cherimolia*) y la flor del inca (*Cantua quercifolia*) y, finalmente en la parte superior, entre los 2000 y más de 4000 m.s.n.m encontramos al gigantón, el cacto de gorra, la pitajaya y la chumacera.

## **FAUNA**




### **FAUNA MARÍTIMA**

En el dominio marítimo de la región, existe una interesante variedad de recursos hidrobiológicos, paisajísticos y recreativos-turísticos, donde se registra la presencia de mamíferos, variedad de peces, crustáceos, moluscos, aves y algas marinas. En la isla Lobos de Tierra, podemos encontrar principalmente pescados como el bonito (*Sarda sarda chiliensis*) y la caballa (*Pneumatophorus peruanus*).

Adicionalmente podemos encontrar a algunas de las especies que comúnmente se pesca en el litoral peruano como por ejemplo: el pejerrey (*Austromenidia regia*), el atún (*Thunnus magropterus*) y el lenguado (*Paralechthys adspersus*), también podemos encontrar una gran variedad de moluscos dentro de los cuales los más representativos serían la concha de abanico (*Pecten purpuratus*), que se pueden localizar en la Isla Lobos de Tierra y Lobos de Afuera, lugares donde además se encuentra importantes fuente de recursos como: invertebrados (anguila, pulpo, caracoles, etc) y peces de peña como el mero y la cabrilla. En Lambayeque también podemos ubicar uno de los crustáceos más populares del país, el langostino.

**Bonito (*Sarda sarda chiliensis*)**







<b>Fuente:</b> INFOPES - Universidad Nacional Agraria La Molina	
<b>Caballa (<i>Pneuma-tophorus peruanus</i>)</b> 	<b>Concha de abanico (<i>Pecten purpuratus</i>)</b> 
<b>Fuente:</b> INFOPES - Universidad Nacional Agraria La Molina	<b>Fuente:</b> INFOPES - Universidad Nacional Agraria La Molina
<b>Mero (<i>Mycteroperca xenarcha</i>)</b> 	
<b>Fuente:</b> INFOPES - Universidad Nacional Agraria La Molina	

## FAUNA CONTINENTAL

Debido a la deforestación, la fauna terrestre no es tan representativa como si lo es la fauna marítima. Dentro de las especies con mayor predominancia tenemos, las aves guaneras, como el guanay (*Phalacrocorax bougainvillii*) y aves continentales como las gaviotas (*Larus modestus*). Además, es posible el avistamiento de aves como palomas, chilalas, pericos, gallinazos, gavilanes, flamencos rosados, huerequeques, etc.

El ave más famosa de la región es la pava aliblanca, que se creía extinta hace más de 20 años, sin embargo, se lograron avistar unos pocos ejemplares en los inmensos algarrobales de Olmos y en la actualidad se reproducen en cautiverio para su protección.

Por otra parte, dentro de los mamíferos con más presencia en el territorio lambayecano tenemos al zorro gris (*Canis sechurae*), el venado de cola blanca, el oso de anteojos, los osos negros, osos hormigueros, los pumas, etc., todos ellos resguardados en Áreas Naturales Protegidos por el Estado.

<p><b>Periquito Esmeralda (<i>Forpus coelestis</i>)</b></p>  <p><b>Fuente:</b> CORBIDI (Centro de Ornitología y Biodiversidad)</p>	<p><b>Huerequeque (<i>Burhinus superciliaris</i>)</b></p>  <p><b>Fuente:</b> CORBIDI (Centro de Ornitología y Biodiversidad)</p>
<p><b>Garza Blanca (<i>Egretta tula</i>)</b></p>  <p><b>Fuente:</b> CORBIDI (Centro de Ornitología y Biodiversidad)</p>	<p><b>Oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)</b></p>  <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.denomades.com">www.denomades.com</a></p>

### ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Lambayeque cuenta con 02 Áreas de Conservación privada: Chaparrí (Lambayeque - Cajamarca) y su respectiva Huerta de Chaparrí; 02 Reservas Nacionales: Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (Isla Lobos de Tierra) y Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (Isla Lobos de Afuera); 02 Áreas de Conservación Regional: Bosque Huacrupe - La Calera y Bosque Moyan – Palacio; 01 Santuario Histórico que es el Bosque de Pómac y 01 Refugio de vida silvestre que es Laquipampa, todas registradas e integradas al Sistema Nacional de Áreas

Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE). También existen áreas que por su diversidad y especies endémicas podrían representar un importante aporte para el uso sostenible de sus servicios ambientales.

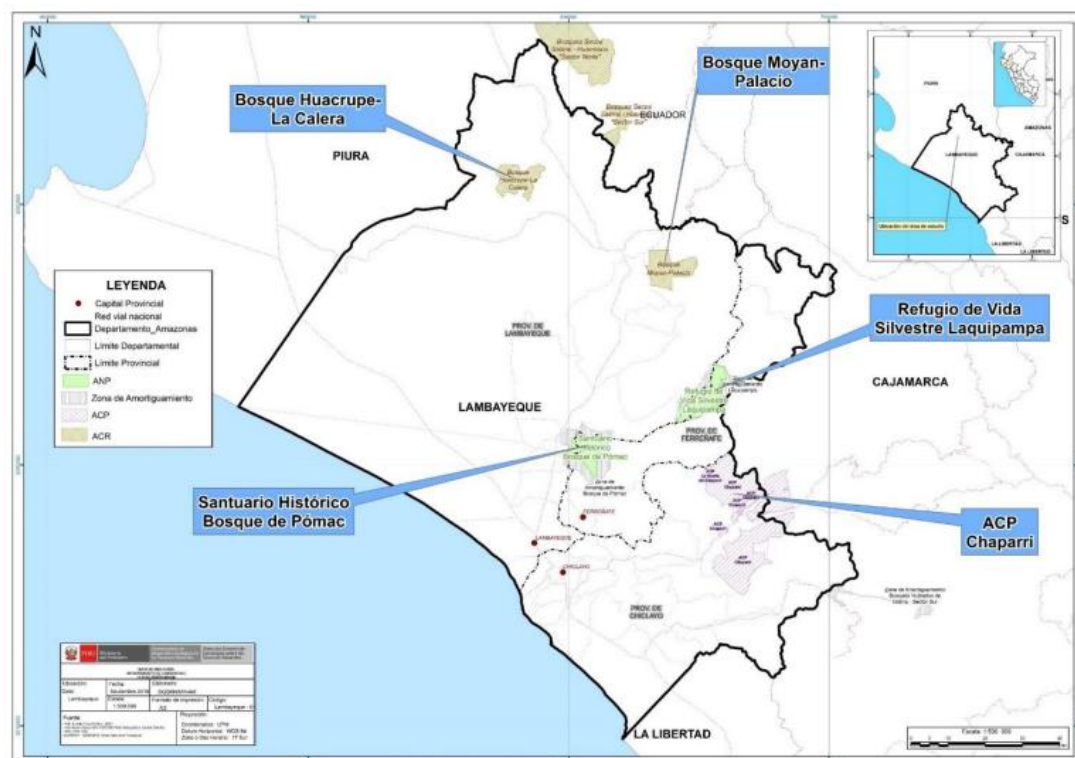
A continuación, se puede apreciar en la siguiente tabla todas las Áreas Naturales Protegidas (ANP) con su respectiva área y fecha de creación, así mismo el mapa donde se encuentran distribuidas:

### Áreas Naturales Protegidas (superficie)

N°	Nombre	Categoría	Fecha de creación	Superficie (has)
1	Chaparrí (Lambayeque/Cajamarca)	Área de Conservación Privada	2001	34,412.00
2	Bosque de Pomac	Santuario Histórico	2001	5,887.38
3	Laquipampa	Refugio de Vida Silvestre	2006	8,328.64
4	Bosque Huacrupe - La Calera	Área de Conservación Regional	2011	7,272.27
5	Bosque Moyan - Palacio	Área de Conservación Regional	2011	8,457.76
6	La Huerta del Chaparrí	Área de Conservación Privada	2011	100.00
7	Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (Isla Lobos de Tierra)	Reserva Nacional	2009	18,278.90
8	Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (Isla Lobos de Afuera)	Reserva Nacional	2009	8,265.13
<b>TOTAL</b>				<b>91,002.08</b>

