



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DEL PORCELANATO RECICLADO COMO REEMPLAZO DE LOS AGREGADOS SOBRE ASENTAMIENTO, COMPRESIÓN, ABSORCIÓN, DENSIDAD Y POROSIDAD EN EL CONCRETO, TRUJILLO 2021

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Gerson Sebastian Velasquez Paredes

Asesor:

Ms. Ing. Wiston Azañedo Medina

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mi madre quien es fuente de inspiración, guía y apoyo incondicional durante las diferentes etapas de este proceso universitario.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi mayor agradecimiento a Dios, por las bendiciones derramada a lo largo de mi vida, por iluminar y guiar mis pasos día a día en el trayecto de mi vida y culminar exitosamente mi vida universitaria.

A familiares y amistades, por su incondicional apoyo y comprensión durante mi formación profesional.

Al Ms. Ing. Wiston Azañedo Medina, asesor de tesis, quien ha sido parte de esta investigación, por sus sabios consejos, enriquecedoras experiencias, orientación y motivación en cada etapa de la presente tesis.

Agradezco de manera especial al Ing. Iván Vásquez Alfaro que lidera el grupo de investigación ACIMAT, por su disposición y colaboración en el desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE DE GENERAL

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO.....	2
ÍNDICE DE GENERAL.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	14
RESUMEN.....	16
ABSTRACT.....	17
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	18
1.1. Realidad Problemática.....	18
1.1.1. Antecedentes.....	22
1.1.2. Bases Teóricas.....	27
1.2. Formulación de Problema.....	49
1.3. Objetivos.....	49
1.3.1. Objetivo General.....	49
1.3.2. Objetivos Específicos.....	49
1.4. Hipótesis.....	50
1.4.1. Hipótesis General.....	50
1.4.2. Hipótesis específicas.....	51
1.5. Variables.....	55
1.5.1. Sistema de Variables.....	55
1.5.2. Operacionalización de Variables Dependientes.....	57
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	58
2.1. Tipo de investigación.....	58
2.2. Población y Muestra.....	59
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	65
2.4. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.....	98
2.5. Aspectos éticos.....	105

<i>CAPÍTULO III. RESULTADOS</i>	106
3.1. <i>Caracterización de la materia prima</i>	106
3.1.1. <i>Agregados</i>	107
3.1.2. <i>Agua</i>	146
3.2. <i>Diseño de mezcla</i>	151
3.3. <i>Obtención de porcelanato reciclado</i>	159
3.4. <i>Elaboración de probetas cilíndricas</i>	162
3.5. <i>Propiedades del concreto</i>	163
3.5.1. <i>Propiedades del Concreto en Estado Fresco</i>	163
3.5.2. <i>Propiedades del Concreto en Estado Endurecido</i>	171
3.6. <i>Costos</i>	222
3.6.1. <i>Análisis de costo para un concreto patrón</i>	224
3.6.2. <i>Análisis de costo para un concreto que reemplaza al agregado grueso por porcelanato reciclado triturado</i>	224
3.6.3. <i>Análisis de costo para un concreto que reemplaza al agregado fino por porcelanato reciclado molido</i>	231
 <i>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</i>	 237
4.1. <i>Discusión</i>	237
4.2. <i>Conclusiones</i>	239
 <i>REFERENCIAS</i>	 242
 <i>ANEXOS</i>	 247

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Clasificación del asentamiento del concreto fresco</i>	29
<i>Tabla 2: Porcentajes típicos de los óxidos componentes del clínker</i>	33
<i>Tabla 3: Porcentaje típicos de los compuestos químicos principales del cemento</i>	34
<i>Tabla 4: Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico</i>	39
<i>Tabla 5: Requisitos granulométricos del agregado fino</i>	41
<i>Tabla 6: Requisitos granulométricos del agregado grueso</i>	42
<i>Tabla 7: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado</i>	43
<i>Tabla 8: Composición del porcelanato en % de peso</i>	44
<i>Tabla 9: Hipótesis General</i>	50
<i>Tabla 10: Hipótesis específica 01</i>	51
<i>Tabla 11: Hipótesis específica 02</i>	51
<i>Tabla 12: Hipótesis específica 03</i>	52
<i>Tabla 13: Hipótesis específica 04</i>	52
<i>Tabla 14: Hipótesis específica 05</i>	53
<i>Tabla 15: Hipótesis específica 06</i>	53
<i>Tabla 16: Hipótesis específica 07</i>	54
<i>Tabla 17: Hipótesis específica 08</i>	54
<i>Tabla 18: Hipótesis específica 09</i>	55
<i>Tabla 19: Hipótesis específica 10</i>	55
<i>Tabla 20: Operacionalización de la Variable Independiente</i>	56
<i>Tabla 21: Operacionalización de Variables Dependientes</i>	57
<i>Tabla 22: Matriz de diseño experimental para estado fresco</i>	62
<i>Tabla 23: Matriz de diseño experimental para estado endurecido</i>	63
<i>Tabla 24: Ensayo granulométrico del agregado fino</i>	69
<i>Tabla 25: Recolección de datos de la composición granulométrica de la muestra fina</i>	70
<i>Tabla 26: Ensayo granulométrico del agregado grueso</i>	71
<i>Tabla 27: Recolección de datos de la composición granulométrica de la muestra</i>	71
<i>Tabla 28: Contenido de Humedad</i>	72
<i>Tabla 29: Volumen del molde para peso unitario suelto y compactado de los agregados</i>	73
<i>Tabla 30: Densidad del Agua</i>	73
<i>Tabla 31: Peso unitario suelto y compactado de los agregados</i>	74
<i>Tabla 32: Gravedad específica y absorción – Agregado Grueso</i>	76
<i>Tabla 33: Gravedad específica y absorción – Agregado Fino</i>	77
<i>Tabla 34: Peso Mínimo de la Muestra con TMN</i>	79
<i>Tabla 35: Partículas chatas y alargadas</i>	79
<i>Tabla 36: Durabilidad de Sulfatos - Agregado Grueso</i>	81
<i>Tabla 37: Durabilidad de Sulfatos - Agregado Fino</i>	81
<i>Tabla 38: Gradación por Número de Esferas</i>	82
<i>Tabla 39: Granulometría por Tipo de Gradación</i>	82

Tabla 40: Resistencia a la Abrasión.....	83
Tabla 41: Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica	84
Tabla 42: Resistencia requerida para definir la desviación estándar	88
Tabla 43: Relación agua/cemento sobre la resistencia promedio	89
Tabla 44: Cantidades de agua de mezcla en el concreto (l/m ³).....	90
Tabla 45: Volumen del agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto.....	91
Tabla 46: Resistencia a la Compresión	96
Tabla 47: Asentamiento del Concreto	97
Tabla 48: Absorción, Densidad y Porosidad	98
Tabla 49: Resumen de la caracterización del agregado grueso y porcelanato triturado.....	106
Tabla 50: Resumen de la caracterización del agregado fino y porcelanato molido	107
Tabla 51: Ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 1	108
Tabla 52: Composición de la Muestra.....	108
Tabla 53: Ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 2	109
Tabla 54: Composición de la muestra.....	110
Tabla 55: Ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 3	111
Tabla 56: Composición de la muestra.....	111
Tabla 57: Ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 1	112
Tabla 58: Composición de la muestra.....	113
Tabla 59: Ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 2	114
Tabla 60: Composición de la muestra.....	114
Tabla 61: Ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 3	115
Tabla 62: Composición de la muestra.....	116
Tabla 63: Ensayo granulométrico del porcelanato molido – Muestra 1	117
Tabla 64: Composición de la muestra.....	117
Tabla 65: Ensayo granulométrico del porcelanato molido – Muestra 2	118
Tabla 66: Composición de la muestra.....	119
Tabla 67: Ensayo granulométrico del porcelanato molido – Muestra 3	120
Tabla 68: Composición de la muestra.....	120
Tabla 69: Ensayo granulométrico del porcelanato triturado – Muestra 1	121
Tabla 70: Composición de la muestra.....	122
Tabla 71: Ensayo granulométrico del porcelanato triturado – Muestra 2	123
Tabla 72: Composición de la muestra.....	123
Tabla 73: Ensayo granulométrico del porcelanato triturado – Muestra 3	124
Tabla 74: Composición de la muestra.....	125
Tabla 75: Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso	130
Tabla 76: Ensayo de contenido de humedad del agregado fino.....	131
Tabla 77: Ensayo de contenido de humedad del porcelanato reciclado triturado	131
Tabla 78: Ensayo de contenido de humedad del porcelanato reciclado molido.....	131
Tabla 79: Análisis estadístico del ensayo de contenido de humedad	132
Tabla 80: Volumen del molde para peso unitario suelto y compactado de los agregados.....	133

<i>Tabla 81: Ensayo de peso unitario suelto y compactado – Agregado grueso.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 82: Ensayo de peso unitario suelto y compactado – Agregado fino.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 83: Ensayo de peso unitario suelto y compactado – Porcelanato Reciclado Triturado.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 84: Ensayo de peso unitario suelto y compactado – Porcelanato Reciclado Molido</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 85: Ensayo de peso unitario suelto y compactado</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 86: Ensayo de peso específico y absorción – Agregado Fino</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 87: Ensayo de peso específico y absorción – Agregado Grueso</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 88: Ensayo de peso específico y absorción – Porcelanato Reciclado Molido.....</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 89: Ensayo de peso específico y absorción – Porcelanato Reciclado Triturado.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 90: Análisis estadístico de ensayo de peso específico y absorción</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 91: Clasificación de los agregados, según su peso específico.....</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 92: Ensayo de partículas chatas y alargadas – Agregado Grueso.....</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 93: Ensayo de partículas chatas y alargadas – Porcelanato Reciclado Triturado.....</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 94: Ensayo de durabilidad a los sulfatos – Agregado Grueso</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 95: Ensayo de durabilidad a los sulfatos – Agregado Fino.....</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 96: Ensayo de durabilidad a los sulfatos – Porcelanato Reciclado Triturado.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 97: Ensayo de durabilidad a los sulfatos – Porcelanato Reciclado Molido.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 98: Limite máximos de sulfatos</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 99: Ensayo de resistencia a la abrasión</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 100: Clasificación del agregado y porcelanato según su forma y textura</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 101: Parámetros de evaluación del agua.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 102: Absorbancia del agua</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 103: Resistencia requerida para definir la desviación estándar</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 104: Relación agua/cemento sobre la resistencia promedio</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 105: Cantidades de agua de mezcla en el concreto (l/m³).....</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 106: Volumen del agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto.....</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 107: Dosificación corregida por m³</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 108: Diseño de mezcla patrón para un metro cúbico de concreto</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 109: Dosificación para diez probetas patrón adicionando desperdicio.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 110: Cantidad de insumos total en el concreto patrón.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 111: Distribución de la cantidad de insumos reemplazando porcelanato reciclado triturado en la elaboración de concreto</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 112: Cantidad de insumos total en el concreto reemplazando porcelanato reciclado triturado</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 113: Distribución de la cantidad de insumos reemplazando porcelanato reciclado molido en la elaboración de concreto</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 114: Cantidad de insumos total en el concreto reemplazando porcelanato reciclado molido..</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 115: Cantidad total de insumos total en la elaboración del concreto reemplazando porcelanato reciclado</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 116: Distribución de probetas para su elaboración.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 117: Asentamiento reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso</i>	<i>165</i>

<i>Tabla 118: Análisis estadístico del asentamiento reemplazando porcelanato triturado por agregado grueso.....</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 119: Asentamiento reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 120: Análisis estadístico del asentamiento reemplazando porcelanato molido por agregado fino</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 121: F'c a 28 días de curado reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino</i>	<i>172</i>
<i>Tabla 122: Análisis estadístico F'c a 28 días de curado reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino.....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 123: F'c a 28 días de curado reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 124: Análisis estadístico de F'c a 28 días de curado reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso</i>	<i>179</i>
<i>Tabla 125: F'c a 56 días de curado reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 126: Análisis estadístico de F'c a 56 días de curado reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino</i>	<i>186</i>
<i>Tabla 127: F'c a 56 días de curado reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso</i>	<i>189</i>
<i>Tabla 128: Análisis estadístico de F'c a 56 días de curado reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso</i>	<i>192</i>
<i>Tabla 129: Absorción, densidad y porosidad; reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino.....</i>	<i>198</i>
<i>Tabla 130: Análisis estadístico de absorción reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino.....</i>	<i>200</i>
<i>Tabla 131: Análisis estadístico de densidad reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino.....</i>	<i>202</i>
<i>Tabla 132: Análisis estadístico de porosidad reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino.....</i>	<i>205</i>
<i>Tabla 133: Absorción, densidad y porosidad; reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso</i>	<i>207</i>
<i>Tabla 134: Análisis estadístico de absorción reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso.....</i>	<i>210</i>
<i>Tabla 135: Análisis estadístico de densidad reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso.....</i>	<i>213</i>
<i>Tabla 136: Análisis estadístico de porosidad reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso</i>	<i>216</i>
<i>Tabla 137: Costo del transporte de recolección del porcelanato reciclado</i>	<i>222</i>
<i>Tabla 138: Costo del chancado y zarandeo del porcelanato molido</i>	<i>223</i>
<i>Tabla 139: Costo del chancado y zarandeo del porcelanato triturado.....</i>	<i>223</i>
<i>Tabla 140: Costo de concreto convencional por m³</i>	<i>224</i>
<i>Tabla 141: Costo de concreto con 5 % porcelanato triturado y 95 % piedra chancada</i>	<i>225</i>
<i>Tabla 142: Costo de concreto con 10 % porcelanato triturado y 90 % piedra chancada</i>	<i>225</i>

<i>Tabla 143: Costo de concreto con 15 % porcelanato triturado y 85 % piedra chancada</i>	<i>226</i>
<i>Tabla 144: Costo de concreto con 20 % porcelanato triturado y 80 % piedra chancada</i>	<i>226</i>
<i>Tabla 145: Costo de concreto con 25 % porcelanato triturado y 75 % piedra chancada</i>	<i>227</i>
<i>Tabla 146: Costo de concreto con 30 % porcelanato triturado y 70 % piedra chancada</i>	<i>227</i>
<i>Tabla 147: Costo de concreto con 35 % porcelanato triturado y 65 % piedra chancada</i>	<i>228</i>
<i>Tabla 148: Costo de concreto con 40 % porcelanato triturado y 60 % piedra chancada</i>	<i>228</i>
<i>Tabla 149: Costo de concreto con 45 % porcelanato triturado y 55 % piedra chancada</i>	<i>229</i>
<i>Tabla 150: Costo de concreto con 50 % porcelanato triturado y 50 % piedra chancada</i>	<i>229</i>
<i>Tabla 151: Costo de concreto con 55 % porcelanato triturado y 45 % piedra chancada</i>	<i>230</i>
<i>Tabla 152: Costo de concreto con 60 % porcelanato triturado y 40 % piedra chancada</i>	<i>230</i>
<i>Tabla 153: Costo de concreto con 5 % porcelanato molido y 95 % agregado fino</i>	<i>232</i>
<i>Tabla 154: Costo de concreto con 10 % porcelanato molido y 90 % agregado fino</i>	<i>232</i>
<i>Tabla 155: Costo de concreto con 15 % porcelanato molido y 85 % agregado fino</i>	<i>233</i>
<i>Tabla 156: Costo de concreto con 20 % porcelanato molido y 80 % agregado fino</i>	<i>233</i>
<i>Tabla 157: Costo de concreto con 25 % porcelanato molido y 75 % agregado fino</i>	<i>234</i>
<i>Tabla 158: Costo de concreto con 30 % porcelanato molido y 70 % agregado fino</i>	<i>234</i>
<i>Tabla 159: Costo de concreto con 35 % porcelanato molido y 65 % agregado fino</i>	<i>235</i>
<i>Tabla 160: Costo de concreto con 40 % porcelanato molido y 60 % agregado fino</i>	<i>235</i>
<i>Tabla 161: Pruebas de normalidad de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando el agregado fino por porcelanato molido.....</i>	<i>247</i>
<i>Tabla 162: Pruebas de normalidad de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado.....</i>	<i>248</i>
<i>Tabla 163: Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando el agregado fino por porcelanato molido.....</i>	<i>249</i>
<i>Tabla 164: Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado.....</i>	<i>249</i>
<i>Tabla 165: Anova de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando el agregado fino por porcelanato molido.....</i>	<i>250</i>
<i>Tabla 166: Anova de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado.....</i>	<i>250</i>
<i>Tabla 167: Prueba de contraste de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando agregado fino por porcelanato molido.....</i>	<i>251</i>
<i>Tabla 168: Pruebas de normalidad de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado.....</i>	<i>252</i>
<i>Tabla 169: Pruebas de normalidad de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando el agregado fino por porcelanato molido.....</i>	<i>253</i>
<i>Tabla 170: Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado.....</i>	<i>254</i>
<i>Tabla 171: Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando el agregado fino por porcelanato molido.....</i>	<i>254</i>

<i>Tabla 172: Anova de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando el agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>255</i>
<i>Tabla 173: Anova de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>255</i>
<i>Tabla 174: Prueba de contraste de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>256</i>
<i>Tabla 175: Prueba de contraste de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>257</i>
<i>Tabla 176: Pruebas de normalidad de absorción reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>258</i>
<i>Tabla 177: Pruebas de normalidad de absorción reemplazando el agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>259</i>
<i>Tabla 178: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>260</i>
<i>Tabla 179: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>260</i>
<i>Tabla 180: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de absorción reemplazando porcelanato triturado</i>	<i>261</i>
<i>Tabla 181: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>263</i>
<i>Tabla 182: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>263</i>
<i>Tabla 183: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de absorción reemplazando porcelanato molido</i>	<i>264</i>
<i>Tabla 184: Pruebas de normalidad de densidad reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>265</i>
<i>Tabla 185: Pruebas de normalidad de densidad reemplazando el agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>266</i>
<i>Tabla 186: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>267</i>
<i>Tabla 1877: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>267</i>
<i>Tabla 188: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de densidad reemplazando porcelanato triturado</i>	<i>268</i>
<i>Tabla 189: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>270</i>
<i>Tabla 190: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>270</i>
<i>Tabla 191: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de densidad reemplazando porcelanato molido</i>	<i>271</i>

<i>Tabla 192: Pruebas de normalidad de porosidad reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>272</i>
<i>Tabla 193: Pruebas de normalidad de porosidad reemplazando el agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>273</i>
<i>Tabla 194: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>274</i>
<i>Tabla 195: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>274</i>
<i>Tabla 196: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de porosidad reemplazando porcelanato triturado</i>	<i>275</i>
<i>Tabla 197: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>277</i>
<i>Tabla 198: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>277</i>
<i>Tabla 199: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de porosidad reemplazando porcelanato molido</i>	<i>278</i>
<i>Tabla 200: Pruebas de normalidad de slump reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>279</i>
<i>Tabla 201: Pruebas de normalidad de slump reemplazando el agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>280</i>
<i>Tabla 202: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>281</i>
<i>Tabla 203: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>281</i>
<i>Tabla 204: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de slump reemplazando porcelanato triturado</i>	<i>282</i>
<i>Tabla 205: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>284</i>
<i>Tabla 206: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido</i>	<i>284</i>
<i>Tabla 207: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de slump reemplazando porcelanato molido</i>	<i>285</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Cemento Tipo ICo de la empresa Pacasmayo</i>	36
<i>Figura 2: Composición del porcelanato en % de peso</i>	45
<i>Figura 3: Aplicación del porcelanato según su transitabilidad</i>	47
<i>Figura 4: Escala de MOHS</i>	48
<i>Figura 5: Diseño de investigación</i>	58
<i>Figura 6: Dimensiones de las probetas cilíndricas</i>	59
<i>Figura 7: Circuito de procedimiento experimental</i>	66
<i>Figura 8: Dispositivo de Calibración Proporcional</i>	78
<i>Figura 9: Calibrador de Partículas Lajeadas y Alargadas</i>	78
<i>Figura 10: Métodos de Dosificación</i>	88
<i>Figura 11: Test de Normalidad</i>	102
<i>Figura 12: Curva del ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 1</i>	109
<i>Figura 13: Curva del ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 2</i>	110
<i>Figura 14: Curva del ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 3</i>	112
<i>Figura 15: Curva del ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 1</i>	113
<i>Figura 16: Curva del ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 2</i>	115
<i>Figura 17: Curva del ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 3</i>	116
<i>Figura 18: Curva del ensayo granulométrico del porcelanato molido – Muestra 1</i>	118
<i>Figura 19: Curva del ensayo granulométrico del porcelanato molido – Muestra 2</i>	119
<i>Figura 20: Curva del ensayo granulométrico del porcelanato molido – Muestra 3</i>	121
<i>Figura 21: Curva del ensayo granulométrico del porcelanato triturado – Muestra 1</i>	122
<i>Figura 22: Curva del ensayo granulométrico del porcelanato triturado – Muestra 2</i>	124
<i>Figura 23: Curva del ensayo granulométrico del porcelanato triturado – Muestra 3</i>	125
<i>Figura 24: Curva granulométrica promedio del agregado grueso</i>	126
<i>Figura 25: Curva granulométrica promedio del porcelanato triturado</i>	127
<i>Figura 26: Curva granulométrica promedio del agregado fino</i>	127
<i>Figura 27: Curva granulométrica promedio del porcelanato molido reciclado</i>	128
<i>Figura 28: Cantidad de material fino que pasa la malla N° 200</i>	128
<i>Figura 29: Contenido de humedad de agregados</i>	132
<i>Figura 30: Gráfica de PUSS y PUCS</i>	135
<i>Figura 31: Peso específico del concreto</i>	138
<i>Figura 32: Absorción del concreto</i>	139
<i>Figura 33: Desgaste superficial por abrasión</i>	140
<i>Figura 34: Ensayo de durabilidad utilizando solución de sulfato de magnesio</i>	144
<i>Figura 35: Gráfica de absorbancia del agua</i>	149
<i>Figura 36: Porcentajes de los componentes del concreto patrón por m3</i>	158
<i>Figura 37: Asentamiento del concreto reemplazando porcelanato triturado</i>	167
<i>Figura 38: Asentamiento del concreto reemplazando porcelanato molido</i>	170
<i>Figura 39: Resistencia a la compresión a 28 días</i>	183

