

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA  
MOLINA**

**FACULTAD DE PESQUERÍA**



**“UTILIZACIÓN DE VALVAS DE CONCHA DE ABANICO Y  
RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN CIVIL EN LA ELABORACIÓN  
DE ADOQUINES DE CONCRETO”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO**

**ROGER WALTER MORI PIZZINO**

**LIMA - PERÚ**

**2022**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación**

**(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

## Document Information

|                   |                                   |
|-------------------|-----------------------------------|
| Analyzed document | Tesis V4.docx (D143311842)        |
| Submitted         | 2022-08-27 18:05:00               |
| Submitted by      | Arcadio Henry Orrego Albañil      |
| Submitter email   | horrego@lamolina.edu.pe           |
| Similarity        | 6%                                |
| Analysis address  | horrego.unalm@analysis.arkund.com |

## Sources included in the report

|    |  |
|----|--|
| W  | URL: <a href="https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html#2a">https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html#2a</a> .<br>Fetched: 2022-08-27 18:05:00   |
| W  | URL: <a href="https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3274/MAS_MDG_197.pdf?sequence=2">https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3274/MAS_MDG_197.pdf?sequence=2</a> .<br>Fetched: 2022-08-27 18:06:00   |
| SA | <b>TESIS - MICHAEL ALEX SALAS TORRES FINAL.pdf</b><br>Document TESIS - MICHAEL ALEX SALAS TORRES FINAL.pdf (D129070552)  |
| SA | <b>mezones santana tesis general.docx</b><br>Document mezones santana tesis general.docx (D111949900)  |
| SA | <b>UNC_CIVIL_2022_T_WENDY_M_BURGA_ARANGO_FINAL.pdf</b><br>Document UNC_CIVIL_2022_T_WENDY_M_BURGA_ARANGO_FINAL.pdf (D136932755)  |
| W  | URL: <a href="https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3836/PYT_Informe_Final_Proyecto_ADOQUINES.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3836/PYT_Informe_Final_Proyecto_ADOQUINES.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a> .<br>Fetched: 2022-08-27 18:07:00   |
| SA | <b>TF Landeo.docx</b><br>Document TF Landeo.docx (D121815702)  |
| W  | URL: <a href="http://repositoriobibliotecas.uv.cl/bitstream/handle/uvscl/2788/Guerra%20San%20Mart%C3%ADn%252c%20Siho%20Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20influencia%20de%20la%20temperatura%20en%20el%20proceso%20de%20curado%20de%20los%20adornos%20de%20concreto.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://repositoriobibliotecas.uv.cl/bitstream/handle/uvscl/2788/Guerra%20San%20Mart%C3%ADn%252c%20Siho%20Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20influencia%20de%20la%20temperatura%20en%20el%20proceso%20de%20curado%20de%20los%20adornos%20de%20concreto.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a> .<br>Fetched: 2022-08-27 18:06:00 |
| W  | URL: <a href="https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2340/PYT_Informe_Final_Garbancillo%20Residual.pdf?sequence=1">https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2340/PYT_Informe_Final_Garbancillo%20Residual.pdf?sequence=1</a> .<br>Fetched: 2022-08-27 18:06:00   |
| SA | <b>Calderon_L_EXAMEN FINAL.pdf</b><br>Document Calderon_L_EXAMEN FINAL.pdf (D110506715)  |
| W  | URL: <a href="https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2249/FIP-CHU-NEY-2019.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2249/FIP-CHU-NEY-2019.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a> .<br>Fetched: 2022-08-27 18:06:00   |
| SA | <b>GRADOS JACOBO WILLIAM ALEXANDER.pdf</b><br>Document GRADOS JACOBO WILLIAM ALEXANDER.pdf (D142102023)  |

## Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE PESQUERÍA  
"UTILIZACIÓN DE VALVAS DE CONCHA DE ABANICO Y RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN CIVIL EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO"  
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO  
ROGER WALTER MORI PIZZINO  
LIMA - PERÚ  
2022

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)

DEDICATORIA  
A mis padres, por su apoyo durante mi educación universitaria y por su infinito amor. A mi esposa, por inspirarme constantemente a ser una mejor versión de mí. AGRADECIMIENTOS  
Gracias al profesor Orrego por su amable apoyo en todo el proceso de desarrollo de la investigación, y a mi querida UNALM, por formarme profesionalmente, por quien guardo un profundo respeto y admiración.

ÍNDICE I. INTRODUCCIÓN 1 II. REVISIÓN DE LITERATURA 3 2.1. Concha de Abanico 3 2.2. Residuos de la Concha de Abanico (RCA) 4 2.3. Utilidad de la estructura dura de los moluscos 5 2.4. Concreto y sus características 12 2.7.1. Generalidades 12 2.7.2. Norma Técnica Peruana NTP 399.611. Adoquines para pavimentos. Requisitos. 13 2.7.3. Pruebas y ensayos de los Adoquines 15 a) Resistencia a la Compresión 15 b) Resistencia a la Tracción 16 c) Resistencia al Desgaste 17 d) Resistencia al Impacto 18 e) Resistencia a la Abrasión 19 f) Resistencia a la Fricción 20 g) Resistencia a la Penetración 21 h) Resistencia a la Resistencia a la Compresión 22 i) Resistencia a la Resistencia a la Tracción 23 j) Resistencia a la Resistencia al Desgaste 24 k) Resistencia a la Resistencia al Impacto 25 l) Resistencia a la Resistencia a la Abrasión 26 m) Resistencia a la Resistencia a la Fricción 27 n) Resistencia a la Resistencia a la Penetración 28 o) Resistencia a la Resistencia a la Resistencia a la Compresión 29 p) Resistencia a la Resistencia a la Resistencia a la Tracción 30 q) Resistencia a la Resistencia a la Resistencia al Desgaste 31 r) Resistencia a la Resistencia a la Resistencia al Impacto 32 s) Resistencia a la Resistencia a la Resistencia a la Abrasión 33 t) Resistencia a la Resistencia a la Resistencia a la Fricción 34 u) Resistencia a la Resistencia a la Resistencia a la Penetración 35 v) Resistencia a la Resistencia a la Resistencia a la Resistencia a la Compresión 36 w) Resistencia a la Resistencia a la Resistencia a la Resistencia a la Tracción 37 x) Resistencia a la Resistencia a la Resistencia a la Resistencia al Desgaste 38 y) Resistencia a la Resistencia a la Resistencia a la Resistencia al Impacto 39 z) Resistencia a la Resistencia a la Resistencia a la Resistencia a la Abrasión 40

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 29 4.1. Análisis de los agregados 29 4.1.1. Granulometría y Módulo de finura del A-RC 29 4.1.2. Análisis de los agregados 30 4.1.3. Análisis de los agregados 31 4.1.4. Análisis de los agregados 32 4.1.5. Análisis de los agregados 33 4.1.6. Análisis de los agregados 34 4.1.7. Análisis de los agregados 35 4.1.8. Análisis de los agregados 36 4.1.9. Análisis de los agregados 37 4.1.10. Análisis de los agregados 38 4.1.11. Análisis de los agregados 39 4.1.12. Análisis de los agregados 40 4.1.13. Análisis de los agregados 41 4.1.14. Análisis de los agregados 42 4.1.15. Análisis de los agregados 43 4.1.16. Análisis de los agregados 44 4.1.17. Análisis de los agregados 45 4.1.18. Análisis de los agregados 46 4.1.19. Análisis de los agregados 47 4.1.20. Análisis de los agregados 48 4.1.21. Análisis de los agregados 49 4.1.22. Análisis de los agregados 50 4.1.23. Análisis de los agregados 51 4.1.24. Análisis de los agregados 52 4.1.25. Análisis de los agregados 53 4.1.26. Análisis de los agregados 54 4.1.27. Análisis de los agregados 55 4.1.28. Análisis de los agregados 56 4.1.29. Análisis de los agregados 57 4.1.30. Análisis de los agregados 58 4.1.31. Análisis de los agregados 59 4.1.32. Análisis de los agregados 60 4.1.33. Análisis de los agregados 61 4.1.34. Análisis de los agregados 62 4.1.35. Análisis de los agregados 63 4.1.36. Análisis de los agregados 64 4.1.37. Análisis de los agregados 65 4.1.38. Análisis de los agregados 66 4.1.39. Análisis de los agregados 67 4.1.40. Análisis de los agregados 68 4.1.41. Análisis de los agregados 69 4.1.42. Análisis de los agregados 70 4.1.43. Análisis de los agregados 71 4.1.44. Análisis de los agregados 72 4.1.45. Análisis de los agregados 73 4.1.46. Análisis de los agregados 74 4.1.47. Análisis de los agregados 75 4.1.48. Análisis de los agregados 76 4.1.49. Análisis de los agregados 77 4.1.50. Análisis de los agregados 78 4.1.51. Análisis de los agregados 79 4.1.52. Análisis de los agregados 80 4.1.53. Análisis de los agregados 81 4.1.54. Análisis de los agregados 82 4.1.55. Análisis de los agregados 83 4.1.56. Análisis de los agregados 84 4.1.57. Análisis de los agregados 85 4.1.58. Análisis de los agregados 86 4.1.59. Análisis de los agregados 87 4.1.60. Análisis de los agregados 88 4.1.61. Análisis de los agregados 89 4.1.62. Análisis de los agregados 90 4.1.63. Análisis de los agregados 91 4.1.64. Análisis de los agregados 92 4.1.65. Análisis de los agregados 93 4.1.66. Análisis de los agregados 94 4.1.67. Análisis de los agregados 95 4.1.68. Análisis de los agregados 96 4.1.69. Análisis de los agregados 97 4.1.70. Análisis de los agregados 98 4.1.71. Análisis de los agregados 99 4.1.72. Análisis de los agregados 100 4.1.73. Análisis de los agregados 101 4.1.74. Análisis de los agregados 102 4.1.75. Análisis de los agregados 103 4.1.76. Análisis de los agregados 104 4.1.77. Análisis de los agregados 105 4.1.78. Análisis de los agregados 106 4.1.79. Análisis de los agregados 107 4.1.80. Análisis de los agregados 108 4.1.81. Análisis de los agregados 109 4.1.82. Análisis de los agregados 110 4.1.83. Análisis de los agregados 111 4.1.84. Análisis de los agregados 112 4.1.85. Análisis de los agregados 113 4.1.86. Análisis de los agregados 114 4.1.87. Análisis de los agregados 115 4.1.88. Análisis de los agregados 116 4.1.89. Análisis de los agregados 117 4.1.90. Análisis de los agregados 118 4.1.91. Análisis de los agregados 119 4.1.92. Análisis de los agregados 120 4.1.93. Análisis de los agregados 121 4.1.94. Análisis de los agregados 122 4.1.95. Análisis de los agregados 123 4.1.96. Análisis de los agregados 124 4.1.97. Análisis de los agregados 125 4.1.98. Análisis de los agregados 126 4.1.99. Análisis de los agregados 127 4.1.100. Análisis de los agregados 128 4.1.101. Análisis de los agregados 129 4.1.102. Análisis de los agregados 130 4.1.103. Análisis de los agregados 131 4.1.104. Análisis de los agregados 132 4.1.105. Análisis de los agregados 133 4.1.106. Análisis de los agregados 134 4.1.107. Análisis de los agregados 135 4.1.108. Análisis de los agregados 136 4.1.109. Análisis de los agregados 137 4.1.110. Análisis de los agregados 138 4.1.111. Análisis de los agregados 139 4.1.112. Análisis de los agregados 140 4.1.113. Análisis de los agregados 141 4.1.114. Análisis de los agregados 142 4.1.115. Análisis de los agregados 143 4.1.116. Análisis de los agregados 144 4.1.117. Análisis de los agregados 145 4.1.118. Análisis de los agregados 146 4.1.119. Análisis de los agregados 147 4.1.120. Análisis de los agregados 148 4.1.121. Análisis de los agregados 149 4.1.122. Análisis de los agregados 150 4.1.123. Análisis de los agregados 151 4.1.124. Análisis de los agregados 152 4.1.125. Análisis de los agregados 153 4.1.126. Análisis de los agregados 154 4.1.127. Análisis de los agregados 155 4.1.128. Análisis de los agregados 156 4.1.129. Análisis de los agregados 157 4.1.130. Análisis de los agregados 158 4.1.131. Análisis de los agregados 159 4.1.132. Análisis de los agregados 160 4.1.133. Análisis de los agregados 161 4.1.134. Análisis de los agregados 162 4.1.135. Análisis de los agregados 163 4.1.136. Análisis de los agregados 164 4.1.137. Análisis de los agregados 165 4.1.138. Análisis de los agregados 166 4.1.139. Análisis de los agregados 167 4.1.140. Análisis de los agregados 168 4.1.141. Análisis de los agregados 169 4.1.142. Análisis de los agregados 170 4.1.143. Análisis de los agregados 171 4.1.144. Análisis de los agregados 172 4.1.145. Análisis de los agregados 173 4.1.146. Análisis de los agregados 174 4.1.147. Análisis de los agregados 175 4.1.148. Análisis de los agregados 176 4.1.149. Análisis de los agregados 177 4.1.150. Análisis de los agregados 178 4.1.151. Análisis de los agregados 179 4.1.152. Análisis de los agregados 180 4.1.153. Análisis de los agregados 181 4.1.154. Análisis de los agregados 182 4.1.155. Análisis de los agregados 183 4.1.156. Análisis de los agregados 184 4.1.157. Análisis de los agregados 185 4.1.158. Análisis de los agregados 186 4.1.159. Análisis de los agregados 187 4.1.160. Análisis de los agregados 188 4.1.161. Análisis de los agregados 189 4.1.162. Análisis de los agregados 190 4.1.163. Análisis de los agregados 191 4.1.164. Análisis de los agregados 192 4.1.165. Análisis de los agregados 193 4.1.166. Análisis de los agregados 194 4.1.167. Análisis de los agregados 195 4.1.168. Análisis de los agregados 196 4.1.169. Análisis de los agregados 197 4.1.170. Análisis de los agregados 198 4.1.171. Análisis de los agregados 199 4.1.172. Análisis de los agregados 200 4.1.173. Análisis de los agregados 201 4.1.174. Análisis de los agregados 202 4.1.175. Análisis de los agregados 203 4.1.176. Análisis de los agregados 204 4.1.177. Análisis de los agregados 205 4.1.178. Análisis de los agregados 206 4.1.179. Análisis de los agregados 207 4.1.180. Análisis de los agregados 208 4.1.181. Análisis de los agregados 209 4.1.182. Análisis de los agregados 210 4.1.183. Análisis de los agregados 211 4.1.184. Análisis de los agregados 212 4.1.185. Análisis de los agregados 213 4.1.186. Análisis de los agregados 214 4.1.187. Análisis de los agregados 215 4.1.188. Análisis de los agregados 216 4.1.189. Análisis de los agregados 217 4.1.190. Análisis de los agregados 218 4.1.191. Análisis de los agregados 219 4.1.192. Análisis de los agregados 220 4.1.193. Análisis de los agregados 221 4.1.194. Análisis de los agregados 222 4.1.195. Análisis de los agregados 223 4.1.196. Análisis de los agregados 224 4.1.197. Análisis de los agregados 225 4.1.198. Análisis de los agregados 226 4.1.199. Análisis de los agregados 227 4.1.200. Análisis de los agregados 228 4.1.201. Análisis de los agregados 229 4.1.202. Análisis de los agregados 230 4.1.203. Análisis de los agregados 231 4.1.204. Análisis de los agregados 232 4.1.205. Análisis de los agregados 233 4.1.206. Análisis de los agregados 234 4.1.207. Análisis de los agregados 235 4.1.208. Análisis de los agregados 236 4.1.209. Análisis de los agregados 237 4.1.210. Análisis de los agregados 238 4.1.211. Análisis de los agregados 239 4.1.212. Análisis de los agregados 240 4.1.213. Análisis de los agregados 241 4.1.214. Análisis de los agregados 242 4.1.215. Análisis de los agregados 243 4.1.216. Análisis de los agregados 244 4.1.217. Análisis de los agregados 245 4.1.218. Análisis de los agregados 246 4.1.219. Análisis de los agregados 247 4.1.220. Análisis de los agregados 248 4.1.221. Análisis de los agregados 249 4.1.222. Análisis de los agregados 250 4.1.223. Análisis de los agregados 251 4.1.224. Análisis de los agregados 252 4.1.225. Análisis de los agregados 253 4.1.226. Análisis de los agregados 254 4.1.227. Análisis de los agregados 255 4.1.228. Análisis de los agregados 256 4.1.229. Análisis de los agregados 257 4.1.230. Análisis de los agregados 258 4.1.231. Análisis de los agregados 259 4.1.232. Análisis de los agregados 260 4.1.233. Análisis de los agregados 261 4.1.234. Análisis de los agregados 262 4.1.235. Análisis de los agregados 263 4.1.236. Análisis de los agregados 264 4.1.237. Análisis de los agregados 265 4.1.238. Análisis de los agregados 266 4.1.239. Análisis de los agregados 267 4.1.240. Análisis de los agregados 268 4.1.241. Análisis de los agregados 269 4.1.242. Análisis de los agregados 270 4.1.243. Análisis de los agregados 271 4.1.244. Análisis de los agregados 272 4.1.245. Análisis de los agregados 273 4.1.246. Análisis de los agregados 274 4.1.247. Análisis de los agregados 275 4.1.248. Análisis de los agregados 276 4.1.249. Análisis de los agregados 277 4.1.250. Análisis de los agregados 278 4.1.251. Análisis de los agregados 279 4.1.252. Análisis de los agregados 280 4.1.253. Análisis de los agregados 281 4.1.254. Análisis de los agregados 282 4.1.255. Análisis de los agregados 283 4.1.256. Análisis de los agregados 284 4.1.257. Análisis de los agregados 285 4.1.258. Análisis de los agregados 286 4.1.259. Análisis de los agregados 287 4.1.260. Análisis de los agregados 288 4.1.261. Análisis de los agregados 289 4.1.262. Análisis de los agregados 290 4.1.263. Análisis de los agregados 291 4.1.264. Análisis de los agregados 292 4.1.265. Análisis de los agregados 293 4.1.266. Análisis de los agregados 294 4.1.267. Análisis de los agregados 295 4.1.268. Análisis de los agregados 296 4.1.269. Análisis de los agregados 297 4.1.270. Análisis de los agregados 298 4.1.271. Análisis de los agregados 299 4.1.272. Análisis de los agregados 300 4.1.273. Análisis de los agregados 301 4.1.274. Análisis de los agregados 302 4.1.275. Análisis de los agregados 303 4.1.276. Análisis de los agregados 304 4.1.277. Análisis de los agregados 305 4.1.278. Análisis de los agregados 306 4.1.279. Análisis de los agregados 307 4.1.280. Análisis de los agregados 308 4.1.281. Análisis de los agregados 309 4.1.282. Análisis de los agregados 310 4.1.283. Análisis de los agregados 311 4.1.284. Análisis de los agregados 312 4.1.285. Análisis de los agregados 313 4.1.286. Análisis de los agregados 314 4.1.287. Análisis de los agregados 315 4.1.288. Análisis de los agregados 316 4.1.289. Análisis de los agregados 317 4.1.290. Análisis de los agregados 318 4.1.291. Análisis de los agregados 319 4.1.292. Análisis de los agregados 320 4.1.293. Análisis de los agregados 321 4.1.294. Análisis de los agregados 322 4.1.295. Análisis de los agregados 323 4.1.296. Análisis de los agregados 324 4.1.297. Análisis de los agregados 325 4.1.298. Análisis de los agregados 326 4.1.299. Análisis de los agregados 327 4.1.300. Análisis de los agregados 328 4.1.301. Análisis de los agregados 329 4.1.302. Análisis de los agregados 330 4.1.303. Análisis de los agregados 331 4.1.304. Análisis de los agregados 332 4.1.305. Análisis de los agregados 333 4.1.306. Análisis de los agregados 334 4.1.307. Análisis de los agregados 335 4.1.308. Análisis de los agregados 336 4.1.309. Análisis de los agregados 337 4.1.310. Análisis de los agregados 338 4.1.311. Análisis de los agregados 339 4.1.312. Análisis de los agregados 340 4.1.313. Análisis de los agregados 341 4.1.314. Análisis de los agregados 342 4.1.315. Análisis de los agregados 343 4.1.316. Análisis de los agregados 344 4.1.317. Análisis de los agregados 345 4.1.318. Análisis de los agregados 346 4.1.319. Análisis de los agregados 347 4.1.320. Análisis de los agregados 348 4.1.321. Análisis de los agregados 349 4.1.322. Análisis de los agregados 350 4.1.323. Análisis de los agregados 351 4.1.324. Análisis de los agregados 352 4.1.325. Análisis de los agregados 353 4.1.326. Análisis de los agregados 354 4.1.327. Análisis de los agregados 355 4.1.328. Análisis de los agregados 356 4.1.329. Análisis de los agregados 357 4.1.330. Análisis de los agregados 358 4.1.331. Análisis de los agregados 359 4.1.332. Análisis de los agregados 360 4.1.333. Análisis de los agregados 361 4.1.334. Análisis de los agregados 362 4.1.335. Análisis de los agregados 363 4.1.336. Análisis de los agregados 364 4.1.337. Análisis de los agregados 365 4.1.338. Análisis de los agregados 366 4.1.339. Análisis de los agregados 367 4.1.340. Análisis de los agregados 368 4.1.341. Análisis de los agregados 369 4.1.342. Análisis de los agregados 370 4.1.343. Análisis de los agregados 371 4.1.344. Análisis de los agregados 372 4.1.345. Análisis de los agregados 373 4.1.346. Análisis de los agregados 374 4.1.347. Análisis de los agregados 375 4.1.348. Análisis de los agregados 376 4.1.349. Análisis de los agregados 377 4.1.350. Análisis de los agregados 378 4.1.351. Análisis de los agregados 379 4.1.352. Análisis de los agregados 380 4.1.353. Análisis de los agregados 381 4.1.354. Análisis de los agregados 382 4.1.355. Análisis de los agregados 383 4.1.356. Análisis de los agregados 384 4.1.357. Análisis de los agregados 385 4.1.358. Análisis de los agregados 386 4.1.359. Análisis de los agregados 387 4.1.360. Análisis de los agregados 388 4.1.361. Análisis de los agregados 389 4.1.362. Análisis de los agregados 390 4.1.363. Análisis de los agregados 391 4.1.364. Análisis de los agregados 392 4.1.365. Análisis de los agregados 393 4.1.366. Análisis de los agregados 394 4.1.367. Análisis de los agregados 395 4.1.368. Análisis de los agregados 396 4.1.369. Análisis de los agregados 397 4.1.370. Análisis de los agregados 398 4.1.371. Análisis de los agregados 399 4.1.372. Análisis de los agregados 400 4.1.373. Análisis de los agregados 401 4.1.374. Análisis de los agregados 402 4.1.375. Análisis de los agregados 403 4.1.376. Análisis de los agregados 404 4.1.377. Análisis de los agregados 405 4.1.378. Análisis de los agregados 406 4.1.379. Análisis de los agregados 407 4.1.380. Análisis de los agregados 408 4.1.381. Análisis de los agregados 409 4.1.382. Análisis de los agregados 410 4.1.383. Análisis de los agregados 411 4.1.384. Análisis de los agregados 412 4.1.385. Análisis de los agregados 413 4.1.386. Análisis de los agregados 414 4.1.387. Análisis de los agregados 415 4.1.388. Análisis de los agregados 416 4.1.389. Análisis de los agregados 417 4.1.390. Análisis de los agregados 418 4.1.391. Análisis de los agregados 419 4.1.392. Análisis de los agregados 420 4.1.393. Análisis de los agregados 421 4.1.394. Análisis de los agregados 422 4.1.395. Análisis de los agregados 423 4.1.396. Análisis de los agregados 424 4.1.397. Análisis de los agregados 425 4.1.398. Análisis de los agregados 426 4.1.399. Análisis de los agregados 427 4.1.400. Análisis de los agregados 428 4.1.401. Análisis de los agregados 429 4.1.402. Análisis de los agregados 430 4.1.403. Análisis de los agregados 431 4.1.404. Análisis de los agregados 432 4.1.405. Análisis de los agregados 433 4.1.406. Análisis de los agregados 434 4.1.407. Análisis de los agregados 435 4.1.408. Análisis de los agregados 436 4.1.409. Análisis de los agregados 437 4.1.410. Análisis de los agregados 438 4.1.411. Análisis de los agregados 439 4.1.412. Análisis de los agregados 440 4.1.413. Análisis de los agregados 441 4.1.414. Análisis de los agregados 442 4.1.415. Análisis de los agregados 443 4.1.416. Análisis de los agregados 444 4.1.417. Análisis de los agregados 445 4.1.418. Análisis de los agregados 446 4.1.419. Análisis de los agregados 447 4.1.420. Análisis de los agregados 448 4.1.421. Análisis de los agregados 449 4.1.422. Análisis de los agregados 450 4.1.423. Análisis de los agregados 451 4.1.424. Análisis de los agregados 452 4.1.425. Análisis de los agregados 453 4.1.426. Análisis de los agregados 454 4.1.427. Análisis de los agregados 455 4.1.428. Análisis de los agregados 456 4.1.429. Análisis de los agregados 457 4.1.430. Análisis de los agregados 458 4.1.431. Análisis de los agregados 459 4.1.432. Análisis de los agregados 460 4.1.433. Análisis de los agregados 461 4.1.434. Análisis de los agregados 462 4.1.435. Análisis de los agregados 463 4.1.436. Análisis de los agregados 464 4.1.437. Análisis de los agregados 465 4.1.438. Análisis de los agregados 466 4.1.439. Análisis de los agregados 467 4.1.440. Análisis de los agregados 468 4.1.441. Análisis de los agregados 469 4.1.442. Análisis de los agregados 470 4.1.443. Análisis de los agregados 471 4.1.444. Análisis de los agregados 472 4.1.445. Análisis de los agregados 473 4.1.446. Análisis de los agregados 474 4.1.447. Análisis de los agregados 475 4.1.448. Análisis de los agregados 476 4.1.449. Análisis de los agregados 477 4.1.450. Análisis de los agregados 478 4.1.451. Análisis de los agregados 479 4.1.452. Análisis de los agregados 480 4.1.453. Análisis de los agregados 481 4.1.454. Análisis de los agregados 482 4.1.455. Análisis de los agregados 483 4.1.456. Análisis de los agregados 484 4.1.457. Análisis de los agregados 485 4.1.458. Análisis de los agregados 486 4.1.459. Análisis de los agregados 487 4.1.460. Análisis de los agregados 488 4.1.461. Análisis de los agregados 489 4.1.462. Análisis de los agregados 490 4.1.463. Análisis de los agregados 491 4.1.464. Análisis de los agregados 492 4.1.465. Análisis de los agregados 493 4.1.466. Análisis de los agregados 494 4.1.467. Análisis de los agregados 495 4.1.468. Análisis de los agregados 496 4.1.469. Análisis de los agregados 497 4.1.470. Análisis de los agregados 498 4.1.471. Análisis de los agregados 499 4.1.472. Análisis de los agregados 500 4.1.473. Análisis de los agregados 501 4.1.474. Análisis de los agregados 502 4.1.475. Análisis de los agregados 503 4.1.476. Análisis de los agregados 504 4.1.477. Análisis de los agregados 505 4.1.478. Análisis de los agregados 506 4.1.479. Análisis de los agregados 507 4.1.480. Análisis de los agregados 508 4.1.481. Análisis de los agregados 509 4.1.482. Análisis de los agregados 510 4.1.483. Análisis de los agregados 511 4.1.484. Análisis de los agregados 512 4.1.485. Análisis de los agregados 513 4.1.486. Análisis de los agregados 514 4.1.487. Análisis de los agregados 515 4.1.488. Análisis de los agregados 516 4.1.489. Análisis de los agregados 517 4.1.490. Análisis de los agregados 518 4.1.491. Análisis de los agregados 519 4.1.492. Análisis de los agregados