**Elaborado por:** MINAM **Fuente:** Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP)

### Mapa de Áreas Naturales Protegidas



**Elaborado por:** MINAM **Fuente:** Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP)

#### 4.6) LÍNEA BASE SOCIO ECONÓMICA DEMOGRAFÍA

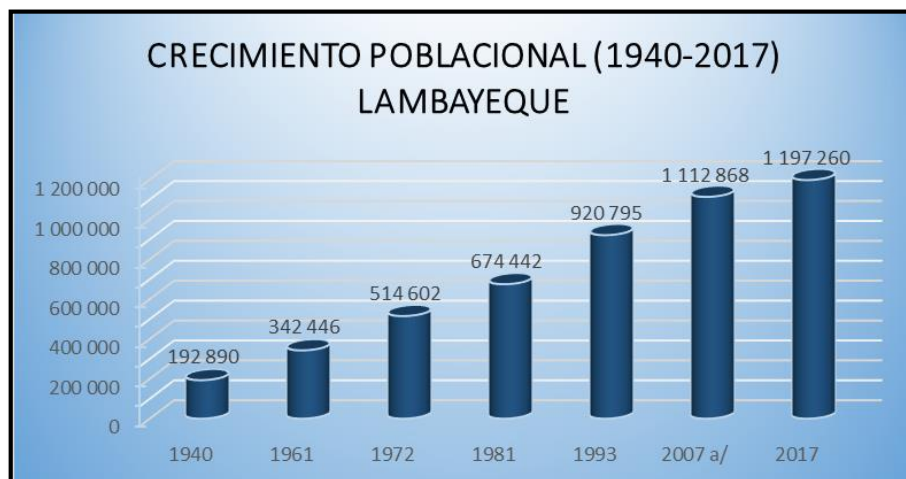
Debido a su posición geográfica y de las principales actividades económicas que se desarrollan en Lambayeque, como el comercio, nuestra región posee una fuerte tendencia de migración, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) esta ha sido la evolución del crecimiento poblacional en los diferentes años de censo que se realizaron en el país:

**Población de Lambayeque (1940-2017) - Tabla**

Lambayeque	1940	1961	1972	1981	1993	2007 a/	2017
<b>Total</b>	192890	342446	514602	674442	920795	1112868	1197260
<b>Urbana</b>	98501	211616	373990	518631	709608	880237	971121
<b>Rural</b>	94389	130830	140612	155811	211187	232631	226139

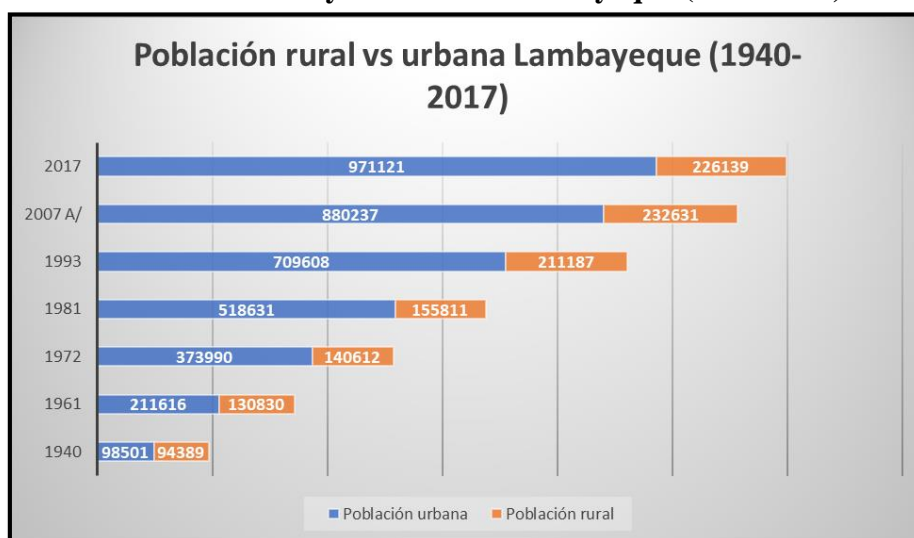
Elaboración propia. **Fuente:** INEI

#### **Población de Lambayeque (1940-2017) - Gráfico**



Elaboración propia. **Fuente:** INEI

### Población rural y urbana de Lambayeque (1940-2017)



Elaboración propia. **Fuente:** INEI

La ciudad de Chiclayo, según informes de la INEI, es la ciudad que cuenta con el mayor número de habitantes censados, y además nos muestra una comparativa entre los censos del 2007 y 2017, donde se ve una tendencia de crecimiento poblacional promedio del 0.5% anualmente, en la siguiente tabla se aprecia la comparación intercensal:

**Lambayeque: Población censada y tasa de crecimiento promedio anual, según provincia,  
2007 y 2017**

Provincia	2007		2017		Variación intercensal 2007-2017		Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	
<b>Total</b>	<b>1 112 868</b>	<b>100,0</b>	<b>1 197 260</b>	<b>100,0</b>	<b>84 392</b>	<b>7,6</b>	<b>0,7</b>
Chiclayo	757 452	68,1	799 675	66,8	42 223	5,6	0,5
Ferreñafe	96 142	8,6	97 415	8,1	1 273	1,3	0,1
Lambayeque	259 274	23,3	300 170	25,1	40 896	15,8	1,5

**Fuente:** Censos Nacionales INEI (2007-2017)

Los resultados del censo del año 2017, nos muestran que 81.1% de la población total pertenece al área urbana, mientras que el porcentaje restante (19.9%) pertenece al sector rural. A nivel provincial, la mayor parte de la población urbana se encuentra en Chiclayo con un 94.9%, con un total de 758,872 habitantes registrados en el último censo, incrementando en 52,326 habitantes con respecto al censo realizado en el 2007.

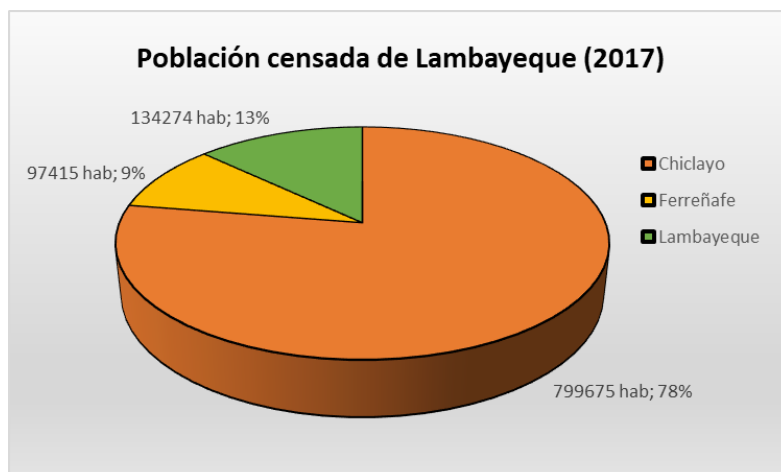
#### **Lambayeque: Población censada urbana y rural, según provincia, 2007 y 2017 (Absoluto y porcentaje)**

Provincia	2007						2017					
	Total		Urbana		Rural		Total		Urbana		Rural	
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%
<b>Total</b>	<b>1 112 868</b>	<b>100,0</b>	<b>880 237</b>	<b>79,1</b>	<b>232 631</b>	<b>20,9</b>	<b>1 197 260</b>	<b>100,0</b>	<b>971 121</b>	<b>81,1</b>	<b>226 139</b>	<b>18,9</b>
Chiclayo	757 452	100,0	706 546	93,3	50 906	6,7	799 675	100,0	758 872	94,9	40 803	5,1
Ferreñafe	96 142	100,0	48 691	50,6	47 451	49,4	97 415	100,0	55 448	56,9	41 967	43,1
Lambayeque	259 274	100,0	125 000	48,2	134 274	51,8	300 170	100,0	156 801	52,2	143 369	47,8

**Fuente:** Censos Nacionales INEI (2007-2017)

En el sector rural, la provincia lambayecana tiene una fuerte concentración de esta población con un 63.4% que representa 143,369 habitantes, mientras que en Chiclayo la tendencia de esta población disminuye con un 18% de la población rural total, que se encuentra demarcada por 40,803 habitantes. En el 2007, la población rural en Chiclayo era de 50,906 habitantes, disminuyendo dicha población en 10,103 habitantes para el año del último censo. En el siguiente gráfico se puede observar la población total lambayecana que fue registrada en el estudio estadístico del año 2017, además de la tabla donde se puede apreciar la distribución de las poblaciones rural y urbana:

#### **Censo Lambayeque 2017**



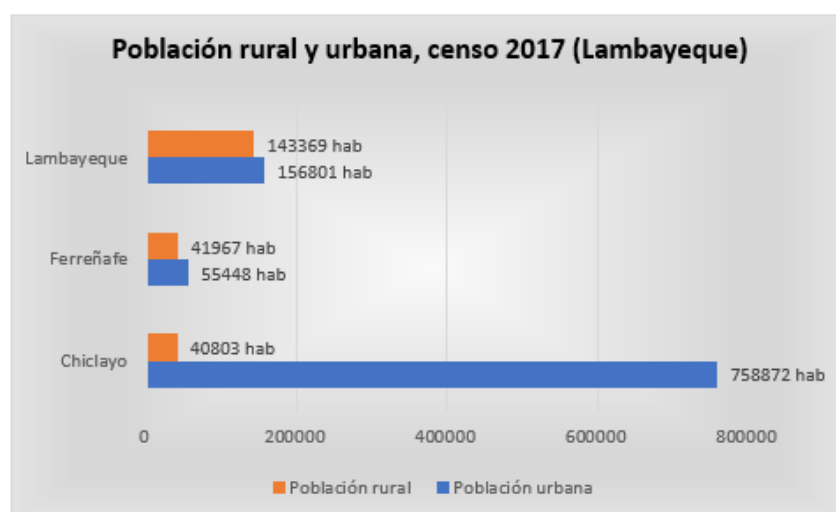
Elaboración propia. **Fuente:** Censo Nacional INEI (2017)

### Lambayeque: Población censada urbana y rural, según provincia, 2017

Provincia	Total	Urbana		Rural	
		Absoluto	%	Absoluto	%
<b>Total</b>	<b>1 197 260</b>	<b>971 121</b>	<b>100,0</b>	<b>226 139</b>	<b>100,0</b>
Chiclayo	799 675	758 872	78,2	40 803	18,0
Ferreñafe	97 415	55 448	5,7	41 967	18,6
Lambayeque	300 170	156 801	16,1	143 369	63,4

**Fuente:** Censo Nacional INEI (2017)

### Población censada urbana y rural, censo 2017 (Gráfico)



Elaboración propia. **Fuente:** Censo Nacional INEI (2017)

## ACTIVIDADES ECONÓMICAS

La economía del distrito de Chiclayo se sostiene con el desarrollo de dos principales actividades, los servicios (53.50%) y el comercio (19%); entre las cuales se destacan los

sectores de agroindustria, construcción y, en la última década, de servicios de hotelería y restaurantes. En el siguiente cuadro se presenta el porcentaje de dinamismo y potencial de cada actividad económica con presencia en el área distrital de Chiclayo.

**Cuadro N° 12: Actividad económica.**

CATEGORÍA	Nro.	%
Actividad Agrícola	1,574	1.80
Actividad Pecuaria	223	0.30
Actividad Forestal	46	0.10
Actividad Pesquera	248	0.30
Actividad Minera	252	0.30
Actividad Artesanal	412	0.50
Actividad Comercial	16,692	19.00
Actividad Servicios	46,879	53.50
Actividad Otros	10,666	12.20
Actividad Estado (gobierno))	10,696	12.20

Fuente: Empadronamiento Distrital de Población y Vivienda 2012-2013 (SISFOH)  
Elaboración: CENEPRED

**Fuente: CENEPRED (Referencia 1) / Pág. 21**

Para febrero del presente año, se registraron variaciones significativas en la producción de ciertos sectores y en el otorgamiento de créditos tanto en materia de financiamiento empresarial como en créditos dirigidos a la población, a efectos de repercusión por la pandemia originada de la propagación del virus Covid-19. De acuerdo con el resumen ejecutivo del Banco Central de Reserva del Perú y según datos interanuales, entre los sectores de actividad primaria, la producción agropecuaria aminoró en un 15.5%; y la pesca dirigida al consumo en estado fresco, en un 3%. Mientras que la manufactura tuvo un efecto positivo al obtener un crecimiento en un 48.3%; y los despachos de cemento, en un 45.3% dentro de un contexto de mayor inversión pública y reactivación de proyectos privados. En los siguientes cuadros y gráficos se denotan las variaciones a mayor detalle.

## Producción Agropecuaria

Producción de principales productos agropecuarios 1/ (Toneladas)							
Subsectores	Estructura Porcentual 2020 <sup>2/</sup>	Febrero			Enero - Febrero		
		2020	2021	Var.%	2020	2021	Var.%
<b>AGRICOLA</b>	<b>84,5</b>			<b>-18,7</b>			<b>-5,8</b>
Orientada al mercado externo y							
agroindustria 2/	<b>53,6</b>			<b>-5,0</b>			<b>-8,3</b>
Arándano	21,8	75	313	317,3	1 275	1 505	18,0
Caña de Azúcar	8,8	84 135	186 557	121,7	263 109	359 567	36,7
Palta	7,2	132	500	278,8	161	500	210,6
Mango	3,4	58 591	44 000	-24,9	65 270	45 192	-30,8
Maíz Amarillo Duro	3,3	4 232	2 754	-34,9	10 388	4 098	-60,6
Uva	3,1	1 573	1 717	9,2	7 213	6 302	-12,6
Pimiento morrón	1,6	0	5	n.d.	0	5	n.d.
Piquillo	1,4	0	0	n.d.	0	1 628	n.d.
Espárrago	0,6	409	0	-100,0	409	190	-53,5
Orientada al mercado interno 2/	<b>30,9</b>			<b>-55,4</b>			<b>5,6</b>
Arroz cáscara	23,8	14 794	4 822	-67,4	24 131	31 428	30,2
Pallar g/s	1,3	26	0	-100,0	58	7	-87,9
Limón	1,2	5 238	6 182	18,0	10 367	12 060	16,3
Frijol Palo Verde	0,9	0	0	n.d.	0	0	n.d.
Camote	0,9	853	258	-69,8	3 200	1 179	-63,2
Maíz Choclo	0,8	1 011	533	-47,3	2 899	1 415	-51,2
Cebolla	0,8	573	475	-17,1	1 237	1 080	-12,7
Alfalfa	0,4	7 215	1 513	-79,0	14 666	5 114	-65,1
Maíz Amiláceo	0,2	164	45	-72,6	215	90	-58,1
<b>PECUARIO</b>	<b>15,5</b>			<b>-3,2</b>			<b>-2,5</b>
Ave	8,0	1 893	1 834	-3,1	5 455	5 333	-2,2
Leche	3,1	4 385	3 875	-11,6	8 909	8 415	-5,5
Vacuno	1,7	580	602	3,9	1 090	1 117	2,4
Huevo	1,6	617	641	3,9	1 263	1 292	2,3
Porcino	0,5	162	172	6,2	342	354	3,3
Ovino	0,4	111	98	-11,7	211	196	-6,9
Caprino	0,2	60	53	-12,5	121	114	-5,9
<b>SECTOR AGROPECUARIO</b>				<b>-15,5</b>			<b>-5,0</b>

1/ Cifras preliminares. 2/ Estimado a precios de 2007.

Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.

Elaboración: BCRP - Sucursal Piura. Departamento de Estudios Económicos.

Fuente: BCRP (Referencia 2) / Pág. 3

## Producción Pesquera

Producción pesquera 1/ (En toneladas)						
	Febrero			Enero - Febrero		
	2020	2021	Var %	2020	2021	Var %
<b>Consumo Humano Directo</b>						
Fresco	1 193	1 157		1 849	1 859	
<b>TOTAL</b>			<b>-3,0</b>			<b>0,8</b>

1/ Variación en términos reales estimada a precios de 2007

Nota: Cifras preliminares.

Fuente: Gerencia Regional de la Producción - Lambayeque.

Elaboración: BCRP - Sucursal Piura. Departamento de Estudios Económicos.