<i>Figura 40: Resistencia a la compresión a 56 días</i>	<i>195</i>
<i>Figura 41: Comportamiento de las partículas de cemento en su proceso de hidratación</i>	<i>197</i>
<i>Figura 42: Absorción del concreto reemplazando porcelanato reciclado</i>	<i>219</i>
<i>Figura 43: Porosidad del concreto reemplazando porcelanato reciclado</i>	<i>220</i>
<i>Figura 44: Densidad del concreto reemplazando porcelanato reciclado</i>	<i>221</i>
<i>Figura 45: Costo de producción por m3 de concreto reemplazando porcelanato reciclado triturado</i>	<i>231</i>
<i>Figura 46: Costo de producción por m3 de concreto reemplazando porcelanato reciclado molido ...</i>	<i>236</i>
<i>Figura 47: Recolección de residuos de cerámicos</i>	<i>291</i>
<i>Figura 48: Molienda y obtención del porcelanato reciclado molido</i>	<i>291</i>
<i>Figura 49: Trituración y selección del porcelanato reciclado triturado</i>	<i>292</i>
<i>Figura 50: Análisis granulométrico del agregado y porcelanato reciclado</i>	<i>292</i>
<i>Figura 51: Concreto patrón</i>	<i>293</i>
<i>Figura 52: Concreto reemplazando agregado fino por porcelanato reciclado</i>	<i>293</i>
<i>Figura 53: Concreto reemplazando agregado grueso por porcelanato triturado</i>	<i>293</i>
<i>Figura 54: Elaboración de probetas cilíndricas de 10 cm x 20 cm</i>	<i>293</i>
<i>Figura 55: Desmolde y codificación de probetas cilíndricas.</i>	<i>294</i>
<i>Figura 56: Ensayo de resistencia a la compresión</i>	<i>294</i>

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1: Módulo de finura Agregado Fino</i>	69
<i>Ecuación 2: Contenido de Humedad</i>	72
<i>Ecuación 3: Volumen del molde para peso unitario</i>	72
<i>Ecuación 4: Peso unitario suelto</i>	74
<i>Ecuación 5: Peso Unitario Compactado</i>	74
<i>Ecuación 6: Peso específico de la grava</i>	75
<i>Ecuación 7: Peso específico superficialmente seco de la grava</i>	75
<i>Ecuación 8: Peso específico aparente de la grava</i>	75
<i>Ecuación 9: Absorción de la grava</i>	75
<i>Ecuación 10: Peso específico de la arena</i>	77
<i>Ecuación 11: Peso específico superficialmente seco de la arena</i>	77
<i>Ecuación 12: Peso específico aparente de la arena</i>	77
<i>Ecuación 13: Absorción de la arena</i>	77
<i>Ecuación 14: Porcentaje de partículas chatas y alargadas</i>	80
<i>Ecuación 15: Pérdida Total de la Durabilidad a los Sulfatos</i>	81
<i>Ecuación 16: Pérdida Corregida de la Durabilidad a los Sulfatos</i>	81
<i>Ecuación 17: Coeficiente de Desgaste de los Ángeles</i>	83
<i>Ecuación 18: Concentración de Masa del Ion Sulfato</i>	85
<i>Ecuación 19: Concentración de Cloruros</i>	86
<i>Ecuación 20: Concentración de Sólidos Totales en Suspensión</i>	87
<i>Ecuación 21: Cantidad de Cemento (kg/m³)</i>	90
<i>Ecuación 22: Volumen absoluto (cemento, agregado y agua)</i>	91
<i>Ecuación 23: Volumen absoluto del aire atrapado</i>	91
<i>Ecuación 24: Volumen absoluto de la arena</i>	92
<i>Ecuación 25: Cantidad de arena (kg/m³)</i>	92
<i>Ecuación 26: Corrección por humedad de los agregados (fino y grueso)</i>	92
<i>Ecuación 27: Contribución de agua del agregado (kg/m³)</i>	92
<i>Ecuación 28: Contribución de agua de la arena (kg/m³)</i>	93
<i>Ecuación 29: Agua de mezcla corregida (l/m³)</i>	93
<i>Ecuación 30: Dosificación de cada material (m³)</i>	93
<i>Ecuación 31: Resistencia a la Compresión de una Probeta Cilíndrico (kg/cm²)</i>	95
<i>Ecuación 32: Absorción de una probeta cilíndrica (%)</i>	97
<i>Ecuación 33: Densidad de una probeta cilíndrica (kg/m³)</i>	97
<i>Ecuación 34: Porosidad de una probeta cilíndrica (%)</i>	97
<i>Ecuación 35: Media Aritmética</i>	99
<i>Ecuación 36: Varianza</i>	100
<i>Ecuación 37: Desviación Estándar</i>	101
<i>Ecuación 38: Coeficiente de Variación</i>	101
<i>Ecuación 39: Cantidad de Cemento (kg/m³)</i>	154

<i>Ecuación 40: Cantidad de (kg/m³).....</i>	<i>155</i>
<i>Ecuación 41: Volumen absoluto (cemento, agregado y agua)</i>	<i>155</i>
<i>Ecuación 42: Volumen absoluto del aire atrapado.....</i>	<i>155</i>
<i>Ecuación 43: Volumen absoluto de la arena.....</i>	<i>156</i>
<i>Ecuación 44: Cantidad de arena (kg/m³)</i>	<i>156</i>
<i>Ecuación 45: Corrección por humedad de los agregados (fino y grueso).....</i>	<i>156</i>
<i>Ecuación 46: Contribución de agua del agregado (kg/m³).....</i>	<i>157</i>
<i>Ecuación 47: Contribución de agua de la arena (kg/m³).....</i>	<i>157</i>
<i>Ecuación 48: Agua de mezcla corregida (l/m³).....</i>	<i>157</i>
<i>Ecuación 49: Dosificación de cada material (m³).....</i>	<i>158</i>

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo determinar la influencia del porcelanato reciclado como reemplazo de los agregados en el concreto en la ciudad de Trujillo.

Se aplicó una investigación según su diseño: experimental y según su nivel: explicativa, para lo cual se elaboró de un concreto estructural reemplazando los agregados por el porcelanato reciclado de a través de la sustitución porcentual en función del peso de estos, evaluando las propiedades del concreto en estado fresco como es la trabajabilidad a través del ensayo de Slump que mide el asentamiento (NTP 339.035) y en estado endurecido: resistencia a la compresión a 28 y 56 días (NTP 339.034), densidad, absorción y porosidad (NTP 339.187).

Se obtuvieron los resultados para un concreto patrón sin reemplazo alguno: un asentamiento de 10.27 cm, una resistencia de la compresión a 28 días de 270 kg/cm², a 56 días 284 kg/cm², asimismo una densidad de 2221 kg/m³, porosidad de 11.90 % y absorción de 5.34 %. Para el concreto que reemplazó el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado, incrementó el asentamiento a 21.70 cm, disminuyó: la resistencia de la compresión a 28 días en 209 kg/cm², la resistencia de la compresión a 56 días en 216 kg/cm², la densidad a 2140 kg/m³, la porosidad a 9.52 % y la absorción a 4.44 %; mientras que para el concreto que reemplazó el agregado fino por porcelanato reciclado molido, se incrementó: la resistencia a la compresión de 28 días a 312 kg/cm², la resistencia a la compresión de 56 días a 328 kg/cm²; disminuyó: el asentamiento a 3.70 cm, la densidad 2208 kg/m³, la porosidad a 9.14 % y la absorción a 4.13%.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, absorción, densidad, porosidad, trabajabilidad.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of recycled porcelain as a replacement for aggregates in concrete in the city of Trujillo.

An investigation was applied according to its design: experimental and according to its level: explanatory, for which a structural concrete was elaborated replacing the aggregates with recycled porcelain through the percentage substitution based on their weight, evaluating the properties of the concrete in fresh state such as workability through the Slump test that measures slump (NTP 339.035) and in hardened state: compressive strength at 28 and 56 days (NTP 339.034), density, absorption and porosity (NTP 339.187) .

The results were obtained for a standard concrete without any replacement: a settlement of 10.27 cm, a compression resistance at 28 days of 270 kg/cm², at 56 days 284 kg/cm², also a density of 2221 kg/m³, porosity of 11.90 % and absorption of 5.34 %. For the concrete that replaced the coarse aggregate with crushed recycled porcelain, the slump increased to 21.70 cm, decreased: the 28 day compression strength by 209 kg / cm², the 56 day compression strength by 216 kg/cm², the density at 2140 kg/m³, the porosity at 9.52 % and the absorption at 4.44 %; while for the concrete that replaced the fine aggregate with ground recycled porcelain, the following increased: the compressive strength from 28 days to 312 kg/cm², the compressive strength from 56 days to 328 kg/cm²; decreased: settlement at 3.70 cm, density 2208 kg/m³, porosity at 9.14 % and absorption at 4.13 %.

Keywords: Compressive strength, absorption, density, porosity, workability.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El concreto se ha convertido en el material más utilizado en la industria de la construcción a nivel mundial. Al día de hoy la arquitectura e ingeniería siguen haciendo uso del concreto debido a que dicho material está en constante estudio e innovación. Estudios más profundos han permitido obtener nuevas aplicaciones y por lo tanto se han producido nuevas variedades que se encuentran lejos de aquellas propiedades que se le atribuían en su día al concreto, como concretos translucidos, celulares, aligerados, flexibles; sin embargo, el reto en nuestros tiempos es conseguir una producción de concreto sostenible, apuntando al reciclaje y la eficiencia. En tal sentido la renovación del concreto al igual que sus componentes y el surgimiento de nuevas expresiones arquitectónicas y retos de ingeniería germinan de las nuevas líneas de investigación con respecto al material y a su producción a nivel mundial (Hernández y Saravia, 2018).

El uso de materiales reciclados de construcción en nuevas obras no es un concepto nuevo debido a que el reciclaje de residuos de construcción y demolición (CDW) se remonta a la época de los romanos, que a menudo reutilizaban las rocas de caminos viejos para la reconstrucción de los nuevos. En Europa, después de la segunda guerra mundial, esta industria del reciclaje se ha consolidado debido al agotamiento de los suministros áridos naturales de buena calidad (Buck, 1977).

En la actualidad, el reciclaje de materiales de construcción es un programa exitoso de investigación apoyado por la comisión europea sobre la gestión de residuos de construcción y demolición. La asociación europea de demolición estima que de los más de 200 millones de toneladas que se producen de residuos anualmente en Europa, 30 % de esta cantidad se encuentra siendo reciclado (Restrepo,2011).

En Asia esta cultura de reciclaje también ha ido en aumento a lo largo de los años, mismo caso para Norteamérica, aunque la última no cuenta con especificaciones claras al respecto. Así, los estudios en esta área muestran grandes diferencias entre países sobre la cantidad de material reciclado a utilizar en mezclas nuevas de concreto. Algunos países en los cuales se dio una adaptación temprana, como Holanda y Bélgica, alcanzan tasas de reciclaje (como reemplazo) hasta 90 % pero en otros países, como Italia y España, la ratio de reemplazo llega a 10% como máximo (Restrepo,2011).

En muchos países, que desde los más industrializados tales como Holanda o Dinamarca, u otros países en vías de desarrollo como es el Perú, experimentalmente a partir de las buenas prácticas ambientales se podrá tener un ahorro de recursos

naturales desde el punto de vista ambiental, el reciclaje de escombro es bastante atractivo porque aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios y los botaderos de cielo abierto para luego evitar la degradación de los recursos naturales no renovables; pero desde punto de vista económico, el concreto reciclado resulta muy atractivo cuando el producto es competitivo, de calidad y de menor costo (Bedoya C., 2003).

En Perú, el reciclaje de desechos de la construcción viene especificado por un grupo de normas que establecen los requisitos necesarios para el manejo adecuado de los mismos. Este grupo de especificaciones son encabezadas por la norma técnica peruana NTP 400.050. Manejo de residuos de la actividad de la construcción. En esta norma, se detalla la clasificación y requerimientos a seguir para reciclar este tipo de residuos y así reducir el impacto negativo que estos puedan generar en el medio ambiente. Según el objetivo de esta investigación, es preciso mencionar la norma peruana que se refiere directamente al reciclaje del concreto y su uso como material granular (agregado) en mezclas nuevas de concreto. La N.T.P. 400.050 clasifica los residuos de la actividad de la construcción y su aprovechamiento de estos mismos, mas en ello no aparece los desperdicios de cerámicos ni el aprovechamiento a darle.

Según Magda (2014), el 70 % del mercado de las construcciones en el país es la autoconstrucción y requiere de cerámicos y porcelanatos para el acabado de sus viviendas, principalmente, para el baño, la cocina y pisos. En Lima se registran las mayores ventas (52 %), pero en provincia no se quedan atrás (42 %), pues se estima que dentro de los próximos dos o tres años, el interior del país sobrepase a la capital. En el país, el mercado de mayólicas y porcelanatos mueve US\$ 350 millones al año, con una producción de 55 millones de metros cuadrados de mayólicas y porcelanato.

La ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad, es uno de los principales consumidores de estos productos, se considera que las ventas alcanzan un 12 % al año.

Según Magda (2014), la utilización de porcelanatos y mayólicas generan un desperdicio del 3 % de la superficie total donde se hará la colocación, por lo que se estima que se tendrá un valor aproximado de desperdicios al año de 198 mil metros cuadrados.

Según Celima (2017) el 5 % considera como desperdicios para los cerámicos por cada metro cuadrado de colocación sobre las superficies a revestir, estos desperdicios pueden ser de sobrantes de recortes o deterioro de las piezas al momento del transporte.

Actualmente, las tecnologías para el reciclaje se implementan ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales en un sentido macro económico y para eliminar de forma eficaz los desechos contribuyendo a la preservación del ambiente.

Por lo tanto, es importante que en nuestro país se tomen acciones para la gestión y minimización de los residuos de cerámicos en las ciudades siguiendo los modelos implementados en otros países desarrollados. Por tal efecto, el concreto juega un papel importante, ya que en él se puede incorporar estos residuos sustituyéndolos por los agregados.

Villarroel (2017) nos manifiesta que evaluó el porcelanato reciclado molido y su dosificación como reemplazo de la arena en la elaboración de mortero para asentado de unidades de albañilería y en la caracterización de las propiedades físicas, el porcelanato reciclado molido en comparación de la arena fina presentó valores más bajos en cuanto al contenido de humedad, peso específico, absorción y peso unitario suelto y compactado.

Asimismo recomienda investigar el uso de aditivos plastificantes, con el fin de brindar mayor trabajabilidad a la mezcla de mortero y ver su influencia en las diversas dosificaciones.

Adicionalmente Rojas (2019) en su investigación de sustituir de manera porcentual los residuos de cerámica molidos por el cemento en la elaboración del concreto, obtuvo datos favorables donde se incrementa la resistencia a la compresión del concreto. También hace mención que para las investigaciones futuras deberían incluir nuevos ensayos, como resistencia a la flexión y tracción.

La limitada información nos hace buscar investigaciones lo más cercanas y con mayor afinidad al tema. En la primera investigación se asemeja en lo mayor posible; mientras que en la segunda y tercera investigación encontramos similitudes entre la cerámica (revestimiento de pisos y paredes) con el cuarzo, ya que ambos están compuestos en su mayoría por sílice al igual que el porcelanato. Lo que concluimos de esas investigaciones es que el empleo de porcelanato si influye con resultados positivos en las propiedades del concreto.

Actualmente en nuestro país, no existe empresa alguna que haya aplicado el modelo de esta investigación de reemplazar porcelanato reciclado por los agregados en la elaboración de concreto.

La contribución a la preservación del medio ambiente es una parte de la ingeniería civil que se puede resolver desde el empleo de materiales reciclados para elaborar concreto reciclado, pues su uso: minimiza la descarga de residuos sólidos que contaminan el medio ambiente, reusar materiales considerados como desecho que no tienen un costo importante propiamente dicho, innova en diseño de materiales para lograr el máximo desempeño mecánico bajo solicitaciones estáticas y dinámicas que permitan mejorar la situación de vida de quienes emplean las edificaciones construidas con estos materiales;

preserva el medio ambiente por evitar contaminación con residuos sólidos, disminuye las emisiones de CO₂ al aire que todos respiramos y evita extracciones innecesarias de las canteras de materiales geológicos conservando la arquitectura del paisaje, y la flora y fauna endémicas.

Cada profesión desde su particular dominio del conocimiento tiene la obligación y responsabilidad moral de contribuir en lo posible en el mejoramiento y preservación del medio ambiente; por lo que el concreto reciclado es un tema de investigación primordial para evitar en lo posible el calentamiento global. Se investiga su diseño, elaboración, durabilidad, desempeño, economía, viabilidad.

Las actuales exigencias de sostenibilidad en la construcción promueven el empleo de materiales que permitan obtener mejoras en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón con un menor impacto ecológico. La utilización de áridos reciclados como sustitución de áridos naturales contribuyen a la protección de recursos naturales no renovables, además a la disminución de los volúmenes de residuos generados y un menor consumo de energía (Villarroel, 2017).

Es por ello que para controlar la calidad del concreto se inicia con el control de los materiales que lo conforman, caracterizando las propiedades físicas entre un árido natural (piedra y arena) y su reemplazo (porcelanato reciclado triturado y molido) de acuerdo a la Norma Técnica Peruana y la influencia de estos mismos ya que de esto depende la obtención de datos a través de los ensayos en estado fresco y endurecido.

La metodología consiste en reemplazar los agregados naturales (grueso y fino) por agregados artificiales provenientes del reciclado (porcelanato triturado y molido) a través de la sustitución porcentual en la elaboración de concreto simple estructural.

Este reemplazo, permite obtener resultados favorables que influyen en la mejora de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, el cual se verifica a través de la comparación de los resultados de los ensayos entre un concreto patrón y un concreto adición de porcelanato como reemplazo de los agregados, explorando hasta hallar el mejor porcentaje de sustitución que cumpla con los parámetros de control de calidad del concreto, tales como: resistencia a la compresión donde se comprobará si cumple con el diseño de mezcla, absorción para determinar su grado de durabilidad y densidad para obtener su masa unitaria, además del asentamiento para medir el grado de trabajabilidad de dicha mezcla.

La presente investigación tiene por finalidad incorporar el uso de un residuo sólido de construcción civil como es el porcelanato, en las mezclas de concreto simple

sustituyendo completamente o en parte a los agregados, para proporcionarle propiedades similares a las de cualquier concreto simple y tratar de mejorarlas en algunos aspectos

De esta manera se estaría cuidando el medio ambiente, enmarcado en la N.T.P. 400.050 Manejo de residuos de la actividad de la construcción, donde se pretende contribuir a disminuir la contaminación ambiental y el impacto ambiental negativo que son producidos por desechos del campo de la construcción civil, aplicando el concepto de desarrollo sostenible se busca que los materiales obtenidos cumplan con los requisitos de calidad y durabilidad que requiere la sociedad.

Por consiguiente, en esta investigación se ha planteado emplear el porcelanato reciclado en estado molido en diferentes porcentajes como sustituto de la arena en el concreto, para emplearlo en la fabricación de bloques, evaluando la resistencia a la compresión (NTP 339.04), asentamiento (NTP 339.035), absorción, y densidad (NTP 339.187).

Las consecuencias de no realizar este estudio conllevan a no fomentar el interés sobre el uso y la desinformación acerca del estudio de los materiales reciclados existentes en el campo de la construcción y su reutilización, cuya ventaja tiene como beneficio ser un aporte para el área de investigación, debido a que existe limitada información al respecto y a la vez sirva como referente para consultas de otras investigaciones en la rama de ingeniería civil y afines.

1.1.1. Antecedentes

Como antecedentes de la presente investigación tenemos las siguientes tesis a Nivel Internacional:

Título: “CARACTERIZACIÓN DEL HORMIGÓN RESULTANTE DE UTILIZAR EL DESECHO DE LA INDUSTRIA CERÁMICA DE LA CIUDAD DE CUENCA COMO AGREGADO GRUESO.”, Mora (2014). Realizó la caracterización físico - mecánica del concreto producido utilizando desechos cerámicos (bizcocho o chamota) de la industria cerámica cuencana como agregado grueso para sustentar técnicamente los campos de aplicación segura dentro de la construcción mediante la comparación con hormigón convencional de 210 kg/cm².

Elaboró dosificaciones para un concreto convencional de 210 kg/cm² y para un concreto donde sustituye el agregado grueso (grava natural) del concreto por grava obtenida de los residuos de la industria cerámica. A las edades de 7 y 28 días se realizaron los ensayos de compresión, flexión, densidad. Los resultados obtenidos muestran que, para el concreto elaborado con el árido cerámico completo obtenido de la trituración, la

densidad disminuyó en un 12 %, la resistencia a compresión ($f'c$) en un 70 %, la resistencia a flexión o módulo de rotura (MR) disminuye en un 44 % en comparación con el concreto convencional, la relación MR/ $f'c$ en el hormigón cerámico es de 0,29 mientras que en los convencional es de 0,17. Para el concreto cerámico elaborado con el árido cerámico sin finos la densidad disminuyó en un 10 % la resistencia a compresión en un 58 %. Por lo tanto debido a las bajas resistencias obtenidas en los hormigones cerámicos y su alta permeabilidad, se concluye que no es viable su uso como hormigón estructural.

Título: “ESTUDIO DEL USO DE MATERIALES RECICLADOS COMO HORMIGONES, CERÁMICAS Y OTROS PRODUCTOS DE DERROCAMIENTO O DESPERDICIO DE OBRA COMO AGREGADOS PARA UN HORMIGÓN.” Bolaños, (2015). Realizó un estudio de caracterización de hormigones elaborados con sustitución de materiales tradicionales, por materiales reciclados que permita generar información certera sobre el uso de materiales reciclados como hormigones, cerámicas y otros productos de derrocamientos como agregados para un hormigón. Elaboró dosificaciones para un concreto convencional de 21 MPa y para concretos donde sustituyen el agregado grueso por residuos provenientes de bloques y cerámicos; además de ladrillos y cerámicos. Se realizó ensayos de resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días, obteniendo los resultados para el concreto convencional: 14.37 MPa, 18.54 MPa y 21.46 MPa; para un concreto con agregado grueso de reemplazo por residuos de bloques y cerámicos: 9.12, 9.90 y 10.86 MPa y para un concreto con agregado grueso reemplazado por desperdicios de ladrillos y cerámicos: 11.23 MPa, 13.35 MPa y 16.16 MPa.