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA

**“UTILIZACIÓN DE VALVAS DE CONCHA DE ABANICO Y RESIDUOS DE  
CONSTRUCCIÓN CIVIL EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE  
CONCRETO”**

*Presentado por:*

***Roger Walter Mori Pizzino***

*Tesis para optar el Título de:*

***INGENIERO PESQUERO***

*Sustentado y aprobado por el siguiente jurado*

---

*M. Sc. Aníbal Severo Verástegui Maita*  
***Presidente***

---

*Ing. Domingo Sánchez Amado*  
***Miembro***

*Dr. Alfonso Cerna Vásquez*  
***Miembro***

---

*M. Sc. Arcadio Henry Orrego Albañil*  
***Asesor***

*Lima, 2022*

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por su apoyo durante mi educación universitaria y por su infinito amor. A mi esposa, por inspirarme constantemente a ser una mejor versión de mí mismo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias al profesor Orrego por su amable apoyo en todo el proceso de desarrollo de la investigación, y a mi querida UNALM, por formarme profesionalmente, por quien guardo un profundo respeto y cariño.

## ÍNDICE GENERAL

|  |           |
|--|-----------|
| <b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>2.1. Concha de Abanico .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>2.2. Residuos de la Concha de Abanico (RCA) .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2.3. Utilidad de la estructura dura de los moluscos .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>2.4. Concreto: definición .....</b>   | <b>7</b>  |
| 2.4.1. Agregados: Definición .....   | 7         |
| 2.4.2. Cemento tipo Portland.....  | 10        |
| <b>2.5. Uso de residuos de moluscos como agregados.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>2.6. Agregados fabricados a partir del reciclaje de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD).....</b> | <b>13</b> |
| <b>2.7. Adoquín de Concreto y sus características.....</b>   | <b>13</b> |
| 2.7.1. Generalidades .....   | 13        |
| 2.7.2. Norma Técnica Peruana NTP 399.611. Adoquines para pavimentos. Requisitos. ....                          | 14        |
| 2.7.3. Pruebas y ensayos de los Adoquines.....   | 16        |
| a) Resistencia a la compresión .....   | 16        |
| b) Tolerancia dimensional.....   | 16        |
| c) Prueba de absorción .....   | 16        |
| <b>III. METODOLOGÍA.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>3.1. Ubicación de la Planta donde se desarrollaron los adoquines .....</b>                                  | <b>17</b> |
| <b>3.2. Equipos y materiales.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>3.3. Selección del Residuo de Concha de Abanico (RCA) .....</b>   | <b>18</b> |
| <b>3.4. Proceso de tratamiento del RCA para convertirlo en agregado .....</b>                                  | <b>19</b> |
| 3.4.1. Limpieza .....  | 19        |
| 3.4.2. Secado.....   | 19        |
| 3.4.3. Trituración del RCA .....   | 20        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.4.4. Segregación del material triturado .....                                 | 21        |
| 3.4.5. Pesaje de los agregados de RCA obtenidos .....                           | 21        |
| <b>3.5. Obtención de los agregados reciclados de RCD .....</b>                  | <b>22</b> |
| <b>3.6. Proceso de fabricación de los Adoquines con RCA .....</b>               | <b>23</b> |
| 3.6.1. Generalidades y diseños de mezcla .....                                  | 23        |
| 3.6.2. Descripción del proceso.....   | 25        |
| <b>3.7. Ensayos de Laboratorio.....</b>   | <b>28</b> |
| 3.7.1. Ensayos al A-RCA2 .....  | 28        |
| 3.7.2. Ensayos de mecánica practicados en adoquines para pavimento peatonal ... | 29        |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>   | <b>31</b> |
| <b>4.1. Ensayos de los agregados .....</b>                                      | <b>31</b> |
| 4.1.1. Granulometría y Módulo de finura del A-RCA2 .....                        | 31        |
| 4.1.2. Características mecánicas del agregado de RCD .....                      | 32        |
| <b>4.2. Ensayos de los Adoquines.....</b>                                       | <b>33</b> |
| 4.2.1. Variación de dimensiones de los adoquines.....                           | 34        |
| 4.2.2. Absorción de agua.....   | 35        |
| 4.2.3. Resistencia a la compresión .....  | 35        |
| <b>V. CONCLUSIONES .....</b>  | <b>37</b> |
| <b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>38</b> |
| <b>VII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>  | <b>39</b> |
| <b>VIII. ANEXOS.....</b>  | <b>45</b> |
| <b>ANEXO 1: FICHA TÉCNICA AGREGADO A-RCD1 DE LA EMPRESA “CICLO”</b><br>.....    | <b>45</b> |
| <b>ANEXO 2: FICHA TÉCNICA AGREGADO ARCD2 DE LA EMPRESA “CICLO”</b><br>.....     | <b>46</b> |
| <b>ANEXO 3: ENSAYOS DE LABORATORIO DEL A-RCD1.....</b>                          | <b>47</b> |
| <b>ANEXO 4: ENSAYOS DE LABORATORIO DEL A-RCD2.....</b>                          | <b>50</b> |
| <b>ANEXO 5: ENSAYOS DE LABORATORIO DEL A-RCA2.....</b>                          | <b>53</b> |
| <b>ANEXO 6: ENSAYOS DE LABORATORIO ADOQUINES.....</b>                           | <b>54</b> |

**ANEXO 7: FICHA TÉCNICA CEMENTO PÓRTLAND TIPO I MARCA “SOL”**

..... **60**

## Índice de Tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Tipos de agregados presentes en el concreto.....  | 8  |
| Tabla 2: Tamices más comunes para la caracterización granulométrica de los agregados ...                                     | 9  |
| Tabla 3: Características de los agregados fabricados de conchas de moluscos en distintas investigaciones .....               | 11 |
| Tabla 4: Características del agregado de RCA producido por Varhen et al. (2017) .....  | 12 |
| Tabla 5: Características del agregado de RCD obtenido por Cruzado .....  | 13 |
| Tabla 6: Espesor nominal y resistencia a la compresión .....   | 15 |
| Tabla 7: Requisitos de Tolerancia Dimensional.....   | 15 |
| Tabla 8: Requisito de absorción. Fuente: NTP 399.611 .....   | 15 |
| Tabla 9: Ratios de insumos del diseño de mezcla en blanco para la fabricación de adoquines tipo I.....                       | 24 |
| Tabla 10: Peso y volumen de insumos del diseño de mezcla en blanco para fabricar 10 unidades de adoquines tipo I .....       | 24 |
| Tabla 11: Ratios de insumos por cada diseño de mezcla .....  | 25 |
| Tabla 12: Peso y volumen de insumos por cada diseño de mezcla .....  | 25 |
| Tabla 13: Variación de las dimensiones de los adoquines ensayados de acuerdo con el diseño de mezcla al que pertenecen ..... | 34 |
| Tabla 14: Comparación de los resultados de absorción de agua con los valores de la NTP 399.611 para adoquines Tipo I.....    | 35 |
| Tabla 15: Resultados de la Resistencia a la compresión en Mpa .....  | 36 |

## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: TM de cosecha total anual de Concha de abanico (2008-2020). Fuente: Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola, PRODUCE, 2020..... | 5  |
| Figura 2: Medidas más usadas de un adoquín de concreto peatonal convencional. Elaboración propia.....                                     | 14 |
| Figura 3: Ubicación de la Planta CICLO.....   | 17 |
| Figura 4: Izquierda: Cajas donde llegaron los RCA. Derecha: Valvas de concha de abanico .....   | 18 |
| Figura 5: Valvas de concha de abanico sumergidas en agua.....   | 19 |
| Figura 6: Proceso de secado de las valvas limpias .....   | 20 |
| Figura 7: Trituración manual de las valvas de concha de abanico .....   | 20 |
| Figura 8: RCA1 (derecha), RCA2 (centro) y RCA3 (izquierda), comparados con el tamaño de un lapicero.....                                  | 21 |
| Figura 9: Pesaje de los agregados de RCA obtenidos .....  | 22 |
| Figura 10: Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de RCD para producir agregados reciclados.....                                    | 23 |
| Figura 11: Dosificación del agregado de concha de abanico .....   | 26 |
| Figura 12: Mezcla de insumos en la mezcladora.....  | 26 |
| Figura 13: Mezcla situada en el molde de adoquines.....   | 27 |
| Figura 14: Adoquines frescos retirados de la máquina adoquinera.....  | 27 |
| Figura 15: Adoquines en la etapa de curado .....  | 28 |
| Figura 16: Esquema del ensayo de compresión. Fuente: NTP 399.604:2002.....  | 30 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 17: Curva granulométrica del agregado reciclado de A-RCA2 .....                                    | 31 |
| Figura 18: Curva granulométrica del agregado A-RCD1.....  | 32 |
| Figura 19: Curva granulométrica del agregado A-RCD2.....  | 33 |
| Figura 20: Resistencia a la compresión mínima exigida por la NTP 399.611 vs. las muestras ensayadas ..... | 36 |

## **RESUMEN**

Las valvas de conchas de abanico que son descartadas en las plantas de procesamiento tienen potencial como materia prima en la fabricación de materiales de la construcción, presentándose como una alternativa para mitigar el impacto ambiental negativo que genera su deficiente gestión. Se fabricaron adoquines para pavimento peatonal de 4x10x20 cm de medida bajo 3 diseños de mezcla utilizando agregados reciclados de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) y agregados de Residuos de Concha de Abanico (RCA), con el objetivo de evaluar sus propiedades mecánicas de acuerdo con los 3 parámetros que se exigen en la NTP 399.611. Las valvas de concha de abanico para fabricar el agregado de RCA fueron obtenidas de una planta de procesamiento ubicada en Sechura, Piura, y fueron trituradas manualmente hasta conseguir una granulometría en un rango de 0.15 a 2 mm. Se tomó un diseño de mezcla que utiliza sólo agregados de RCD desarrollado por la empresa MP Recicla SAC (CICLO) como diseño base, a partir del cual se elaboraron 3 diseños de mezcla donde se reemplazó el contenido de agregado de RCD intermedio por el agregado de RCA obtenido, en porcentajes de 20%, 40% y 60% respectivamente, manteniendo constante el contenido de cemento, agua y el agregado fino de RCD. Se realizaron ensayos de granulometría al agregado de RCA y pruebas de resistencia a la compresión, absorción de agua y tolerancia dimensional a los adoquines, conforme a las exigencias de la NTP 399.611. Se encontró que todos los diseños de mezcla elaborados en las condiciones fijadas en la investigación superaron el valor mínimo de resistencia a la compresión descrito en la NTP 399.611, concluyendo que el agregado de RCA es viable para ser usado en la fabricación de adoquines para pavimento peatonal.