Fuente: BCRP (Referencia 2) / Pág. 3

## Industria manufacturera

Producción manufacturera 1/ (Variación % real respecto al mismo periodo del año anterior)			
Ramas de actividad	Estructura porcentual 2020 <sup>2/</sup>	Variación Anual (%)	
		Febrero	Enero - Febrero
<b>MANUFACTURA PRIMARIA</b>	<b>93,0</b>	<b>53,9</b>	<b>27,7</b>
Arroz pilado	52,9	12,2	15,1
Azúcar	40,0	162,6	50,3
<b>MANUFACTURA NO PRIMARIA</b>	<b>7,0</b>	<b>16,5</b>	<b>5,7</b>
Café soluble	2,1	5,0	1,0
Jugos de fruta	3,9	51,0	16,7
Aceite esencial de limón	0,0	-100,0	-100,0
Cáscara deshidratada de limón	0,6	-7,5	-8,7
Alcohol etílico	0,5	5,0	5,0
<b>SECTOR MANUFACTURA</b>	<b>100,0</b>	<b>48,3</b>	<b>25,6</b>

1/ Cifras preliminares, en base a agroindustriales, SUNAT y PRODUCE  
2/ Estimado a precios de 2007.

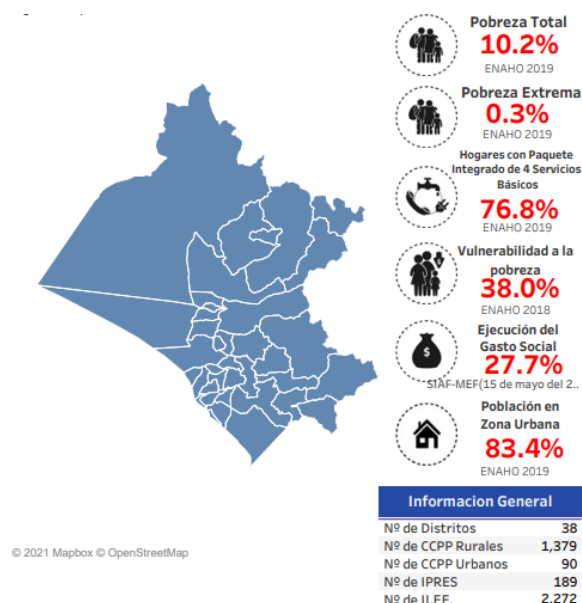
Fuente: BCRP

## ASPECTOS SOCIALES

### DESIGUALDAD Y POBREZA

De acuerdo con el Reporte Regional de Indicadores Sociales de Lambayeque, el departamento se conforma por 1,197,260 ciudadanos; de los cuales el 10.2% representa la pobreza total, el 0.3% son parte de la pobreza extrema, y el 38% se encuentra en vulnerabilidad a la pobreza.

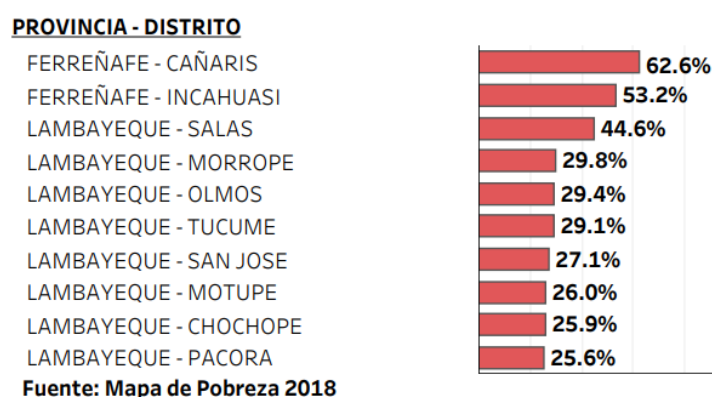
### Distribución de la pobreza en Lambayeque



Fuente: MIDIS

A nivel distrital, el informe determina el porcentaje de pobreza en base al Mapa de Pobreza 2018, con el cual se priorizan a los distritos con mayores brechas. En la siguiente gráfica se presentan a los 10 distritos con el nivel de pobreza más alto, siendo los tres primeros: Cañaris (62.6%), Incahuasi (53.2%) y Salas (44.6%).

### Niveles de pobreza en la región



**Fuente: MIDIS**

Como dato adicional, el Mapa de Pobreza Monetaria Provincial y Distrital 2018 indica la distribución geográfica de la pobreza monetaria en un nivel de áreas menores, con el fin de anteponer a aquellas zonas más pobres del país y facilitar la focalización de las políticas públicas. El mapa está conformado por 197 grupos de distritos cuyo tamaño poblacional es menor a mil hogares, y están clasificados bajo tres nominaciones: Pobreza Monetaria Total, Grupos Robustos y Ubicación del distrito por nivel de pobreza total. Conforme a los resultados, el distrito de Chiclayo presenta los siguientes datos.

### Pobreza monetaria total

Anexo N° 1  
PERÚ: POBREZA MONETARIA TOTAL, GRUPOS ROBUSTOS Y UBICACIÓN DEL DISTRITO POR NIVEL DE POBREZA TOTAL, SEGÚN DISTRITO, 2018

Ubigeo	Departamento	Provincia	Distrito	Población proyectada 2020 1/	Intervalo de confianza al 95%		Grupos robustos 2/	Ubicación pobreza monetaria total 3/
					Inferior	Superior		
230101	TACNA	TACNA	TACNA	104 314	5,5	9,9	20	1 765
040313	AREQUIPA	CARAVELÍ	YAUCA	2 029	3,3	12,0	20	1 766
170302	MADRE DE DIOS	TAHUAMANU	IBERIA	5 784	4,2	11,0	20	1 767
140101	LAMBAYEQUE	CHICLAYO	CHICLAYO	288 360	6,0	9,0	20	1 768
180201	MOQUEGUA	GENERAL SÁNCHEZ CIOMATE		3 117	3,8	11,1	20	1 769

**Fuente: INEI**

## EDUCACIÓN

Las Instituciones Educativas ubicadas en el distrito de Chiclayo se clasifican en cuatro principales niveles: inicial, primaria, secundaria y superior. Al año 2017, los niveles de instrucción con mayor presencia son secundaria (42%) y superior universitaria (26%).

### Nivel de instrucción

NIVEL EDUCATIVO	Nro.	%
Ningún nivel	3,400	2.00
Inicial	398	0.20
Primaria	22,568	13.10
Secundaria	72,193	42.00
Superior no Universitaria	27,690	16.10
Superior Universitaria	44,680	26.00
Posgrado u otro similar	896	0.50

Fuente: Empadronamiento Distrital de Población y Vivienda 2012-2013 (SISFOH)  
Elaboración: CENEPRED

**Fuente: CENEPRED**

Entre los mencionados niveles de instrucción, en la siguiente gráfica se representa el porcentaje de la población perteneciente a cada nivel. Como se puede observar, el 42% de los ciudadanos chiclayanos se registraron en un nivel secundario; el 26 %, en el grado superior universitaria; y el 16%, en superior no universitaria (siendo los más resaltantes).

Gráfico N° 03: Distribución de la Población según Nivel de Instrucción.



Fuente: Empadronamiento Distrital de Población y Vivienda 2012-2013 (SISFOH)  
Elaboración: CENEPRED

**Fuente: CENEPRED****SALUD**

Entre el año 2018 y 2019, algunos indicadores de salud presentados en el Reporte Regional de Indicadores Sociales del departamento de Lambayeque disminuyeron considerablemente con respecto a años anteriores. Entre estos indicadores, se indican los siguientes:

INFANTES Y GESTANTES	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Proporción de menores de 36 meses con controles de crecimiento y desarrollo (CRED) para su edad	36.5%	41.1%	40.9%	45.3%	39.8%	44.4%	49.7%	51.5%	58.5%
Proporción de menores de 6 meses con lactancia exclusiva	81.9%	64.5%	39.4%	69.4%	55.8%	65.6%	64.4%	53.0%	67.5%
Proporción de menores de 36 meses con vacunas básicas completas para su edad	64.5%	70.8%	61.0%	65.2%	62.7%	65.4%	69.3%	78.9%	75.0%
Proporción de nacidos en los últimos 5 años anteriores a la encuesta con bajo peso al nacer (<2.5 kg.)	7.3%	4.7%	7.5%	5.8%	6.0%	6.7%	7.3%	7.7%	7.4%
Proporción de niñas y niños de 6 a 35 meses que consumieron suplemento de hierro en los últimos siete meses	13.2%	18.5%	23.9%	23.4%	25.5%	21.6%	21.6%	26.6%	26.1%
Proporción de parto institucional del último nacimiento en los 5 años antes de la encuesta	88.3%	86.9%	94.4%	91.3%	90.3%	92.7%	93.8%	93.1%	95.5%
Proporción de gestantes con al menos 1 Control Pre-Natal en 1er Trimestre	81.2%	74.8%	79.1%	78.6%	79.1%	80.1%	81.7%	78.7%	79.6%

Fuentes: INEI - ENDES 2011 - 2019

**Fuente: MIDIS**

Asimismo, el informe del CENEPRED – 2017 (en base al SISFOH del 2012-2013) denota que en el distrito de Chiclayo no fue frecuente el acceso a los servicios de salud. Por ello, el 39.2% de la población no se encuentra afiliado a algún tipo de seguro de salud; y entre los demás habitantes, el 39.1% cuenta con Essalud y el 15.60% con SIS.