Los áridos de hormigón reciclado cumplen con las especificaciones físico mecánicas para su uso y son aptos para elaborar hormigones de 20 MPa con la presencia de ellos hasta un 30 % de sustitución del árido grueso natural, además lograron obtener un ahorro económico por m³ que se encuentra entre el 20 % - 30 % frente al concreto convencional.

Título: “ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL HORMIGÓN ELABORADO CON CERÁMICOS RECICLADOS COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO GRUESO.”, (Hernández y Saravia, 2018). Identificó la incidencia que provoca la sustitución de desechos de cerámicos triturados como sustituto del agregado grueso en un hormigón diseñado para una resistencia a la compresión de $f'c$: 24 MPa en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón. Consideró la metodología de diseño de mezclas del ACI, cuantificando la proporción de los agregados, contenidos de cemento y agua para alcanzar una resistencia a la compresión promedio requerido de 32,3 MPa, que resulta de sumar el valor medio de resistencias a la compresión de diseño de 24 MPa,

y una desviación estándar de 8,3 MPa. Para determinar las diferentes resistencias que alcanzan según su edad, las roturas se realizaron a los 7 MPa, 14 MPa y 28 MPa días contados desde la fecha de elaboración de la mezcla y los requerimientos estarán entre los 21 MPa y 28 MPa para estructuras comerciales. Para el caso de esta investigación el requerimiento será como mínimo 24 MPa. En el estudio, se decidió trabajar con una mezcla de 21MPa de resistencia, de relación agua cemento 0.567, sin el empleo de aditivos que proporcionen una mejoría de las propiedades en estado fresco.

En el ensayo de resistencia a la compresión para el hormigón convencional se obtuvo una resistencia promedio de 20,3 MPa, a la edad de 7 días, valor que representa el 62,84 % de la resistencia a la compresión promedio requerida de 32,3 MPa. A los 14 días la resistencia fue de 29,95 MPa, que representa el 92,72 % de la resistencia promedio requerida y a los 28 días se obtuvo una resistencia de 35,69MPa representando el 110,49 % de la resistencia promedio requerida con una desviación estándar de 4,09 y un coeficiente de variación de 0,10. De la misma manera, los ensayos de los cilindros elaborados con residuos cerámicos como sustituto del agregado grueso, para la resistencia a la compresión, arrojaron los siguientes resultados experimentales promedio: a los 7 días una resistencia de 13,2 MPa, que representa el 40,86 % de la resistencia a la compresión promedio requerida. A la edad de 14 días 17,11 MPa, con el 52,97 % de la resistencia promedio requerida y a los 28 días un valor promedio de resistencia a la compresión de 29,32 MPa, que representa el 90,77 % de la resistencia promedio requerida, con una desviación estándar de 1,95 y un coeficiente de variación de 0,06. Con los resultados obtenidos se concluyó que el cerámico puede ser empleado como reemplazo del agregado grueso y que además la reducción en costos del hormigón realizado con residuos cerámicos es menor en un 2.8 % a diferencia de un concreto convencional, además de neutralizar en gran escala el impacto ambiental negativo que produce este tipo de desechos al suelo y al medio ambiente en general.

A nivel nacional, como antecedentes de la presente investigación tenemos las siguientes tesis:

Título: “EVALUACIÓN DEL PORCELANATO RECICLADO Y DOSIFICACIÓN EN MORTERO DE ASENTADO SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, ABSORCIÓN, DENSIDAD Y FLUJO, TRUJILLO 2017”, Villarroel (2017). La presente investigación se enfocó en determinar la influencia del porcentaje de porcelanato molido que pasaba la malla N° 4 en el mortero de asentado sobre la resistencia a compresión, absorción, densidad y flujo. Las dosificaciones que se emplearon fueron de cemento: arena 1:3 y 1:4, con porcentajes de porcelanato molido como sustituto de la arena de 0 %, 15 %, 30 %, 45 %, 60 % y 75 %.

45 %, 60 %, 75 % y 90 % para cada dosificación y se trabajó con una relación agua/cemento constante de 0.65. En la elaboración de las muestras de estudio se utilizó Cemento Portland Extraforte Tipo ICo de la empresa Pacasmayo, agua potable de la ciudad de Trujillo, porcelanato molido y arena de la cantera “Los Mellizos” de Huanchaco, una relación agua-cemento de 0.55 para un mortero de 210 kg/cm². Se desarrolló los ensayos de caracterización de los agregados finos tales como granulometría (ASTM C136) con un módulo de finura de 2, contenido de humedad (ASTM 566), peso específico, absorción (ASTM C128) y peso unitario suelto y compactado (ASTM C29). Para el conformado de probetas y el ensayo de resistencia a compresión del mortero se empleó la norma ASTM C109, para determinar la absorción y densidad se usó la norma ASTM C642 y para el flujo la ASTM C1437. Las probetas empleadas fueron de dimensiones cúbicas de 5 cm x 5 cm x 5 cm, curadas en una solución de hidróxido de calcio y ensayadas a una edad de 28 días, a excepción del flujo. Con la ejecución de esta investigación, se pudo concluir que el porcelanato molido brinda mejorías en cuanto a resistencia a compresión, absorción y densidad, sin embargo, se pierde consistencia al agregar en mayor cantidad este material. El porcelanato molido en comparación de la arena, presentó valores más bajos en cuanto al contenido de humedad, peso específico, absorción y peso unitario suelto y compactado. El diseño más óptimo para la dosificación 1:3 cemento: arena se dio entre el porcentaje de sustitución del 75 % al 90 %, presentándose valores de resistencia a compresión entre 341 kg/cm² a 343 kg/cm², flujo de 29 % a 28 %, absorción de 9.6 % a 8.9 % y densidad de 1876 kg/m³ a 1870 kg/m³ y para la dosificación 1:4 cemento: arena se dio entre el porcentaje de sustitución del 60 % al 75 % presentándose valores de resistencia a compresión de 248 kg/cm² a 287 kg/cm², flujo de 0 %, absorción de 9.5 % a 9.4 % y densidad de 1944 kg/m³ a 1911 kg/m³. El diseño óptimo del mortero con porcelanato molido de la relación 1:3 cemento: arena en comparación a la mezcla de referencia, presentó una mejora en cuanto a la resistencia a compresión de 55.6% a 56.9% y una disminución de la absorción de 20.8 % a 27.1 %, densidad de 3.3 % a 3.6 % y flujo de 31.8 % a 35.4 %. El diseño óptimo del mortero con porcelanato molido de la relación 1:4 cemento: arena en comparación a la mezcla de referencia, presentó una mejora en cuanto a la resistencia a compresión de 40.2 % a 62.5 % y una disminución de la absorción de 22.8 % a 23.8 %, densidad 3.4 % a 5.0 % y el flujo se mantiene con un 0 %. El antecedente contribuye así a reforzar la idea de reutilizar residuos de porcelanatos .

Título: “INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CERÁMICA COMO SUSTITUCIÓN PORCENTUAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, TRUJILLO – 2019”, Rojas (2019).

El propósito de esta investigación es determinar la influencia de residuos de cerámica como sustitución porcentual del cemento sobre la resistencia a la compresión del concreto. Además, el diseño de investigación es de tipo experimental puro. En cuanto a la muestra el tipo de muestreo es probabilístico; con respecto a la recolección de datos utilizó como técnica la observación y como instrumento la guía de observación. Por otro lado, empleó la inferencia estadística para analizar los datos obtenidos. Realizó 72 probetas de concreto para ser ensayadas a la edad de 14, 21 y 28 días. Conviene subrayar que se consideró 6 tipos de porcentajes (0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 % y 25 %) para sustituir al cemento por residuos de cerámica. A los 28 días, la resistencia promedio de las probetas con 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 % y 25 % de residuos de cerámica fueron de 242.13 kg/cm², 227.04 kg/cm², 246.78 kg/cm², 241.17 kg/cm², 224.61 kg/cm² y 195.32 kg/cm². En conclusión, la adición de residuos de cerámica influye positivamente sobre la resistencia a la compresión del concreto, esto se logra cuando el porcentaje de sustitución de cemento es igual a 10 % para un diseño de mezcla de $f'c = 210$ kg/cm². Por el contrario, la resistencia a compresión disminuye considerablemente cuando el porcentaje de sustitución de cemento es igual a 25 %. Recomienda evaluar cómo influye los residuos de cerámica como reemplazo porcentual del cemento en su durabilidad, en su resistencia a la tracción y en su resistencia a la flexión del concreto.

Título: “RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO PÉTREO EN 25 % Y 50 % POR MATERIAL CERÁMICO RECICLADO”, Rodríguez (2016). Determina es la resistencia de un concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado a los 7, 14 y 28 días de curado. Concreto de diseño $f'c = 210$ kg/cm² convencional. Evaluó una mezcla de concreto convencional de diseño $f'c = 210$ kg/cm² y con dos porcentajes diferentes de remplazo de agregado grueso por material cerámico reciclado. Se constituyó de (27 probetas: 9 para concreto patrón, 9 para 25 %, 9 para 50 %). Dentro de las propiedades analizadas están la resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días de curado obteniéndose los siguientes resultados para el concreto convencional: 136 kg/cm², 192 kg/cm² y 212 kg/cm²; el concreto con sustitución del 25 % con cerámico 125 kg/cm², 184 kg/cm² y 189 kg/cm²; el concreto con sustitución del 50 % con cerámico 117 kg/cm², 178 kg/cm², 183 kg/cm². Se observó que este no alcanza los estándares en su totalidad por efectos de la adherencia del material cerámico y la pasta de cemento, pero se encontraron resultados positivos. El uso de cerámico reciclado no es factible para el uso de la industria de la construcción, para concreto mayores $F'c = 210$ Kg/cm². Por lo tanto, recomienda a los investigadores que sigan con la investigación con menores porcentajes de cerámico, para concretos de resistencias menores y para estructuras que no soporten peso o estructuras hidráulicas. Se

recomienda el uso de agregado cerámico en los concretos no estructurales como los de relleno, (cimiento corrido, falso pisos, veredas), por ejemplo, tendría un efecto positivo en la disminución del impacto medio ambiental de la construcción y la disminución de los costos del concreto.

1.1.2. Bases Teóricas

1.1.2.1. Concreto

El concreto es una mezcla de arena, grava, roca triturada, u otros agregados; que se encuentran unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento y agua. En ocasiones, uno o más aditivos se agregan para el cambio de ciertas características del concreto, como son la: ductibilidad, durabilidad y tiempo de fraguado. Al igual que la mayoría de los materiales pétreos, el concreto presenta una alta resistencia a la compresión y una muy baja resistencia a la tensión. (Mc Corman y Brown; 2011).

El concreto es un material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción. (Pasquel,1998, pág.13).

El concreto convencional debe cumplir con los requisitos de trabajabilidad, consistencia, resistencia, durabilidad y economía. Estas características no son independientes entre sí, sino están estrechamente ligadas, dependen fundamentalmente de la relación agua-cemento, de la calidad de los agregados, de sus proporciones y de la forma como se efectúa su preparación, colocación y curado (Fernández Cánovas, 2011).

Tipos

Según su función mecánica o su composición, el concreto u hormigón adquiere las siguientes denominaciones: (Arredondo,1972).

- **Concreto ordinario:** También se suele referir a él denominándolo simplemente hormigón. Es el material obtenido al mezclar cemento portland, agua y áridos de varios tamaños, superiores e inferiores a 5 mm, es decir, con grava y arena.
- **Concreto en masa:** Es el hormigón que no contiene en su interior armaduras de acero. Este hormigón solo es apto para resistir esfuerzos de compresión.

- **Concreto armado:** Es el hormigón que en su interior tiene armaduras de acero, debidamente calculadas y situadas. Este hormigón es apto para resistir esfuerzos de compresión y tracción. Los esfuerzos de tracción los resisten las armaduras de acero. Es el hormigón más habitual.
- **Concreto pretensado:** Es el hormigón que tiene en su interior una armadura de acero especial tensionadas a la tracción posteriormente al vertido del hormigón. Puede ser pre-tensado si la armadura se ha tensado antes de colocar el hormigón fresco.
- **Concreto postensado:** Es el hormigón que tiene en su interior una armadura de acero especial sometida a tracción. El tensado de la armadura es posterior al fraguado y endurecido del hormigón, anclando con posterioridad las armaduras al hormigón.
- **Concreto autocompactante:** Es el hormigón que como consecuencia de una dosificación estudiada y del empleo de aditivos superplastificantes específicos, se compacta por la acción de su propio peso, sin necesidad de energía de vibración ni de cualquier otro método de compactación. Se usa en hormigones a la vista, en elementos de geometría complicadas, espesores delgados o con armados densos, que dificultan el vibrado.
- **Mortero:** Es una mezcla de cemento, agua y arena (árido fino), es decir, un hormigón normal sin árido grueso.
- **Concreto ciclópeo:** Es el hormigón que tiene embebidos en su interior grandes piedras de dimensión no inferior a 30 cm.
- **Concreto aerocluso:** Es el que tiene una cantidad de aire incorporado en su masa.
- **Concreto unimodular:** Es el hormigón en el cual el tamaño del árido es siempre constante y sin distribución granulométrica.
- **Concreto precolado:** Es el que inicialmente, se coloca en obra el árido mayor y, posteriormente, se vierte o se inyecta pasta o mortero.
- **Concreto blindo:** Utilizado en pavimento, está compuesto por una capa inferior de hormigón ordinario y otra superior de piedras embutidas, con una cara sensiblemente plana, la cual constituye la superficie y rodadura.
- **Concreto celular:** Cuando contiene burbujas de gas inerte, proporcionalmente distribuidas, y producida por medios físicos o químicos. En fusión de los diferentes

sistemas mecánicos usados para su puesta en obra, recibe distintos nombres: vibrado, apisonado, centrífugo, inyectado y bombeado, entre otros.

- **Concreto de alta densidad:** Fabricados con áridos de densidades superiores a los habituales (normalmente barita, magnetita, hematita) El hormigón pesado se utiliza para blindar estructuras y proteger frente a la radiación.

Propiedades del concreto

1. Propiedades en estado fresco

Es cuando la mezcla de concreto se encuentra trabajable.

Se denomina hormigón fresco por poseer plasticidad y la facultad para poder moldearse. El hormigón fresco posee una vida que está comprendida entre el momento en que abandona la amasadora u hormigonera y aquel en que se inicia el fraguado del cemento; esta vida es variable dependiendo del tipo de cemento empleado, de la dosificación de agua, de la temperatura, uso de aditivos, entre otros factores (Fernández Cánovas, 2011).

a) Trabajabilidad o manejabilidad

Según Niño Hernández, (2014)

La trabajabilidad es la capacidad que tiene el concreto para ser colocado y compactado apropiadamente sin que se produzca segregación alguna. Esta propiedad está representada por el grado de compacidad, cohesividad, plasticidad y la consistencia.

Esta propiedad del concreto en estado fresco que se mide habitualmente a través del ensayo de asentamiento del cono de Abrams. Como la trabajabilidad viene a ser la resistencia que ofrece la mezcla a fluir, es decir a mayor consistencia (fluidez o movilidad) se requiere más energía de consolidación para el completo llenado de los moldes.

Este ensayo, se efectúa de acuerdo a las recomendaciones de la NTP 339.035. Los valores de asentamiento recomendados por el ACI 211.3 son los siguientes:

Tabla 1: Clasificación del asentamiento del concreto fresco

Consistencia	Asentamiento (cm)	Grado de trabajabilidad
Seca	0-2.5	Muy pequeño
Semi plástica	2.5-7.5	Pequeño
Plástica	7.5-12.5	Medio
Alta plástica	12.5-20	Alto
Fluida	20 a más	Muy alto

Fuente: Clasificación del asentamiento, ACI 211.3

Este ensayo no es válido para concretos cuyo árido sea de tamaño mayor de 40mm, y se recomienda usar este método cuando los asentamientos estén comprendidos dentro de los límites $\geq 1\text{cm}$ y $\leq 21\text{cm}$. La consistencia de un concreto armado es generalmente media, si el concreto se va a bombear se emplea mezcla alta plástica y si el concreto es visto es recomendable emplear consistencia semi plástica, siempre que pueda ponerse en obra y compactarse adecuadamente. (Fernández Cánovas, 2011).

2. Propiedades en estado endurecido

Las mezclas endurecidas corresponden a la tercera etapa en la vida del concreto, la que comienza en el momento en que este ha alcanzado un grado de hidratación tal de la pasta de cemento que contiene, como para que la misma sea ya capaz de mantener unidos entre si los granos de los agregados en forma permanente. Esto se pone en evidencia por la resistencia que ofrece una pieza de concreto, por ejemplo, al cambio de forma por acción de una sollicitación mecánica (caso del ensayo de compresión). Las características físicas de un hormigón endurecido dependen no solo de la propia naturaleza de este, sino también, de su edad y de las condiciones de humedad y temperatura a las que haya estado sometido (Fernández Cánova ,2011).

a) Densidad

Según la norma ASTM C-642, se define como el peso de la unidad de volumen de concreto en estado endurecido.

La densidad real de un concreto depende fundamentalmente de la que tengan los áridos, de su granulometría y del volumen de estos que entren en su composición. Una densidad elevada, puede ser un índice de que posee buenas resistencias mecánicas y buena durabilidad; esta se obtendrá con mayor compacidad, es decir cuanto menor sea la cantidad de huecos del concreto o mayor sea la consolidación del mismo (Fernández Cánovas,2007).

b) Absorción

La absorción del concreto es la relación que existe entre la masa de agua que penetra los poros saturables y el peso seco de la muestra penetrada por el agua (Sánchez Guzmán, 2003).

c) Porosidad

La porosidad del concreto es la cantidad de espacios vacíos que quedan inmersos dentro de la masa del material, como consecuencia de la evaporación del agua libre de la mezcla y de la presencia de aire naturalmente atrapado (Sánchez Guzmán, 2003). De acuerdo a su tamaño se dividen en:

- Poros de aire o macroporos: burbujas de aire que se quedan atrapadas naturalmente por medio de la compactación y/o incluidas intencionalmente (aire incorporado). Su diámetro es mayor a 0.2mm.
- Poros capilares: se encuentran por fuera del gel de cemento, su tamaño oscila entre 0.00002mm y 0.2mm. Cuando estos aumentan se reduce la resistencia del concreto a los ataques físicos, químicos o biológicos.
- Poros gel o microporos: poros que presenta la pasta de cemento hidratada y endurecida, su diámetro es menor a 0.00002mm.

Los más importantes para la durabilidad del concreto son los poros capilares y los macroporos.

d) Resistencia a Compresión

La resistencia a compresión es uno de los requisitos principales del diseño estructural para garantizar que la estructura sea capaz de soportar una carga pretendida. También se emplea como medida de calidad, para estimar la durabilidad y resistencia a la meteorización (Mamlouk y Zaniewski, 2009).

La prueba se realiza con probetas cilíndricas y esta estandarizada por la norma ASTM C39. El tamaño estándar de las probetas es de 0.15m (6 pulg.) de diámetro y 0.30 m (12 pulg.) de altura, aunque también pueden utilizarse otros tamaños que tengan relación diámetro-altura igual a dos. Luego de permanecer sumergido en agua durante 28 días, y posteriormente ser sometido a fuerzas de compresión axial en una maquina universal. Según la NTP339.034 la resistencia a la compresión consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla.

La resistencia a la compresión de la probeta se obtiene dividiendo la carga máxima soportada por la probeta durante la prueba entre el área medida de la sección transversal.

El parámetro obtenido es una propiedad principalmente física y es frecuentemente usado en el diseño de estructuras, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm^2) o en mega-pascales (MPa).

El número de probetas dependerá de las prácticas establecidas y de la naturaleza del programa de prueba. Normalmente, se prueban tres o más probetas para cada edad del concreto y cada condición de prueba. Las edades del concreto utilizadas normalmente son de 7 y 28 días.

Componentes del concreto

1. Cemento

El cemento es el elemento básico de la industria de la construcción, en la que se utiliza como aglomerante en forma de mortero y como componente principal del concreto. Asimismo, su uso en la industria está muy diversificado, ya que se utiliza en elementos prefabricados, pavimentos, tubos, presforzados, fibrocemento, entre otros. Existen los cementos naturales que son los que se obtienen a partir de rocas que contienen cal y arcilla, y los cementos artificiales, fabricados con piedra caliza, arcilla y yeso como materias primas. Estos últimos son los de mayor interés económico porque constituyen prácticamente la totalidad de los que se utilizan en la industria. El más importante de los cementos artificiales es el cemento Pórtland (Beraun,2017, pág.12).

a) Cemento Portland

El cemento Portland es una cola instantánea (basta con añadir agua) que une las partículas de árido entre sí para formar el concreto de cemento portland.

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 334.009), el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización de una mezcla de caliza y arcilla que da como resultado al clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir: $\text{Cemento Portland} = \text{Clinker Portland} + \text{Yeso}$

La finura de las partículas de cemento es una propiedad importante que hay que controlar cuidadosamente, puesto que la hidratación comienza en la superficie de las partículas de cemento, cuanto más finas sean estas, mayor será el área superficial y por tanto, tendrá como resultado un desarrollo más rápido de la resistencia y un calor inicial de hidratación mayor (Mamlouk y Zaniewski, 2009).

El tamaño máximo de las partículas de cemento es de 0.09 mm (0.0035 pulg.); entre el 85 % y 95 % de las partículas son menores de 0.045 mm (0.0018 pulg.) y el diámetro medio es de 0.01mm (0.0004 pulg.).

Esta medición se puede realizar determinando el porcentaje de partículas que pasan el tamiz de 0.045 mm (N°325) (ASTM C430).

b) Composición química

El cemento está conformado por el óxido de calcio (CaO), óxido de sílice (SiO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido de hierro (Fe₂O₃), siendo el total de éstos del 95 % al 97 %. En pequeñas cantidades también se presentan otros óxidos: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia (Mayta, 2014).