Palabras clave: Reciclaje; Moluscos; Material de Construcción; Residuos.

## **ABSTRACT**

Peruvian scallop valves that are discarded in the fishery plants have potential as a raw material in the manufacture of construction materials, presenting themselves as an alternative to mitigate the negative environmental impact generated by their poor management. Pavers for pedestrian paving measuring 4x10x20 cm were manufactured under 3 mix designs using recycled aggregates from Construction and Demolition Waste (CDW) and aggregates from Peruvian Scallop Waste (PSW), with the aim of evaluating their mechanical properties, according to the 3 parameters required by NTP 399.611. The peruvian scallop shells to manufacture the aggregates were obtained from a processing plant located in Sechura, Piura, and were manually crushed until obtaining a granulometry in a range of 0.15 to 2 mm. A mix design was taken that uses only CDW aggregates developed by the company MP Recicla SAC (CICLO) as a base design, from which 3 mix designs were elaborated where the content of intermediate CDW aggregate was replaced by the aggregate of PSW obtained, in percentages of 20%, 40% and 60% respectively, keeping constant the content of cement, water and the fine aggregate of CDW. Granulometry tests were carried out on the PSW aggregate and compressive strength, water absorption and dimensional tolerance tests on the pavers, in accordance with the requirements of NTP 399.611. It was found that all the mix designs made under the conditions established in the investigation exceeded the minimum compressive strength value described in NTP 399.611, concluding that the PSW aggregate is viable to be used in the manufacture of pavers for pedestrian pavement.

Key words: Recycling; Seashell; Construction material; Waste.

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la concha de abanico y la industria de la construcción son actividades que generan un impacto ambiental considerable en el país, debido a su alta generación de residuos. Además, la construcción es una gran consumidora de materias primas, motivo por el cual año a año se incrementa la explotación de recursos naturales, a medida que la humanidad demanda de más infraestructura. Un compuesto químico muy valorado en la construcción es el Carbonato de Calcio, presente en el cemento, insumo de gran relevancia en esta industria. Hung Mo *et al.* (2017) resume la evidencia científica donde se señala que los residuos de conchas marinas son ricos en este compuesto, lo que supone que la construcción sería un destino viable para los residuos de conchas marinas, al mismo tiempo que se toma acción para reducir los efectos negativos del arrojado indiscriminado de este residuo en botaderos.

En el Perú aún no se han tomado medidas efectivas para llevar a cabo una eficiente gestión o aprovechamiento del Residuo de la Concha de Abanico (RCA) que se generan en las plantas de procesamiento de este recurso, a pesar de la crítica situación ambiental, social y sanitaria que genera. Una situación similar se presenta en muchos lugares del mundo, como es el caso de la especie *Crassostrea gigas*, más conocida como Ostra, ampliamente cultivada y consumida en el mundo. En el año 2003, la producción mundial de esta especie fue de alrededor de 4.4 millones de toneladas, de los cuales, un 70% correspondió a la parte no comestible (conchas), generando 3.08 millones de toneladas de residuos (Silva *et al.*, 2019). Este contexto ha motivado que se realicen diversas investigaciones a nivel mundial para aprovechar los residuos de concha de moluscos.

La evidencia científica señala que los residuos de conchas marinas podrían convertirse en materia prima para la industria de la construcción, en reemplazo de los agregados o del cemento en la fabricación de materiales de concreto. Debido a que en el Perú existe una gran disponibilidad de este residuo, y a su vez, un importante papel de la construcción en la economía, estos sectores podrían articularse a través una simbiosis basada en la valorización

del residuo de la concha de abanico, generando beneficios ambientales, económicos y sociales, teniendo en cuenta que la construcción es un gran demandante de materias primas. En distintas partes del mundo ya existe el reciclaje de los Residuos de la Construcción y Demolición (RCD), como una herramienta para reducir el impacto ambiental de esta industria. En el Perú, la empresa MP Recicla S.A.C. recicla los RCD para producir agregados reciclados, insumo principal en la producción de sus propios materiales pre fabricados.

La viabilidad del uso de los RCA y RCD a nivel industrial podrían convertir en una oportunidad altamente rentable la problemática de la alta generación de estos residuos y su ineficiente gestión. Se estima que a nivel mundial la construcción es responsable del 50% de los recursos naturales empleados y del 50% del total de residuos generados en el planeta. La producción de agregados ha ido creciendo con la demanda mundial de infraestructura, ocasionando una sobre explotación de canteras de arena y piedra, insumos principales para fabricar el concreto. La arena es el tercer recurso natural más utilizado en el mundo después del aire y el agua, y el sector que más la consume es la construcción (UN Environment, 2019).

Contribuir con la reducción de residuos se ha convertido en un tema prioritario para la humanidad. Conceptos como la Economía Circular han ido ganando terreno en el campo de la ciencia y la economía para su aplicación en la industria, donde se pretende que los residuos sean vistos como materia prima que puedan ser aprovechados por otras industrias. Por tal motivo, es necesario identificar oportunidades desde el ámbito i+d+i para la adopción de soluciones sostenibles, bajo el concepto de simbiosis industrial, que generen beneficios ambientales, económicos y sociales. Cambiar el concepto de “residuos” por “materia prima” da como resultado nuevos modelos de negocio que cierran el ciclo de la basura, dejando atrás la economía lineal que se basa en extraer-fabricar-usar-botar.

Por estas razones se ha considerado que la fabricación de adoquines usando residuos de la concha de abanico y residuos de escombros de la construcción sería viable para disminuir el impacto negativo de ambas industrias, logrando un círculo virtuoso, valorizando los residuos para disminuir el uso de materias primas naturales. Además, se ha escogido al adoquín peatonal teniendo en cuenta que es una pieza de concreto no estructural, la cual no es tan exigente en sus propiedades físico mecánicas en comparación al concreto para uso

estructural, y además, se trata de un producto altamente comercializado en el mercado de la construcción.

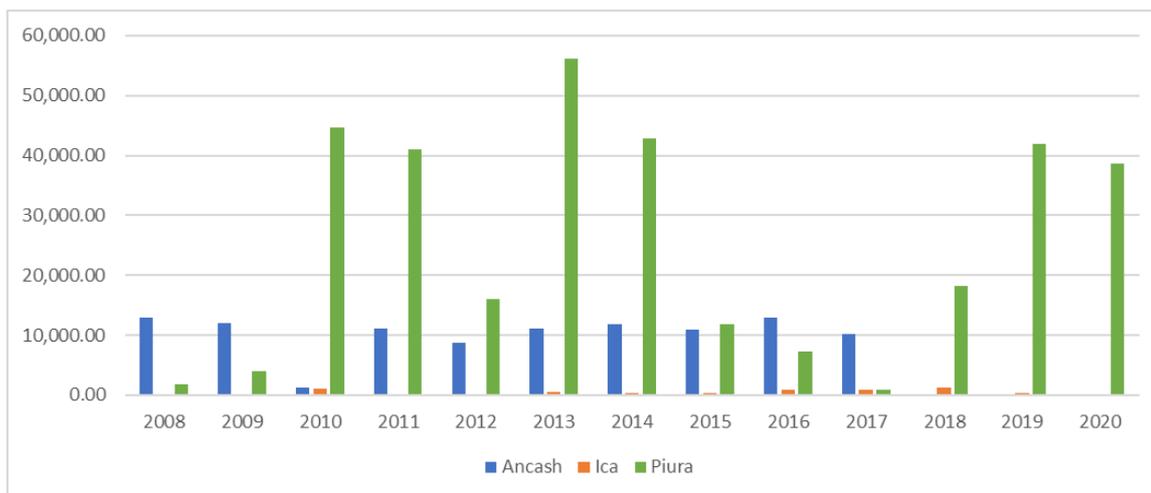
El objetivo del trabajo es desarrollar un diseño de mezcla de concreto para la fabricación de adoquines para pavimento peatonal con agregados reciclados obtenidos a partir del reciclaje de los Residuos de la Concha de Abanico (RCA) y los Residuos de la Construcción y Demolición (RCD), y que cumpla con los mismos requisitos técnicos de un Adoquín convencional, el cual utiliza agregados naturales. De esta forma, se busca desarrollar evidencia para viabilizar el uso del agregado reciclado de RCA en materiales de concreto pre fabricado, juntamente con otro tipo de agregados reciclados.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Concha de Abanico

La concha de abanico es un molusco filtrador de dos valvas, de gran importancia comercial como alimento, cuyo nombre científico es *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), conocido internacionalmente como vieiras. Álamo y Valdivieso (1997) señalan que la distribución de esta especie va desde Panamá hasta Coquimbo en Chile. Los bancos más importantes en el Perú se encuentran en la Bahía Independencia, Bahía de Sechura, Isla Lobos de Tierra, Bahía de Samanco, Bahía de Paracas, Isla San Lorenzo, Isla Frontón, Los Chimus, Isla Blanca, entre otros (extraído de la tesis de Cano, 2004, citando a Imarpe, 2004).

La concha de abanico es uno de los principales recursos hidrobiológicos cultivados en el Perú, con una participación del 33.1% del total de especies cosechadas de la acuicultura (Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola, PRODUCE, 2020). Las zonas más importantes de producción de concha de abanico se ubican en las provincias de Casma, Santa y Huarmey en Ancash; Pisco en Ica y Sechura en Piura, siendo este último el más importante en nivel de producción nacional.



**Figura 1: TM de cosecha total anual de Concha de abanico (2008-2020). Fuente: Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola, PRODUCE, 2020**

Conforme a lo que se muestra en la Figura 1, Piura ha concentrado los mayores valores de cosecha en los últimos años, siendo Sechura la zona donde se desarrolla el cultivo en esta región.

## 2.2. Residuos de la Concha de Abanico (RCA)

La concha de abanico presenta 2 partes, una comestible, que constituye el 15% del total del recurso, compuesta por el tallo (músculo aductor) y el coral (gónada masculina y femenina) y otra parte no comestible denominada “valva”, que viene a ser el 85% del total del recurso y la que se convierte en residuo en las Plantas procesadoras. Las valvas marinas se componen principalmente de Óxido de Calcio (CaO) con presencia de pequeñas fracciones de otros óxidos. Diversos estudios señalan que las conchas de los moluscos bivalvos están compuestas casi en su totalidad de Carbonato de Calcio, tal como lo indicó Yoon *et al.* (2002) en su estudio de la concha de ostra, encontrando un nivel de  $\text{CaCO}_3$  de hasta 96%, y Olivia *et al.* (2015), encontrando un 95-99% de  $\text{CaCO}_3$  en las conchas de *Anadara granosa* (Linnaeus 1758).

Se estima que en Sechura se genera anualmente un promedio de 70,000 TM de desechos de valvas (Seminario *et al.*, 2018). Un estudio realizado en la población que habita el sector noreste de la ciudad de Sechura, muy cerca al botadero de residuos de concha de abanico,

encontró que los agentes contaminantes por descomposición de estos residuos causaban efectos negativos en el sistema respiratorio, gastrointestinal, neurológico, cardiovascular y en la piel de los pobladores, además del constante olor desagradable que emana de los botaderos (Chulle, 2017).

Los RCA que se generan en las Plantas de procesamiento de la Bahía de Sechura, lugar donde se concentra casi la totalidad de la producción nacional de este recurso, son arrojados en botaderos informales, a donde llegan 50 camiones diarios de 4 a 8 toneladas de este residuo. Los principales agentes contaminantes producidos por la descomposición de los RCA en la zona noreste de la Bahía de Sechura son: olores desagradables, 85%; presencia de moscas, 52.6%; roedores, 51%; cucarachas, 86% (Chu, 2019).

### **2.3. Utilidad de la estructura dura de los moluscos**

La acumulación de conchas de moluscos es un problema común en todos los lugares donde la acuicultura de estas especies es intensiva, y los esfuerzos por valorizarlas como sub producto para otras industrias han demostrado la viabilidad de su aplicación en la construcción.

Hung Mo *et al.* (2017) resume una serie de investigaciones de diversas regiones del mundo sobre el uso de conchas marinas para fabricar concreto y materiales de concreto, provenientes de la acuicultura de ostras, mejillones, almejas y vieiras. Citando a varios autores, menciona que cada año en China hay disponibles 300,000 toneladas de conchas de ostras, mientras que Taiwán genera 160,000 toneladas de concha de ostra anualmente. Por su parte, Varhen *et al.* (2017) menciona que en Sechura se disponen cada año hasta 25,000 toneladas de residuos de concha de abanico en vertederos. Hung Mo *et al.* (2017) también confirma el potencial de los residuos de concha como material inerte gracias a su alto contenido de óxido de calcio. Sin embargo, precisa que un tratamiento adecuado como el calentamiento a alta temperatura y una óptima trituración son factores que podrían incrementar la calidad del material final. Según las investigaciones analizadas, donde se demostraba el uso de las conchas en reemplazo del cemento o de los agregados en el concreto, notó que aún no se había profundizado en la durabilidad a largo plazo del concreto. Finalmente concluye su análisis descriptivo indicando que los residuos de conchas marinas

podrían utilizarse como agregado parcial en una proporción de reemplazo de hasta el 20% para concretos con fines no estructurales.

Batalha *et al.* (2008) desarrollaron un estudio titulado “Bloco verde” para reaprovechar los residuos de la construcción y demolición y de las conchas de ostras en el estado de Santa Catarina, Brasil, una región de gran actividad acuícola de ostras, impactado de igual manera con los residuos generados por esta actividad, concluyendo la viabilidad de ambos materiales para concretos de baja resistencia.

En el Perú, durante los años 2015 y 2016, se llevó a cabo el proyecto de investigación denominado “Evaluación experimental del uso de conchas de abanico como reemplazo de agregados pétreos en concreto hidráulico con cemento portland” ejecutado por académicos de la Universidad de Piura (Ruiz, 2015), donde se concluyó que el uso del RCA es técnicamente viable como reemplazo del agregado fino en el concreto.

## **2.4. Concreto: definición**

Flores *et al.* (2014) indican que el concreto es un material heterogéneo que se elabora en base a una mezcla de agregados finos, agregados gruesos, cemento y agua. Además, puede tener un pequeño contenido de aire atrapado.

### **2.4.1. Agregados: Definición**

Los agregados son materiales que pueden ser de origen mineral, natural o artificial y su presencia en el concreto es muy importante pues ocupa generalmente un 70 a 80% del volumen del concreto. La NTP 400.037 define a los agregados usados en el concreto como “un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la presente norma”. Además, dicha norma define al agregado reciclado como “procedente de tratamiento de materiales (escombros) de desecho obtenidos de demolición de construcciones. Los agregados que componen la mezcla de concreto suelen ser de 2 tipos, conforme a lo que se detalla en la Tabla 1.

**Tabla 1: Tipos de agregados presentes en el concreto**

| <b>Agregado fino</b>  | <b>Agregado grueso</b>                                |
|---|---|
| <b>Pasa por el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz normalizado 75 <math>\mu</math>m (N° 200)</b> | Queda retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm (N° 4) |

**Fuente: NTP 400.037**

Con el objetivo de asegurar la calidad del concreto, los agregados deben cumplir con los requisitos técnicos exigidos en la NTP 400.037. En la presente investigación, solo se tomarán en cuenta los parámetros de granulometría y de módulo de fineza, que se describen a continuación.

#### **- Análisis granulométrico**

Castañeda (2017) afirma que la granulometría de un agregado es la distribución cuantitativa de los tamaños de las partículas en su forma granular en cuanto a las proporciones que pasan a través de tamices con aberturas cuadradas de diferentes aberturas estándar. El ensayo de granulometría consiste en hacer pasar el agregado por una columna de tamices normalizados y ordenados por el tamaño de abertura de la malla de cada tamiz, cada uno en forma decreciente. Los agregados se dividen en dos grupos, una fracción gruesa y una fracción fina. Los agregados gruesos son aquellos que quedan retenidos hasta el tamiz #4 (mayores a 4.75 mm) y los agregados finos son aquellos que pasan por el tamiz #4 (menores a 4.75 mm), según se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2: Tamices más comunes para la caracterización granulométrica de los agregados**

|                        | Designación ASTM del tamiz | Tamaño nominal de la abertura del tamiz |          |
|------------------------|----------------------------|---|----------|
|                        |                            | mm                                      | pulgadas |
| <b>Agregado grueso</b> | 3"                         | 75                                      | 3        |
|                        | 1 1/2"                     | 63                                      | 2.5      |
|                        | 2"                         | 50                                      | 2        |
|                        | 1 1/2"                     | 37.5                                    | 1.5      |
|                        | 1"                         | 25                                      | 1        |
|                        | 3/4"                       | 19                                      | 0.75     |
|                        | 1/2"                       | 12.5                                    | 0.5      |
|                        | 3/8"                       | 9.5                                     | 0.375    |
| <b>Agregado fino</b>   | N° 4                       | 4.75                                    | 0.187    |
|                        | N° 8                       | 2.36                                    | 0.0937   |
|                        | N° 16                      | 1.18                                    | 0.0469   |
|                        | N° 30                      | 0.6                                     | 0.0234   |
|                        | N° 50                      | 0.3                                     | 0.0124   |
|                        | N° 100                     | 0.15                                    | 0.0059   |

Fuente: Castañeda (2017), tomado de la NTP 400.037-2022

#### - Módulo de fineza (MF)

También conocido como módulo de finura, es el valor representativo del tamaño promedio ponderado y proporcional de las partículas contenidas en una muestra de agregado (Palomino, 2019), siendo útil para estimar las proporciones del agregado fino y grueso en los diseños de mezcla del concreto. Para calcular este valor, la NTP 400.012 indica que es el resultado de la suma de los porcentajes de material acumulado que queda retenido en cada uno de los tamices del ensayo de granulometría, dividido entre 100. Por otro lado, la NTP 400.037 menciona que el valor de MF del agregado fino no deberá ser menor a 2.3 ni mayor a 3.2. Guerra (2015) afirma que, mientras el módulo de finura de un agregado disminuye, la absorción de agua del concreto aumenta de manera proporcional, y que, a medida que el módulo de finura aumenta, la resistencia a la compresión del concreto también aumenta proporcionalmente. Zapata (2019) afirma que el uso de agregados con valores de MF menores a 2.3 generan mezclas pastosas con mayor probabilidad de ocurrencia de agrietamientos de tipo contracción por secado, mientras que agregados con MF mayores a 3.2 tienen alta posibilidad de producir mezclas poco trabajables que presentan falta de cohesión entre sus componentes, ocasionando en ambos casos mayores consumos de cemento y/o agua para mejorar ciertos niveles de resistencia a la compresión de la mezcla.