**Cuadro N° 09: Afiliación a seguro de salud**

TIPO DE SEGURO	Nro.	%
Essalud	86,228	39.10
FFAA - PNP	6,185	2.80
Seguro Privado	6,550	3.00
SIS	34,454	15.60
Otro	643	0.30
No tiene	86,310	39.20

Fuente: Empadronamiento Distrital de Población y Vivienda 2012-2013 (SISFOH)  
Elaboración: CENEPRED

**Fuente: CENEPRED (Referencia 1) / Pág. 18**

## SERVICIOS BÁSICOS

### AGUA POTABLE

Las viviendas ubicadas en Chiclayo son abastecidas de este servicio por diferentes modalidades, tales como la red pública (91.5%) y las cisternas (3.10%). En el caso del servicio de agua a domicilio, este es distribuido por la entidad EPSEL S.A. por medio de agua subterránea extraída con pozos tubulares. Sin embargo, gran parte de los hogares tienen conexiones domiciliarias en las que el servicio es restringido, razón por la que recurren a manantiales u otros canales.

Cuadro N° 06: Viviendas con abastecimiento de agua potable.

VIVIENDAS CON ABASTECIMIENTO DE AGUA	Nro.	%
Red pública de agua dentro la vivienda	49,304	91.50
Red pública de agua fuera la vivienda	905	1.70
Pilón de uso público	958	1.80
Camión, cisterna u otro similar	1,661	3.10
Pozo	249	0.50
Río, acequia, manantial	15	0.00
Otro tipo	786	1.50

Fuente: Empadronamiento Distrital de Población y Vivienda 2012-2013 (SISFOH)  
Elaboración: CENEPRED

Fuente: CENEPRED (Referencia 1) / Pág. 17

### ENERGÍA ELÉCTRICA

Referente al servicio de energía eléctrica, según los datos el 98.50% de la población cuenta con este a lo largo de las 24 horas al día, mientras que el 0.7% no tiene accesibilidad a energía.

Cuadro N° 07: Tipo de Alumbrado.

TIPO DE ALUMBRADO	Nro.	%
Electricidad	53,075	98.50
Kerosene, mechero, lamparín	29	0.10
Petróleo, gas, lámpara	23	0.00
Vela	364	0.70
Otro	22	0.00
No tiene	365	0.70

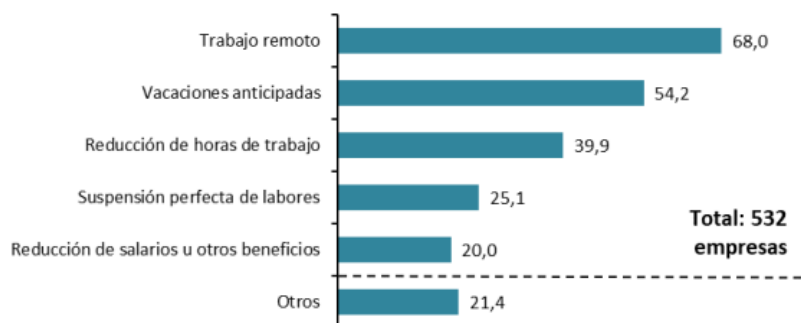
Fuente: Empadronamiento Distrital de Población y Vivienda 2012-2013 (SISFOH)  
Elaboración: CENEPRED

Fuente: CENEPRED (Referencia 1) / Pág. 17

## EMPLEO

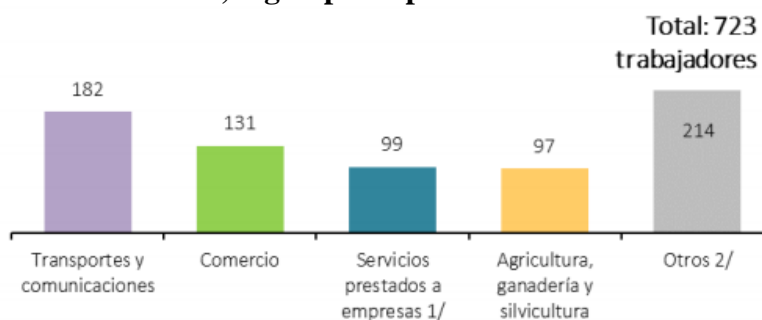
De acuerdo con la encuesta de demanda ocupacional del presente año (MTPE, 2021)<sup>5</sup>, se incluyeron a 532 empresas de Lambayeque, de las cuales el 34% se vio en la obligación de retirar parte de su personal a causa de la Covid-19, siendo razón para la cual varios trabajadores se acogieron al trabajo remoto. Además, el 7.8% de las organizaciones contratarían personal adicional de manera permanente durante el año, siendo el sector de transportes y Comunicaciones (182) el que contrate mayor cantidad de colaboradores. A continuación, se adjuntan gráficas que representan el estado de empleabilidad de la población lambayecana al año 2021.

### Empresas y medidas que tomaron respecto al personal a de la pandemia 2021



Fuente: MTPE

### Personal a contratar, según principales sectores económicos (2021)



Fuente: MTPE



La matriz de Leopold está diferenciada en columnas donde se ubican las fases a considerar durante el estudio:

- **Fase 01:** Recolección del RCD
- **Fase 02:** Manipulación del material reciclado
- **Fase 03:** Producción de adoquines
- **Fase 04:** Control de calidad de los adoquines elaborados

También se pueden observar los factores a considerar para cada actividad:

- **Factores medioambientales:** aire, agua y suelo.
- **Factores biológicos:** flora
- **Factores económicos, sociales y estéticos:** paisaje, economía y factores humanos y estéticos.

Durante la evaluación podemos diferenciar 02 actividades que generan un gran impacto, tanto positivo como negativo: Recolección y selección de RCD y Extracción del material pétreo.

Durante la **Fase 02: Manipulación del material reciclado**, específicamente durante la actividad de “Recolección y selección de RCD”, es la que genera el mayor impacto positivo de todos los estudiados con 157, debido a que promovemos la reducción de los residuos dispuestos en zonas informales para su disposición final (bermas, botaderos informales e ilegales, carreteras, terrenos de cultivo).

Por otra parte, en el lado opuesto tenemos durante la **Fase 03: Producción de adoquines**, durante la actividad de “Extracción de material pétreo”, debido a que la constante explotación de este recurso (arena y piedra) afecta a una gran cantidad de factores y de manera bastante significativas, con una puntuación de -172. Por ejemplo, el relieve y la topografía de la cantera se ve afectado negativamente debido a la extracción de la materia prima para la elaboración de agregados; también tenemos la contaminación del suelo debido al potencial peligro de derrame de petróleos y derivados por el uso de la maquinaria.

De entre todos los factores considerados tenemos factores impactado positivamente y otros negativamente: el factor económico: nivel de empleo y el factor medioambiental: sonido (agradabilidad) y generación de partículas en suspensión, respectivamente.

El sonido (agradabilidad) es uno de los factores medioambientales más impactados de manera negativa con una ponderación de -88, debido a que se encuentra vulnerado durante casi todas las etapas del proyecto, desde la recolección hasta el control de calidad de los adoquines producidos. Siendo impactos pequeños, pero que en conjunto van generando un problema aún

mayor para el bienestar de las personas involucradas durante todo el proceso.

Por otra parte, con respecto a las partículas en suspensión, que le siguen al sonido con una ponderación de -79, es acertado afirmar que la extracción de agregados es un valor agregado muy importante para el sector de la construcción y, por ende, para la economía; sin embargo, el impacto que genera sobre la salud es un factor a tomar en cuenta debido a que estas partículas podrían ocasionar un daño permanente a las vías respiratorias.