Tabla 2: Porcentajes típicos de los óxidos componentes del clínker

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

Fuente: Mayta, (2014)

Luego del proceso de formación del clínker, se obtienen estos principales compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado y que detallaremos con su fórmula química, abreviatura, nombre corriente, porcentaje típico y propiedades que le otorga al cemento (Pasquel, 1998, p. 22).

Tabla 3: Porcentaje típicos de los compuestos químicos principales del cemento

Nombre	Composición	Porcentaje (%)	Formula abreviada	Nombre del mineral
Silicato tricálcico	3CAO, SiO ₂	40 a 50	C3S	Alita
Silicato bicálcico	2CaO, SiO ₂	20 a 30	C2S	Belita
Aluminato tricálcico	3CaO, Al ₂ O ₃	10 a 15	C3A	
Ferrito aluminato tetracálcico	4CaO, Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	5 a 10	C4AF	Celita
Cal libre			CaO	
Magnesia libre (Periclusa)			MgO	

Fuente: Huamán, (2015)

- **Silicato Tricálcico (3CaO·SiO₂ = C3S = Alita)**

Posee una incidencia de 40 % a 50 % en el cemento, definiendo la resistencia inicial (en la primera semana), siendo de gran importancia su efecto en el calor de hidratación.

- **Silicato Dicálcico (2CaO·SiO₂ = C2S = Belita)**

Ocupa alrededor de 20 a 30%, definiendo la resistencia a largo plazo, sin tener fuerte impacto en el calor de hidratación.

- **Aluminato Tricálcico (3CaO·Al₂O₃ = C₃A)**

Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, puesto que interviene en 10 % a 15 %, pero con los silicatos condicionan el fraguado violento actuando como catalizador. Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido.

- **Ferro aluminato Tetracálcico (4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃ = C₄AF = Celita)**

Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación, por tener un porcentaje de incidencia comprendido entre 5 % a 10 %.

- **Cal libre (CaO)**

No debe sobrepasar el 2 %, ya que en cantidades excesivas puede dar por resultado una calcinación insuficiente del clínker en el horno, esto puede provocar expansión y desintegración del hormigón. Inversamente, cantidades muy bajas de cal libre reducen la eficiencia en el consumo de combustible y producen un clínker duro para moler que reacciona con mayor lentitud.

- **Óxido de Magnesio (MgO)**

Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para contenidos mayores del 5 % trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.

Estos compuestos conforman del 90 % al 95 % de la masa del cemento. Así mismo, durante la molienda, se añade yeso (3 % - 6 %). Su representación química está dada por: Sulfato de calcio Dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{CSH}_2 = \text{Yeso}$)

Su aporte principal en el proceso es de controlar el efecto producido por aluminato tricálcico y los silicatos, retardando el fraguado violento.

c) Tipos de cemento

La ASTM C150 lo clasifica en 5 tipos:

- **Cemento tipo I:** De uso general en la construcción, cuando en las mismas no se especifican la utilización de los otros 4 tipos de cemento. Se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de clínker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado. Sus aplicaciones más importantes son:
 - Obras de concreto y concreto armado en general.
 - Estructuras que requieran un rápido desencofrado.
 - Concreto en clima frío.
 - Productos prefabricados, pavimentos y cimentaciones.
- **Cemento tipo II:** Se utiliza en obras de concreto en general y cuando se espera un ataque moderado de los sulfatos o cuando se requiere un calor de hidratación moderado, para lograr este tipo de características se regulan la cantidad máxima de silicato tricálcico (C3S) y aluminato tricálcico (C3A), este cemento alcanza una resistencia similar al cemento Tipo I pero requiere más tiempo de fraguado.
- **Cemento tipo III:** Este desarrolla una alta resistencia en un tiempo menor, en 7 días tiene la misma resistencia que un concreto tipo I o II en 28 días. Para lograr este rápido fraguado se aumentan las cantidades de silicato tricálcico (C3S) y aluminato tricálcico (C3A). Este cemento desprende grandes cantidades de calor por lo que no es recomendado para chorreas masivas.
- **Cemento tipo IV:** Este es un cemento de secado lento por lo que no genera gran cantidad de calor de hidratación siendo ideal para chorreas masivas que no

requieran una alta resistencia inicial, para lograr esto se regulan las cantidades de silicato tricálcico (C3S) y aluminato tricálcico (C3A), ya que estos son los elementos que se encargan de fraguado inicial por lo que liberan la mayor cantidad de calor de hidratación.

- **Cemento tipo V:** Este es un cemento con gran resistencia al ataque de sulfatos, por lo que es muy utilizado en estructuras hidráulicas expuestas a aguas con gran concentración de álcalis o estructuras expuestas a agua de mar. Para lograr esto se reduce la cantidad de aluminato tricálcico (C3A) ya que este es el componente más vulnerable a los sulfatos.

“La Norma Técnica Peruana (NTP 334.090), especifica las características de los cementos adicionados, los que contienen además de los compuestos mencionados, escorias, puzolanas y materiales calizos que modifican el comportamiento” (ICG; 2015, pág. 66).

Entre los tipos de cementos y el porcentaje añadido, tenemos:

- Tipo IS: Contenido de escoria entre 25 % y 70 %.
- Tipo ISM: Contenido de escoria menor a 25 %.
- Tipo IP: Contenido de escoria menor a 15 %.
- Tipo ICO: Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Portland y materiales calizos hasta un 30 % de peso.



Figura 1: Cemento Tipo ICo de la empresa Pacasmayo

Fuente: Tomado de Villarroel, (2017)

2. Agregados

Son materiales granulares inertes, de tamaño comprendido entre 0 mm y 100 mm, de naturaleza inorgánica, y de procedencia natural o artificial que contribuyen a la estabilidad de volumen, resistencia y economía del concreto. Aproximadamente el 80 % del volumen del concreto, es ocupado por los áridos, los cuales ejercen influencia positiva en las resistencias mecánicas, retracción, fluencia, abrasión, incluso durabilidad; por lo cual deben ser adecuados para no afectar la calidad del concreto. El agregado es la parte inerte del concreto, resultante de la desintegración natural, desgaste o trituración de rocas o de otros materiales suficientemente duros, que permiten obtener partículas de forma y tamaños estables, destinadas a ser empleadas en concretos. La importancia del uso de los tipos y calidad correctos del agregado (árido) no se puede subestimar. Los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60 % al 75 % del volumen del concreto (70 % a 85 % de la masa) e influyen considerablemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía del concreto (Fernández Cánovas, 2011).

a) Por su naturaleza

i. Naturales

Según Carrasco, (2013), desde un punto de vista práctico, los agregados se pueden clasificar en tres grandes grupos: agregados calizos, agregados silíceos y agregados ígneos y metamórficos.

- **Agregados Calizos:** La roca caliza es muy común, abundante y económica en los procesos de trituración, se emplea generalmente en todas las capas de los firmes, exceptuándose en algunas ocasiones como agregado grueso en las capas de rodadura, debido a la facilidad que tiene de pulimentarse en condiciones de servicio, su carácter es básico, presenta por lo regular menores problemas de adhesividad, es decir, de afinidad con los ligantes asfálticos.
- **Agregados Silíceos:** Los agregados silíceos procedentes de trituración de gravas naturales es otro material de amplia utilización en las capas de los firmes. Se extraen de yacimientos granulares, en los que las partículas de mayor tamaño se separan por cribado y a partir de ellas por golpes sucesivos, se obtienen fracciones de menor tamaño, con una angulosidad tanto mayor cuantas más caras de fractura presenten.
- **Agregados Ígneos y Metamórficos:** Son materiales que por sus características resultan muy adecuados para utilizarlos como agregado grueso en las capas de

rodadura. Pueden incluirse en este grupo los basaltos, gabros, pórfidos, granitos, cuarcitas, etc.

Los áridos naturales, por otra parte, se pueden clasificar en rodados y triturados o también llamados machacados.

- Los áridos rodados o de canto rodado son las arenas, así como los áridos gruesos procedentes de la desintegración natural y erosión de rocas son de forma redondeados con superficie lisas y sin arista; mientras que los triturados son obtenidos por desintegración artificial mediante trituración y poseen superficie rugosa y aristas vivas (Fernández Cánovas, 2011).
- Los áridos triturados son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera o de las granulometrías de rechazo de los agregados naturales. Se incluyen todos los materiales de canteras cuyas propiedades físicas sean adecuadas (Carrasco, 2013).

ii. Artificiales

Los artificiales son obtenidos mediante un proceso industrial a partir de materiales inorgánicos u orgánicos como las escorias siderúrgicas, siempre y cuando tengan las características requeridas para un concreto.

Son los subproductos de procesos industriales, como ciertas escorias o materiales procedentes de demoliciones, utilizables y reciclables; que cumplan con los requisitos de resistencia y durabilidad en el concreto. (Fernández Cánovas, 2011).

- **Agregados Reciclados**

Según la NTP (400.011:2008) se define como el agregado procedente de tratamientos de materiales inorgánicos obtenidos de los procesos de construcción y demolición, como ciertas escorias que son potencialmente utilizables y reciclables (Carrasco, 2013).

- **Agregados Marginales**

Los agregados marginales engloban a todos los materiales que no cumplen alguna de las especificaciones de las normas vigentes (Carrasco, 2013).

b) Por su tamaño

i. Agregado fino


Es el agregado proveniente de la desagregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg) (NTP 400.037, 2002, p. 5).

ii. Agregado grueso

Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm (No. 4) proveniente de la desagregación natural o artificial de la roca (NTP 400.037, 2002, p. 6).

Los tamices sirven para separar las partes finas de las gruesas y clasificarlas según su tamaño y son empleados en un análisis granulométrico.

Tabla 4: Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico



Tamiz Normalizado	Diámetros (mm)	Clasificación
3"	76	Grava Gruesa
2 1/2"	63.5	
2"	50.8	
1 1/2"	38.1	
1"	25.4	
3/4"	19.05	Grava Fina
1/2"	12.7	
3/8"	9.52	Arena Gruesa
N°4	4.75	
N°8	2.36	
N°16	1.18	Arena Media
N°30	0.60	
N°50	0.30	Arena Fina
N°100	0.15	
N°200	0.075	
Cacerola		Limos y Arcillas

c) Propiedades físicas

i. Absorción y humedad

La absorción es el porcentaje de agua necesaria para saturar los agregados o el concreto con respecto al peso de los materiales secos. Y la humedad es la cantidad de agua retenida que tienen los agregados en sus poros internos; estos ensayos son importantes de manera que la cantidad de agua requerida en la mezcla pueda controlarse y sea la correcta. (Rivera, 2014).

ii. Peso específico

Las partículas del agregado están conformadas por masa del agregado, vacíos que se comunican con la superficie llamados permeables o saturables y vacíos que no se

comunican con la superficie, es decir que quedan en el interior del agregado llamados poros impermeables o no saturables. (Rivera, 2014).

Clasificación

- **Normales:** Son aquellos agregados de uso más común y general que se utilizan en el 90 % de las construcciones Su peso unitario se encuentra entre 1000-1800 kg/m³.
- **Livianos:** Son aquellos agregados que tienen un peso unitario por debajo de 1000 kg/m³ y se encuentran en un rango de 700-800 kg/m³ y con su uso se obtienen concretos livianos.
- **Pesados:** Son aquellos agregados que tienen un peso unitario por encima de 2000 kg/m³ y provienen de rocas que contienen elementos pesados. Con su uso se obtienen concretos pesados para pantallas contra radiaciones (Carrasco, 2013).

iii. Peso unitario

Es la masa del material necesario para llenar un recipiente de volumen unitario. En el peso unitario además del volumen de las partículas del agregado se tiene en cuenta los vacíos que hay entre partículas. Esta se puede determinar compactada o suelta; el peso unitario compactado se emplea en algunos diseños de mezclas como en el ACI 211 y el peso unitario suelto sirve para estimar la cantidad de agregados a comprar si estos se venden por volumen como ocurre comúnmente. (Rivera, 2014).

iv. Granulometría

El análisis granulométrico de un árido consiste en determinar la distribución por los tamaños de las partículas que lo forman, es decir, en separar el árido en diferentes fracciones de partículas del mismo tamaño, o de tamaños comprendidos dentro de determinados límites y en hallar el porcentaje, en que entra en el árido cada una de estas fracciones. (Fernández, 2011).

a. Tamaño máximo

La NTP 400.011 lo define como aquel tamaño de la abertura del tamiz que deja pasar todo el agregado.

b. Tamaño máximo nominal

La NTP 400.011 lo define como aquel tamaño de la abertura del tamiz que produce el primer retenido del agregado.

c. Módulo de finura

“Es un factor empírico que permite estimar qué tan fino o grueso es un material. Está definido como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos en el conjunto de tamices estándar, dividido entre 100” (Sánchez, 2001, p. 78).

d. Requisitos granulométricos

Son los parámetros que deben cumplir los agregados para obtener un buen comportamiento en el concreto, de acuerdo a la calidad requerida.

1. Requisitos granulométricos para el agregado fino

La arena deberá estar graduada dentro de los límites (inferior y superior) especificados en la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la Tabla N°5. Además, se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- El agregado no deberá retener más del 45 % en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- El módulo de finura recomendable deberá estar entre los valores de 2.3 y 3.1.

Tabla 5: Requisitos granulométricos del agregado fino

Malla ASTM	% Que Pasa
3/8" (9,50 mm)	100
N° 4 (4,75 mm)	95 a 100
N° 8 (2,36 mm)	80 a 100
N° 16 (1,18 mm)	50 a 85
N° 30 (0,60 mm)	25 a 60
N° 50 (0,30 mm)	10 a 30
N° 100 (0,15 mm)	2 a 10

Fuente: NTP 400.037, 2002

2. Requisitos granulométricos para el agregado grueso

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites (inferior y superior) especificados en la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la siguiente tabla:

Tabla 6: Requisitos granulométricos del agregado grueso

HUSO N° ASTM	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100m (4")	90mm (3 ½")	75mm (3")	63mm (2 ½")	50mm (2")	37.5m m (1 ½")	25mm (1")	19mm (¾")	12.5m m (½")	9.5mm (3/8")	4.75mm (N°4)	2.36m m (N°8)	1.18mm (N°16)
1	90 a 37.5mm (3 ½" a 1 ½")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 a 37.5mm (2 ½" a 1 ½")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50 a 25mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	50 a 4.75mm (2" a N°4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	37.5 a 19mm (1 ½" a ¾")					100	95 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	37.5 a 4.75 mm (1/12" a N°4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5	0 a 5	
5	25 a 9.5mm (1" a ½")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	25 a 9.5mm (1" a 3/8")						100	9 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 5	0 a 5		
57	25 a 4.75mm (1" a N°4)						100	95 a 100		25 a 60				
6	19 a 9.5 mm (¾" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	19 a 4.75 mm (¾" a N°4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	12.5 a 4.75mm (½" a N°4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	9.5 a 2.36mm (3/8 a N°8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.037, 2002

3. Agua

Se puede definir como aquel componente del concreto en virtud del cual, el cemento experimenta reacciones químicas que le dan la propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados” (Sánchez, 2001, p. 57).

El agua en la construcción tiene dos aplicaciones importantes:

a) Agua de mezcla: Es la cantidad de agua por volumen unitario de concreto que requiere el cemento para producir una pasta eficientemente hidratada, con una fluidez tal, que permita una lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico (Sánchez, 2001, p. 57).

b) Agua de curado: Esta constituye el suministro adicional de agua para hidratar de manera eficientemente el cemento, con el fin de que este se hidrate y alcance sus propiedades potenciales” (Sánchez, 2001, p. 59).

La NTP 339.088 establece los requisitos para el agua de mezcla y de curado, los cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 7: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado

Descripción	Límites permisibles	
Sólidos en suspensión	5 000 p.p.m.	Máximo
Materia orgánica	3 p.p.m.	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1 000 p.p.m.	Máximo
Sulfato (Ión SO ₄)	600 p.p.m.	Máximo
Cloruros (Ión Cl)	1 000 p.p.m.	Máximo
pH	5 a 8	

Fuente: Tomado de la NTP 339.088, 2006, p. 10

1.1.2.2. Porcelanato

El porcelanato es un material que se utiliza para el revestimiento de suelos y paredes. Este producto de tipo cerámico es fabricado a partir de una combinación de cuarzos, arcillas y otros materiales, que se moldean, se prensan, se someten a un proceso de secado y se tratan a una temperatura de más de 1.300 grados centígrados. El resultado es una pieza compacta y vitrificada, que tiene una gran resistencia al desgaste y que absorbe una cantidad muy baja de agua. De este modo, el porcelanato ofrece beneficios que no pueden encontrarse en la cerámica tradicional. (Pérez y Merino, 2013, p.1).

1. Composición química

La composición química de su materia prima en (% de peso) es:

Tabla 8: Composición del porcelanato en % de peso

Materia	% en Peso
SiO ₂	47.00
Al ₂ O ₃	38.00
Pérdida al fuego	13,02
Na ₂ O	0.81
MgO	0.22
K ₂ O	0.15
CaO	0.10
TiO ₂	0.03
Fe ₂ O ₃	

Fuente: Tomado de <http://wikipedia.com/>, (2015)

2. Proceso de Fabricación y Distribución

Proceso de fabricación

a) Molido

La arcilla, materia prima de la loseta, es recolectada y almacenada de acuerdo a sus características (tamaño, color, dureza, entre otros) para ser pulverizada y luego ser transformada en una masa de mayor consistencia, gracias a la adición de agua en el equipo de granulado.

b) Prensado

A esta masa se le da forma de una loseta mediante el prensado. Es aquí donde se moldea hasta obtener el tamaño de 45 cm que existe en el mercado u otras medidas de acuerdo al requerimiento.

c) Secado

Antes de pasar a esta etapa, las losetas poseen cerca de un 8 % de humedad, el cual es reducido a menos del 1 %, para poder darle mayor firmeza a la loseta.

d) Esmaltado

En este paso del proceso, las losetas son recubiertas de un esmalte especial, cuya materia prima es el vidrio, que las protege y sirve de base para la impresión del decorado en su superficie. El diseño es insertado gracias a una cabina en la que se encuentra una máquina especializada en recubrir la loseta con el motivo deseado.

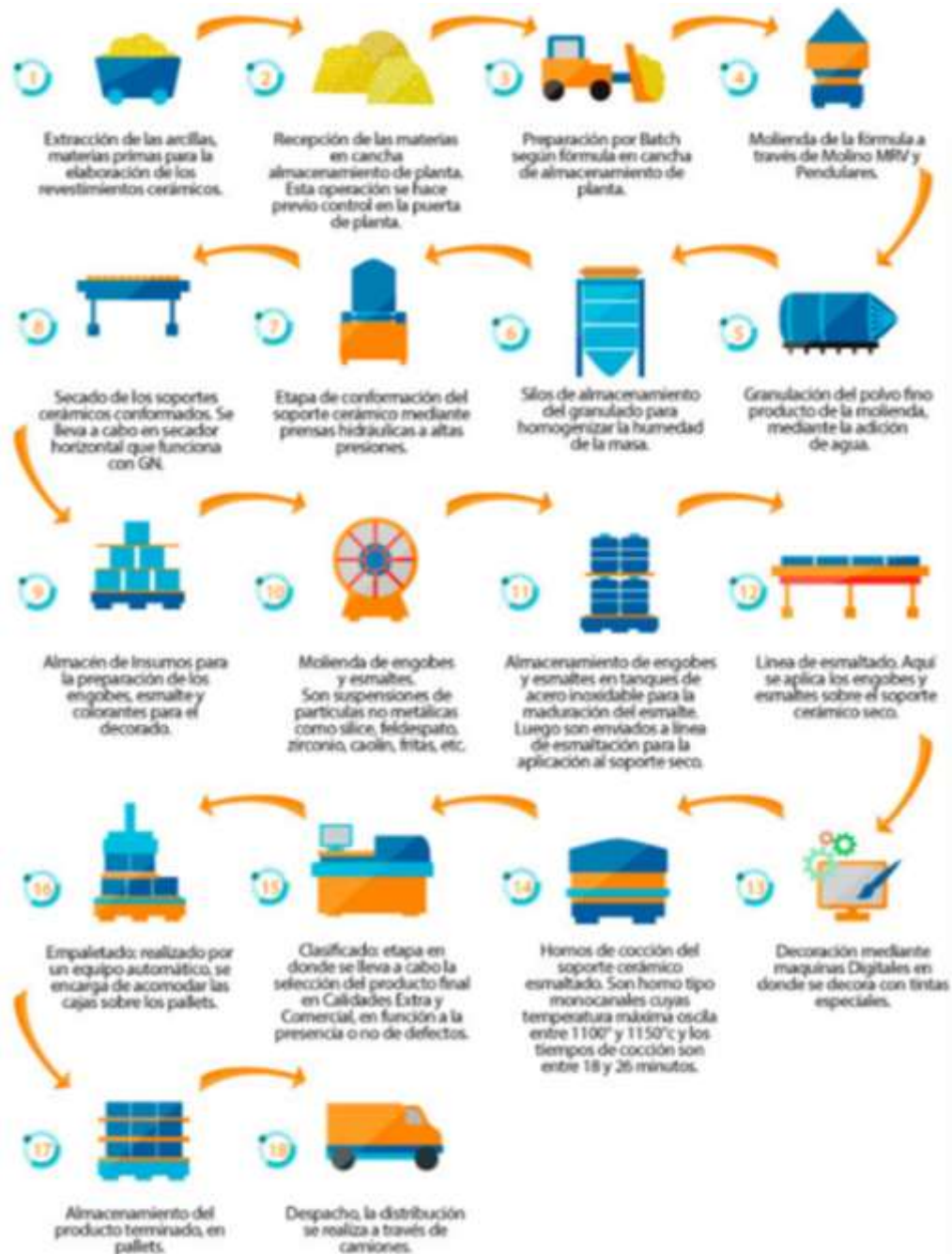


Figura 2: Composición del porcelanato en % de peso

Fuente: Tomado de Villarroel, (2017)

e) Horneado

Para obtener dureza y brillo en su acabado, la loseta es transferida a un horno por espacio de 27 minutos. Luego, pasa por un proceso de control de calidad, en el que se verifican las características del producto ante eventuales fallas en la dureza del producto o del diseño insertado. Aquellas losetas que no superen esta etapa, regresan a los primeros pasos del proceso.