Por tal motivo, el valor de MF es un parámetro que se toma en cuenta para el diseño de mezclas de concreto y/o morteros.

#### **2.4.2. Cemento tipo Portland**

Seminario *et al.* (2018) definen al cemento como un aglomerante hidráulico cuya apariencia se asemeja a un polvo muy fino y de color gris. Su principal propiedad es la dureza que se consigue cuando se mezcla con agua. El cemento Portland hidráulico se produce luego de la pulverización del Clinker, que se compone generalmente de silicatos de calcio hidráulico y una o más de las formas de sulfato de calcio como una adicción durante la molienda (Cruzado, 2018). La norma ASTM C-150 clasifica al cemento Portland en Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV y Tipo V.

#### **2.5. Uso de residuos de moluscos como agregados**

Los residuos de concha de abanico se pueden triturar y transformar en agregados como reemplazo de los agregados naturales. En líneas generales, la granulometría usada en diversos estudios ha sido menor a los 5 mm, es decir, como agregado fino. En la Tabla 3 se resumen 5 trabajos de investigación realizados a la concha de abanico y otras especies similares pertenecientes al Phylum Mollusca, donde se indica el rango de granulometría utilizado luego de triturar las conchas y su aplicación final.

Nizama (2014) aplicó el agregado de RCA en el concreto como reemplazo del agregado grueso, concluyendo un rango óptimo por debajo de los 25 mm, en una proporción máxima del 40%.

Cuadrado Rica *et al.* (2016), mencionados por Hung Mo *et al.* (2017), trituraron la concha de vieira reina (*Aequipecten opercularis*) para obtener un agregado fino por debajo a los 5 mm, con el objetivo de estudiar las propiedades del concreto convencional en proporciones de 20, 40 y 60%, encontrando que un mayor nivel de reemplazo provoca una reducción de las propiedades mecánicas. Evaluando la misma especie, Nguyen *et al.* (2017) define que el

rango granulométrico óptimo de agregado fino de conchas de moluscos bivalvos es de 2 – 4 mm, debido a que presenta mejores resultados en la resistencia a la compresión y en la permeabilidad al agua.

Hung Mo *et al.* (2017) indicaron en su estudio que Varhen *et al.* (2017) sugirieron un reemplazo máximo de agregado fino de RCA de hasta un 40% en el concreto, en un rango granulométrico de 1.19 – 4.75 mm, pero recomendaron un 5% como reemplazo óptimo, concluyendo que el RCA se puede usar como reemplazo de agregado fino en el concreto convencional. Por último, Seminario *et al.* (2018) indicaron mediante un trabajo experimental para encontrar un diseño de mezcla de adoquines de concreto, que el tamaño de las partículas del RCA comprendidos entre el tamiz N 4 (4.76 mm) y el tamiz N 200 (0.074 mm) son los indicados para conseguir un agregado de RCA que reemplace al agregado fino natural.

**Tabla 3: Características de los agregados fabricados de conchas de moluscos en distintas investigaciones**

| <b>Autor</b>              | <b>Nizam a</b>  | <b>Cuadrado Rica <i>et al.</i></b>               | <b>Nguyen <i>et al.</i></b>                      | <b>Varhen <i>et al.</i></b>                         | <b>Seminario <i>et al.</i></b>                      |
|---------------------------|---|--|--|---|---|
|                           | <b>(2014)</b>   | <b>(2016)</b>                                    | <b>(2017)</b>                                    | <b>(2017)</b>                                       | <b>(2018)</b>                                       |
| <b>País</b>               | Perú  | Francia  | Francia  | Perú  | Perú  |
| <b>Tipo de molusco</b>    | Concha de Abanico o<br><i>(Argopecten purpuratus)</i> | Vieira reina<br><i>(Aequipecten opercularis)</i> | Vieira reina<br><i>(Aequipecten opercularis)</i> | Concha de Abanico<br><i>(Argopecten purpuratus)</i> | Concha de Abanico<br><i>(Argopecten purpuratus)</i> |
|                           |   |  | Scallops<br><i>(Crepidula fornicata)</i>         |   |   |
| <b>Material fabricado</b> | Concreto convencional                                 | Concreto convencional                            | Concreto permeable                               | Concreto convencional                               | Adoquines   |

| <b>Tipo de agregado</b> | Grueso     | Fino | Fino | Fino      | Fino       |
|-------------------------|------------|------|------|-----------|------------|
| <b>Tamaño (mm)</b>      | 19.05-25.4 | < 5  | 2-4  | 1.19-4.75 | 0.074-4.76 |

Varhen *et al.* (2017) utilizó el residuo de concha de abanico como agregado fino para fabricar concreto. Las valvas recogidas de un vertedero municipal de la ciudad de Sechura fueron lavadas con agua potable hasta retirar toda la materia orgánica, para luego ser trituradas manualmente usando un martillo. Paso seguido, el material triturado fue zarandeado utilizando 2 tamices, con aberturas de 4.75 mm y 1.19 mm cada uno. En la Tabla 4 se resumen las características del agregado de RCA producido en este estudio.

**Tabla 4: Características del agregado de RCA producido por Varhen et al. (2017)**

|   |       |
|---|-------|
| Peso volumétrico suelto (gr/cm <sup>3</sup> )     | 1.015 |
| Peso volumétrico compactado (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.224 |
| Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )             | 2.57  |
| Absorción de agua (%)                             | 1.88  |
| Módulo de finura                                  | 4.57  |

Los autores indicaron que el agregado de RCA tiene características similares que un agregado natural utilizado para fabricar concreto, siendo, por ejemplo, su peso específico similar al de la arena natural. La investigación probó 3 diseños de mezcla de concreto utilizando los siguientes insumos: cemento tipo portland; agua potable; agregado natural tipo piedra chancada de 1” (25.4 mm) de tamaño máximo de partícula; agregado natural tipo arena gruesa comercial de 4.76 mm de tamaño máximo de partícula; agregado de valva de concha de abanico de 4.75 mm de tamaño máximo de partícula. Los diseños de mezcla se diferenciaron entre sí por tener distinto ratio agua/cemento, teniendo cada diseño una mezcla control sin la adición de agregado de RCA y cuatro mezclas adicionales reemplazando la arena por el agregado de RCA en distintas proporciones mientras que la piedra chancada, el cemento y el agua se mantuvieron constantes. Los resultados químicos y físicos del agregado de RCA indicaron que este material es viable para ser utilizado en mezclas de concreto. Finalmente, la investigación sugiere utilizar un rango de tamaño de 1.19 a 4,75 mm de

agregado de RCA para que sea adicionado en una proporción máxima del 40% en reemplazo de arena, ya que de esta manea no se compromete la trabajabilidad del concreto ni sus propiedades mecánicas.

## **2.6. Agregados fabricados a partir del reciclaje de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD)**

Cruzado (2018) desarrolló un trabajo de investigación titulado “Elaboración de ladrillos de 18 huecos tipo IV con residuos de demolición y cemento”, donde se analizaron las propiedades físico mecánicas de los agregados de RCD y del ladrillo. Se tuvo como resultado un ladrillo tipo King Kong de 18 huecos que superó la resistencia a la compresión mínima que exige la norma para este tipo de unidad de albañilería (130 kg/cm<sup>2</sup>). La empresa MP Recicla S.A.C., que se dedica al reciclaje de RCD para transformarlos en nuevos materiales sostenibles, fue la promotora del trabajo de investigación que inició en el año 2015 y que sirvió para crear el primer prototipo de un material pre fabricado elaborado a partir del reciclaje de RCD. Cruzado utilizó un agregado de RCD cuyo rango de tamaño de partícula estuvo entre 0.15 y 2.36 mm, y cuyas características se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5: Características del agregado de RCD obtenido por Cruzado**

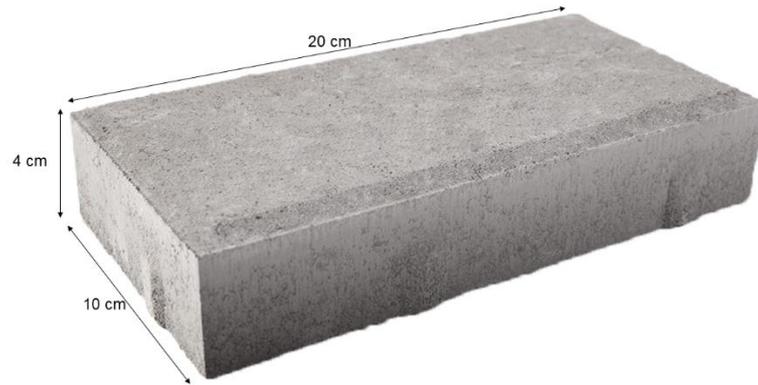
|   |      |
|---|------|
| Peso volumétrico suelto (gr/cm <sup>3</sup> )     | 1.35 |
| Peso volumétrico compactado (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.49 |
| Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )             | 2.29 |
| Absorción de agua (%)                             | 4.28 |
| Módulo de finura                                  | 2.69 |

## **2.7. Adoquín de Concreto y sus características**

### **2.7.1. Generalidades**

El adoquín de concreto se define como una pieza de concreto simple, de forma nominal, pre fabricada, que cumple con los requisitos de la NTP 399.611 (INACAL, 2015). Por otro lado, Arévalo *et al.* (2015) describe a los adoquines de concreto como elementos pre fabricados macizos que son elaborados en base a una mezcla de arena, piedra, agua y cemento, por medio de un proceso de vibro compactación y moldeado. Comercialmente los adoquines

pueden tener distintas formas y colores, siendo los más conocidos aquellos de forma rectangular, según se muestra en la Figura 2, sin embargo, según la NTP 399.611, deben tener una altura de 4 o 6 cm si es que son usados para pavimentos peatonales; 6, 8 o 10 cm si son aplicados para pavimentos de tránsito ligero y mayor a 8 cm si serán usados para pavimentos de tránsito pesado.



**Figura 2: Medidas más usadas de un adoquín de concreto peatonal convencional. Elaboración propia**

### **2.7.2. Norma Técnica Peruana NTP 399.611. Adoquines para pavimentos. Requisitos.**

La NTP 399.611 otorga los requisitos técnicos (Tablas 6, 7 y 8) que deben cumplir los Adoquines de concreto, el cual será la principal referencia para analizar la viabilidad técnica del adoquín a elaborar. En el Perú no existe una normativa técnica para adoquines y unidades de concretos fabricados con agregados reciclados, por tal motivo, el presente trabajo será desarrollado en función a esta norma técnica para adoquines de concreto convencional (fabricados con agregados naturales).

**Tabla 6: Espesor nominal y resistencia a la compresión**

| Tipo  | Espesor nominal<br>(mm) | Resistencia a la compresión Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) |                   |
|---|-------------------------|---|-------------------|
|   |                         | Promedio de 3 unidades                                | Unidad individual |
| <b>I</b>  |                         |   |                   |
| (peatonal)  | 40                      | 31 (320)  | 28 (290)          |
| <b>Tipos B,C y D</b>                                      | 60                      | 31 (320)  | 28 (290)          |
| <b>*Todos los tipos</b>                                   |                         |   |                   |
|   | 60                      | 41 (420)  | 37 (380)          |
| <b>II</b>   |                         |   |                   |
| (Vehicular ligero)  | 80                      | 37 (380)  | 33 (340)          |
|   | 100                     | 35 (360)  | 32 (325)          |
| <b>III</b>  |                         |   |                   |
| (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores) | ≥ 80                    | 55 (561)  | 50 (510)          |

Fuente: NTP 399.611

**Tabla 7: Requisitos de Tolerancia Dimensional**

| Tolerancia dimensional, máx. (mm) |       |         |
|-----------------------------------|-------|---------|
| Longitud                          | Ancho | Espesor |
| ± 1,6                             | ± 1,7 | ± 3,2   |

Fuente: NTP 399.611

**Tabla 8: Requisito de absorción. Fuente: NTP 399.611**

| Tipo de Adoquín | Absorción, máx. (%) |                   |
|-----------------|---------------------|-------------------|
|                 | Promedio 3 unidades | Unidad individual |
| I y II          | 6                   | 7,5               |
| III             | 5                   | 7                 |

Fuente: NTP 399.611

### **2.7.3. Pruebas y ensayos de los Adoquines**

#### **a) Resistencia a la compresión**

Teniendo como referencia las definiciones encontradas en las normas NTP 399.601 (INACAL, 2006) y la NTP 399.602 (INACAL, 2015), se puede definir a esta prueba de ensayo como la relación entre la carga de rotura a compresión de una unidad de albañilería de concreto y su sección bruta. El resultado final se expresa en Mpa o Kg/cm<sup>2</sup>.

#### **b) Tolerancia dimensional**

Según indica Cruzado (2018), esta prueba consiste en obtener las dimensiones del adoquín y compararlas con el total de muestras para ver el grado de variación de dimensiones existente en la fabricación.

#### **c) Prueba de absorción**

La NTP 399.602 (2015) la define como la capacidad de inhibición de agua por inmersión en las condiciones especificadas en la NTP 399.604. Guerra (2015) define a la absorción de agua como “un proceso físico por el cual el hormigón (concreto) succiona agua reteniéndola en sus poros y capilares”. Un exceso de agua en los poros del concreto y su exposición a ciertas condiciones atmosféricas podrían generar un deterioro del concreto durante el tiempo.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Ubicación de la Planta donde se desarrollaron los adoquines

El procesamiento de las valvas de concha de abanico y la fabricación de los adoquines fueron desarrollados en la Planta CICLO, ubicado en la Av. Santa Rosa Parcela P-48, Comunidad Campesina de Collanac, Distrito de Cieneguilla, Ciudad y Departamento de Lima (Figura 3).

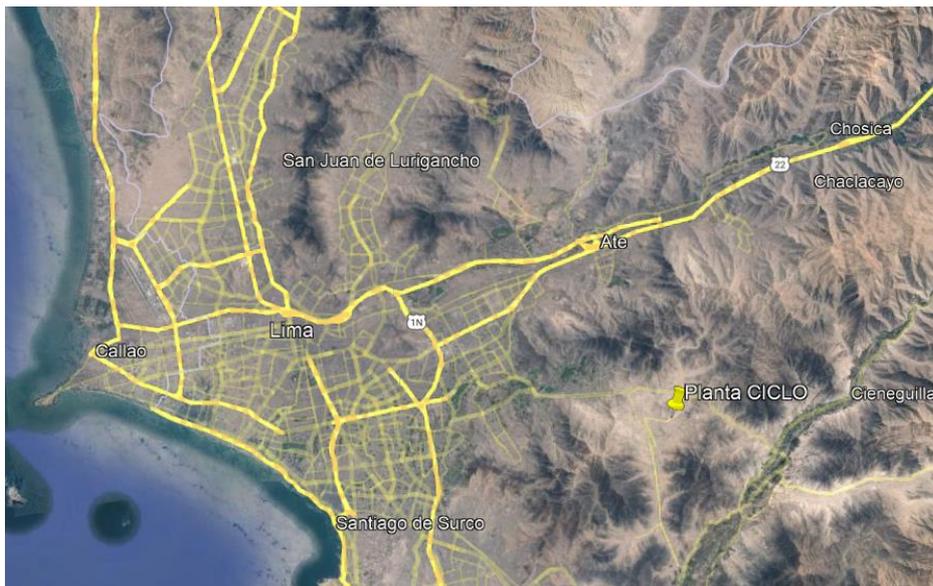


Figura 3: Ubicación de la Planta CICLO

#### 3.2. Equipos y materiales

Para el procesamiento del residuo de concha de abanico se utilizaron los siguientes materiales y herramientas:

- 01 comba
- Baldes plásticos
- 01 tamiz de 2 mm de abertura

- 01 tamiz #100

Para la fabricación de los adoquines se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- 27.6 kg de agregados reciclados de residuos de la construcción y demolición (suministrados por CICLO)
- 9.2 kg de agregados reciclados de las valvas de la concha de abanico
- 01 bolsa cemento Pórtland Tipo I marca Sol (Se adjunta ficha técnica en el Anexo 7)
- 01 balanza electrónica tipo gancho
- 20 litros agua
- 01 mezcladora topo trompo
- 01 máquina adoquinera

### 3.3. Selección del Residuo de Concha de Abanico (RCA)

Las valvas de concha de abanico fueron obtenidas de una planta de procesamiento en la ciudad de Sechura, donde se lleva a cabo el proceso que consiste en extraer la parte comestible para consumo humano directo. Las valvas fueron almacenadas en bolsas plásticas de polietileno negras dentro de cajas de cartón sin efectuarle ningún tratamiento de limpieza y/o procesamiento adicional y enviadas a la ciudad de Lima vía transporte terrestre. En total, se contó con 81 kg de este residuo. En la Figura 4 se muestra la recepción de las muestras en la Planta procesadora CICLO.



Figura 4: Izquierda: Cajas donde llegaron los RCA. Derecha: Valvas de concha de abanico

### **3.4. Proceso de tratamiento del RCA para convertirlo en agregado**

Para usar el RCA como insumo en la fabricación del adoquín es necesario que este recurso sea convertido en agregado, lo que se logra triturando el residuo en tamaños más finos. A continuación, se detalla el proceso que se siguió para conseguir el agregado reciclado de RCA.

#### **3.4.1. Limpieza**

Las valvas contenidas en las cajas de cartón fueron retiradas y sumergidas en agua dentro de contenedores metálicos durante 2 días. A partir del tercer día se inició la limpieza de cada una de las valvas, que consistió en retirar todo el material superficial orgánico e inorgánico utilizando escobillas manuales y agua. Luego de limpiar cada valva, se sumergieron nuevamente en un nuevo contenedor con agua potable limpia (Figura 5).



**Figura 5: Valvas de concha de abanico sumergidas en agua**

#### **3.4.2. Secado**

Al día siguiente las valvas fueron retiradas de los contenedores de agua para iniciar el proceso de secado, el cual consistió en colocar las valvas sobre una superficie seca de madera expuesta directamente al sol, con el objetivo de que la acción de los rayos solares y la temperatura del ambiente puedan evaporar completamente el contenido de agua superficial

de las valvas, etapa que tuvo una duración de 5 días. Para lograr un secado uniforme, las valvas fueron movidas frecuentemente para que toda su superficie tenga exposición al sol (Figura 6).