El factor más impactado positivamente, es el Nivel de empleo, con una ponderación de 83, debido que todo el proceso de fabricación genera puestos de trabajo para cada una de las actividades consideradas, desde el transporte de dichos residuos hasta el control de calidad de los adoquines fabricados.

### **PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

Se planteó un Plan de Manejo Ambiental con la finalidad de que se pueda prevenir, mitigar o corregir los efectos negativos identificados y evaluados para los factores ambientales más importantes. Este Plan de Manejo Ambiental debe ser aplicado en cada Fase del Proyecto por parte de los responsables del Proyecto durante la elaboración de adoquines con reemplazo de agregado fino y grueso provenientes del reciclaje de residuos de construcción.

**AIRE**

<b>Impacto</b>	<b>Actividad causante</b>	<b>Tipo de medida</b>	<b>Medidas propuestas</b>
<b>Emisión de gases</b>	Circulación de vehículos	Mitigación	Realizar constante mantenimiento a los vehículos que van a circular durante todo el proceso.
		Preventiva	Elegir un combustible que genere una cantidad reducida de gases perjudiciales a la atmósfera.
	Uso de equipos y maquinaria	Preventiva	Realizar constante mantenimiento a la maquinaria que se va a utilizar para la elaboración de adoquines.
<b>Nivel de ruido</b>	Circulación de vehículos	Mitigación	Limitar el uso de sirenas u otras fuentes de ruido para los vehículos o maquinarias usados durante el proceso.
	Uso de equipos y maquinaria	Preventiva	Todo personal involucrado durante el proceso, tiene que tener sus EPP's para la debida protección auditiva.
	Procesamiento de agregados reciclados	Preventiva	Todo personal involucrado durante el proceso, tiene que tener sus EPP's para la debida protección auditiva.
<b>Partículas en suspensión</b>	Procesamiento de agregados reciclados	Control	Rociar de agua, al menos una vez al día, sobre el material para evitar la dispersión del polvo.
		Prevención	Evitar el apilamiento excesivo de material para no generar derrumbes que levanten polvo.
	Elaboración de concreto	Mitigación	Las personas involucradas durante el proceso deben contar con sus respectivos EPP's para evitar un contacto directo con el polvo residual de la mezcla.

<b>Sonido (agradabilidad)</b>	Circulación de vehículos	Preventiva	Concientizar a los involucrados sobre las consecuencias de la contaminación auditiva y su repercusión sobre la salud propia y de los que están expuestos a ella.
	Procesamiento de agregados reciclados	Preventiva	Concientizar a los involucrados sobre las consecuencias de la contaminación auditiva y su repercusión sobre la salud propia y de los que están expuestos a ella.

**AGUA**

<b>Impacto</b>	<b>Actividad causante</b>	<b>Tipo de medida</b>	<b>Medidas propuestas</b>
<b>Aguas superficiales (ríos)</b>	Extracción del material pétreo	Prevención	Realizar un uso adecuado de productos químicos que puedan contaminar el agua.
		Prevención	Realizar una adecuación de espacios para las actividades de excavación para evitar una modificación de la configuración del cuerpo hídrico o un posible arrastre de sedimentos producto de la misma actividad.
<b>Agua potable</b>	Elaboración de concreto	Prevención	Llevar un control del consumo de agua durante la actividad para evitar un abuso de dicho recurso.

**SUELO**

<b>Impacto</b>	<b>Actividad causante</b>	<b>Tipo de medida</b>	<b>Medidas propuestas</b>
<b>Morfología del terreno</b>	Extracción del material pétreo	Prevención	Realizar una delimitación de la zona que va a explotarse con el objetivo de no involucrar áreas que no estén destinadas para tal propósito
<b>Calidad del suelo (contaminación)</b>	Extracción del material pétreo	Control	Desarrollar programas para capacitar a todos personal que se encuentre involucrado con labores de extracción de agregados sobre diversas técnicas de manejo y conservación del suelo.
		Mitigación	Todo suelo removido durante el proceso de explotación de agregados en buenas condiciones será utilizado para otras actividades que permitan un aprovechamiento de dicho recurso.
	Elaboración de concreto	Preventiva	Eliminar todo residuo de concreto excedente en una escombrera temporal para su disposición final.

## ANÁLISIS COSTRO BENEFICIO

Esta evaluación de costo-beneficio se realizó teniendo en cuenta 2 criterios: el primero, ¿cuánto me cuesta fabricar estos adoquines?, elaborando el análisis de costos unitario de los adoquines elaborados para la muestra patrón y para los adoquines elaborados con reemplazos de agregado fino y agregado grueso; y, en segundo lugar, ¿cuál es el verdadero beneficio de esta investigación?

### Costo de adoquín en las diferentes mezclas

Se elaboró el APU (Análisis de Precios Unitarios) del adoquín patrón [a/c=0.43], la muestra con reemplazos de agregado fino del 10%, 20% y 30% y, por último, de los reemplazos con agregado grueso del 10%, 20% y 30%. El costo de los materiales a utilizar para la elaboración de los adoquines de concreto como el cemento, el confitillo y la arena gruesa fueron tomados directamente de lo que se gastó para su uso en esta investigación. El precio de la mano de obra fue tomado de la Tabla Salarial para la Mano de Obra de la Federación de Trabajadores en Construcción Civil. Ninguno de los precios que se están utilizando en los APU se encuentran con IGV del 18%.

### APU de la de un adoquín sin reemplazo (a/c=0.43)

#### Costo unitario de adoquín de concreto sin reemplazos

ELABORACIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO (a/c=0.43)					
ml/DÍA	0.600	EQ.	0.600	Costo unitario directo por: ml	<b>805.37</b>
<b>1. Mano de Obra</b>					
<b>Descripción del recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
PEON	hh	2.0000	26.6667	7.59	202.40
Subtotal					<b>202.40</b>
<b>2. Materiales</b>					
<b>Descripción del recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
CONFITILLO	m <sup>3</sup>		0.2860	55.08	15.75
ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>		0.4219	50.85	21.45
CEMENTO PACASMAYO TIPO MS	bol		14.4460	19.49	281.57
AGUA	m <sup>3</sup>		0.2836	6.00	1.70
Subtotal					<b>320.48</b>
<b>3. Equipos</b>					
<b>Descripción del recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
MEZCLADORA DE CONCRETO	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24
MESA VIBRATORIA	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24
Subtotal					<b>282.49</b>

**APU de un adoquín con 10% reemplazo de agregado fino****Costo unitario de adoquín de concreto con reemplazo del 10% A.F**

ELABORACIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO (a/c=0.43) + 10% REEMPLAZO A.F					
ml/DÍA	0.600	EQ.	0.600	Costo unitario directo por: ml	806.07
<b>1. Mano de Obra</b>					
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
PEON	hh	2.0000	26.6667	7.59	202.40
Subtotal					202.40
<b>2. Materiales</b>					
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
CONFITILLO	m3		0.28598	55.08	15.75
ARENA GRUESA	m3		0.38133	50.85	19.39
ARENA RECICLADA	m3		0.0425	65.00	2.76
CEMENTO PACASMAYO TIPO MS	bol		14.44596	19.49	281.57
AGUA	m3		0.28418	6.00	1.71
Subtotal					321.18
<b>3. Equipos</b>					
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
MEZCLADORA DE CONCRETO	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24
MESA VIBRATORIA	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24
Subtotal					282.49

El uso de 10% de agregado fino como reemplazo por cada millar de adoquines elaborados con este material genera un costo adicional de S/0.70.

**APU de un adoquín con 20% reemplazo de agregado fino****Costo unitario de adoquín de concreto con reemplazo del 20% A.F**

ELABORACIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO (a/c=0.43) + 20% REEMPLAZO A.F					
ml/DÍA	0.600	EQ.	0.600	Costo unitario directo por: ml	806.77
<b>1. Mano de Obra</b>					
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
PEON	hh	2.0000	26.6667	7.59	202.40
Subtotal					202.40
<b>2. Materiales</b>					
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
CONFITILLO	m3		0.2860	55.08	15.75
ARENA GRUESA	m3		0.3408	50.85	17.33
ARENA RECICLADA	m3		0.0849	65.00	5.52
CEMENTO PACASMAYO TIPO MS	bol		14.4460	19.49	281.57
AGUA	m3		0.2847	6.00	1.71
Subtotal					321.88
<b>3. Equipos</b>					
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
MEZCLADORA DE CONCRETO	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24
MESA VIBRATORIA	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24
Subtotal					282.49

El uso de 20% de agregado fino como reemplazo por cada millar de adoquines elaborados con este material genera un costo adicional de S/1.40.