Clasificación

Las losetas que no tengan defectos son ordenadas y empaquetadas, con el apoyo de máquinas automatizadas, para finalmente ser distribuidas en todo el país a través de tiendas, centros especializados y almacenes para su venta.

Distribución

En la ciudad de Trujillo, diversas empresas son las que se dedican a la distribución y comercialización de porcelanatos, entre ellas tenemos la empresa Celima, San Lorenzo, Nortedur, Cassinelli, entre otras más. También podemos encontrar los porcelanatos en las grandes tiendas como Maestro, Sodimac y Promart, siendo las dimensiones por lo general de 45 cm x 45cm o de 60cm x 60cm, todas ellas están bajo el control de calidad de la norma de Organización internacional de Normalización (ISO) 13006-2012.

3. Características técnicas

a) Bajo índice de dilatación térmica

Resistencia al choque térmico

b) Baja porosidad

Resistencia al ataque químico (excepto al ácido fluorhídrico)

Resistencia a las manchas

c) Resistencia a la rotura por flexión

Las baldosas de piso deberán resistir las cargas de peso de las personas y del mobiliario, que se encuentran sobre la superficie, sin sufrir ningún daño. El nivel de resistencia a la rotura o flexión que tenga el recubrimiento cerámico, estará determinado principalmente por el nivel de porosidad interna que posea, es decir por el mayor o menor grado de absorción de agua que tenga. En general, mientras menor sea el nivel de absorción de agua, mayor será el índice de resistencia a la flexión. Un

buen ejemplo de esto es el porcelanato que tiene un nivel de absorción de agua por debajo del 0,5 % lo que le asegura un índice de resistencia a la flexión superior. Por otra parte, otro elemento que influye en dicho índice de resistencia a la flexión es el grosor del recubrimiento cerámico (Villarroel, 2017).

d) Resistencia a la Abrasión Profunda

Las baldosas de piso deberán resistir las cargas de peso de las personas y del mobiliario, que se encuentran sobre la superficie, sin sufrir ningún daño. El nivel de resistencia a la rotura o flexión que tenga el recubrimiento cerámico, estará determinado principalmente por el nivel de porosidad interna que posea, es decir por el mayor o menor grado de absorción de agua que tenga. En general, mientras menor sea el nivel de absorción de agua, mayor será el índice de resistencia a la flexión. Un buen ejemplo de esto es el porcelanato que tiene un nivel de absorción de agua por debajo del 0,5 % lo que le asegura un índice de resistencia a la flexión superior. Por otra parte, otro elemento que influye en dicho índice de resistencia a la flexión es el grosor del recubrimiento cerámico (Villarroel, 2017).

PEI	TRÁFICO	LUGARES PARA USO
1	Bajo	Baños residenciales y dormitorios, sin acceso a la calle
2	Bajo	Salas de estar, de TV, baños y dormitorios, sin acceso a la calle
3	Medio	Cocinas, pasillos, áticos, balcones y terrazas sin acceso a la calle
4	Medio - Alto	Residencias, garajes, tiendas, bares, bancos, restaurantes, hospitales, hoteles y oficinas sin acceso a la calle
5	Alto	Todos los anteriores y además espacios públicos, aeropuertos, panaderías y áreas industriales

Figura 3: Aplicación del porcelanato según su transitabilidad

Fuente: Tomado de Villarroel, (2017)

e) Dureza Superficial o Resistencia al Rayado

Se encuentra entre 7-8 Escala MOHS como se muestra a continuación:

PEI	TRÁFICO	LUGARES PARA USO
1	Talco	Se puede rayar fácilmente con la uña
2	Yeso	Se puede rayar con la uña con más dificultad
3	Calcita	Se puede rayar con una moneda de cobre
4	Flourita	Se puede rayar con un cuchillo de acero
5	Apatito	Se puede rayar difícilmente con un cuchillo
6	Ortoclasa	Se puede rayar con una lija para el acero
7	Cuarzo	Raya el vidrio
8	Topacio	Rayado por herramientas de carburo de Tungsteno
9	Corindón	Rayado por herramientas de carburo de Sícilio
10	Diamante	Es el mineral natural más duro y uno de los más codiciados

Figura 4: Escala de MOHS

Fuente: Tomado de Villarroel, (2017)

1.1.3. Definición de términos básicos

- **Consistencia:** Define la humedad de la mezcla por su grado de fluidez de la misma. Este asentamiento se realiza mediante el ensayo del cono de abrams.
- **Compacidad:** Corresponde a la demanda de agua en el concreto.
- **Cono de abrams:** El cono de Abrams es el ensayo que se realiza al hormigón en su estado fresco, para medir su consistencia ("fluidez" del hormigón).
- **Curado:** Mantener el hormigón a una temperatura y humedad adecuadas para asegurar su hidratación y endurecimiento adecuados.
- **Elasticidad:** Es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga.
- **Estabilidad:** Firmeza y seguridad del concreto.
- **Fraguado:** Es la pérdida de plasticidad o de la fluidez que sufre el cemento.
- **Granulometría:** Método analítico para determinar el grado de finura de las partículas de los sólidos granulares o pulverulentos, usando diferentes tamices superpuestos, en orden de diámetro de poro o malla empezando por el de menor diámetro desde abajo.

- **Segregación:** Descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del concreto, esto hace que sea más débil, menos durable y dejara un pobre acabado de la superficie.
- **Retracciones:** Son pequeñas fisuras o roturas aleatorias que se producen en una losa de hormigón causada por una contracción debida a un rápido desecamiento de la misma.

1.2. Formulación de Problema

¿En qué medida influye el porcelanato reciclado como reemplazo de los agregados sobre la resistencia a la compresión, asentamiento, absorción, densidad y porosidad en probetas de concreto en la ciudad de Trujillo en el año 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la influencia del porcelanato reciclado como reemplazo de los agregados sobre la resistencia a la compresión, asentamiento, absorción, densidad y porosidad en el concreto.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los agregados grueso y fino de acuerdo a la Norma Técnica Peruana.
- Formular el diseño de mezcla para un concreto de 210 Kg.f/cm² de compresión mediante el método del comité 211 del ACI.
- Obtener la cantidad de porcelanato reciclado triturado para los porcentajes de reemplazo de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 %, 60 % por agregado grueso y porcelanato reciclado molido para los porcentajes de reemplazo de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 % por agregado fino.
- Elaborar probetas de concreto con porcelanato reciclado triturado para los porcentajes de reemplazo de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 %, 60 % por agregado grueso y con porcelanato reciclado molido para los porcentajes de reemplazo de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 %, 60 % por agregado fino.

20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 % por agregado fino; empleando los requerimientos mínimos de la Norma Técnica Peruana (NTP 339.183).

- Comparar los resultados de las propiedades en estado fresco-endurecido de un concreto que reemplaza los agregados grueso y fino por porcelanato reciclado triturado y molido a través de la sustitución porcentual.
- Analizar económicamente el concreto con y sin porcentajes de reemplazo de porcelanato reciclado triturado-molido por los agregados grueso y fino.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

A medida que se incremente la sustitución porcentual del porcelanato reciclado triturado sobre el agregado grueso en el concreto aumentará el asentamiento, disminuirá: la resistencia a la compresión, densidad, absorción y porosidad; mientras que en la sustitución porcentual del porcelanato reciclado molido sobre el agregado fino en el concreto aumentará: la resistencia a la compresión y disminuirá: el asentamiento, densidad, absorción y porosidad.

Tabla 9: Hipótesis General

Hipótesis General	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	Espacio	Tiempo
A medida que se incremente la sustitución porcentual del porcelanato reciclado triturado sobre el agregado grueso en el concreto aumentará el asentamiento, disminuirá: la resistencia a la compresión, densidad, absorción y porosidad; mientras que en la sustitución porcentual del porcelanato reciclado molido sobre el agregado fino en el concreto aumentará: la resistencia a la compresión y disminuirá: el asentamiento, densidad, absorción y porosidad.	V.I 1: Porcelanato reciclado triturado				
	V.D 1: Compresión				
	V.D 2: Absorción				
	V.D 3: Densidad	Concreto	Disminuye		
	V.D 4: Porosidad				
	V.D 5: Asentamiento		Incrementa		
	V.I 2: Porcelanato reciclado molido				
	V.D 1: Compresión		Aumenta		
	V.D 2: Absorción				
	V.D 3: Densidad	Concreto	Disminuye		
V.D 4: Porosidad					
V.D 5: Asentamiento					

1.4.2. Hipótesis específicas

Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %; incrementará el asentamiento del concreto en estado fresco con respecto al 0 % de reemplazo.

Tabla 10: Hipótesis específica 01

Hipótesis Específica	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	Espacio	Tiempo
Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %; incrementará el asentamiento del concreto en estado fresco con respecto al 0 % de reemplazo.	V.I: Porcelanato reciclado triturado en porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %. <hr/> V.D: Asentamiento	Concreto	Incrementa	Trujillo	2021

Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %; disminuirá la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.

Tabla 11: Hipótesis específica 02

Hipótesis Específica	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	Espacio	Tiempo
Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %; disminuirá la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.	V.I: Porcelanato reciclado triturado en porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %. <hr/> V.D: Resistencia a la compresión.	Concreto	Disminuye	Trujillo	2021

Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %; disminuirá la absorción del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.

Tabla 12: Hipótesis específica 03

Hipótesis Específica	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	Espacio	Tiempo
Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %; disminuirá la absorción del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.	V.I: Porcelanato reciclado triturado en porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %.	Concreto	Disminuye	Trujillo	2021
	V.D: Absorción				

Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %; disminuirá la densidad del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.

Tabla 13: Hipótesis específica 04

Hipótesis Específica	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	Espacio	Tiempo
Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %; disminuirá la densidad del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.	V.I: Porcelanato reciclado triturado en porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %.	Concreto	Disminuye	Trujillo	2021
	V.D: Densidad				

Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %; disminuirá la porosidad del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.

Tabla 14: Hipótesis específica 05

Hipótesis Específica	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	Espacio	Tiempo
Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %; disminuirá la porosidad del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.	V.I: Porcelanato reciclado triturado en porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %.	Concreto	Disminuye	Trujillo	2021
	V.D: Porosidad				

Al reemplazar el agregado fino por porcelanato reciclado triturado en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %; disminuirá el asentamiento del concreto en estado fresco con respecto al 0 % de reemplazo.

Tabla 15: Hipótesis específica 06

Hipótesis Específica	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	Espacio	Tiempo
Al reemplazar el agregado fino por porcelanato reciclado molido en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %; disminuirá el asentamiento del concreto en estado fresco con respecto al 0 % de reemplazo.	V.I: Porcelanato reciclado molido en porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %.	Concreto	Disminuye	Trujillo	2021
	V.D: Asentamiento				

Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %; incrementará la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.

Tabla 16: Hipótesis específica 07

Hipótesis Específica	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	Espacio	Tiempo
Al reemplazar el agregado fino por porcelanato reciclado molido en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %; incrementará la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.	V.I: Porcelanato reciclado molido en porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %. V.D: Resistencia a la compresión.	Concreto	Incrementa	Trujillo	2021

Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado molido en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %; disminuirá la absorción del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.

Tabla 17: Hipótesis específica 08

Hipótesis Específica	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	Espacio	Tiempo
Al reemplazar el agregado fino por porcelanato reciclado molido en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %; disminuirá la absorción del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.	V.I: Porcelanato reciclado molido en porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %. V.D: Absorción	Concreto	Disminuye	Trujillo	2021

Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado molido en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %; disminuirá la densidad del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.

Tabla 18: Hipótesis específica 09

Hipótesis Específica	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	Espacio	Tiempo
Al reemplazar el agregado fino por porcelanato reciclado molido en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %; disminuirá la densidad del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.	V.I: Porcelanato reciclado molido en porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %. V.D: Densidad	Concreto	Disminuye	Trujillo	2021

Al reemplazar el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %; disminuirá la porosidad del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.

Tabla 19: Hipótesis específica 10

Hipótesis Específica	Componentes Metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	Espacio	Tiempo
Al reemplazar el agregado fino por porcelanato reciclado molido en los porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %; disminuirá la porosidad del concreto en estado endurecido con respecto al 0 % de reemplazo.	V.I: Porcelanato reciclado molido en porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %. V.D: Porosidad	Concreto	Disminuye	Trujillo	2021

1.5. Variables

1.5.1. Sistema de Variables

Variable Independiente

La obtención del porcelanato reciclado es proveniente de los residuos en obras civiles locales, el cual será triturado para reemplazar al agregado grueso y molido para reemplazar al agregado fino.

La sustitución porcentual del porcelanato reciclado triturado como reemplazo del agregado grueso está comprendida entre: 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %.

25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 % del peso de este mismo en la elaboración de concreto, cuyo tamaño máximo nominal de es ½".

La sustitución porcentual del porcelanato reciclado molido como reemplazo del agregado fino está comprendida entre: 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 % del peso de este mismo en la elaboración de concreto, cuyo tamaño está comprendido entre los tamices N° 4 y N° 200.

Tabla 20: Operacionalización de la Variable Independiente

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Porcelanato reciclado	Material que se utiliza para el revestimiento de suelos y paredes.	Material que ha sido reducido de su tamaño ya sea chancado o molido, según su aplicación.	Propiedades físicas	Granulometría Módulo de finura Contenido de humedad Peso específico y absorción Peso unitario suelto y compactado

Variable dependiente

Propiedad del concreto en estado fresco:

- Asentamiento, empleando el cono de Abrams y será medido en centímetros (cm) y pulgadas.

Las propiedades del concreto en estado endurecido:

Para evaluar las propiedades del concreto en estado endurecido, se elaborarán probetas cilíndricas de 10 cm diámetro y 20 cm de largo.

- Compresión, su medida será en kg/cm².
- Densidad, medido en kg/m³.
- Porosidad y absorción, medidos en porcentajes.

1.5.2. Operacionalización de Variables Dependientes

Tabla 21: Operacionalización de Variables Dependientes

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Compresión	Es la medida máxima de la resistencia a carga axial del concreto.	Se elaboraron probetas de concreto con adición de porcelanato reciclado como sustitución porcentual de los agregados.	Propiedades mecánicas	Carga máxima de rotura	kgf
				Área	Cm ²
Asentamiento	Grado de fluidez de la mezcla de concreto, indicando que tan seca o fluida está cuando se encuentra en estado plástico.	Se elaboraron mezclas de concreto con adición de porcelanato reciclado como sustitución porcentual de los agregados.	Propiedades físicas	Longitud de asentamiento	Cm (")
Absorción	Relación que existe entre la masa de agua que penetra los poros saturables y el peso seco de la muestra penetrada por el agua.	Se elaboraron probetas de concreto con adición de porcelanato reciclado como sustitución porcentual de los agregados.	Propiedades físicas	Peso	kg
				Volumen	m ³
				Densidad	kg/m ³
Densidad	Peso de la unidad de volumen de concreto en estado endurecido.	Se elaboraron probetas de concreto con adición de porcelanato reciclado como sustitución porcentual de los agregados.	Propiedades físicas	Peso	kg
				Volumen	m ³
Porosidad	Cantidad de espacios vacíos que quedan inmersos dentro de la masa del material.	Se elaboraron probetas de concreto con adición de porcelanato reciclado como sustitución porcentual de los agregados.	Propiedades físicas	Peso	kg
				Volumen	m ³
				Densidad	kg/m ³

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Por el propósito

Es una investigación aplicada, porque cuya finalidad es solucionar cierto problema o planteamiento específico; además, busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren.

Sea el caso, en la presente investigación se busca reciclar el porcelanato procedente de los desperdicios de la construcción civil y reemplazarlos por los agregados que se emplean en la elaboración de concreto con la finalidad de ver su influencia en las propiedades del concreto (esfuerzo a la compresión, absorción, densidad, porosidad).

2.1.2. Por el diseño

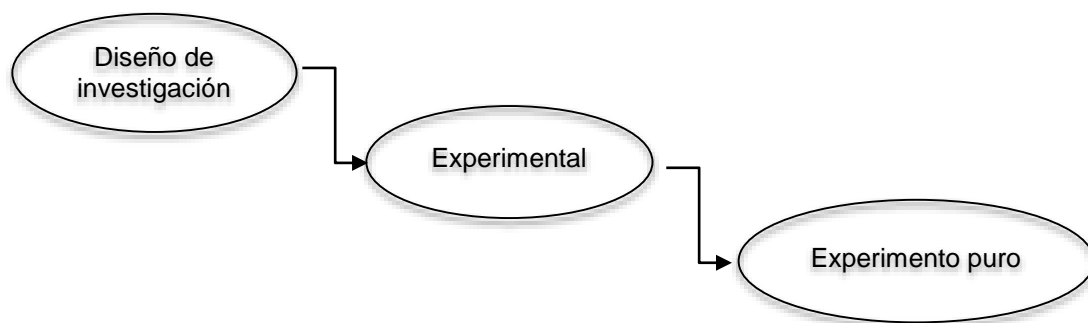


Figura 5: Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo experimental, porque controla y manipula de manera intencional una o más variables independientes (causa) para analizar las posibles consecuencias sobre una o más variables dependientes (efectos). En esta investigación la sustitución porcentual del porcelanato reciclado como reemplazo del agregado grueso y fino en la elaboración del concreto será manipulada de manera intencional con el fin de apreciar los efectos y/o resultados que produciría en sus propiedades en estado fresco y endurecido: resistencia a la compresión, asentamiento, absorción, porosidad y densidad.

Además, se considera como experimento puro porque posee grupo de comparación: un grupo de control (probetas patrones de concreto sin adición alguna) y otros grupos que reciben el tratamiento experimental (probetas de

concreto con adición de porcelanato reciclado triturado y molido, que sustituyendo al agregado grueso y fino); a los cuales se les comparará los resultados obtenidos y se concluirá que grupo posee el porcentaje más óptimo respecto a las probetas patrón.

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

Concreto constituido por materiales de características similares a los que se va a emplear en la presente investigación como: el TMN del agregado grueso de $\frac{1}{2}$ ", un módulo de finura del agregado fino comprendido entre el rango de 2.30 y 3.10, el uso de cemento portland compuesto tipo ICo (Pacasmayo), agua potable y la adición de porcelanato reciclado como sustitución porcentual de los agregados grueso y fino.

2.2.2. Muestra

a) Determinación de la Muestra

El tipo de muestreo es no probabilístico, ya que se elegirá la muestra que sea accesible para el investigador y se utilizará un muestreo de juicio experto en el que el investigador acudirá a su asesor: Ms. Ing. Wiston Azañedo Medina. Siendo eso así, se realizará bajo los criterios dictados por el Instituto americano de Concreto (ACI), en el apartado 318-08, sobre los requisitos para un concreto estructural que solo es necesario 2 probetas de concreto de 15 cm x 30 cm o 3 probetas de 10 cm x 20 cm. Siendo nuestro caso le correspondería 3 probetas de 10 cm x 20 cm. Sin embargo, con la finalidad de obtener valores más precisos y una muestra más representativa, se realizarán 10 muestras para cada variable dependiente y por cada porcentaje de reemplazo de porcelanato reciclado.



Figura 6: Dimensiones de las probetas cilíndricas

Concreto en estado endurecido

Siendo la muestra de 630 probetas de concreto, las cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

- Para el ensayo de resistencia a compresión a 28 días se emplearon un total de 210 probetas cilíndricas de concreto de 10 cm x 20 cm, las que fueron elaboradas y curadas bajo la NTP 339.183:2013 (ASTM C192); donde se realizó la adición en 13 diferentes porcentajes de porcelanato reciclado triturado en reemplazo del agregado grueso al: 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %. Aplicándose 10 réplicas para cada diseño: $13 \times 10 = 130$ probetas. Además, se realizó la adición en 8 diferentes porcentajes de porcelanato reciclado molido en reemplazo del agregado fino al: 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %. Aplicándose 10 réplicas para cada diseño: $8 \times 10 = 80$ probetas.
- Para el ensayo de resistencia a compresión a 58 días se emplearon un total de 210 probetas cilíndricas de concreto de 10 cm x 20 cm, las que fueron elaboradas y curadas bajo la NTP 339.183:2013 (ASTM C192); donde se realizó la adición en 13 diferentes porcentajes de porcelanato reciclado triturado en reemplazo del agregado grueso al: 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %. Aplicándose 10 réplicas para cada diseño: $13 \times 10 = 130$ probetas. Además, se realizó la adición en 8 diferentes porcentajes de porcelanato reciclado molido en reemplazo del agregado fino al: 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %. Aplicándose 10 réplicas para cada diseño: $8 \times 10 = 80$ probetas.
- Para los ensayos de absorción, densidad y porosidad se emplearon un total de 210 probetas cilíndricas de concreto de 10 cm x 20 cm, las que fueron elaboradas y curadas bajo la NTP 339.183:2013 (ASTM C192); donde se realizó la adición en 13 diferentes porcentajes de porcelanato reciclado triturado en reemplazo del agregado grueso al: 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %. Aplicándose 10 réplicas para cada diseño: $13 \times 10 = 130$ probetas. Además, se realizó la adición en 8 diferentes porcentajes de porcelanato reciclado molido en reemplazo del agregado fino al: 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %. Aplicándose 10 réplicas para cada diseño: $8 \times 10 = 80$ probetas.

Concreto en estado fresco

Para el ensayo de asentamiento (NTP 339.035), se elaborarán 63 muestras de concreto en estado fresco. Se realizarán 3 veces la medición de la trabajabilidad del concreto para cada uno de los diferentes porcentajes a reemplazar, las cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

- 13 diferentes porcentajes de porcelanato reciclado triturado en reemplazo del agregado grueso al: 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %. Aplicándose 3 ensayos para cada diseño: 13x3 veces = 39 muestras.
- 8 diferentes porcentajes de porcelanato reciclado molido en reemplazo del agregado fino al: 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %. Aplicándose 3 ensayos para cada diseño: 8x3 veces = 24 muestras.

b) Diseño de Contrastación

En esta investigación se realizó un diseño experimental, donde se varió la dosificación de porcelanato reciclado como reemplazo del agregado de la siguiente manera:

- En el agregado grueso se reemplazó por porcelanato reciclado triturado en la dosificación porcentual de 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 % y 60 %.
- En el agregado fino se reemplazó por porcelanato reciclado molido en la dosificación porcentual de 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 % y 40 %.
- Factor n: Variable independiente, la sustitución porcentual del porcelanato reciclado como reemplazo del agregado se da por el peso (kg) de este mismo en la fabricación de concreto. La nomenclatura es la siguiente:

$n_0 = 0 \%$, $n_1 = 5 \%$, $n_2 = 10 \%$, $n_3 = 15 \%$, $n_4 = 20 \%$, $n_5 = 25 \%$, $n_6 = 30 \%$, $n_7 = 35 \%$,
 $n_8 = 40 \%$, $n_9 = 45 \%$, $n_{10} = 50 \%$, $n_{11} = 55 \%$, $n_{12} = 60 \%$.