**Figura 6: Proceso de secado de las valvas limpias**

### **3.4.3. Trituración del RCA**

Debido a que no se contó con una trituradora mecánica especial para la valva de concha de abanico, esta etapa se realizó de forma manual, utilizando una comba para golpear constantemente el recurso y de esta manera lograr que se redujera su tamaño lo más pequeño posible. Esta etapa se realizó en la losa de concreto de la planta, donde se acondicionó un cerco de madera para que el material triturado no se escape por los laterales, conforme se puede observar en la Figura 7. Todo el material triturado fue almacenado en baldes de plástico.



**Figura 7: Trituración manual de las valvas de concha de abanico**

### 3.4.4. Segregación del material triturado

Se utilizaron 2 mallas para segregar el material triturado. Primero, el material triturado fue cernido en una malla de 2 mm de abertura. Luego, todo el material que pasó por la primera malla fue cernido en una malla #100 (150  $\mu$ m o 0.15 mm). Como resultado de esta segregación, se obtuvieron 3 tipos de agregados:

- Agregado N°1 (A-RCA1): Material que quedó retenido en la malla de 2 mm.
- Agregado N°2 (A-RCA2): Material que pasó por la malla de 2 mm y que quedó retenido en la malla #100.
- Agregado N°3 (A-RCA3): Material que pasó por la malla #100.

Luego de culminar el proceso de segregación de las valvas trituradas, estas fueron almacenadas en baldes plásticos (Figura 8).



**Figura 8: RCA1 (derecha), RCA2 (centro) y RCA3 (izquierda), comparados con el tamaño de un lapicero**

### 3.4.5. Pesaje de los agregados de RCA obtenidos

Con la finalidad de conocer la cantidad obtenida, los agregados reciclados fueron pesados utilizando una balanza digital de gancho (Figura 9).



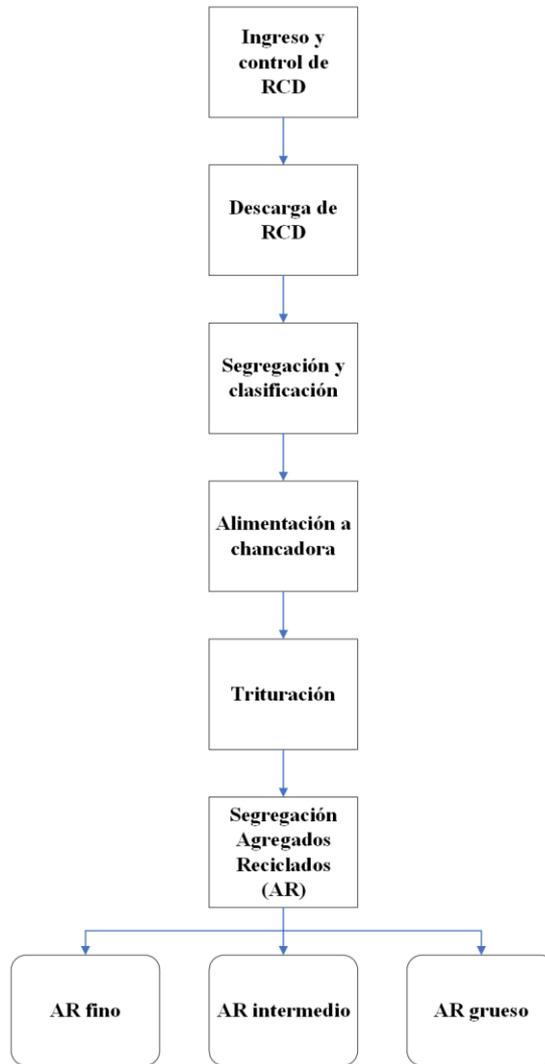
**Figura 9: Pesaje de los agregados de RCA obtenidos**

### **3.5. Obtención de los agregados reciclados de RCD**

Los agregados reciclados fabricados a partir del reciclaje de los Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) fueron obtenidos de la Planta CICLO, donde se fabrican hasta 3 tipos de agregados, de acuerdo con los siguientes rangos de granulometría:

- Agregado fino (A-RCD1): 0-1.18 mm
- Agregado intermedio (A-RCD2): 1.18-2.5 mm
- Agregado grueso (A-RCD3): 2.5-5 mm

El proceso para el tratamiento de RCD que se realiza en la Planta CICLO se describe en la Figura 10. Los RCD que ingresan a Planta deben estar limpios, es decir, deben contener, en una cantidad mayor al 90%, elementos como concreto, mortero, piedras, arena y todo tipo de material pétreo. Todos aquellos elementos que se encuentren fuera de esta lista como madera, plástico, fierro, acero, papel y cartón, son segregados después de la etapa de descarga de RCD en Planta. Todos los elementos pétreos son colocados manualmente en la faja transportadora que lleva los RCD a la chancadora, donde se reduce el tamaño de estos elementos. Luego, otra faja transporta el RCD triturado a una zaranda vibratoria, la cual segrega el material en los 3 tipos de agregados reciclados indicados en el párrafo anterior.



**Figura 10: Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de RCD para producir agregados reciclados**

Las fichas técnicas de los agregados reciclados de RCD a usarse en la fabricación de los adoquines se describen en el Anexo 1 y 2 mientras que sus características se encuentran en el Anexo 3 y 4.

### **3.6. Proceso de fabricación de los Adoquines con RCA**

#### **3.6.1. Generalidades y diseños de mezcla**

La fabricación de los adoquines con contenido de RCA se realizará tomando como base el diseño de mezcla desarrollado por la empresa CICLO, formulación que ya cuenta con la conformidad de haber cumplido con los requisitos de la NTP 399.611 y a partir del cual se

realizarán los reemplazos por agregado de RCA. De igual forma, se seguirá el mismo proceso y maquinaria para fabricar las muestras correspondientes al presente estudio. CICLO solo se utiliza el agregado intermedio (A-RCD2) y el agregado fino (A-RCD1) para la fabricación de adoquines tipo I, de acuerdo con la formulación que se indica en la Tabla 9. Las ratios son determinados por una unidad de cemento, a partir del cual se puede calcular las cantidades en peso y/o volumen.

**Tabla 9: Ratios de insumos del diseño de mezcla en blanco para la fabricación de adoquines tipo I**

| Cemento | A-RCD2 | A-RCD1 | Agua |
|---------|--------|--------|------|
| 1.00    | 1.42   | 0.85   | 0.50 |

Las ratios mostradas en la Tabla 9 indican que, por cada unidad de masa o volumen de cemento, se requieren 1.42 unidades de A-RCD2, 0.85 unidades de A-RCD1 y 0.5 unidades de masa o volumen de agua. De esta forma, se tiene definido que para fabricar 10 unidades de adoquines tipo I (cantidad de unidades que posee el molde de la máquina de fabricación) se requieren los pesos y volumen de agua que se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10: Peso y volumen de insumos del diseño de mezcla en blanco para fabricar 10 unidades de adoquines tipo I**

| Cemento (kg) | A-RCD2 (kg) | A-RCD1 (kg) | Agua (L) |
|--------------|-------------|-------------|----------|
| 4.50         | 6.39        | 3.83        | 2.25     |

Teniendo como base el diseño de mezcla mostrado en las Tablas 9 y 10, se procedió a incluir los agregados de RCA en la formulación. De acuerdo con los rangos granulométricos de la bibliografía consultada que se resume en la Tabla N° 2, se propuso reemplazar el contenido de A-RCD2 por el A-RCA2. En este sentido, se probó 3 tipos de diseños de mezcla con diferentes reemplazos de contenido de A-RCD2 por A-RCA2, conforme se indica en las Tablas 11 y 12, mientras que el resto de los insumos se mantendrán constantes. Los diseños de mezcla serán definidos por los siguientes porcentajes de reemplazo del agregado intermedio, tanto de RCD como de RCA:

- Diseño 1 (D1): A-RCD2 80% y A-RCA2 20%
- Diseño 2 (D2): A-RCD2 60% y A-RCA2 40%
- Diseño 3 (D3): A-RCD2 40% y A-RCA2 60%

**Tabla 11: Ratios de insumos por cada diseño de mezcla**

| <b>D1 20% RCA</b> |        |        |        |      |
|-------------------|--------|--------|--------|------|
| Cemento           | A-RCD2 | A-RCD1 | A-RCA2 | Agua |
| 1.00              | 1.14   | 0.85   | 0.28   | 0.50 |
| <b>D2 40% RCA</b> |        |        |        |      |
| Cemento           | A-RCD2 | A-RCD1 | A-RCA2 | Agua |
| 1.00              | 0.85   | 0.85   | 0.57   | 0.50 |
| <b>D3 60% RCA</b> |        |        |        |      |
| Cemento           | A-RCD2 | A-RCD1 | A-RCA2 | Agua |
| 1.00              | 0.57   | 0.85   | 0.85   | 0.50 |

**Tabla 12: Peso y volumen de insumos por cada diseño de mezcla**

| <b>D1 20% RCA</b> |             |             |             |          |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| Cemento           | A-RCD2 (kg) | A-RCD1 (kg) | A-RCA2 (kg) | Agua (L) |
| 4.50              | 5.11        | 3.83        | 1.28        | 2.25     |
| <b>D2 40% RCA</b> |             |             |             |          |
| Cemento           | A-RCD2 (kg) | A-RCD1 (kg) | A-RCA2 (kg) | Agua (L) |
| 4.50              | 3.83        | 3.83        | 2.56        | 2.25     |
| <b>D3 60% RCA</b> |             |             |             |          |
| Cemento           | A-RCD2 (kg) | A-RCD1 (kg) | A-RCA2 (kg) | Agua (L) |
| 4.50              | 2.56        | 3.83        | 3.83        | 2.25     |

### 3.6.2. Descripción del proceso

El proceso de fabricación comprende las siguientes etapas:

- a) Dosificación de los insumos: Cada insumo es pesado de acuerdo con los diseños de mezcla presentados en la Tabla 11. Se utilizó una balanza electrónica de gancho para ejecutar esta acción. Los insumos fueron almacenados temporalmente en recipientes de plástico.



**Figura 11: Dosificación del agregado de concha de abanico**

- b) Mezcla de insumos: Se utilizó una mezcladora tipo trompo para mezclar todos los insumos con el agua, hasta encontrar una mezcla semi húmeda. Se tuvo bastante cuidado de que la mezcla no estuviera muy acuosa, ya que este factor podría afectar la trabajabilidad de la mezcla en la máquina vibro compactadora (Figura 12).



**Figura 12: Mezcla de insumos en la mezcladora**

- c) Moldeado y vibro compactado: La mezcla se trasladó hacia el molde de adoquines para que sea vibrada y compactada por la máquina adoquinera. De esta forma se asegura que la mezcla se homogenice y se retiren la mayor cantidad de burbujas de aire (Figura 13).



**Figura 13: Mezcla situada en el molde de adoquines**

- d) Desmoldeado: Consiste en levantar la parte superior e inferior del molde, quedando la mezcla en forma de adoquines frescos sobre un tablero de madera, el cual es retirado para ser llevado al área de curado, un espacio techado donde no cae el sol de forma directa (Figura 14).



**Figura 14: Adoquines frescos retirados de la máquina adoquinera**

- e) Curado: Al día siguiente, cuando los adoquines pueden ser manipulados, son sumergidos en bateas metálicas que contienen agua hasta quedar totalmente cubiertos, con el objetivo de lograr un fraguado óptimo. Esta etapa tuvo una duración de 28 días (Figura 15).



**Figura 15: Adoquines en la etapa de curado**

### **3.7. Ensayos de Laboratorio**

Luego de culminar la etapa experimental, se recogieron muestras del A-RCA2 y de cada diseño de muestra de los adoquines, luego fueron llevados al Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales “Ing. Manuel Gonzáles Cotera” de la Universidad Nacional de Ingeniería. Para el caso de los adoquines, se elaboraron un promedio de 20 unidades de adoquines por diseño de mezcla, de los cuales se escogieron a 9 unidades de cada diseño para que sean ensayados en el Laboratorio.

#### **3.7.1. Ensayos al A-RCA2**

Se consideró evaluar los ensayos que se indican a continuación, conforme a lo indicado en la NTP 400.012:2021:

- a) Granulometría
- b) Módulo de Fineza

La muestra de A-RCA2 fue colocada en la parte superior una serie de tamices dispuestos de forma horizontal, de forma tal que el agregado fue bajando a través de un movimiento vibracional, pasando desde una primera malla de mayor abertura hasta la última malla de menor abertura colocada en la parte inferior. Luego se cuantifica la cantidad retenida en cada

malla calculando su masa en una balanza. Finalmente, se determina la masa resultante de cada tamiz en porcentajes de retención.

### **3.7.2. Ensayos de mecánica practicados en adoquines para pavimento peatonal**

Se consideró evaluar los 3 parámetros que se mencionan en la NTP 399.611:2017, utilizando el método de muestreo indicado en la NTP 399.604:2002.

- a) Tolerancia dimensional: Se utiliza un instrumento de precisión como el vernier para medir la dimensión del ancho, largo y espesor de cada adoquín.
  
- b) Absorción de agua: Los adoquines son sumergidos en agua a una temperatura que oscila los 15.6 °C y 26.7 °C por un periodo de 24 horas, luego son drenados. Paso siguiente, las muestras son sometidas a un proceso de secado en un horno ventilado cuya temperatura puede estar en un rango de 100 °C a 115 °C por al menos 24 horas. La absorción se calcula la absorción utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Absorción, \%} = [(W_s - W_d) / W_d] \times 100$$

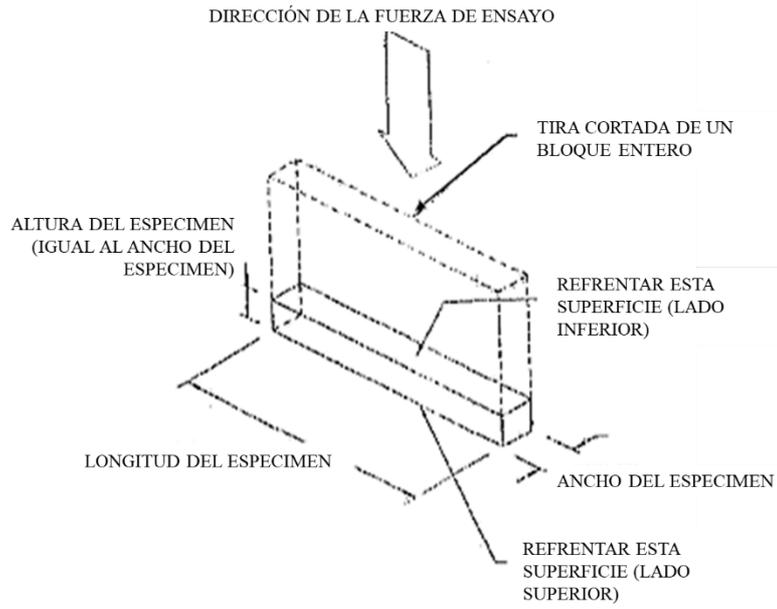
donde:

$W_s$  = peso saturado del espécimen, (kg)

$W_i$  = peso sumergido del espécimen (kg)

$W_d$  = peso seco al horno del espécimen (kg)

- c) Resistencia a la compresión: Utilizando una máquina, los adoquines son sometidos a una carga determinada, cuya fuerza se ejerce en el centro del adoquín. La carga máxima que soporte el adoquín es registrada. Luego, el valor final de este parámetro se mide en Kg/cm<sup>2</sup> y/o Mpa.



**Figura 16: Esquema del ensayo de compresión. Fuente: NTP 399.604:2002**

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Ensayos de los agregados

#### 4.1.1. Granulometría y Módulo de finura del A-RCA2

La Figura 17 muestra curva granulométrica del resultado del ensayo de granulometría ASTM C33 para agregado fino realizado al A-RCA2. Observamos que, si se comparan con los límites permisibles que se indican en la NTP 400.037 para agregado fino, el agregado de RCA no se encuentra dentro de este rango granulométrico en su totalidad, por el contrario, un gran porcentaje de este agregado se encuentra por debajo del límite inferior. Por otro lado, en el resultado del ensayo de laboratorio también se indica un Módulo de finura de 4.02, valor que se encuentra por encima del límite mayor que exige la NTP 400.037 para agregados finos, parámetro que no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1.

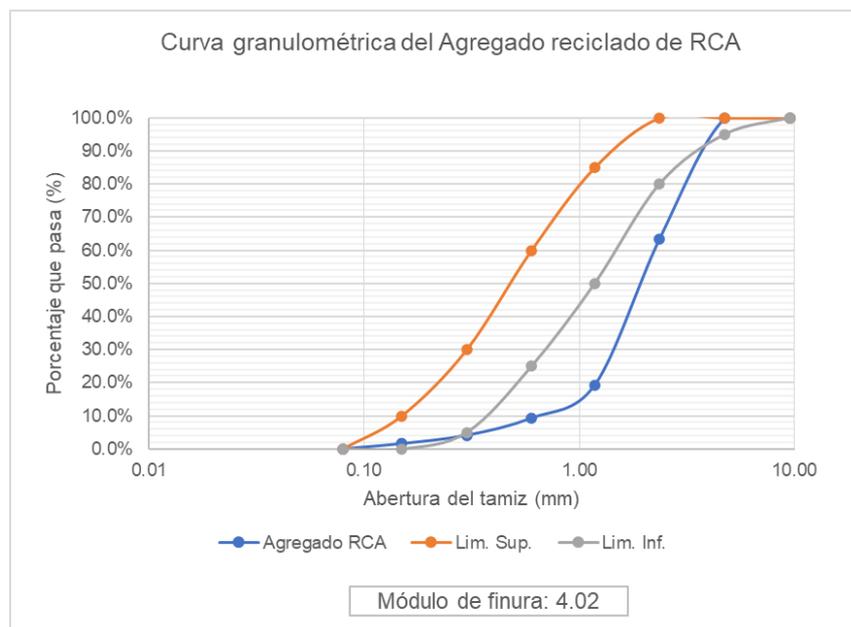


Figura 17: Curva granulométrica del agregado reciclado de A-RCA2

Cabe mencionar que el módulo de finura del agregado de RCA utilizado por Varhen *et al.*(año) también estuvo por encima del límite mayor exigido por la NTP 400.037 para agregados finos, con un valor similar al obtenido en la presente investigación. Sin embargo, el tamaño de partícula utilizado por Varhen *et al.* estuvo en un rango de 1.19 a 4.75 mm, a diferencia del agregado de RCA obtenido en la presente investigación cuyo rango granulométrico estuvo en 0.15 a 2 mm.