**APU de un adoquín con 30% reemplazo de agregado fino****Costo unitario de adoquín de concreto con reemplazo del 30% A.F**

ELABORACIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO (a/c=0.43) + 30% REEMPLAZO A.F						
ml/DÍA	0.600	EQ.	0.600	Costo unitario directo por: ml	807.47	
<b>1. Mano de Obra</b>						
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
PEON	hh	2.0000	26.6667	7.59	202.40	
Subtotal					202.40	
<b>2. Materiales</b>						
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
CONFITILLO	m3		0.2860	55.08	15.75	
ARENA GRUESA	m3		0.3002	50.85	15.27	
ARENA RECICLADA	m3		0.1274	65.00	8.28	
CEMENTO PACASMAYO TIPO MS	bol		14.4460	19.49	281.57	
AGUA	m3		0.2853	6.00	1.71	
Subtotal					322.58	
<b>3. Equipos</b>						
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MEZCLADORA DE CONCRETO	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24	
MESA VIBRATORIA	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24	
Subtotal					282.49	

El uso de 30% de agregado fino como reemplazo por cada millar de adoquines elaborados con este material genera un costo adicional de S/2.10.

**APU de un adoquín con 10% reemplazo de agregado grueso****Costo unitario de adoquín de concreto con reemplazo del 10% A.G**

ELABORACIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO (a/c=0.43) + 10% REEMPLAZO A.G						
ml/DÍA	0.600	EQ.	0.600	Costo unitario directo por: ml	805.95	
<b>1. Mano de Obra</b>						
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
PEON	hh	2.0000	26.6667	7.59	202.40	
Subtotal					202.40	
<b>2. Materiales</b>						
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
ARENA GRUESA	m3		0.4219	50.85	21.45	
CONFITILLO	m3		0.2623	55.08	14.45	
CONFITILLO RECICLADO	m3		0.0290	65.00	1.88	
CEMENTO PACASMAYO TIPO MS	bol		14.4460	19.49	281.57	
AGUA	m3		0.2837	6.00	1.70	
Subtotal					321.06	
<b>3. Equipos</b>						
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MEZCLADORA DE CONCRETO	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24	
MESA VIBRATORIA	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24	
Subtotal					282.49	

El uso de 10% de agregado grueso como reemplazo por cada millar de adoquines elaborados con este material genera un costo adicional de S/0.58.

### **APU de un adoquín con 20% reemplazo de agregado grueso**

ELABORACIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO (a/c=0.43) + 20% REEMPLAZO A.G						
ml/DÍA	0.600	EQ.	0.600	Costo unitario directo por: ml	807.30	
<b>1. Mano de Obra</b>						
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
PEON	hh	2.0000	26.6667	7.59	202.40	
Subtotal					202.40	
<b>2. Materiales</b>						
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
ARENA GRUESA	m3		0.4219	55.08	23.24	
CONFITILLO	m3		0.2387	50.85	12.14	
CONFITILLO RECICLADO	m3		0.0580	65.00	3.77	
CEMENTO PACASMAYO TIPO MS	bol		14.4460	19.49	281.57	
AGUA	m3		0.2837	6.00	1.70	
Subtotal					322.42	
<b>3. Equipos</b>						
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MEZCLADORA DE CONCRETO	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24	
MESA VIBRATORIA	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24	
Subtotal					282.49	

El uso de 20% de agregado grueso como reemplazo por cada millar de adoquines elaborados con este material genera un costo adicional de S/1.93.

### **APU de un adoquín con 30% reemplazo de agregado grueso**

ELABORACIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO (a/c=0.43) + 30% REEMPLAZO A.G						
ml/DÍA	0.600	EQ.	0.600	Costo unitario directo por: ml	807.99	
<b>1. Mano de Obra</b>						
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
PEON	hh	2.0000	26.6667	7.59	202.40	
Subtotal					202.40	
<b>2. Materiales</b>						
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
ARENA GRUESA	m3		0.4219	55.08	23.24	
CONFITILLO	m3		0.2150	50.85	10.93	
CONFITILLO RECICLADO	m3		0.0870	65.00	5.65	
CEMENTO PACASMAYO TIPO MS	bol		14.4460	19.49	281.57	
AGUA	m3		0.2838	6.00	1.70	
Subtotal					323.10	
<b>3. Equipos</b>						
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MEZCLADORA DE CONCRETO	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24	
MESA VIBRATORIA	hh	0.5000	6.6667	21.19	141.24	
Subtotal					282.49	

El uso de 30% de agregado grueso como reemplazo por cada millar de adoquines elaborados con este material genera un costo adicional de S/. 2.62

Como se puede visualizar en los APU, la diferencia entre el precio de un adoquín con reemplazos de agregado reciclado con uno sin reemplazos no es muy grande, el precio varía como mínimo S/ 0.58 y como máximo S/ 2.62.

Por otra parte, comprobando si el precio de nuestro adoquín era adecuado para el mercado se consultó con algunos proveedores para realizar una comparación y se obtuvo los siguientes resultados, se debe tener en cuenta que todos los precios mostrados a continuación son sin IGV.

#### Costos de los adoquines elaborados en esta investigación

<b>ADOQUINES ELABORADOS EN ESTA INVESTIGACIÓN x millar</b>						
<b>S.R</b>	<b>10% A.F</b>	<b>20% A.F</b>	<b>30% A.F</b>	<b>10% A.G</b>	<b>20% A.G</b>	<b>30% A.G</b>
S/ 805.37	S/ 806.07	S/ 806.77	S/ 807.47	S/ 805.95	S/ 807.30	S/ 807.99

#### Elaboración propia

#### Costos de los adoquines proporcionados por los proveedores

<b>PROVEEDOR</b>	<b>PROVEEDOR</b>	<b>PROVEEDOR</b>	<b>PROVEEDOR</b>
<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>
S/ 895.00	S/ 800.00	S/ 1120.00	S/ 794.07

#### Elaboración propia

Se puede observar en los cuadros anteriores que el precio del adoquín desarrollado en esta investigación se encuentra valorizado dentro de los precios disponibles en el mercado, sin embargo, llegados a este punto, tenemos que tener en cuenta que este nuevo adoquín tiene un valor agregado muy importante que es el reciclaje de residuos. Esto es la base del punto que viene a continuación.

### Beneficio de los adoquines elaborados con reemplazos

En la provincia de Chiclayo mensualmente se depositan toneladas sobre toneladas de residuos de construcción y demolición en botaderos informales y en zonas donde el vertido de residuos de todo tipo es ilegal. Este uno de los problemas que más aquejan en general a todos los municipios de nuestro país. Para esta investigación no se estimó la elaboración de un adoquín que sea económicamente competitivo en el mercado, por el contrario, el principal objetivo de este estudio era el impacto positivo que causaría el reciclaje de estos residuos. A continuación, en la siguiente tabla se puede observar la cantidad de residuos de la construcción se recolectaron desde al año 2013 hasta el 2017:

**Cantidad de RCD en Chiclayo en m3 (2013-2017)**

Mes Año	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017
Enero	11816.148	195	298	210	320
Febrero		195	770	999	455
Marzo		2185	1170	740	325
Abril		2260	495	671	895
Mayo		760	450	705	80
Junio		2930	585	265	135
Julio	*	3020	405	405	192
Agosto		800	548	660	15
Septiembre		881	1358	105	60
Octubre		605	612	945	90
Noviembre		285	0	435	105
Diciembre		765	0	105	0
<b>Total</b>	11816.148	14881	6691	6245	2672

\* El estudio del 2013, solo llega hasta junio, a partir de ahí, no hay registro.

### Elaboración propia

De la siguiente tabla podemos inferir rápidamente que existe una considerable reducción de estos residuos en los últimos 5 años, sin embargo, no existen estudios recientes que nos den una información confiable, ni mucho menos data en la Municipalidad, sobre cómo ha sido su evolución durante los años que restan hasta la actualidad.