- **Factor X, A, C:** Variable dependiente, propiedades del concreto en estado fresco-endurecido.

X = Asentamiento (in-cm.)

A = Absorción (%), densidad (kg/m^3), porosidad (%).

C = Compresión (kg/cm^2)

Tabla 22: Matriz de diseño experimental para estado fresco

Ensayo		n: Porcentaje de Reemplazo de Porcelanato Reciclado												
Asentamiento	N° réplicas	0 %	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
		n ₀	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	n ₆	n ₇	n ₈	n ₉	n ₁₀	n ₁₁	n ₁₂
Reemplazando el agregado grueso	xag ₁	xag ₁ n ₀	xag ₁ n ₁	xag ₁ n ₂	xag ₁ n ₃	xag ₁ n ₄	xag ₁ n ₅	xag ₁ n ₆	xag ₁ n ₇	xag ₁ n ₈	xag ₁ n ₉	xag ₁ n ₁₀	xag ₁ n ₁₁	xag ₁ n ₁₂
	xag ₂	xag ₂ n ₀	xag ₂ n ₁	xag ₂ n ₂	xag ₂ n ₃	xag ₂ n ₄	xag ₂ n ₅	xag ₂ n ₆	xag ₂ n ₇	xag ₂ n ₈	xag ₂ n ₉	xag ₂ n ₁₀	xag ₂ n ₁₁	xag ₂ n ₁₂
	xag ₃	xag ₃ n ₀	xag ₃ n ₁	xag ₃ n ₂	xag ₃ n ₃	xag ₃ n ₄	xag ₃ n ₅	xag ₃ n ₆	xag ₃ n ₇	xag ₃ n ₈	xag ₃ n ₉	xag ₃ n ₁₀	xag ₃ n ₁₁	xag ₃ n ₁₂
Reemplazando el agregado fino	xaf ₁	xaf ₁ n ₀	xaf ₁ n ₁	xaf ₁ n ₂	xaf ₁ n ₃	xaf ₁ n ₄	xaf ₁ n ₅	xaf ₁ n ₆	xaf ₁ n ₇	xaf ₁ n ₈	-	-	-	-
	xaf ₂	xaf ₂ n ₀	xaf ₂ n ₁	xaf ₂ n ₂	xaf ₂ n ₃	xaf ₂ n ₄	xaf ₂ n ₅	xaf ₂ n ₆	xaf ₂ n ₇	xaf ₂ n ₈	-	-	-	-
	xaf ₃	xaf ₃ n ₀	xaf ₃ n ₁	xaf ₃ n ₂	xaf ₃ n ₃	xaf ₃ n ₄	xaf ₃ n ₅	xaf ₃ n ₆	xaf ₃ n ₇	xaf ₃ n ₈	-	-	-	-

Tabla 23: Matriz de diseño experimental para estado endurecido

Ensayo	N° Réplicas	N: Porcentaje de Reemplazo de Porcelanato Reciclado												
		0 %	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
		n_0	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8	n_9	n_{10}	n_{11}	n_{12}
Resistencia a la compresión del concreto, reemplazando el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado.	cag_1	cag_1n_0	cag_1n_1	cag_1n_2	cag_1n_3	cag_1n_4	cag_1n_5	cag_1n_6	cag_1n_7	cag_1n_8	cag_1n_9	cag_1n_{10}	cag_1n_{11}	cag_1n_{12}
	cag_2	cag_2n_0	cag_2n_1	cag_2n_2	cag_2n_3	cag_2n_4	cag_2n_5	cag_2n_6	cag_2n_7	cag_2n_8	cag_2n_9	cag_2n_{10}	cag_2n_{11}	cag_2n_{12}
	cag_3	cag_3n_0	cag_3n_1	cag_3n_2	cag_3n_3	cag_3n_4	cag_3n_5	cag_3n_6	cag_3n_7	cag_3n_8	cag_3n_9	cag_3n_{10}	cag_3n_{11}	cag_3n_{12}
	cag_4	cag_4n_0	cag_4n_1	cag_4n_2	cag_4n_3	cag_4n_4	cag_4n_5	cag_4n_6	cag_4n_7	cag_4n_8	cag_4n_9	cag_4n_{10}	cag_4n_{11}	cag_4n_{12}
	cag_5	cag_5n_0	cag_5n_1	cag_5n_2	cag_5n_3	cag_5n_4	cag_5n_5	cag_5n_6	cag_5n_7	cag_5n_8	cag_5n_9	cag_5n_{10}	cag_5n_{11}	cag_5n_{12}
	cag_6	cag_6n_0	cag_6n_1	cag_6n_2	cag_6n_3	cag_6n_4	cag_6n_5	cag_6n_6	cag_6n_7	cag_6n_8	cag_6n_9	cag_6n_{10}	cag_6n_{11}	cag_6n_{12}
	cag_7	cag_7n_0	cag_7n_1	cag_7n_2	cag_7n_3	cag_7n_4	cag_7n_5	cag_7n_6	cag_7n_7	cag_7n_8	cag_7n_9	cag_7n_{10}	cag_7n_{11}	cag_7n_{12}
	cag_8	cag_8n_0	cag_8n_1	cag_8n_2	cag_8n_3	cag_8n_4	cag_8n_5	cag_8n_6	cag_8n_7	cag_8n_8	cag_8n_9	cag_8n_{10}	cag_8n_{11}	cag_8n_{12}
	cag_9	cag_9n_0	cag_9n_1	cag_9n_2	cag_9n_3	cag_9n_4	cag_9n_5	cag_9n_6	cag_9n_7	cag_9n_8	cag_9n_9	cag_9n_{10}	cag_9n_{11}	cag_9n_{12}
	cag_{10}	$cag_{10}n_0$	$cag_{10}n_1$	$cag_{10}n_2$	$cag_{10}n_3$	$cag_{10}n_4$	$cag_{10}n_5$	$cag_{10}n_6$	$cag_{10}n_7$	$cag_{10}n_8$	$cag_{10}n_9$	$cag_{10}n_{10}$	$cag_{10}n_{11}$	$cag_{10}n_{12}$
Resistencia a la compresión del concreto, reemplazando el agregado fino por porcelanato reciclado molido.	caf_1	caf_1n_0	caf_1n_1	caf_1n_2	caf_1n_3	caf_1n_4	caf_1n_5	caf_1n_6	caf_1n_7	caf_1n_8	-	-	-	-
	caf_2	caf_2n_0	caf_2n_1	caf_2n_2	caf_2n_3	caf_2n_4	caf_2n_5	caf_2n_6	caf_2n_7	caf_2n_8	-	-	-	-
	caf_3	caf_3n_0	caf_3n_1	caf_3n_2	caf_3n_3	caf_3n_4	caf_3n_5	caf_3n_6	caf_3n_7	caf_3n_8	-	-	-	-
	caf_4	caf_4n_0	caf_4n_1	caf_4n_2	caf_4n_3	caf_4n_4	caf_4n_5	caf_4n_6	caf_4n_7	caf_4n_8	-	-	-	-
	caf_5	caf_5n_0	caf_5n_1	caf_5n_2	caf_5n_3	caf_5n_4	caf_5n_5	caf_5n_6	caf_5n_7	caf_5n_8	-	-	-	-
	caf_6	caf_6n_0	caf_6n_1	caf_6n_2	caf_6n_3	caf_6n_4	caf_6n_5	caf_6n_6	caf_6n_7	caf_6n_8	-	-	-	-
	caf_7	caf_7n_0	caf_7n_1	caf_7n_2	caf_7n_3	caf_7n_4	caf_7n_5	caf_7n_6	caf_7n_7	caf_7n_8	-	-	-	-
	caf_8	caf_8n_0	caf_8n_1	caf_8n_2	caf_8n_3	caf_8n_4	caf_8n_5	caf_8n_6	caf_8n_7	caf_8n_8	-	-	-	-
	caf_9	caf_9n_0	caf_9n_1	caf_9n_2	caf_9n_3	caf_9n_4	caf_9n_5	caf_9n_6	caf_9n_7	caf_9n_8	-	-	-	-
	caf_{10}	$caf_{10}n_0$	$caf_{10}n_1$	$caf_{10}n_2$	$caf_{10}n_3$	$caf_{10}n_4$	$caf_{10}n_5$	$caf_{10}n_6$	$caf_{10}n_7$	$caf_{10}n_8$	-	-	-	-
Absorción, densidad y porosidad	aag_1	aag_1n_0	aag_1n_1	aag_1n_2	aag_1n_3	aag_1n_4	aag_1n_5	aag_1n_6	aag_1n_7	aag_1n_8	aag_1n_9	aag_1n_{10}	aag_1n_{11}	aag_1n_{12}
	aag_2	aag_2n_0	aag_2n_1	aag_2n_2	aag_2n_3	aag_2n_4	aag_2n_5	aag_2n_6	aag_2n_7	aag_2n_8	aag_2n_9	aag_2n_{10}	aag_2n_{11}	aag_2n_{12}
	aag_3	aag_3n_0	aag_3n_1	aag_3n_2	aag_3n_3	aag_3n_4	aag_3n_5	aag_3n_6	aag_3n_7	aag_3n_8	aag_3n_9	aag_3n_{10}	aag_3n_{11}	aag_3n_{12}

reemplazando el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado.	<i>aag₄</i>	<i>aag_{4n0}</i>	<i>aag_{4n1}</i>	<i>aag_{4n2}</i>	<i>aag_{4n3}</i>	<i>aag_{4n4}</i>	<i>aag_{4n5}</i>	<i>aag_{4n6}</i>	<i>aag_{4n7}</i>	<i>aag_{4n8}</i>	<i>aag_{4n9}</i>	<i>aag_{4n10}</i>	<i>aag_{4n11}</i>	<i>aag_{4n12}</i>	
	<i>aag₅</i>	<i>aag_{5n0}</i>	<i>aag_{5n1}</i>	<i>aag_{5n2}</i>	<i>aag_{5n3}</i>	<i>aag_{5n4}</i>	<i>aag_{5n5}</i>	<i>aag_{5n6}</i>	<i>aag_{5n7}</i>	<i>aag_{5n8}</i>	<i>aag_{5n9}</i>	<i>aag_{5n10}</i>	<i>aag_{5n11}</i>	<i>aag_{5n12}</i>	
	<i>aag₆</i>	<i>aag_{6n0}</i>	<i>aag_{6n1}</i>	<i>aag_{6n2}</i>	<i>aag_{6n3}</i>	<i>aag_{6n4}</i>	<i>aag_{6n5}</i>	<i>aag_{6n6}</i>	<i>aag_{6n7}</i>	<i>aag_{6n8}</i>	<i>aag_{6n9}</i>	<i>aag_{6n10}</i>	<i>aag_{6n11}</i>	<i>aag_{6n12}</i>	
	<i>aag₇</i>	<i>aag_{7n0}</i>	<i>aag_{7n1}</i>	<i>aag_{7n2}</i>	<i>aag_{7n3}</i>	<i>aag_{7n4}</i>	<i>aag_{7n5}</i>	<i>aag_{7n6}</i>	<i>aag_{7n7}</i>	<i>aag_{7n8}</i>	<i>aag_{7n9}</i>	<i>aag_{7n10}</i>	<i>aag_{7n11}</i>	<i>aag_{7n12}</i>	
	<i>aag₈</i>	<i>aag_{8n0}</i>	<i>aag_{8n1}</i>	<i>aag_{8n2}</i>	<i>aag_{8n3}</i>	<i>aag_{8n4}</i>	<i>aag_{8n5}</i>	<i>aag_{8n6}</i>	<i>aag_{8n7}</i>	<i>aag_{8n8}</i>	<i>aag_{8n9}</i>	<i>aag_{8n10}</i>	<i>aag_{8n11}</i>	<i>aag_{8n12}</i>	
	<i>aag₉</i>	<i>aag_{9n0}</i>	<i>aag_{9n1}</i>	<i>aag_{9n2}</i>	<i>aag_{9n3}</i>	<i>aag_{9n4}</i>	<i>aag_{9n5}</i>	<i>aag_{9n6}</i>	<i>aag_{9n7}</i>	<i>aag_{9n8}</i>	<i>aag_{9n9}</i>	<i>aag_{9n10}</i>	<i>aag_{9n11}</i>	<i>aag_{9n12}</i>	
	<i>aag₁₀</i>	<i>aag_{10n0}</i>	<i>aag_{10n1}</i>	<i>aag_{10n2}</i>	<i>aag_{10n3}</i>	<i>aag_{10n4}</i>	<i>aag_{10n5}</i>	<i>aag_{10n6}</i>	<i>aag_{10n7}</i>	<i>aag_{10n8}</i>	<i>aag_{10n9}</i>	<i>aag_{10n10}</i>	<i>aag_{10n11}</i>	<i>aag_{10n12}</i>	
	Absorción, densidad y porosidad reemplazando el agregado fino por porcelanato reciclado molido.	<i>aaf₁</i>	<i>aaf_{1n0}</i>	<i>caf_{1n1}</i>	<i>caf_{1n2}</i>	<i>caf_{1n3}</i>	<i>caf_{1n4}</i>	<i>caf_{1n5}</i>	<i>caf_{1n6}</i>	<i>caf_{1n7}</i>	<i>caf_{1n8}</i>	-	-	-	-
		<i>aaf₂</i>	<i>aaf_{2n0}</i>	<i>caf_{2n1}</i>	<i>caf_{2n2}</i>	<i>caf_{2n3}</i>	<i>caf_{2n4}</i>	<i>caf_{2n5}</i>	<i>caf_{2n6}</i>	<i>caf_{2n7}</i>	<i>caf_{2n8}</i>	-	-	-	-
		<i>aaf₃</i>	<i>aaf_{3n0}</i>	<i>caf_{3n1}</i>	<i>caf_{3n2}</i>	<i>caf_{3n3}</i>	<i>caf_{3n4}</i>	<i>caf_{3n5}</i>	<i>caf_{3n6}</i>	<i>caf_{3n7}</i>	<i>caf_{3n8}</i>	-	-	-	-
<i>aaf₄</i>		<i>aaf_{4n0}</i>	<i>caf_{4n1}</i>	<i>caf_{4n2}</i>	<i>caf_{4n3}</i>	<i>caf_{4n4}</i>	<i>caf_{4n5}</i>	<i>caf_{4n6}</i>	<i>caf_{4n7}</i>	<i>caf_{4n8}</i>	-	-	-	-	
<i>aaf₅</i>		<i>aaf_{5n0}</i>	<i>caf_{5n1}</i>	<i>caf_{5n2}</i>	<i>caf_{5n3}</i>	<i>caf_{5n4}</i>	<i>caf_{5n5}</i>	<i>caf_{5n6}</i>	<i>caf_{5n7}</i>	<i>caf_{5n8}</i>	-	-	-	-	
<i>aaf₆</i>		<i>aaf_{6n0}</i>	<i>caf_{6n1}</i>	<i>caf_{6n2}</i>	<i>caf_{6n3}</i>	<i>caf_{6n4}</i>	<i>caf_{6n5}</i>	<i>caf_{6n6}</i>	<i>caf_{6n7}</i>	<i>caf_{6n8}</i>	-	-	-	-	
<i>aaf₇</i>		<i>aaf_{7n0}</i>	<i>caf_{7n1}</i>	<i>caf_{7n2}</i>	<i>caf_{7n3}</i>	<i>caf_{7n4}</i>	<i>caf_{7n5}</i>	<i>caf_{7n6}</i>	<i>caf_{7n7}</i>	<i>caf_{7n8}</i>	-	-	-	-	
<i>aaf₈</i>		<i>aaf_{8n0}</i>	<i>caf_{8n1}</i>	<i>caf_{8n2}</i>	<i>caf_{8n3}</i>	<i>caf_{8n4}</i>	<i>caf_{8n5}</i>	<i>caf_{8n6}</i>	<i>caf_{8n7}</i>	<i>caf_{8n8}</i>	-	-	-	-	
<i>aaf₉</i>		<i>aaf_{9n0}</i>	<i>caf_{9n1}</i>	<i>caf_{9n2}</i>	<i>caf_{9n3}</i>	<i>caf_{9n4}</i>	<i>caf_{9n5}</i>	<i>caf_{9n6}</i>	<i>caf_{9n7}</i>	<i>caf_{9n8}</i>	-	-	-	-	
<i>aaf₁₀</i>		<i>aaf_{10n0}</i>	<i>caf_{10n1}</i>	<i>caf_{10n2}</i>	<i>caf_{10n3}</i>	<i>caf_{10n4}</i>	<i>caf_{10n5}</i>	<i>caf_{10n6}</i>	<i>caf_{10n7}</i>	<i>caf_{10n8}</i>	-	-	-	-	

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas de recolección y análisis de datos

La técnica a emplear para la recolección de datos es a la observación directa.

La observación se aplicará directamente en los ensayos establecidos por el investigador:

- Resistencia a la Compresión a los 28 y 56 días, según la NTP 339.034.
- Trabajabilidad, a través del ensayo de Slump, según NTP 339.035
- Densidad, absorción y porcentaje de vacíos; según NTP 339.187
- Estas tienen que ser correctamente ejecutados de acuerdo a los estándares proporcionados por la ASTM y Norma Técnica Peruana del concreto.

2.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Se utilizará la guía de observación como instrumento de recolección de datos. En esta guía se colocarán los resultados obtenidos por cada ensayo y con diferentes porcentajes de reemplazo de porcelanato reciclado por los agregados.

2.3.3. Procedimiento de recolección de datos

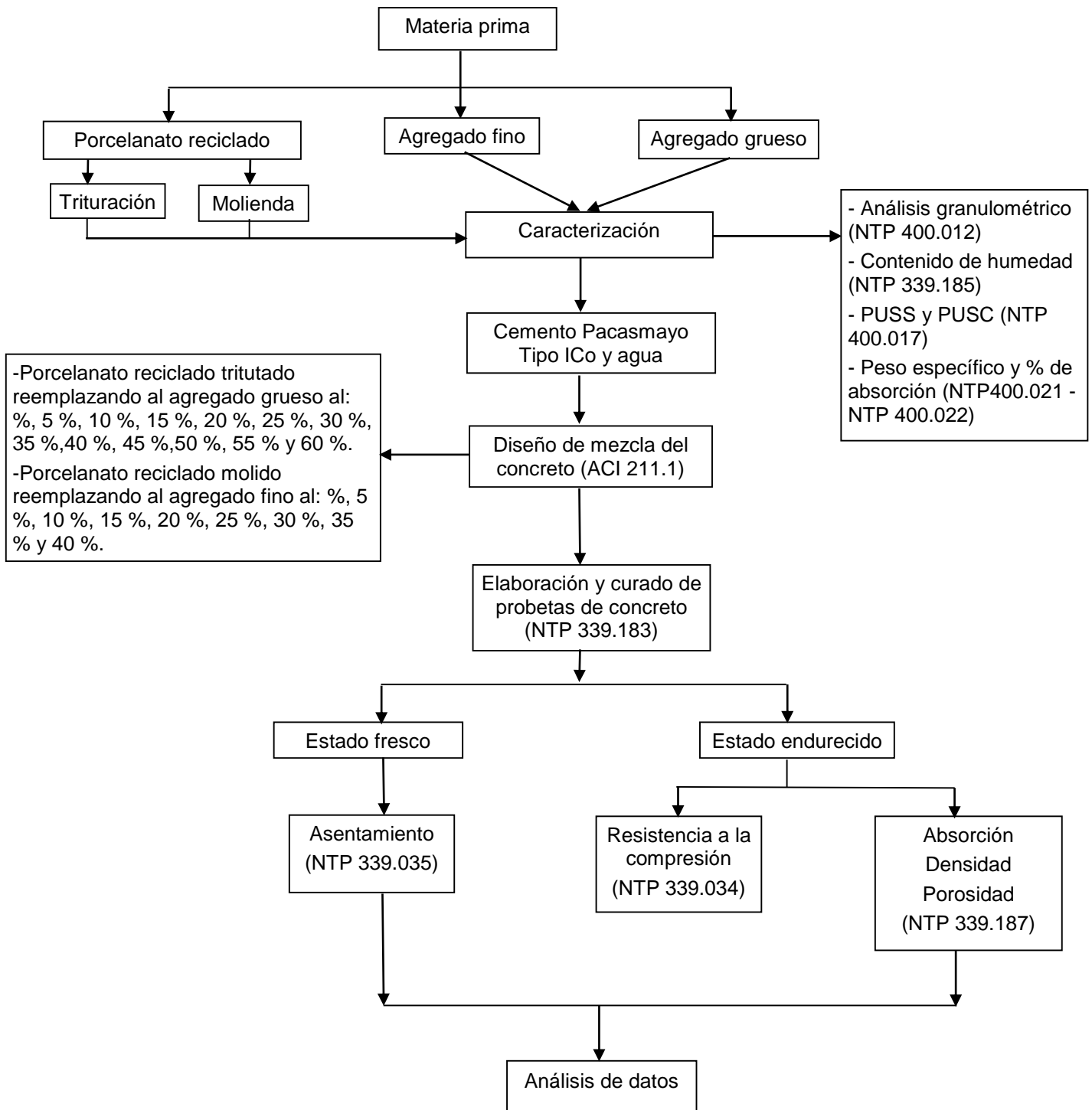


Figura 7: Circuito de procedimiento experimental

2.3.3.1. Obtención y caracterización de insumos

2.3.3.1.1. Obtención de insumos

2.3.3.1.1.1. Agregado grueso y fino

Para la elaboración de la investigación se partió en buscar agregados que estén más accesible y cerca al lugar de la investigación. Los agregados se obtuvieron de la cantera “El Milagro”; se recogió agregado grueso chancado de tamaño máximo nominal 1/2” y agregado fino (arena gruesa). Para la movilización de estos agregados se empleó un vehículo particular (volquete).