#### 4.1.2. Características mecánicas del agregado de RCD

De acuerdo con lo indicado en el apartado 3.3., los agregados de RCD utilizados en la fabricación de los adoquines fueron de 2 tipos, denominados A-RCD1 (fino) y A-RCD2 (intermedio). La empresa CICLO cuenta con los respectivos análisis de laboratorio de estos agregados reciclados, los cuales se encuentran en el Anexo 3 y 4. Conforme a la curva granulométrica y al valor de MF que se presenta en la Figura 18, observamos que se trata de un agregado bastante fino, incluso por debajo del límite inferior que se indica en la NTP 400.037 para agregados finos.

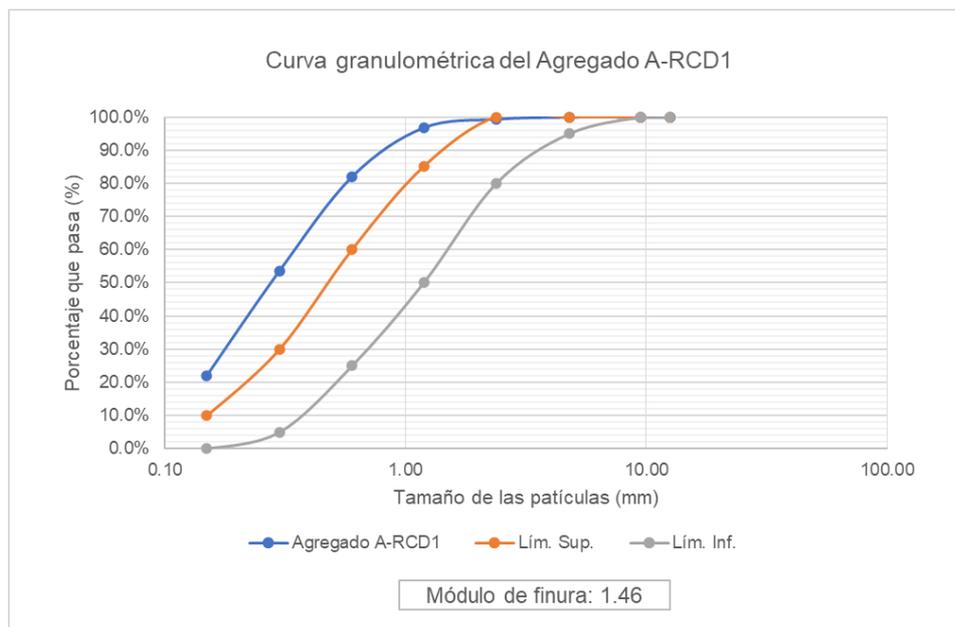
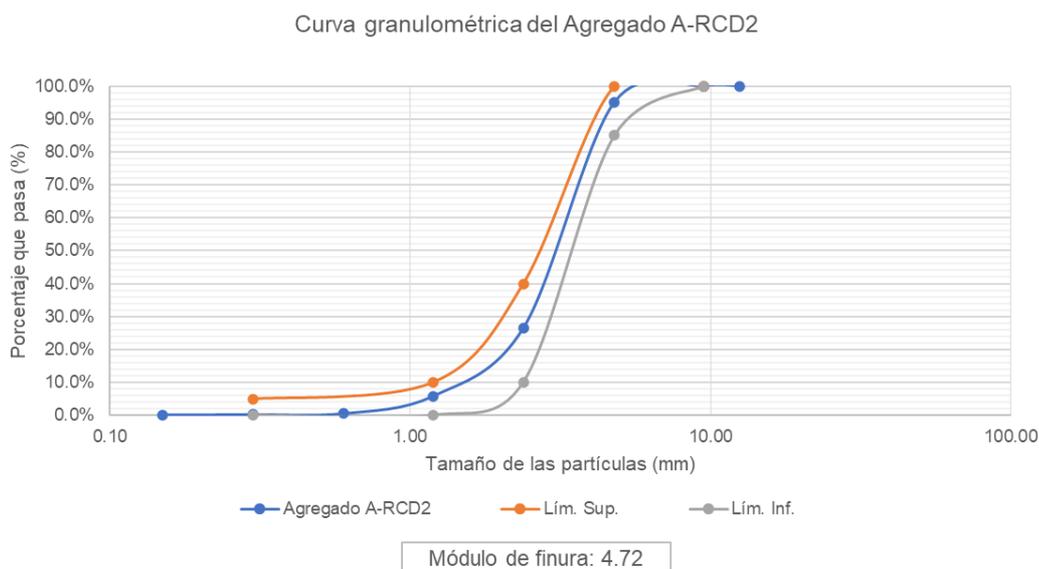


Figura 18: Curva granulométrica del agregado A-RCD1

Por otro lado, el A-RCD2 se ajusta a los porcentajes de material retenido que se indica en la NTP 400.037 para agregados finos, según se puede observar en la Figura 19. También se observa que en las mallas de mayor abertura existe un porcentaje mayor de partículas que pasan, por tal motivo, el módulo de finura presenta un valor de 4.72, tratándose de un agregado con una porción de partículas de mayor tamaño a lo indicado en la NTP 400.037.



**Figura 19: Curva granulométrica del agregado A-RCD2**

Luego de analizar los parámetros evaluados a los agregados reciclados, observamos que el MF de los agregados A-RCA2 y A-RCD2, que son los agregados utilizados para el reemplazo en los diseños de mezcla formulados, muestran valores cercanos. Por otro lado, no se observa similitudes en las curvas granulométricas de ambos agregados, ya que, por un lado, el A-RCA2 presenta el mayor porcentaje de material retenido por encima de la malla N° 8 (2.36 mm), mientras que los porcentajes del A-RCD2 que pasan por las mallas van más acorde a lo establecido por la NTP 400.037.

## 4.2. Ensayos de los Adoquines

Los resultados de los ensayos de dimensiones, absorción y resistencia a la compresión de los adoquines que se presentarán y discutirán a continuación se encuentran en los Anexo 6.

#### 4.2.1. Variación de dimensiones de los adoquines

Para analizar la variación de dimensiones de cada muestra ensayada se ha elaborado la Tabla 13, donde los valores resultantes iguales o por debajo del valor máximo indicado en la NTP 399.611 han sido resaltados con color amarillo, mientras que aquellos valores de diferencia de dimensiones que no han cumplido con la norma se han dejado sin resaltar. En cuanto al largo, todas las muestras del diseño 1 y 2 estuvieron dentro de la tolerancia máxima, mientras que en el diseño 3 ninguna cumplió este requisito, estando todas las muestras por debajo de los 200 mm esperados. Por otro lado, solo 4 muestras tuvieron una variación de su anchura conforme a la norma, todas las demás muestras resultaron tener un ancho por debajo a lo esperado. Por último, todas las muestras del diseño 3 y una muestra del diseño 2 tuvieron una diferencia de dimensiones de espesor igual o por debajo de lo indicado en la norma. En resumen, ninguna muestra tuvo, de manera simultánea, un largo, un ancho y un espesor cuya diferencia de dimensiones se ajuste al requisito normativo, solo las muestras M1, M4, M5, M6 Y M8 tuvieron 2 de algunas de sus 3 dimensiones dentro de los parámetros exigidos por la NTP 399.611.

**Tabla 13: Variación de las dimensiones de los adoquines ensayados de acuerdo con el diseño de mezcla al que pertenecen**

| Diseño    | Muestra | Dimensiones (mm) |       |         | Diferencia de dimensiones (mm) resultante |       |         | Tolerancia dimensional máx. (mm) según NTP 399.611 |       |         |
|-----------|---------|------------------|-------|---------|---|-------|---------|--|-------|---------|
|           |         | Largo            | Ancho | Espesor | Largo                                     | Ancho | Espesor | Largo  | Ancho | Espesor |
| <b>D1</b> | M1      | 200              | 101   | 47      | 0   | 1     | 7       | ±1.6   | ±1.6  | ±3.2    |
|           | M2      | 199              | 97    | 48      | -1  | -3    | 8       | ±1.6   | ±1.6  | ±3.2    |
|           | M3      | 201              | 98    | 50      | 1   | -2    | 10      | ±1.6   | ±1.6  | ±3.2    |
| <b>D2</b> | M4      | 201              | 100   | 47      | 1   | 0     | 7       | ±1.6   | ±1.6  | ±3.2    |
|           | M5      | 200              | 99    | 46      | 0   | -1    | 6       | ±1.6   | ±1.6  | ±3.2    |
|           | M6      | 201              | 97    | 43      | 1   | -3    | 3       | ±1.6   | ±1.6  | ±3.2    |
| <b>D3</b> | M7      | 198              | 98    | 43      | -2  | -2    | 3       | ±1.6   | ±1.6  | ±3.2    |
|           | M8      | 196              | 100   | 43      | -4  | 0     | 3       | ±1.6   | ±1.6  | ±3.2    |
|           | M9      | 197              | 97    | 43      | -3  | -3    | 3       | ±1.6   | ±1.6  | ±3.2    |

Las diferencias de dimensiones pudieron haber sido originados porque el molde presentó medidas inexactas o porque la acción mecánica que se genera al retirar el molde de la mezcla no es óptima, produciendo una deformación de los adoquines. Sin embargo, se descarta la primera posibilidad, ya que, luego de realizar una medición al largo y ancho del molde, se

observó que presentó las medidas correctas. Por tal motivo, y debido a la experiencia recogida durante la fabricación de los adoquines, se presume que la diferencia de dimensiones haya sido ocasionada por una deficiencia de la máquina adoquinera para retirar la parte superior e inferior del molde al momento de retirar los adoquines recién fabricados.

#### 4.2.2. Absorción de agua

En la Tabla 14 se presentan los resultados del ensayo de absorción de agua, donde se puede observar que todas las muestras de los 3 diseños superaron el valor máximo de absorción exigido por la NTP 399.611, tanto en sus valores unitarios como promedios. Se sabe que los agregados reciclados de RCD, por su naturaleza, contribuyen a que el concreto resultante presente tasas de absorción de agua más alto que un agregado convencional fabricado con agregados naturales (Karthik O *et al.*, 2007).

**Tabla 14: Comparación de los resultados de absorción de agua con los valores de la NTP 399.611 para adoquines Tipo I**

| Diseño | Muestra | Absorción (%) Resultante |          | Absorción (%) NTP 399.611 |          |
|--------|---------|--------------------------|----------|---------------------------|----------|
|        |         | Individual               | Promedio | Individual                | Promedio |
| D1     | M1      | 10.6                     |          | 7.5                       |          |
|        | M2      | 9                        | 9.8      | 7.5                       | 6.0      |
|        | M3      | 9.8                      |          | 7.5                       |          |
| D2     | M1      | 10.7                     |          | 7.5                       |          |
|        | M2      | 8.3                      | 9.5      | 7.5                       | 6.0      |
|        | M3      | 9.6                      |          | 7.5                       |          |
| D3     | M1      | 9.5                      |          | 7.5                       |          |
|        | M2      | 10.3                     | 9.9      | 7.5                       | 6.0      |
|        | M3      | 9.8                      |          | 7.5                       |          |

#### 4.2.3. Resistencia a la compresión

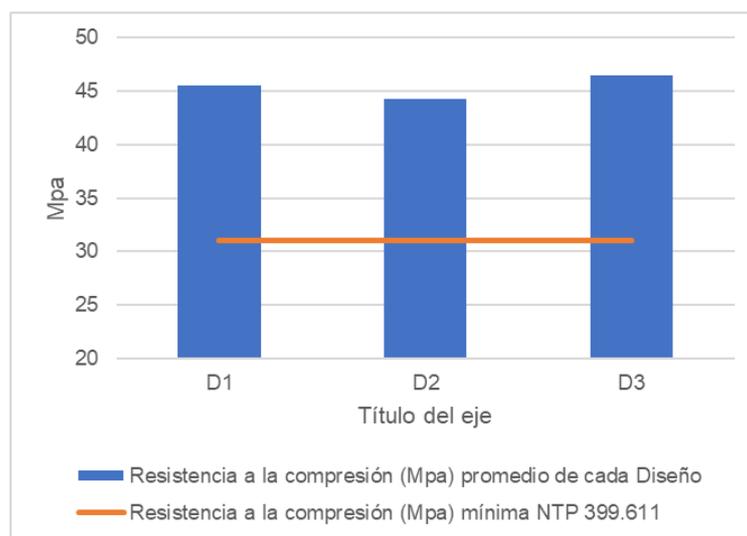
La resistencia a la compresión (RC) es el principal parámetro de evaluación para una unidad de concreto. Los resultados que se muestran en la Tabla 15 nos indican que todas las unidades de adoquines ensayadas estuvieron por encima de lo mínimo exigido por la NTP

399.611, tanto en sus valores unitarios como en los promedios de 3 unidades, conforme a indicado en la Figura 20.

**Tabla 15: Resultados de la Resistencia a la compresión en Mpa**

| Diseño    | Muestra | RC individual mín. (Mpa) | RC individual mín. NTP 399.611 (Mpa) | RC promedio mín. (Mpa) | RC Promedio mín. NTP 399.611 (Mpa) |
|-----------|---------|--------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| <b>D1</b> | M1      | 44.5                     | 28                                   | 45.5                   | 31                                 |
|           | M2      | 47.0                     | 28                                   |                        |                                    |
|           | M3      | 45.1                     | 28                                   |                        |                                    |
| <b>D2</b> | M4      | 45.2                     | 28                                   | 44.2                   | 31                                 |
|           | M5      | 42.3                     | 28                                   |                        |                                    |
|           | M6      | 45.1                     | 28                                   |                        |                                    |
| <b>D3</b> | M7      | 46.8                     | 28                                   | 46.5                   | 31                                 |
|           | M8      | 45.5                     | 28                                   |                        |                                    |
|           | M9      | 47.1                     | 28                                   |                        |                                    |

El Diseño 2 obtuvo un valor menor de resistencia a la compresión que el Diseño 1. Sin embargo, el Diseño 3 obtuvo un valor mayor que ambos diseños. Estos resultados no mostraron que exista una relación clara entre el incremento de contenido de agregado de RCA y el incremento en el valor de la resistencia a la compresión.



**Figura 20: Resistencia a la compresión mínima exigida por la NTP 399.611 vs. las muestras ensayadas**

## V. CONCLUSIONES

1. El Diseño 2 (40% de reemplazo de A-RCA2) fue el que mejores resultados obtuvo en los 3 parámetros evaluados en comparación al Diseño 1 y al Diseño 3.
2. Todos los Diseños de mezcla superaron la absorción máxima exigida por la NTP 399.611, concluyendo que los adoquines fabricados no cumplieron con este requisito técnico.
3. Todos los ensayos de resistencia a la compresión superaron el valor mínimo exigido por la NTP 399.611, confirmando que los agregados producidos a partir de la trituración de residuos de concha de abanico tienen alto potencial como materia prima para la fabricación de materiales pre fabricados para la construcción, en reemplazo de agregados reciclados de residuos de la construcción y demolición.
4. Las partículas gruesas del agregado de RCA, presentó una estructura de extremos muy agudos y laminares, a diferencia los agregados de RCD o de fuente natural, cuyas partículas son más homogéneas y circulares. Esta característica originó que la trabajabilidad de la mezcla sea menos eficiente a medida que aumentaba el contenido de agregado de RCA en los diseños de mezcla.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Realizar mayores ensayos de laboratorio a los agregados de RCA, como peso volumétrico suelto, pero volumétrico compactado, peso específico y absorción de agua, con la finalidad de realizar una mejor comparación con los agregados naturales y/o reciclados de RCD.
2. Utilizar una trituradora especial para las conchas de abanico, con el objetivo de homogenizar y reducir la porción de partículas angulares y laminares.
3. Realizar ensayos de contenido de materia orgánica a las conchas de abanico luego de ser lavadas, con el objetivo de conocer si existe presencia de este tipo de elementos que posteriormente puedan afectar las propiedades mecánicas del concreto.
4. Ensayar los adoquines en un tiempo máximo de 28 días, según indica la normativa técnica.
5. Fabricar los adoquines en una máquina con mayor precisión, con la finalidad de no tener tanta variación en las medidas finales.
6. Los agregados reciclados de concha de abanico denominados como A-RCA1 y A-RCA3 podrían ser introducidos en otras unidades pre fabricadas de concreto, de acuerdo a un diseño de mezcla óptimo para cumplir con los requisitos físico mecánicos esperados.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Álamo Vásquez, V; Valdivieso Milla, V. 1997. Lista Sistemática de moluscos marinos del Perú. Ed. rev. IMARPE (Instituto del Mar del Perú). Callao, Perú. Consultado el 25 mar. 2019. Recuperado de: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/1436/1/LISTA%20SISTEMATICA%20DE%20MOLUSCO.pdf>.
2. Arenas Cabello, FJ. 2008. Los materiales de construcción y el medio ambiente. Centro Informático Científico de Andalucía. Consultado el 14 mar. 2019. Recuperado de: [https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03\\_materiales.html#2a](https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html#2a).
3. Arévalo Gonzáles, V; Ávalos Mezones, A; Garavito Pachas, K; López Yarlequé, C; Raymond Jochamowitz, JP; Torres Bazán, I. 2015. Diseño y localización de Planta de producción de bloques y adoquines de concreto a partir de garbancillo residual. Tesis Ing. Industrial. Piura, Perú, UDEP. Consultado el 22 de abr. 2019. Recuperado de: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2340/PYT\\_Informe\\_Final\\_Garbancillo%20Residual.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2340/PYT_Informe_Final_Garbancillo%20Residual.pdf?sequence=1).
4. Batalha Batista, B; Turatti Silva, HR; Egert, P; Marcondes, LT; Dos Santos, MV. 2008. “Bloco Verde”: reaproveitamento de residuos da construo civil e de conchas de ostras e mariscos. *In* Congreso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente (1, 2008, Bento Goncalves – RS, Brasil). Consultado 10 mar. 2019. Recuperado de: [https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=43&ano=\\_primeiro](https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=43&ano=_primeiro).