Existen algunos estudios que nos permiten observar la demanda de adoquines en el norte del Perú, según nos dice Arévalo Gonzáles y López Yarlaqué, las grandes empresas del rubro tienden a estimar estos valores dependiendo de cuál sea la demanda proyectada para los proyectos de inversión pública de nuestro país, ya sea para municipios provinciales, municipalidades distritales, gobiernos regionales u obras privadas, en la siguiente tabla y gráfico, que no son de mi autoría, ellos estiman cuál sería la tendencia de crecimiento de la demanda de estas unidades de concreto desde el año 2016 hasta el año 2026, teniendo como datos reales las demandas desde el año 2004 hasta el 2015:

### Demanda del mercado de adoquines

Año	Demanda del mercado (Unidades)
2004	17,500,644
2005	20,615,758
2006	22,126,893
2007	23,266,428
2008	28,145,398
2009	28,030,002
2010	29,128,778
2011	32,839,785
2012	37,926,667
2013	44,878,625
2014	46,835,333
2015	43,153,570
2016	48,610,890
2017	51,506,420
2018	54,613,806
2019	57,673,410
2020	60,517,924
2021	63,781,588
2022	66,637,184
2023	69,052,647
2024	71,355,520
2025	73,859,014
2026	77,152,170

Fuente: Diseño de una Fábrica de Adoquines de garbancillo residual en el departamento de Piura.

Valeria Arevalo Gonzales, Chris López Yarlaqué 2017

### Demanda del mercado para adoquines de concreto



Fuente: Diseño de una Fábrica de Adoquines de garbancillo residual en el departamento de Piura. Valeria Arevalo Gonzales, Chris López Yarlaqué 2017

Para el año 2022, se estima una demanda aproximada de 67 millones de adoquines, por tanto, centrándonos en nuestro caso, si se pudieran producir por lo menos un 5% de la demanda utilizando agregados productos del reciclaje de residuos de construcción al año (aproximadamente 3'500,000 unidades), independientemente del costo, obtendremos un beneficio muy grande en términos ambientales, pues toneladas de estos residuos serían reutilizados impulsando y promoviendo una cultura de reciclaje que sería de suma importancia y bastante beneficioso, no solo para nuestra ciudad, también para otras.

En el siguiente recuadro se puede observar dichos beneficios en términos cuantitativos:

### Volumen y cantidad de residuos reciclados al año

Dosificación	RCD x mll de adoquines	m <sup>3</sup> x mll de adoquines	m <sup>3</sup> reciclados por año	Toneladas recicladas x año
10% A.F	104.53 kg	0.1074 m <sup>3</sup>	376.01 m <sup>3</sup>	365.86 ton
20% A.F	209.06 kg	0.2149 m <sup>3</sup>	752.02 m <sup>3</sup>	731.72 ton
30% A.F	313.59 kg	0.3223 m <sup>3</sup>	1128.04 m <sup>3</sup>	1097.58 ton
10% A.G	61.76 kg	0.0536 m <sup>3</sup>	187.49 m <sup>3</sup>	216.17 ton
20% A.G	123.53 kg	0.1071 m <sup>3</sup>	374.98 m <sup>3</sup>	432.35 ton
30% A.G	185.29 kg	0.1607 m <sup>3</sup>	562.47 m <sup>3</sup>	648.52 ton

Elaboración propia

De la tabla y en base a la información anterior sobre los residuos encontrados por la Municipalidad Provincial de Chiclayo, podemos sacar algunas conclusiones. Por ejemplo, en base los residuos registrados en el año 2017, promoviendo la utilización del RCD, y dependiendo de los casos podemos reducir un cierto porcentaje de residuos al año como se muestra en la siguiente tabla:

**Porcentaje de RCD reciclado al año**

<b>Dosificación</b>	<b>m<sup>3</sup> reciclados por año</b>	<b>m<sup>3</sup> generados por año</b>	<b>% de RCD reciclado</b>
<b>10% A.F</b>	376.01 m <sup>3</sup>	2672.00 m <sup>3</sup>	14.07%
<b>20% A.F</b>	752.02 m <sup>3</sup>	2672.00 m <sup>3</sup>	28.14%
<b>30% A.F</b>	1128.04 m <sup>3</sup>	2672.00 m <sup>3</sup>	42.22%
<b>10% A.G</b>	187.49 m <sup>3</sup>	2672.00 m <sup>3</sup>	7.02%
<b>20% A.G</b>	374.98 m <sup>3</sup>	2672.00 m <sup>3</sup>	14.03%
<b>30% A.G</b>	562.47 m <sup>3</sup>	2672.00 m <sup>3</sup>	21.05%

**Elaboración propia**

Como se puede observar en la tabla, dependiendo de la dosificación, podemos reciclar desde un mínimo de 15% hasta un máximo de casi 45% de los residuos generados al año en la ciudad de Chiclayo. Un residuo de construcción es un material que se degrada en el tiempo, sin embargo, con la poca cultura ambiental que tenemos en general todos los ciudadanos, estos solo van a tender a acumularse, por ello es de suma importancia promover la conciencia ambiental a través del uso de materiales de esta naturaleza.

### **CONCLUSIONES:**

La previa evaluación de costo-beneficio demuestra cuál es la influencia económica del reemplazo del 10%, 20% y 30% tanto del agregado fino como del agregado grueso en los áridos naturales para la fabricación de un millar de adoquines, para dicho propósito se elaboró 6 casos: los 3 primeros para el reemplazo de la arena y los otros 3 para el caso del confitillo. El costo de un millar de adoquines sin reemplazos fue de S/ 805.37, por otra parte, el costo de los adoquines con reemplazos del agregado fino del 10%, 20% y 30%, fueron de S/ 806.07, S/ 806.77 y S/807.47 respectivamente; mientras que en el caso de los reemplazos del 10% al 30% del confitillo fueron de S/ 805.95, S/ 807.30 y S/ 807.99 en ese orden; donde rápidamente podemos observar y concluir 2 cosas: en primera instancia, se puede observar una baja tendencia de crecimiento con respecto al precio de elaboración; en segundo lugar, que en comparación con los precios de otros proveedores, el precio de fabricación se encuentra dentro de los valores del

mercado actual. Por lo tanto, en términos económicos podemos concluir que es viable la fabricación de adoquines con dichos reemplazos, sin embargo, el presente estudio, no tiene como principal objetivo el aprovechamiento económico de estos residuos, por el contrario, tiene una finalidad orientada a la reducción de estos residuos para la reducción del impacto ambiental y visual que estos materiales provocan, mediante la fabricación de un adoquín.

Al igual que el apartado anterior, se elaboró 6 situaciones de estudio: 3 para el agregado fino y otros 3 para el agregado grueso (10%, 20% y 30% para ambos casos); donde se evaluaron la cantidad de material en m<sup>3</sup> y toneladas que se reciclarían reemplazando agregados por este nuevo recurso en un año. Las estimaciones para el caso de los agregados finos fueron: para un 10% de reemplazo de agregado fino se estarían reciclando por año 376.01 m<sup>3</sup> (365.86 ton); para un 20%, 752.02 m<sup>3</sup> (731.72 ton) y por último para un 30% se estarían reciclando 1128.04 m<sup>3</sup>, un equivalente a 1097.58 ton de material reciclado. Con respecto a la evaluación del reciclaje agregado grueso fue: para un 10%, 187.48 m<sup>3</sup> (216.17 ton); para un 20%, 374.98 m<sup>3</sup> (432.35 ton) y, por último, para un 30%, 526.47 m<sup>3</sup> que equivale a 648.52 ton de material aprovechado.

En cualquiera de los casos podemos concluir que la elaboración de adoquines con estos residuos, en efecto, es ambientalmente viable, debido a que, en términos cuantitativos, como se explica párrafos más arriba, el máximo porcentaje de residuos que se pueden eliminar es de casi el 45% del total que se dispone al año en Chiclayo, siendo el reemplazo del agregado fino, el más beneficioso para dicho propósito.

Como conclusión final, todo el proyecto en su totalidad, desde la recolección hasta la elaboración de adoquines con agregados reciclados, sería un invaluable aporte para el cuidado del medio ambiente, por lo que la intervención de la Municipalidad u otros entes como ONG's ayudarían a materializar esta idea para hacerla una realidad.