2.3.3.1.1.2. Cemento

El cemento que se utilizó para la elaboración de las probetas de concreto es portland Extra Forte ICo de la empresa Pacasmayo, fabricado a partir de molienda de Clinker y aditivos que le otorgan buena resistencia a compresión, maleabilidad y moderado calor de hidratación. Ideal para ambientes no salitrosos en columnas, vigas, losas y cimentaciones.

Características:

- Uso general en construcción
- Excelente resistencia en el tiempo
- Gran trabajabilidad y excelente acabado

2.3.3.1.1.3. Agua

Se utilizó agua potable de acuerdo a los requerimientos de la NTP 339.088.

2.3.3.1.1.4. Porcelanato reciclado

Los residuos de porcelanato (retazos) se reciclaron de una obra civil y estos ya no tenían ningún tipo de uso, siendo considerado como desecho que estaba destinado para botar como desmonte junto al excedente ya no reutilizable de los otros materiales de construcción.

Para el uso de porcelanato reciclado como reemplazo de los agregados en el concreto, se tuvo que pasar por el proceso de trituración y molienda para seleccionar el tamaño de partículas a emplear de acuerdo al tipo de agregado a reemplazar.

Para reemplazar el porcelanato reciclado por agregado grueso se trituró de manera manual ayudados por una comba, luego se separó el material en diferentes tamaños usando los tamices N° ¾", N° ½", N° 3/8", N° 4 y malla ciega; cuya granulometría debería asemejarse a la del agregado grueso.

Para reemplazar el porcelanato reciclado por agregado fino, se empleó la máquina de los Ángeles. previamente se realizó la limpieza del equipo con la colocación de arena, para retirar los finos que pueda contener en su interior, se dejó girar el equipo durante 2 minutos y se separó el material, este procedimiento de limpieza se realizó 5 veces, hasta quedar totalmente limpio.

Se introdujo el porcelanato reciclado en proporciones de 8 kg durante 45 minutos (1485 revoluciones) con 12 bolas de acero de diámetro de 4.75 cm a 4.77 cm y de peso de 413.2 gramos a 413.5 gramos, luego se separó el material en diferentes tamaños usando los tamices N° 4 y N° 8 N° 16 y N° 30 N° 50 y N° 100 N° 200 y malla ciega, las cuales están normadas por la ASTM E11: cuya granulometría debería asemejarse a la del agregado fino.

2.3.3.1.2. Caracterización de los agregados

Los ensayos que se realizaron para la caracterización de los agregados grueso, fino y sus respectivos reemplazos (porcelanato triturado y molido) son: granulometría, peso unitario, peso específico, absorción y contenido de humedad; basándonos en la norma técnica peruana (NTP) y el manual de diseño de material (MTC). Todos estos ensayos poseen un valor de importancia para el diseño de mezcla del concreto. Es necesario recalcar que, los ensayos fueron efectuados en el Laboratorio de Concreto y Reciclado de la Universidad Nacional de Trujillo.

a. Ensayo Granulométrico (ASTM C136-NTP 400.12)

El ensayo permite determinar la distribución por tamaño de las partículas que lo forman; además, estos deben estar comprendidos dentro de determinados límites.

Procedimiento para el agregado fino

- La muestra de agregados a tamizar es llevada al horno dejándose secar a una temperatura 110 ± 5 °C durante 24 horas.
- Se pesa una muestra de agregado fino de 500 g. Luego se pesó cada tamiz para obtener el peso de cada uno (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y malla ciega).

- Luego de procedió al armado de los tamices en orden del tamaño de la abertura de manera decreciente, colocando la bandeja de fondo, introduciendo la muestra en la parte superior, colocando la tapa al tamiz superior para evitar la pérdida de material.; llevándose a la máquina vibradora durante 5 minutos.
- Posteriormente se tomará los pesos de cada malla con el material retenido, a través de una balanza analítica de sensibilidad de 0.1 gr y capacidad de 2Kg, siendo los datos registrados en las siguientes tablas:

El mismo procedimiento se realiza tres veces, se toma como base los límites de la NTP 400.037 (Ver Tabla 24 y 25).

El módulo de finura del agregado fino se determinará mediante la ecuación 1:

Ecuación 1: Módulo de finura Agregado Fino

$$MF = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulados en las mallas } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

Tabla 24: Ensayo granulométrico del agregado fino

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso del tamiz (g)	Peso del tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
3/8"							
N° 4							
N° 8							
N° 16							
N° 30							
N° 50							
N° 100							
N° 200							
FONDO							
Peso Total						Módulo Finura:	

Tabla 25: Recolección de datos de la composición granulométrica de la muestra fina

Composición de la muestra
% Grava (3" a 3/8")
% Grano grueso (N°4 a N°8)
% Grano medio (N°16 a N°30)
% Grano fino (N°50 a N°200)
%Limo-arcilloso(<N°200)
Total

Procedimiento para el agregado grueso

- La muestra de agregados a tamizar es llevada al horno dejándose secar a una temperatura 110 ± 5 °C durante 24 horas.
- Se pesa una muestra de agregado fino de 1000 g. Luego se pesó cada tamiz para obtener el peso de cada uno (1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8 y malla ciega)
- Luego de procedió al armado de los tamices en orden del tamaño de la abertura de manera decreciente, colocando la bandeja de fondo, introduciendo la muestra en la parte superior, colocando la tapa al tamiz superior para evitar la pérdida de material.; llevándose a la máquina vibradora durante 5 minutos.
- Posteriormente se tomará los pesos de cada malla con el material retenido, a través de una balanza analítica de sensibilidad de 0.1 gr y capacidad de 2Kg, siendo los datos registrados en las siguientes tablas:

El mismo proceso se realiza tres veces, se toma como base los límites de la NTP 400.037 (Ver Tabla 25 y 26).

Tabla 26: Ensayo granulométrico del agregado grueso

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso del tamiz (g)	Peso del tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
1"							
3/4"							
1/2"							
3/8"							
N° 4							
N° 8							
N° 200							
FONDO							
PESO TOTAL							

Tabla 27: Recolección de datos de la composición granulométrica de la muestra

Composición de la muestra
% Grava (3" a 3/8")
% Grano grueso (N°4 a N°8)
% Grano medio (N°16 a N°30)
% Grano fino (N°50 a N°200)
%Limo-arcilloso(<N°200)
Total

b. Contenido de humedad (ASTM C566-NTP 339.185)

Los agregados son materiales que tienen poros, por lo tanto, un porcentaje humedad atmosférica llega introducirse en dichos poros y genera un porcentaje de humedad en los agregados. Conocer la cantidad de esta humedad es importante, ya que de esta manera podríamos saber si el agregado está aportando agua adicional en nuestra mezcla para la elaboración de concreto.

Procedimiento

- Se tomó el peso de un recipiente metálico, en una balanza de sensibilidad de 0.1 g.
- Se pesó una muestra representativa en estado natural, en el recipiente metálico.
- Se colocó la muestra en la estufa a una temperatura de 100 ± 5 °C durante 24 horas, posteriormente se tomó lectura del peso en estado seco.

- Luego se determinó el contenido de humedad mediante la siguiente expresión:

Ecuación 2: Contenido de Humedad

$$W\% = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps} \right) \times 100$$

Dónde:

W%: Humedad. (%)

Ph: Peso Natural del material. (g)

Ps: Peso Seco del material. (g)

Tabla 28: Contenido de Humedad

Descripción	Muestra	Peso de Tara (gr)	Tara + Muestra natural (gr)	Tara + Muestra Seca (gr)	Peso de la Muestra Natural (gr)	Peso de la Muestra Seca (gr)	Humedad (%)	
					(Ph)	(Ps)	W	
	M1							
	M2							
	M3							
Promedio								

c. Peso unitario suelto y compactado de los agregados (ASTM C29-NTP 400.017)

Primero, se tomó una muestra considerable de agregado y se lo colocó en una estufa a 110 ± 5 °C durante 24 horas.

Luego, se pesó el molde vacío (**Pm**), en una balanza de 1 g de sensibilidad, y se colocó sobre una superficie plana. Después, se pesó el molde lleno de agua (**Pma**), para calcular el volumen del molde (**Vm**), mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 3: Volumen del molde para peso unitario

$$Vm = \frac{Pma - Pm}{\delta_{H2O}}$$

Donde:

Pma : Peso del molde lleno con agua (kg)

Pm: Peso del molde (kg)

δ_{H_2O} : Densidad del agua (kg/m^3)

V_m : Volumen del molde. (m^3)

La recolección de datos del volumen del molde para peso unitario, se realizó mediante la siguiente tabla:

Tabla 29: Volumen del molde para peso unitario suelto y compactado de los agregados

Muestra	Peso del molde (Kg)	Peso del molde + agua (kg)	Peso del agua (Kg)	Densidad del agua a 23°C (kg/m^3)	Volumen del molde (m^3)
m1					
m2					
m3					
Promedio					

Tabla 30: Densidad del Agua

Temperatura		Densidad	
°C	°F	lb/ft ³	kg/cm ³
15.6	60.00	62.366	999.01
18.3	65.00	62.336	998.54
21.1	70.00	62.301	997.97
23	73.40	62.274	997.54
23.9	75.00	62.261	997.32
26.7	80.00	62.216	996.59
29.4	85.00	62.166	995.83

Para el PUSSE se llenó por medio de una cuchara o pala a una altura que no excedió de 2" por encima del borde superior del molde hasta que el material rebose éste; teniendo el cuidado de evitar en la medida posible menor cantidad de vacíos. Posteriormente, se niveló con una regla enrasadora (en agregado fino o grueso) teniendo el cuidado de no presionar mucho para no compactar ligeramente su estado suelto o nivelando directamente con los dedos (en agregado grueso) de forma tal que ninguna pieza se proyecte o balancee los huecos en la superficie por debajo del borde del recipiente la medida de lo posible la segregación. Este procedimiento se repite 3 veces.

Por último, se procedió a pesar la muestra con el molde (Ps) para luego realizar los siguientes cálculos:

Ecuación 4: Peso unitario suelto

$$PUSS = \frac{Ps - Pm}{Vm}$$

Ps: Peso del agregado suelto más el molde (kg)

Pm: Peso del molde vacío

Vm: Volumen del molde

Para el PUCS se vertió el agregado en 3 capas iguales, las cuales fueron compactadas 25 veces con una varilla metálica recta (5/8" x 60 cm), además de golpear al molde por fuera 12 veces con un martillo de goma. Posteriormente, se enrasó la superficie y se tomó lectura de su peso (Pc), este procedimiento se repite 3 veces; para luego realizar el siguiente cálculo:

Ecuación 5: Peso Unitario Compactado

$$PUCS = \frac{Pc - Pm}{Vm}$$

Pc: Peso del agregado compactado más el molde (kg)

Pm: Peso del molde vacío

Vm: Volumen del molde

Tabla 31: Peso unitario suelto y compactado de los agregados

Muestra	Código	Peso del molde (kg)	Peso de la muestra suelta + Molde (kg)	Peso de la muestra compacta + molde (kg)	Peso de la muestra suelta (kg)	Peso de la muestra compacta (kg)	Volumen del molde (m ³)	Peso Unitario Suelto (kg/ m ³)	Peso Unitario compacto (kg/ m ³)
	M1								
	M2								
	M3								
Promedio									

d. Gravedad específica y absorción

Agregado grueso (ASTM C127-NTP 400.021)

- Primero, se sumergió la muestra de grava en agua durante 24 horas.
- Luego, se retiró la muestra del agua para eliminar el exceso de agua existente utilizando algún material absorbente; en este caso una franela.

- Después, se eliminó todo el material pasante por el tamiz N°4.

Posteriormente, se determinó el peso de la muestra en su condición en este punto, que vendría a ser el peso superficialmente seco en una balanza con sensibilidad de 0.1 g. y capacidad de 2000 g. (**D**).

- Además, se colocó la muestra en la canastilla y se introdujo en un balde con agua, para determinar el peso sumergido (**E**).
- Finalmente, se llevó la muestra húmeda a una estufa a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ para determinar su peso seco (**A**).

El peso específico y absorción se determina mediante las siguientes ecuaciones:

Ecuación 6: Peso específico de la grava

$$Pe = \frac{A}{(D - E)}$$

Ecuación 7: Peso específico superficialmente seco de la grava

$$PeSSS = \frac{D}{(D - E)}$$

Ecuación 8: Peso específico aparente de la grava

$$Pea = \frac{A}{(A - E)}$$

Ecuación 9: Absorción de la grava

$$A\% = \left[\frac{D - A}{A} \right] \times 100$$

A: Peso de la muestra seca en la estufa (g)

E: Peso de la muestra sumergida en agua (g)

D: Peso de la muestra superficialmente seca (g)

La recolección de datos del ensayo del contenido de humedad se realizó mediante la siguiente tabla:

Tabla 32: Gravedad específica y absorción – Agregado Grueso

Muestra	Código	Peso de la muestra SSS al aire (gr)	Peso de la muestra SSS en el agua (gr)	Peso de la muestra Seca (gr)	Peso específico (kg/m ³)	Peso específico SSS (Kg/m ³)	Peso específico aparente (kg/m ³)	Absorción (%)
	m1							
	m2							
	m3							
Promedio								

Agregado fino (ASTM C128-NTP 400.022)

- Se sumergió la muestra en agua durante 24 horas.
- Luego, se prosiguió a realizar el secado del material en una estufa a $110 \pm 5^\circ\text{C}$, hasta tener un secado uniforme, una vez obtenido la muestra superficialmente seca, se colocó el agregado fino en un molde cónico; de diámetro inferior, diámetro superior y altura de 8, 4 y 6.5 cm respectivamente, en 3 capas aplicando 25 apisonadas por cada capa.
- Después, levantar el molde verticalmente y observar el comportamiento del material, se verifico que $\frac{3}{4}$ del agregado se mantenga en pie.
- Posteriormente, se pesó todo el agregado superficialmente seco obtenido en una balanza con sensibilidad de 0.1 g. y capacidad de 2000 g. (S).
- A continuación, se tomó el peso de la fiola de 1000 ml. más agua hasta la marca de calibración (B).
- Además, se vertió el material en estado superficialmente seco en la fiola y se llenó de agua hasta la marca de calibración, verificándose que no presente aire atrapado entre las partículas de la arena, para después tomar su peso (C).
- Por último, se llevó la muestra húmeda a una estufa a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 horas para determinar su peso seco (A)
- El peso específico y absorción se determina mediante las siguientes ecuaciones:

Ecuación 10: Peso específico de la arena

$$Pe = \frac{A}{(B + S - C)}$$

Ecuación 11: Peso específico superficialmente seco de la arena

$$Pe_{SSS} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

Ecuación 12: Peso específico aparente de la arena

$$Pe_a = \frac{A}{(B + A - C)}$$

Ecuación 13: Absorción de la arena

$$A\% = \left[\frac{S - A}{A} \right] \times 100$$

A: Peso de la muestra seca en la estufa (g)

B: Peso de la fiola con agua hasta la marca de calibración (g)

C: Peso de la fiola con la muestra y agua hasta la marca de calibración

S: Peso de la muestra superficialmente seca (g)

La recolección de datos del peso específico y absorción se realizó de la siguiente manera:

Tabla 33: Gravedad específica y absorción – Agregado Fino

Muestra	Código	Peso seco en el horno (gr)	Peso de la fiola lleno de agua (gr)	Peso de la fiola + agua + muestra (gr)	Peso de la muestra SSS (g)	Peso específico (kg/m ³)	Peso específico SSS (Kg/m ³)	Peso específico aparente (kg/m ³)	Absorción (%)
	M1								
	M2								
	M3								
Promedio									

2.3.3.1.3. Ensayos complementarios de control de calidad de insumos

a. Partículas chatas y alargadas NTP 400.040

Este método de ensayo cubre la determinación de los porcentajes de partículas planas (chatas), partículas alargadas o partículas planas y alargadas en agregados gruesos.

- Longitud: Dimensión máxima de la partícula.
- Anchura: dimensión máxima en el plano perpendicular a la longitud.
- Espesor: dimensión máxima perpendicular a la longitud y anchura.

Se denomina partícula chata o plana, cuando el ancho de la partícula es mayor a 3 veces el espesor de esta misma y alargada cuando su longitud es mayor a 3 veces su anchura. Estas no deben ser mayor al 10 % según lo especifica la MTC E221.

Este ensayo se puede realizar con 2 herramientas:

- **Dispositivo de calibración proporcional**

Consiste de una placa de base con dos pines fijos y un brazo oscilante montado entre ellos de modo que las aberturas entre los extremos del brazo oscilante y los pines fijos mantengan una relación constante. La posición del eje puede ser ajustada para proveer la relación de dimensiones de abertura 1:2 1:3 1:5.



Figura 8: Dispositivo de Calibración Proporcional

- **Calibrador de partículas lajeadas y alargadas**

Plancha de acero inoxidable con aberturas de distintos tamaños que clasifica si una partícula de agregado es chata o alargada.



Figura 9: Calibrador de Partículas Lajeadas y Alargadas

Procedimiento

Mezclar totalmente la muestra y reducir a una cantidad apropiada por cuarteo, según MTC E 201 la cantidad de agregado no será de un peso predeterminado, sino el resultante del cuarteo, una vez secado y conformará los mínimos requeridos de acuerdo a lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 34: Peso Mínimo de la Muestra con TMN

Tamaño Máximo Nominal	Peso Mínimo De La Muestra (Kg)
3/8"	1
1/2"	2
3/4"	5
1"	10
1 1/2"	15

Dispositivo de calibración proporcional

Ensayo de partículas chatas: Ajustar la abertura entre el brazo mayor y el poste, al ancho de las partículas. La partícula es chata si su espesor pasa por la abertura menor.

Ensayo de partícula alargada: Ajustar la abertura mayor a la longitud de la partícula. La partícula es alargada si su ancho pasa por la abertura menor.

Calibrador de partículas lajeadas y alargadas

La partícula se considera plana y alargada si al medir el espesor de este, puede pasar completamente a través de la ranura del calibrador de espesores variados.

La recolección de datos se realizó a través de la siguiente tabla:

Tabla 35: Partículas chatas y alargadas

Material		Tipo de Material			Partículas Chatas		Partículas Alargadas		Partículas Chatas y Alargadas		Partículas ni Chatas, ni Alargadas	
TAMIZ	Abertura	Peso (gr)	Retiene (%)	Pasa	Peso (gr)	(%)	Peso (gr)	(%)	Peso (gr)	(%)	Peso (gr)	(%)
(pulg)	(mm)	A	C		E		F		G		H	
1 "	25.40											
3 / 4 "	19.05											
1 / 2 "	12.70											
3 / 8 "	8.75											
Peso Retenido 3/8" (D)												
Total de partículas chatas, alargadas y chatas alargadas											Partículas idóneas	
% ≤ 10%												

Ecuación 14: Porcentaje de partículas chatas y alargadas

$$\% = \left[\left(\frac{E}{A} \times 100 \right) \times \left(\frac{A}{D} \times 100 \right) \right] / 100$$

Donde:

E-F-G-H: características de las partículas según su morfología

A: peso retenido en cada tamiz

D: peso de la muestra de ensayo (retenido en el tamiz 3/8")

b. Durabilidad a los sulfatos NTP 400.016

Para este ensayo existen dos tipos de soluciones: la primera es usando sulfato de sodio (NaSo) y la segunda usando sulfato de magnesio (MgSo).

Preparación de la solución

Disolver 1400 gramos de sulfato de magnesio en 1 litro de agua destilada y dejar reposar durante 48 horas antes de ser usado.

Agregado Fino

Tamizar el material por la malla de 3/8" y obtener 100 gramos como mínimo de cada material retenido en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30 y N°50.

Agregado Grueso

Tamizar el material para eliminar todas las partículas inferiores al tamiz N°4, y seleccionar una cantidad de 5000 gramos y tamizar por las mallas respectivas de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado, en este caso para un TMN de 1/2", se debe usar la serie de tamices de: 1/2", 3/8" y N°4.

Procedimiento

- El material debe ser lavado y secado en la estufa eléctrica a 110°C durante 24 horas. Luego se retira el material de la estufa y se enfría a temperatura ambiente durante 30 minutos. Luego sumergir el material en la solución preparada durante un periodo de 16 a 18 horas; tapando la superficie del recipiente para evitar la evaporación e ingreso de partículas extrañas.
- Retirar el material de la solución y escurrir durante 10 – 15 minutos. Secar el material en la estufa eléctrica a 110°C durante 24 horas. Luego volver a retirar el material y dejar enfriar durante 30 minutos y pesar en una balanza eléctrica

con una dispersión de 0.1 gramo para el agregado fino (arena gruesa) y 1.0 gramo para el agregado grueso (piedra).

Repetir el proceso de inmersión del material en la solución y secado en la estufa eléctrica durante tres ciclos como mínimo. Después de haber cumplido los ciclos requeridos, tamizar el material en una malla inferior al tamaño ensayado, es decir para una muestra con tamaño de ¾" se debe usar un tamiz de ½", para un tamaño de ½", un tamiz de 3/8" y así sucesivamente para cada tamaño.

Anotar los pesos retenidos en cada tamiz después de haber ensayado las muestras.

Ecuación 15: Pérdida Total de la Durabilidad a los Sulfatos

$$\text{Pérdida total (\%)} = \frac{P.de\ la\ fracción\ ensayada - P.ret.\ después\ del\ ensayo}{P.de\ la\ fracción\ ensayada} \times 100$$

Ecuación 16: Pérdida Corregida de la Durabilidad a los Sulfatos

$$\text{Pérdida corregida (\%)} = \frac{Grad.\ original - Pérdida\ total}{100}$$

Tabla 36: Durabilidad de Sulfatos - Agregado Grueso

Agregado Grueso		Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total %	Pérdida corregida %
Fracción						
Pasa	Retiene					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"					
3/8"	N°4					
Total						

Tabla 37: Durabilidad de Sulfatos - Agregado Fino

Agregado Fino		Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total %	Pérdida corregida %
Fracción						
Pasa	Retiene					
N° 4	N° 8					
N° 8	N° 16					
N° 16	N° 30					
N° 30	N° 50					
N° 50	N° 100					
Total						

c. Ensayo mecánico

Resistencia a la abrasión del agregado grueso bajo la norma NTP 400.019

La resistencia a la abrasión se emplea como un índice de calidad de los agregados, porque proporciona cierta indicación de la capacidad de estos para producir concretos resistentes. Determina la dureza y durabilidad de los materiales pétreos para la elaboración de concreto.