5. Cano Maquiña, LA. 2004. Análisis biológico y económico del engorde de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en cultivo suspendido a diferentes densidades en la zona de casma. Tesis Ing. Pesquero. Lima, Perú, UNALM. Consultado el 26 mar. 2019. Recuperado de: <https://epic.awi.de/id/eprint/28586/1/Can2004b.pdf>.
6. Carrillo Siancas, S. 2017. Viabilidad del reciclaje de la concha de abanico en la industria de la construcción. Tesis Master en Dirección y Gestión Empresarial. Piura, Perú, UDEP. Consultado el 25 mar. 2019. Recuperado de: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3274/MAS\\_MDG\\_197.pdf?sequence=2](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3274/MAS_MDG_197.pdf?sequence=2).
7. Castañeda Granda, D. 2017. Análisis de la granulometría de la concha de abanico triturada para su uso como agregados en concretos. Tesis Ing. Civil. Piura, Perú, UDEP. Consultado el 25 mar. 2019. Recuperado de: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3011>.
8. Chu Neyra, SJ. 2019. Impactos ambientales negativos en el proceso primario del cultivo de la concha de abanico *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) en la Bahía de Sechura – Piura – Perú. Tesis Ing. Pesquero. Piura, Perú, UDEP. Consultado el 2 de jul. 2022. Recuperado de: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2249/FIP-CHU-NEY-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
9. Chulle Llenque, WF. 2017. Contaminación de conchas de abanico y efectos en la salud de los pobladores de la zona noreste de Sechura – Piura 2016. Tesis Ing. Ambiental. Piura, Perú, UAP. Resumen. Consultado 26 mar. 2019. Recuperado de: <http://repositorio.uap.edu.pe/handle/uap/6569?mode=full>.
10. Cruzado Ruiz, JL. 2018. Elaboración de ladrillos de 18 huecos tipo IV con residuos de demolición y cemento. Tesis Ing. Agrícola. Lima, Perú, UNALM.

11. Delgado Neyra, PC. 2020. Consideraciones para la elaboración de la estrategia peruana de economía circular en el sector pesquero. Revista de derecho administrativo 19: 313-342. Consultado el 24/10/2022. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8139309>.
12. Flores Salazar, LY; Mazza Callirgos, JS. 2014. Utilización de conchas de abanico como mejoramiento en las propiedades resistentes del concreto. Tesis Ing. Civil. Nuevo Chimbote, Perú, UNS. Consultado el 22 mar. 2019. Recuperado de: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/1912>.
13. Guerra San Martín, S. 2015. Determinación de del módulo de finura de la arena sobre la demanda de agua, la absorción de agua y la resistencia a compresión del hormigón. Tesis Ing. Civil. Valparaíso, Chile. Consultado el 1 mar. 2022. Recuperado de: [http://repositoriobibliotecas.uv.cl/bitstream/handle/uvscl/2788/Guerra%20San%20Mart%c3%adn%2c%20Sihomara%20\\_Determinaci%c3%b3n%20de%20la%20influencia%20del%20m%c3%bdulo%20de%20finura%20de%20la%20arena%20sobre%20la%20demanda%20de%20agua%2c%20la%20absorci%c3%b3n%20de%20agua%20y%20la%20resistencia%20a%20compresi%c3%b3n%20del%20hormig%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositoriobibliotecas.uv.cl/bitstream/handle/uvscl/2788/Guerra%20San%20Mart%c3%adn%2c%20Sihomara%20_Determinaci%c3%b3n%20de%20la%20influencia%20del%20m%c3%bdulo%20de%20finura%20de%20la%20arena%20sobre%20la%20demanda%20de%20agua%2c%20la%20absorci%c3%b3n%20de%20agua%20y%20la%20resistencia%20a%20compresi%c3%b3n%20del%20hormig%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
14. Hung Mo, K; Jhonson Alengaram, U.; Zamin Jumaat, M; Cheng Lee S. 2018. Recycling of seashell waste in concrete: A review. Construction and Building Materials (162): 752-756. Consultado el 26 mar. 2019. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/322195850\\_Recycling\\_of\\_seashell\\_waste\\_in\\_concrete\\_A\\_review#pdf](https://www.researchgate.net/publication/322195850_Recycling_of_seashell_waste_in_concrete_A_review#pdf).
15. INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2006. NTP 399.601: Unidades de Albañilería. Ladrillos de concreto. Lima, Perú. p. 2-3.

16. INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2002. NTP 399.602: Unidades de Albañilería. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos. Revisada el 2015. Lima, Perú. p. 3-4.
17. INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2002. NTP 399.604: Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. Lima, Perú. p. 3-11.
18. INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2010. NTP 399.611: Adoquines para pavimentos. Requisitos. Revisada el 2015. Lima, Perú. p. 6-7.
19. INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2018. NTP 400.037: Agregados. Agregados para concreto. Requisitos. Lima, Perú. p. 8-9.
20. INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2018. NTP 400.012: Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, Perú. p. 9.
21. Nguyen, DH; Boutouil, M; Sebaidi, N; Baraud, F; Leleyter, L. 2017. Durability of pervious concrete using crushed seashells. *Construction and Building Materials* (135): 137-150. Consultado el 26 mar. 2019. Recuperado de: <https://kundoc.com/pdf-durability-of-pervious-concrete-using-crushed-seashells-.html>.
22. Karthik, O; Haejin, K; Colin L. 2007. Crushed returned concrete as aggregates for new concrete. Consultado el 2 de jul. 2022. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/237784033\\_Crushed\\_Returned\\_Concrete\\_as\\_Aggregates\\_for\\_New](https://www.researchgate.net/publication/237784033_Crushed_Returned_Concrete_as_Aggregates_for_New).

23. Olivia, M; Arifandita Mifshella, A; Darmayanti, L. 2015. Mechanical properties of seashell concrete. *Procedia Engineering* (125): 760-764. Consultado el 22 mar. 2019. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581503444X>.
24. Palomino Rivera, AM. 2019. Influencia del módulo de finura del agregado en las propiedades del mortero de cemento. Tesis Ing. Civil. Lima, Perú, UNI. Consultado el 26 jul. 2022. Recuperado de: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/20.500.14076/18237/1/palomino\\_ra.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/20.500.14076/18237/1/palomino_ra.pdf).
25. PRODUCE (Ministerio de la Producción, Perú). 2020. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola. Lima, Perú. Consultado el 25 mar. 2022. Recuperado de: <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/1001-anuario-estadisticoo-pesquero-y-acuicola-2020>.
26. Seminario, R; Chorres, K; Rivas, R; Ruesta, G; Sota, D. 2018. Diseño de una planta productora de adoquines con agregados de concha de abanico. Tesis Ing. Industrial. Piura, Perú, UDEP. Consultado el 20 mar. 2019. Recuperado de: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3836/PYT\\_Informe\\_Final\\_Proyecto\\_ADOQUINES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3836/PYT_Informe_Final_Proyecto_ADOQUINES.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
27. Sodimac, 2019. Adoquín de concreto (en línea, fotografía). Perú. Consultado 25 mar. 2019. Recuperado de: <https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/179604/Adoquin-recto-negro>.
28. Silva, TH; Mesquita-Guimaraes, J; Henriquez, B; Silva, FS; Fredel, MC. 2019. The potencial use of oyster shell waste in new value-added by-product (en línea). *MDPI (Resources)* 8(1), 13: 2. Consultado 21 mar. 2019. Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2079-9276/8/1/13>.

29. UN environment. 2019. En busca de la extracción sostenible de arena (en línea, sitio web). Consultado el 14 mar. 2019. Recuperado de: <https://www.unenvironment.org/es/news-and-stories/reportajes/en-busca-de-la-extraccion-sostenible-de-arena>.
30. Varhen, C; Carrillo, S; Ruiz, G. 2017. Experimental investigation of Peruvian scallop used as fine aggregate in concrete. *Construction and Building Materials* 136(2017): 533-540. Perú, Universidad de Piura.
31. Yoon, GL; Kim, BT; Kim, BO; Han, SH. 2003. Chemical-mechanical characteristics of crushed oyster-shell. *Waste Management* 23(9): 825-834. Consultado el 22 mar. 2019. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Gil\\_Lim\\_Yoon/publication/5399158\\_Chemical-mechanical\\_characteristics\\_of\\_crushed\\_oyster-shell/links/5c39cf17299bf12be3c28f27/Chemical-mechanical-characteristics-of-crushed-oyster-shell.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gil_Lim_Yoon/publication/5399158_Chemical-mechanical_characteristics_of_crushed_oyster-shell/links/5c39cf17299bf12be3c28f27/Chemical-mechanical-characteristics-of-crushed-oyster-shell.pdf).
32. Zapata Lloja, J. 2021. Influencia del porcentaje y módulo de finura de partículas de caucho de neumáticos reciclados sobre la densidad, compresión y asentamiento en un concreto para veredas. Tesis Ing. de materiales. Trujillo, Perú, UNT. Consultado el 26 jul. 2022. Recuperado de: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/17489>.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: FICHA TÉCNICA AGREGADO A-RCD1 DE LA EMPRESA “CICLO”



#### AGREGADO RECICLADO FINO



Fabricado a partir de la segregación, selección y tratamiento de elementos pétreos procedentes de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) en la Planta de reciclaje CICLO.

#### CARACTERÍSTICAS

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| Contenido de humedad     | 0.30%                    |
| Tamaño máximo nominal    | N° 30                    |
| Módulo de finura         | 1.46                     |
| Peso unitario compactado | 1,442 Kg/cm <sup>3</sup> |
| Peso unitario suelto     | 1,264 Kg/cm <sup>3</sup> |
| Absorción                | 4.7%                     |
| Peso específico          | 2.75 gr/cc               |

#### CURVA GANULOMÉTRICA - AGREGADO FINO ASTM C136



## ANEXO 2: FICHA TÉCNICA AGREGADO ARCD2 DE LA EMPRESA “CICLO”



### AGREGADO RECICLADO INTERMEDIO

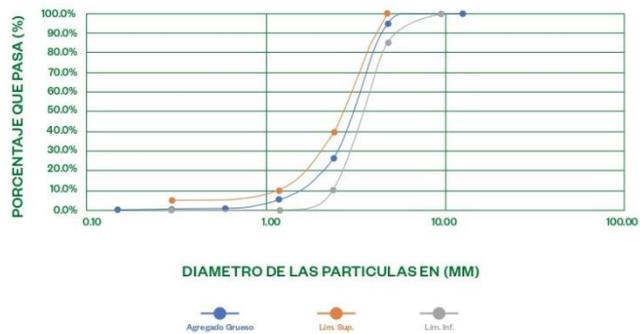


Fabricado a partir de la segregación, selección y tratamiento de elementos pétreos procedentes de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) en la Planta de reciclaje CICLO.

#### CARACTERÍSTICAS

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD     | 0.40%                    |
| TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL    | Nº08                     |
| MÓDULO DE FINURA         | 4.72                     |
| PESO UNITARIO COMPACTADO | 1,274 Kg/cm <sup>3</sup> |
| PESO UNITARIO SUELTO     | 1,162 Kg/cm <sup>3</sup> |
| ABSORCIÓN                | 9.4%                     |
| PESO ESPECÍFICO          | 2.32 gr/cc               |

#### CURVA GANULOMÉTRICA - AGREGADO GRUESO ASTM C136





|  |  |          |                      |
|--|--|----------|----------------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES                        | <b>CERTIFICADO DE ENSAYO<br/>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN</b> | Código   | FOR-PR-LAB-AG-003.01 |
|  |  | Revisión | 2                    |
|  |  | Aprobado | CC-MTL               |
|  |  | Fecha    | 22/06/2021           |
| <b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b><br>ASTM C128 |  |          |                      |

**PROYECTO** : Adoquines de concreto a base de agregado reciclado  
**SOLICITANTE** : MP RECICLA SAC  
**UBICACIÓN** : Distrito de Cieneguilla - Lima  
**EXPEDIENTE N°** : 552

**Cantera** : Material Reciclado de concreto  
**Material** : Agregado fino  
**N° Muestra** : M-01

**Aprobado por:** GCM  
**Ensayado por:** GCM  
**Fecha de ensayo:** 21/04/2022

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA AGREGADOS FINOS**  
ASTM C128

**A) INFORMACIÓN DE LABORATORIO:**

| Punto N° |                                       | P - 1 | P - 2  | P - 3 |
|----------|---------------------------------------|-------|--------|-------|
| 1        | Peso de Muestra Seca                  | gr    | 477.55 |       |
| 2        | Peso de flota + Agua                  | gr    | 968.00 |       |
| 3        | Peso de Flota + Muestra SSS + Agua    | gr    | 973.00 |       |
| 4        | Peso de Muestra SSS                   | gr    | 500.00 |       |
| 8)       | Peso Específico de la Masa (SSS)      | gr/cc | 2.55   |       |
| 9)       | Peso Específico de la Masa (OD)       | gr/cc | 2.44   |       |
| 10)      | Peso Específico de la Masa (Aparente) | gr/cc | 2.75   |       |
| 11)      | Absorción                             | %     | 4.7    |       |

**B) PESO ESPECÍFICO:**

|                                    |       |      |
|------------------------------------|-------|------|
| PESO ESPECÍFICO DE MASA S.S.S      | gr/cc | 2.55 |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA HORNO SECO | gr/cc | 2.44 |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA APARENTE   | gr/cc | 2.75 |

**C) ABSORCIÓN DE AGUA:**

|               |     |
|---------------|-----|
| ABSORCIÓN (%) | 4.7 |
|---------------|-----|

**OBSERVACIONES:**  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

|  |  |   |
|--|--|---|
| <b>Elaborado por:</b><br><br><b>Jefe de Laboratorio</b> | <b>Revisado por:</b><br><br><b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b> | <b>Aprobado por:</b><br><br><b>CONTROL DE CALIDAD</b><br><b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b> |
|--|--|---|

|   |   |          |                      |
|---|---|----------|----------------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES                       | CERTIFICADO DE ENSAYO<br>PESO UNITARIO PARA AGREGADOS | Código   | FOR-PR-LAB-AG-002.01 |
|   |   | Revisión | 2                    |
|   |   | Aprobado | CC-MTL               |
|   |   | Fecha    | 22/08/2021           |
| <b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b><br>ASTM C29 |   |          |                      |

|                      |  |                         |            |
|----------------------|--|-------------------------|------------|
| <b>PROYECTO</b>      | : Adoquines de concreto a base de agregado reciclado |                         |            |
| <b>SOLICITANTE</b>   | : MP RECICLA SAC                                     |                         |            |
| <b>UBICACIÓN</b>     | : Distrito de Cieneguilla - Lima                     |                         |            |
| <b>EXPEDIENTE N°</b> | : 582  |                         |            |
| <b>Cantera</b>       | : Material Reciclado de concreto                     | <b>Aprobado por:</b>    | GCM        |
| <b>Material</b>      | : Agregado fino                                      | <b>Ensayado por:</b>    | GCM        |
| <b>N° Muestra</b>    | : M-01   | <b>Fecha de ensayo:</b> | 21/04/2022 |

**PESO UNITARIO PARA AGREGADOS**  
ASTM C29

**A) PESO UNITARIO COMPACTADO:**

**Método utilizado** Método A (PUC, TMN<1 1/2")  
**Recipiente utilizado** R1 (Pequeño)

| Punto N° |                                 | P - 1             | P - 2   | P - 3   |         |
|----------|---------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|
| 1        | Peso de la Muestra + Recipiente | kg                | 5.33    | 6.34    | 6.34    |
| 2        | Peso del Recipiente             | kg                | 2.36    | 2.36    | 2.36    |
| 3        | Peso de la Muestra              | kg                | 3.98    | 3.98    | 3.98    |
| 4        | Volumen del Molde               | m <sup>3</sup>    | 0.00276 | 0.00276 | 0.00276 |
| 5        | Peso Unitario Compactado        | kg/m <sup>3</sup> | 1440.58 | 1441.87 | 1442.75 |

|  |             |
|--|-------------|
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m<sup>3</sup>)</b> | <b>1442</b> |
|--|-------------|

**B) PESO UNITARIO SUELTO:**

**Método utilizado** Método C (PUS)  
**Recipiente utilizado** R1 (Pequeño)

| Punto N° |                                 | P - 1              | P - 2   | P - 3   |         |
|----------|---------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|
| 1        | Peso de la Muestra + Recipiente | kg                 | 5.85    | 5.85    | 5.85    |
| 2        | Peso del Recipiente             | kg                 | 2.36    | 2.36    | 2.36    |
| 3        | Peso de la Muestra              | kg                 | 3.49    | 3.49    | 3.49    |
| 4        | Volumen del Molde               | cm <sup>3</sup>    | 0.00276 | 0.00276 | 0.00276 |
| 5        | Peso Unitario Compactado        | gr/cm <sup>3</sup> | 1283.41 | 1264.13 | 1263.41 |

|  |             |
|--|-------------|
| <b>PESO UNITARIO SUELTO (kg/m<sup>3</sup>)</b> | <b>1264</b> |
|--|-------------|

**OBSERVACIONES:**  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

|   |  |  |
|---|--|--|
| <br><b>Jefe de Laboratorio</b> | <br><b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b> | <br><b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b> |
|---|--|--|



|   |   |          |                      |
|---|---|----------|----------------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES                       | CERTIFICADO DE ENSAYO<br>PESO UNITARIO PARA AGREGADOS | Código   | FOR-PR-LAB-AG-002.01 |
|   |   | Revisión | 2                    |
|   |   | Aprobado | CC-MTL               |
|   |   | Fecha    | 22/06/2021           |
| <b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b><br>ASTM C29 |   |          |                      |

|                      |  |                         |            |
|----------------------|--|-------------------------|------------|
| <b>PROYECTO</b>      | : Adoquines de concreto a base de agregado reciclado |                         |            |
| <b>SOLICITANTE</b>   | : MP RECICLA SAC                                     |                         |            |
| <b>UBICACIÓN</b>     | : Distrito de Cieneguilla - Lima                     |                         |            |
| <b>EXPEDIENTE N°</b> | : 552  |                         |            |
| <b>Cantera</b>       | : Material Reciclado de concreto                     | <b>Aprobado por:</b>    | GCM        |
| <b>Material</b>      | : Agregado Medio                                     | <b>Ensayado por:</b>    | GCM        |
| <b>N° Muestra</b>    | : M-01   | <b>Fecha de ensayo:</b> | 21/04/2022 |

**PESO UNITARIO PARA AGREGADOS**  
ASTM C29

**A) PESO UNITARIO COMPACTADO:**

**Método utilizado** Método A (PUC, TMN<1 1/2")  
**Recipiente utilizado** R1 (Pequeño)

| Punto N° |                                 | P - 1             | P - 2   | P - 3   |         |
|----------|---------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|
| 1        | Peso de la Muestra + Recipiente | kg                | 5.87    | 5.88    | 5.86    |
| 2        | Peso del Recipiente             | kg                | 2.36    | 2.36    | 2.36    |
| 3        | Peso de la Muestra              | kg                | 3.51    | 3.52    | 3.52    |
| 4        | Volumen del Molde               | m <sup>3</sup>    | 0.00276 | 0.00276 | 0.00276 |
| 5        | Peso Unitario Compactado        | kg/m <sup>3</sup> | 1272.10 | 1274.64 | 1276.09 |

|  |             |
|--|-------------|
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m<sup>3</sup>)</b> | <b>1274</b> |
|--|-------------|

**B) PESO UNITARIO SUELTO:**

**Método utilizado** Método C (PUS)  
**Recipiente utilizado** R1 (Pequeño)

| Punto N° |                                 | P - 1              | P - 2   | P - 3   |         |
|----------|---------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|
| 1        | Peso de la Muestra + Recipiente | kg                 | 5.54    | 5.54    | 5.54    |
| 2        | Peso del Recipiente             | kg                 | 2.36    | 2.36    | 2.36    |
| 3        | Peso de la Muestra              | kg                 | 3.18    | 3.18    | 3.18    |
| 4        | Volumen del Molde               | cm <sup>3</sup>    | 0.00276 | 0.00276 | 0.00276 |
| 5        | Peso Unitario Compactado        | gr/cm <sup>3</sup> | 1151.09 | 1152.90 | 1153.26 |

|  |             |
|--|-------------|
| <b>PESO UNITARIO SUELTO (kg/m<sup>3</sup>)</b> | <b>1152</b> |
|--|-------------|

**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>Elaborado por:</b>   | <b>Revisado por:</b>   | <b>Aprobado por:</b>  |
| <br><b>Jefe de Laboratorio</b> | <br><b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b> | <br><b>CONTROL DE CALIDAD</b><br><b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b> |

|  |  |          |                      |
|--|--|----------|----------------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES                        | <b>CERTIFICADO DE ENSAYO<br/>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN</b> | Código   | FOR-PR-LAB-AG-003.01 |
|  |  | Revisión | 2                    |
|  |  | Aprobado | CC-MTL               |
|  |  | Fecha    | 22/06/2021           |
| <b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b><br>ASTM C128 |  |          |                      |

|                      |  |                         |            |
|----------------------|--|-------------------------|------------|
| <b>PROYECTO</b>      | : Adoquines de concreto a base de agregado reciclado |                         |            |
| <b>SOLICITANTE</b>   | : MP RECICLA SAC                                     |                         |            |
| <b>UBICACIÓN</b>     | : Distrito de Clenegulla - Lima                      |                         |            |
| <b>EXPEDIENTE N°</b> | : 552  |                         |            |
| <b>Cantera</b>       | : Material Reciclado de concreto                     | <b>Aprobado por:</b>    | GCM        |
| <b>Material</b>      | : Agregado Medio                                     | <b>Ensayado por:</b>    | GCM        |
| <b>N° Muestra</b>    | : M-01   | <b>Fecha de ensayo:</b> | 21/04/2022 |

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA AGREGADOS FINOS**  
ASTM C128

**A) INFORMACIÓN DE LABORATORIO:**

| Punto N° |                                       | P - 1 | P - 2  | P - 3 |
|----------|---------------------------------------|-------|--------|-------|
| 1        | Peso de Muestra Seca                  | gr    | 457.04 |       |
| 2        | Peso de fiola + Agua                  | gr    | 666.00 |       |
| 3        | Peso de Fiola + Muestra SSS + Agua    | gr    | 926.90 |       |
| 4        | Peso de Muestra SSS                   | gr    | 500.00 |       |
| 8)       | Peso Especifico de la Masa (SSS)      | gr/cc | 2.08   |       |
| 9)       | Peso Especifico de la Masa (OD)       | gr/cc | 1.90   |       |
| 10)      | Peso Especifico de la Masa (Aparente) | gr/cc | 2.32   |       |
| 11)      | Absorción                             | %     | 9.4    |       |

**B) PESO ESPECÍFICO:**

|                                    |       |      |
|------------------------------------|-------|------|
| PESO ESPECÍFICO DE MASA S.S.S      | gr/cc | 2.08 |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA HORNO SECO | gr/cc | 1.90 |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA APARENTE   | gr/cc | 2.32 |

**C) ABSORCIÓN DE AGUA:**

|               |     |
|---------------|-----|
| ABSORCIÓN (%) | 9.4 |
|---------------|-----|

**OBSERVACIONES:**  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

|   |   |  |
|---|---|--|
| <br><b>Elaborado por:</b><br>Jefe de Laboratorio | <b>Revisado por:</b><br><br>MTL GEOTECNIA S.A.C.<br>Ingeniero de Suelos y Pavimentos | <b>Aprobado por:</b><br><br>MTL GEOTECNIA SAC<br>CONTROL DE CALIDAD<br>Control de Calidad MTL GEOTECNIA |
|---|---|--|

# ANEXO 5: ENSAYOS DE LABORATORIO DEL A-RCA2



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
 Engineering  
 Technology  
 Accreditation  
 Commission

---

**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : MP RECICLA S.A.C.  
**Obra** : CIENEGUILLA - CICLO  
**Ubicación** : CIENEGUILLA  
**Asunto** : Ensayo de Granulometría en Agregados  
**Expediente N°** : 22-0018  
**Recibo N°** : 76494  
**Fecha de emisión** : 06/01/2022

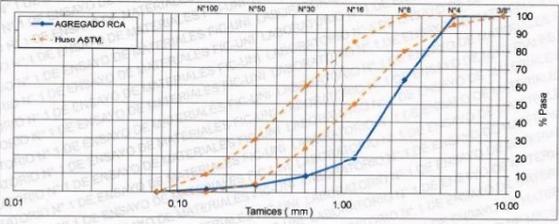
**1. DE LA MUESTRA** : AGREGADO RCA, procedente de la cantera CIENEGUILLA  
**2. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 400.012 2021.  
 Procedimiento interno AT-PR-24.  
**3. RESULTADOS** :

**3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

| TAMIZ  |      | %RET | %RET ACUM. | % PASA | % PASA.<br>ASTM C 33<br>HUSO AGR. FINO |
|--------|------|------|------------|--------|--|
| (Pulg) | (mm) |      |            |        |  |
| 3/8"   | 9.50 | 0.0  | 0.0        | 100.0  | 100                                    |
| N°4    | 4.75 | 0.1  | 0.1        | 99.9   | 95 - 100                               |
| N°8    | 2.36 | 36.5 | 36.6       | 63.4   | 80 - 100                               |
| N°16   | 1.18 | 44.1 | 80.7       | 19.3   | 50 - 85                                |
| N°30   | 0.60 | 10.0 | 90.7       | 9.3    | 25 - 60                                |
| N°60   | 0.30 | 5.2  | 95.9       | 4.1    | 5 - 30                                 |
| N°100  | 0.15 | 2.5  | 98.4       | 1.6    | 0 - 10                                 |
| FONDO  |      | 1.6  | 100.0      | 0.0    | 0                                      |

MÓDULO DE FINURA : 4.02

**3.2. CURVA GRANULOMÉTRICA**



**4. OBSERVACIONES** : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.  
 Hecho por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Tec. M.M.Q.



  
 Ing. Rafael Cachay Huamán  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

---

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo  
 de Materiales - UNI



## ANEXO 6: ENSAYOS DE LABORATORIO ADOQUINES



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
 Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

---

### INFORME

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : MP RECICLA SAC  
**Obra** : CIENEGUILLA - CICLO  
**Ubicación** : CIENEGUILLA  
**Asunto** : Ensayo de Absorción en Adoquines de Arcilla Cocida.  
**Expediente N°** : 22-0019-1(1)  
**Recibo N°** : 74633  
**Fecha de emisión** : 14/01/2022

---

**1.0. DE LA MUESTRA** : Adoquines de concreto con agregado reciclado - RCAD3, identificados y proporcionados por el solicitante.

**2.0. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 399.604:2002 Revisada el 2015. Procedimiento interno AT-PR-02.

**3.0. RESULTADOS** : Fecha de ensayo el 13 de Enero del 2022

| MUESTRA    | ABSORCIÓN (%) |
|------------|---------------|
| RCA D3 - 1 | 9.5           |
| RCA D3 - 2 | 10.3          |
| RCA D3 - 3 | 9.8           |
| PROMEDIO = | 9.9           |

**4.0. OBSERVACIONES :** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.  
Técnico : Sres. E.G.V./C.G.A.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES  
REVISADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Oscar Miranda Hospital  
Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

---

**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

[www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)  
[lem@uni.edu.pe](mailto:lem@uni.edu.pe)  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : MP RECICLA SAC  
**Obra** : CIENEGUILLA - CICLO  
**Ubicación** : CIENEGUILLA  
**Asunto** : Ensayo de Absorción en Adoquines de Arcilla Cocida.  
**Expediente N°** : 22-0019-6(1)  
**Recibo N°** : 74633  
**Fecha de emisión** : 17/01/2022

**1.0. DE LA MUESTRA** : Adoquines de concreto con agregado reciclado - RCA D1, identificados y proporcionados por el solicitante.  
**2.0. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 399.604:2002 Revisada el 2015. Procedimiento interno AT-PR-02.  
**3.0. RESULTADOS** : Fecha de ensayo el 13 de Enero del 2022

| MUESTRA    | ABSORCIÓN (%) |
|------------|---------------|
| RCA D1 - 1 | 10.6          |
| RCA D1 - 2 | 9.0           |
| RCA D1 - 3 | 9.8           |
| PROMEDIO = | 9.8           |

**4.0. OBSERVACIONES :** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.  
 Técnico : Sres. E.G.V./C.G.A.



Ing. Oscar Miranda Hospina  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : MP RECICLA SAC  
**Obra** : CIENEGUILLA - CICLO  
**Ubicación** : CIENEGUILLA  
**Asunto** : Ensayo de Absorción en Adoquines de Arcilla Cocida.  
**Expediente N°** : 22-0019-7(1)  
**Recibo N°** : 74633  
**Fecha de emisión** : 17/01/2022

**1.0. DE LA MUESTRA** : Adoquines de concreto con agregado reciclado - RCA D2, identificados y proporcionados por el solicitante.

**2.0. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 399.604:2002 Revisada el 2015. Procedimiento interno AT-PR-02.

**3.0. RESULTADOS** : Fecha de ensayo el 13 de Enero del 2022

| MUESTRA    | ABSORCIÓN (%) |
|------------|---------------|
| RCA D2 - 1 | 10.7          |
| RCA D2 - 2 | 8.3           |
| RCA D2 - 3 | 9.6           |
| PROMEDIO = | 9.5           |

**4.0. OBSERVACIONES :** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.  
 Técnico : Sres. E.G.V./C.G.A.



Ing. Oscar Miranda Hospital  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : MP RECICLA SAC  
**Obra** : CIENEGUILLA - CICLO  
**Ubicación** : CIENEGUILLA  
**Asunto** : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Adoquines de Concreto.  
**Expediente N°** : 22-0019-1(2)  
**Recibo N°** : 74633  
**Fecha de emisión** : 17/01/2022

- 1.0. DE LA MUESTRA** : Adoquines de concreto con agregado reciclado - RCAD3, identificados y proporcionados por el solicitante.
- 2.0. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO  
 Certificado de calibración CMC-049-2021
- 3.0. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 399.611:2017 y NTP 399.604:2002 Revisados el 2015.  
 Procedimiento interno AT-PR-09.
- 4.0. RESULTADOS** : Fecha de ensayo 17 de Enero 2022.

| MUESTRAS   | MASA DE LA MUESTRA (g) | DIMENSIONES (mm) |       |        | ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> ) | CARGA DE ROTURA (Kg) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa) |
|------------|------------------------|------------------|-------|--------|-------------------------------|----------------------|---|-----------------------------------|
|            |                        | LARGO            | ANCHO | ALTURA |                               |                      |   |                                   |
| RCA D3 - 1 | 1630.9                 | 198              | 98    | 43     | 194                           | 90000                | 464   | 46.8                              |
| RCA D3 - 2 | 1602.1                 | 196              | 100   | 43     | 196                           | 88300                | 451   | 45.5                              |
| RCA D3 - 3 | 1636.3                 | 197              | 97    | 43     | 191                           | 89200                | 467   | 47.1                              |
| PROMEDIO = |                        |                  |       |        |                               |                      | 460.4   | 46.5                              |

**5.0. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.  
 Técnico : Sr. R.V.M.



Ing. Oscar Miranda Hospital  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : MP RECICLA SAC  
 Obra : CIENEGUILLA - CICLO  
 Ubicación : CIENEGUILLA  
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Adoquines de Concreto.  
 Expediente N° : 22-0019-6(2)  
 Recibo N° : 74633  
 Fecha de emisión : 17/01/2022

- 1.0. DE LA MUESTRA** : Adoquines de concreto con agregado reciclado - RCA D1, identificados y proporcionados por el solicitante.
- 2.0. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO  
 Certificado de calibración CMC-049-2021
- 3.0. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 399.611:2017 y NTP 399.604:2002 Revisados el 2015.  
 Procedimiento interno AT-PR-09.
- 4.0. RESULTADOS** : Fecha de ensayo 17 de Enero 2022.

| MUESTRAS   | MASA DE LA MUESTRA (g) | DIMENSIONES (mm) |       |        | ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> ) | CARGA DE ROTURA (Kg) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa) |
|------------|------------------------|------------------|-------|--------|-------------------------------|----------------------|---|-----------------------------------|
|            |                        | LARGO            | ANCHO | ALTURA |                               |                      |   |                                   |
| RCA D1 - 1 | 1820.5                 | 200              | 101   | 47     | 202                           | 89000                | 441   | 44.5                              |
| RCA D1 - 2 | 2043.3                 | 199              | 97    | 48     | 193                           | 90000                | 466   | 47.0                              |
| RCA D1 - 3 | 1850.5                 | 201              | 98    | 50     | 197                           | 88100                | 447   | 45.1                              |
| PROMEDIO = |                        |                  |       |        |                               |                      | 451.4   | 45.5                              |

**5.0. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.  
 Técnico : Sres. E.G.V./C.G.A.



*[Signature]*  
 Ing. Oscar Miranda Hospinal  
 Jefe (e) del laboratorio



NOTAS:  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : MP RECICLA SAC  
 Obra : CIENEGUILLA - CICLO  
 Ubicación : CIENEGUILLA  
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Adoquines de Concreto.  
 Expediente N° : 22-0019-7(2)  
 Recibo N° : 74633  
 Fecha de emisión : 17/01/2022

- 1.0. DE LA MUESTRA : Adoquines de concreto con agregado reciclado - RCA D2, identificados y proporcionados por el solicitante.
- 2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO  
 Certificado de calibración CMC-049-2021
- 3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.611:2017 y NTP 399.604:2002 Revisados el 2015.  
 Procedimiento interno AT-PR-09.
- 4.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo 14 de Enero 2022.

| MUESTRAS   | MASA DE LA MUESTRA (g) | DIMENSIONES (mm) |       |        | ÁREA BRUTA (cm²) | CARGA DE ROTURA (Kg) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa) |
|------------|------------------------|------------------|-------|--------|------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
|            |                        | LARGO            | ANCHO | ALTURA |                  |                      |                                      |                                   |
| RCA D2 - 1 | 1814.4                 | 201              | 100   | 47     | 201              | 90000                | 448                                  | 45.2                              |
| RCA D2 - 2 | 1783.6                 | 200              | 99    | 46     | 198              | 83000                | 419                                  | 42.3                              |
| RCA D2 - 3 | 1565.4                 | 201              | 97    | 43     | 195              | 87200                | 447                                  | 45.1                              |
| PROMEDIO = |                        |                  |       |        |                  |                      | 438.1                                | 44.2                              |

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.  
 Técnico : Sres. E.G.V./C.G.A.



*[Signature]*  
 Ing. Oscar Miranda Hospital  
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



## ANEXO 7: FICHA TÉCNICA CEMENTO PÓRTLAND TIPO I MARCA “SOL”



### FICHA TÉCNICA /

## CEMENTO SOL

#### DESCRIPCIÓN:

- Es un cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de clinker y yeso.

#### BENEFICIOS:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en *shotcrete*.
- Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- Buena trabajabilidad.

#### USOS:

- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

#### FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:

- *Bolsas de 42.5 kg*: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- *Granel*: A despacharse en camiones bombonas y *big bags*.



### RECOMENDACIONES /

#### DOSIFICACIÓN:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

#### MANIPULACIÓN:

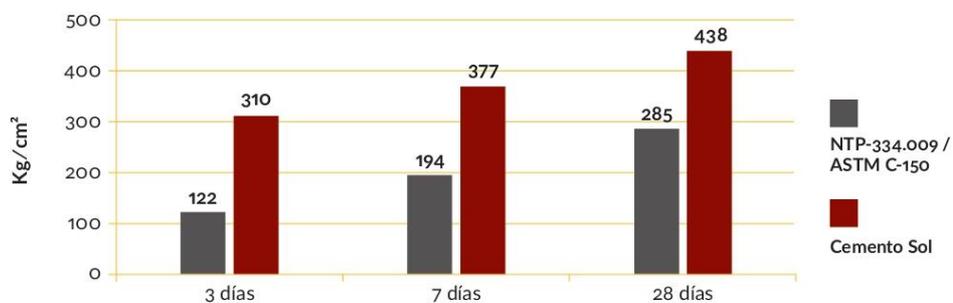
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

#### ALMACENAMIENTO:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno.

## REQUISITOS MECÁNICOS /

### COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO SOL



## PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS /

| Parámetro                             | Unidad             | Cemento Sol | Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150 |
|---------------------------------------|--------------------|-------------|-------------------------------------|
| Contenido de aire                     | %                  | 6.62        | Máximo 12                           |
| Expansión autoclave                   | %                  | 0.08        | Máximo 0.80                         |
| Superficie específica                 | m <sup>2</sup> /kg | 336         | Mínimo 260                          |
| Densidad                              | g/ml               | 3.12        | No específica                       |
| <b>Resistencia a la compresión</b>    |                    |             |                                     |
| Resistencia a la compresión a 3 días  | kg/cm <sup>2</sup> | 310         | Mínimo 122                          |
| Resistencia a la compresión a 7 días  | kg/cm <sup>2</sup> | 377         | Mínimo 194                          |
| Resistencia a la compresión a 28 días | kg/cm <sup>2</sup> | 438         | Mínimo 285*                         |
| <b>Tiempo de fraguado</b>             |                    |             |                                     |
| Fraguado Vicat inicial                | min                | 127         | Mínimo 45                           |
| Fraguado Vicat final                  | min                | 305         | Máximo 375                          |
| <b>Composición química</b>            |                    |             |                                     |
| MgO                                   | %                  | 2.93        | Máximo 6.0                          |
| SO <sub>3</sub>                       | %                  | 3.00        | Máximo 3.5                          |
| Pérdida al fuego                      | %                  | 1.92        | Máximo 3.5                          |
| Residuo insoluble                     | %                  | 0.7         | Máximo 1.5                          |
| <b>Fases mineralógicas</b>            |                    |             |                                     |
| C <sub>2</sub> S                      | %                  | 11.9        | No específica                       |
| C <sub>3</sub> S                      | %                  | 54.2        | No específica                       |
| C <sub>3</sub> A                      | %                  | 10.1        | No específica                       |
| C <sub>4</sub> AF                     | %                  | 9.7         | No específica                       |

\*Requisito opcional