Para la realización de este ensayo se debe de seleccionar el método y el número de esferas según indican las siguientes tablas:

Tabla 38: Gradación por Número de Esferas

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: NTP 400.019

Tabla 39: Granulometría por Tipo de Gradación

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (gr)			
Que pasa	Retenido	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250± 25			
1"	3/4"	1250± 25			
3/4"	1/2"	1250± 10	2500± 10		
1/2"	3/8"	1250± 10	2500± 10		
3/8"	1/4"			2500± 10	
1/4"	N° 4			2500± 10	
N° 4	N° 8				5000± 10
Total		5000± 10	5000± 10	5000± 10	5000± 10

Fuente: NTP 400.019

- Seleccionar 5000 gramos de material que se empleará en el ensayo.
- Lavar el material para eliminar las impurezas y secar en una estufa eléctrica a 110°C durante 24 horas. Luego pesar el material (Pa) y colocar en la máquina de abrasión de Los Ángeles, con la cantidad de esferas según el método a usar.

- La rotación debe estar comprendida entre 30 y 33 rpm y girar 500 vueltas (tiempo aproximado 15 minutos) l en la máquina de abrasión, retirar el material y tamizar por la malla N°12. Lavar el material retenido en el tamiz N°12 y secar el material en la estufa eléctrica a 110°C durante 24 horas para obtener el peso final.

El resultado del ensayo (% desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de los ángeles y se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 17: Coeficiente de Desgaste de los Ángeles

$$\% \text{ Desgaste: } \left(\frac{P1 - P2}{P1} \right) \times 100$$

Donde:

P1: Peso muestra seca antes del ensayo.

P2: Peso muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre el tamiz N°12.

Tabla 40: Resistencia a la Abrasión

Muestra	Agregado grueso	Porcelanato triturado reciclado
Gradación		
Peso inicial (g)		
1 1/2"	1"	
1"	3/4"	
3/4"	1/2"	
1/2"	3/8"	
3/8"	1/4"	
1/4"	N° 4	
N° 4	N° 8	
Peso final retenido malla N°12 (g)		
Total de desgaste		
% Desgaste ≤ 50%		

Fuente: NTP 400.019

d. Ensayos de Agua

El agua a emplear en la elaboración de concreto será potable y para ello realizamos los siguientes ensayos basados en el DS N° 031-2010-SA “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano” y NTP 339.088.

Tabla 41: Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica

Parámetros	Unidad de Medida	Límite Máximo Permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25° C)	umho/cm	1500
7. Sólidos Totales Disueltos	mgL ⁻¹	1000
8. Cloruros	mg Cl L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	250
10. Dureza Total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoniaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

Fuente: DS N° 031-2010-SA “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”

- **Determinación del Valor pH y conductividad ASTM C1602- NTP 400.043**

Primeramente, se seleccionó una muestra de 200 gramos de agua potable y se hizo uso del equipo multiparámetro modelo HQ 40d marca HACH el cual cuenta con dos puertos de medición que se introducen dentro de la muestra que está en un vaso de precipitación durante un tiempo de 1 minuto, para luego obtener sus cantidades cuantitativas.

- **Determinación del Turbidez**

Primeramente, se seleccionó una pequeña muestra de agua potable para llenarla en un pequeño frasco e introducir este frasco con la muestra de agua potable en el equipo turbidímetro modelo 2100 Q marca HACH, esta muestra estará en el equipo durante el tiempo de 1 minuto, para luego obtener la cantidad de turbidez del agua potable.

- **Concentración de Sulfatos MTC E 719**

Se tiene como objetivo determinar el contenido de iones sulfato en las aguas utilizadas como aguas de mezcla en la producción y curado de morteros y concretos de cemento Portland.

Materiales y equipos: vaso de precipitación, varilla de agitación, equipo turbidímetro.

Procedimiento

El ensayo para la determinación de sulfatos consiste primeramente en seleccionar una muestra de 100 mililitros y agregarle 0.20 gramos de cloruro de vario, posterior a ello se le agregó una solución amortiguadora compuesta por cloruro de magnesio 15 gramos, acetato de sodio 1.51 gramos, nitrato de potasio 0.5 gramos y ácido acético 10 mililitros esto para regular el pH a 10, ya con los reactivos en la muestra descrita y la solución patrón se pasó a agitar por un tiempo de 1 minuto usando una varilla de agitación, luego de haber transcurrido el tiempo de agitación se deja en reposo durante 5 minutos y como último paso después de haber transcurrido el tiempo de reposo se hizo uso del equipo turbidímetro logrando así obtener resultados con la utilización de la siguiente ecuación:

Ecuación 18: Concentración de Masa del Ion Sulfato

$$SO(mg/L) = \frac{(\alpha(\lambda) - a)}{b}$$

Donde:

a: ordenada del origen

b: pendiente

$\lambda(\alpha)$: absorbancia del ion sulfato a la longitud de onda λ ,y.

SO: concentración de masa del ion sulfato

- **Concentración de Cloruros MTC E 720**

Se tiene como objetivo determinar el contenido de ión cloruro en el agua.

Materiales: bureta, reactivos y matraz.

Procedimiento

El ensayo para la determinación de cloruros consiste primeramente en seleccionar una muestra de 100 ml, para en el agregar 4 gotas de hidróxido de sodio para regular el pH a 10, luego se le agrego 4 gotas de cromato de potasio reactivos necesarios en conjunto con nitrato de plata para titular la muestra seleccionada y se anota el volumen de nitrato de plata gastado.

Para la obtención de resultados, se emplea la siguiente ecuación:

Ecuación 19: Concentración de Cloruros

$$CL (mg/L) = = \frac{(V_{agno_3} \times N_{agno_3} \times 35453)}{v}$$

Donde:

V_{agno_3} : Volumen de V_{agno_3} en (ml)

N_{agno_3} : Normalidad de N_{agno_3}

V: volumen de la muestra (ml)

- **Sólidos disueltos totales**

Es un método gravimétrico que se basa en la retención de las partículas sólidas en un filtro de fibra de vidrio a través del cual se hace pasar una muestra homogénea; el residuo que queda retenido se seca a 103-105°C. El incremento en el peso del filtro representa la cantidad de sólidos suspendidos totales.

Equipos: Horno digital, balanza analítica de cuatro cifras decimales, bomba de vacío
Reactivos: agua destilada, caolín coloidal

Materiales: botellas de polipropileno, aparato completo para filtración por membrana, fabricado en plástico (policarbonato), para membranas de 47 mm de diámetro, capacidad de 250 mL, para ser utilizado para filtración al vacío o a presión, con recipiente receptor de filtrado; filtros de fibra de vidrio Cápsulas de aluminio de 65 mm de diámetro; pinzas metálicas para manejo de las cápsulas de aluminio y de los filtros de fibra de vidrio.

Procedimiento

- Preparación del filtro o disco de fibra de vidrio: Siempre maneje el disco mediante pinzas metálicas y/o micro espátula metálica. No manipule el filtro con la mano.
- Marque cada cápsula de aluminio con un número, de forma consecutiva.
- Coloque el disco sobre el soporte, con el lado rugoso hacia arriba, aplique vacío.
- Lave el disco con tres porciones sucesivas de 20 ml de agua destilada, medidos con probeta.
- Deje el vacío durante 1 minuto adicional para secar el disco. Cuidadosamente y con la ayuda de una micro espátula o de unas pinzas, retire el disco y colóquelo dentro de la cápsula de aluminio correspondiente.
- Seque el conjunto (cápsula de aluminio + disco) en el Horno precalentado a 105°C por 1 h. Lleve el conjunto a un desecador y deje enfriar aproximadamente por 15 minutos, hasta temperatura ambiente.
- Repita el ciclo de secado, enfriado y pesado. Registre en el formato el nuevo peso. La máxima variación aceptada en el peso del conjunto es de cinco unidades en la cuarta cifra decimal. Si se cumple con este requisito se puede decir que se ha alcanzado peso constante. En caso contrario se debe someter a un nuevo ciclo de secado hasta que se cumpla con el requisito anterior.
- Los datos obtenidos son reemplazados en la siguiente ecuación:

Ecuación 20: Concentración de Sólidos Totales en Suspensión

$$STS = \frac{(A - B) * 1000}{V^{\circ}}$$

Dónde:

STS = Concentración de sólidos totales en suspensión (mg/l)

A = Peso del filtro + residuo seco (g)

B = Peso del filtro (g)

V° = Volumen de la muestra

2.3.3.2. Diseño de Mezcla

Los métodos de dosificación tienen por finalidad encontrar las proporciones en que hay que mezclar a los diferentes componentes de los mismos para conseguir mezclas que posean determinadas características de: consistencia, compacidad, resistencia, durabilidad, entre otros.

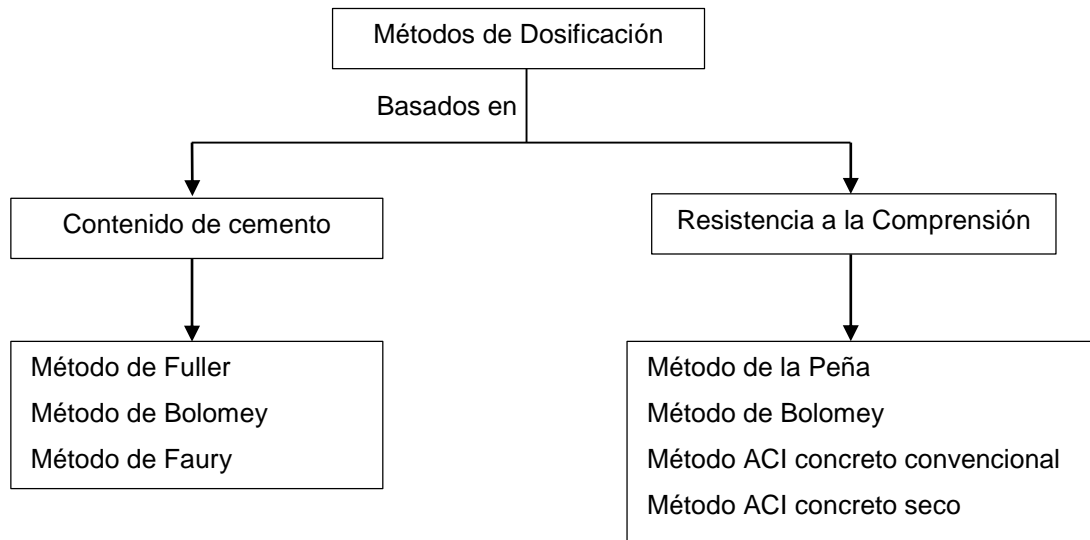


Figura 10: Métodos de Dosificación

El diseño de mezcla se realizará a base del procedimiento del American Concrete Institute ACI – 211, este método fija la relación agua/cemento según predomine las razones de durabilidad y resistencia.

PASO 1: Cálculo de la resistencia promedio (f'_{cr})

Se determinó empleando los valores de la siguiente tabla:

Tabla 42: Resistencia requerida para definir la desviación estándar

Resistencia de diseño ($f'c$), kg/cm ²	Resistencia promedio (f'_{cr}), kg/cm ²
< 210	$f'c + 70$
210 – 350	$f'c + 84$
> 350	$f'c + 98$

Fuente: ACI, 318

PASO 2: Cálculo de la relación a/c

Se obtuvo a partir del tipo de concreto y la resistencia promedio, indicados a continuación:

Tabla 43: Relación agua/cemento sobre la resistencia promedio

f'_{cr} (kg/cm ²)	Relación agua/cemento	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.61	0.53
280	0.57	0.48
294	x	y
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	----
450	0.38	----

Fuente: ACI 211.1

PASO 3: Selección del volumen de agua por m³ de concreto

Es la cantidad de agua que se debe incorporar por unidad cúbica de concreto para obtener una consistencia determinada cuando el agregado esté en estado seco. La selección consistió en que, una vez elegido el tamaño máximo nominal del agregado, y el asentamiento deseado se procedió a seleccionar el volumen unitario de agua a partir de la tabla presentada a continuación:

Tabla 44: Cantidades de agua de mezcla en el concreto (l/m³)

Asentamiento	Tamaño máximo nominal del agregado grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
% Aire atrapado	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-
% Aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Moderada	8.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Extrema	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: ACI 211.1

PASO 4: Selección del porcentaje de aire atrapado

En los concretos siempre hay un pequeño porcentaje de aire atrapado, el cual depende del aporte de los materiales, granulometría y tamaño máximo del agregado.

PASO 5: Cálculo de la cantidad de cemento por m³ de concreto

Conocidos el volumen unitario de agua por unidad de volumen de concreto y la relación a/c, se calculó el factor cemento por unidad cúbica de concreto mediante el simple expediente de dividir volumen unitario de agua, expresado en litros por metro cúbico, entre la relación a/c, obteniéndose el número de kilos de cemento por unidad cúbica de concreto, como se indica en la siguiente ecuación:

Ecuación 21: Cantidad de Cemento (kg/m³)

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{volumen de agua (l)}}{r \text{ a/c}}$$

PASO 6: Cálculo de la cantidad de agregado grueso por m³ de concreto

De la Tabla N° 45 en base al módulo de fineza de la arena y el tamaño máximo nominal del agregado grueso se obtuvo el volumen compactado en seco de este último (V_c), que para transformarlo a kilos por unidad cúbica de concreto se tuvo que multiplicar por su peso unitario compactado (PUCS), indicada en la siguiente ecuación:

Tabla 45: Volumen del agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso compactado en seco para diversos módulos de fineza de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.78	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.1

PASO 7: Cálculo de los volúmenes absolutos (agua, cemento, agregado y aire)

Una vez obtenidas las cantidades de cada material por metro cúbico de concreto y del porcentaje de aire atrapado, es que se dividió a cada peso del material sobre su peso específico en kilogramos por metro cúbico y para el porcentaje de aire sobre 100, para obtener el volumen absoluto de cada uno de ellos, tal como se muestra en las siguientes ecuaciones:

Ecuación 22: Volumen absoluto (cemento, agregado y agua)

$$V_{\text{material}} = \frac{\text{Cantidad del material}}{\text{Peso específico del material}}$$

Ecuación 23: Volumen absoluto del aire atrapado

$$V_{\text{aire}} = \frac{\% \text{ Aire Atrapado}}{100}$$

PASO 8: Cálculo de la cantidad de arena por m³ de concreto

En primer lugar, se determinó el volumen absoluto de la arena a partir de la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos (agua, cemento, agregado y aire). Y después para obtener su peso, se multiplicó su volumen absoluto por su peso específico en kilogramos por metro cúbico, explicada en las siguientes ecuaciones:

Ecuación 24: Volumen absoluto de la arena

$$Va_{AF} = 1 - (\sum \text{Volúmenes abs. conocidos})$$

Ecuación 25: Cantidad de arena (kg/m³)

$$\text{Cantidad de AF} = Va_{AF} \times Pe_{AF}$$

PASO 9: Corrección por humedad de los agregados

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica del concreto deben ser corregidas en función de las condiciones de humedad de los agregados finos y gruesos, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra, en base a la siguiente ecuación:

Ecuación 26: Corrección por humedad de los agregados (fino y grueso)

$$\text{Cantidad final de agregado} = Cm_{sc} \times \left(1 + \frac{\%W}{100}\right)$$

Cm_{sc} : Cantidad de material sin corregir

PASO 10: Cálculo de agua efectiva

Se debe recordar que para una correcta hidratación de la pasta es necesario tomar en cuenta el porcentaje de absorción de los agregados, puesto que de no ser así el agua sería insuficiente para poder generar una reacción óptima.

En primer lugar, se determinó la contribución de agua por cada agregado, tal como se muestra en las siguientes ecuaciones:

Ecuación 27: Contribución de agua del agregado (kg/m³)

$$Agua_{AG} = \left(\frac{\%A_{AG} - \%W_{AG}}{100}\right) \times AG_{SC}$$

Ecuación 28: Contribución de agua de la arena (kg/m³)

$$Agua_{AF} = \left(\frac{\%A_{AF} - \%W_{AF}}{100} \right) \times AF_{SC}$$

Agua_{AG, AF}: Agua en los agregados fino y grueso (kg/m³)

%W_{AG, AF}: Humedad de los agregados fino y grueso (%)

%A_{AG, AF}: Absorción de los agregados fino y grueso (%)

AG_{SC}: Cantidad de agregado sin corregir (kg/m³)

AF_{SC}: Cantidad de arena sin corregir (kg/m³)

A continuación, para hallar la cantidad final de agua de mezcla, se sumaron dichos valores, tal como se especifica en la siguiente ecuación:

Ecuación 29: Agua de mezcla corregida (l/m³)

$$Agua\ efectiva = A_{SC} + (Agua_{AG} + Agua_{AF})$$

PASO 11: Cálculo de las dosificaciones de los materiales

Para expresar las cantidades en una dosificación por volumen, se dividió lo correspondiente a cada material entre la cantidad de cemento, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

Ecuación 30: Dosificación de cada material (m³)

$$Volumen\ del\ cada\ material = \frac{Cantidad\ final\ de\ cada\ material}{Cantidad\ final\ de\ cemento}$$

2.3.3.3. Elaboración de Probetas Cilíndricas NTP 339.183

Para la elaboración de probetas cilíndricas según lo establecido en la Norma Técnica Peruana, se siguió los presentes procesos:

Para la elaboración de probetas cilíndricas se utilizaron moldes de 100 mm x 200 mm los cuales serán apisonados con una varilla con punta redondeada con 25 golpes en cada capa (3 capas). Además, se golpeó las caras laterales del molde entre 10 a 15 golpes. Todo con la finalidad de expulsar espacios vacíos que se puedan encontrar dentro de la probeta cilíndrica.

El material a utilizar debía contar con las cantidades establecidas en el diseño de mezcla antes descrito, además este fue combinado por un lapso de 8 a 10 minutos en la mezcladora o trompo.

Una vez el material se encuentre dentro del molde cilíndrico se enrasa en la superficie y se coloca un material plástico que evite la evaporación del agua con la finalidad de que el curado comience en el momento que obtiene su fraguado final.

Luego de 24 horas y el concreto se encuentra endurecido se retira el molde con presión de aire.

Finalmente se coloca las probetas de concreto en un pozo de agua saturada de cal por un lapso de 28 y 56 días necesarios para la presente investigación.

a) Mezcla, conformación, codificación y curado (NTP 339.183) (ASTM C192)

Mezcla de concreto

Los materiales que se emplearon para la realización de la mezcla de concreto fueron: cemento, agregado grueso, agregado fino, porcelanato molido y agua.

Las herramientas son: un trompo de 6 pies cúbicos un recipiente de plástico.

Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

Los materiales que se emplearon fueron: aceite de cocina como lubricante, papel toalla, y la mezcla de concreto.

Las herramientas usadas fueron: moldes cilíndricos de plástico de 10 cm x 20 cm, una varilla compactadora metálica (5/8" x 60 cm), un martillo de goma (400 g.), una espátula de hoja de acero y un cucharón.

En primera instancia, se realizó el engrasado del molde de plástico y se ubicó un sello de plástico en la base del molde para luego colocar la mezcla de concreto en tres capas de 10 cm. Luego, se prosiguió a realizar el compactado de la mezcla, haciendo uso de una varilla metálica, ejerciéndose 25 apisonadas por cada capa. Después, se aplicó 12 golpes con el martillo por cada capa permitiendo el mejor acomodo de la mezcla en el molde. Posteriormente, se enrasaron los moldes con la espátula de acero, para obtener una superficie uniforme y se cubrieron con bolsas plásticas para evitar exudaciones. Por último, se desmoldaron las probetas a las 48 horas, utilizando una compresora de aire comprimido a una presión de 10 bar, aplicada en la parte inferior de la probeta.

Codificación

Después de desmoldar, se prosiguió a codificar de acuerdo a cada diseño de mezcla.

Curado

Los especímenes de concreto se colocaron en una poza de curado con una adición de 2 g/l de hidróxido de calcio a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ durante 28 días \pm 12 horas.

b) Refrendado de testigos cilíndricos de concreto NTP 339.037 (ASTMC617)

Consiste en la preparación y acondicionamiento de las probetas para luego ser ensayadas. Se refrendan con mortero de azufre para conseguir una distribución uniforme de la carga. El procedimiento que se siguió fue:

- El azufre se calentó en una olla a una temperatura de 130C°
- Se aplicó una capa delgada de aceite sobre el molde, con la finalidad de poder retirar la probeta del plato más fácilmente
- Se adicionó el azufre derretido en el molde e inmediatamente se colocando la probeta encima, esperamos unos segundos y se retiró la probeta del molde.
- Se verificó que las probetas estén niveladas y de no estarlo se volvieron a cabecear.
- Luego se dejó endurecer por 2 horas como se describe en la ASTM C617.
- En seguida se realizó el ensayo de resistencia a compresión.

c) Ensayo de Resistencia a Compresión NTP 339.034 (ASTM C39)

- Se retiró las probetas de la poza de curado luego de 28 días.
- Luego se midió el diámetro de la probeta con el micrómetro con la aproximación de 0,1mm, estos diámetros se utilizaron para calcular el área de la sección. Se limpió las superficies planas superior e inferior de la máquina y también ambas bases de cada probeta.
- Luego se colocó la probeta centrada en la prensa y se aplicó la carga en forma continua a una velocidad de 2.40 KN/s.

La resistencia a compresión se calculó mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 31: Resistencia a la Compresión de una Probeta Cilíndrico (kg/cm^2)

$$f'_c = \frac{F}{A}$$

f'_c : Resistencia a la compresión (kg/cm²)

F: Carga máxima de rotura (KN)

A: Área de la probeta cilíndrica (mm²)

Tabla 46: Resistencia a la Compresión

N° de Probetas	% Reemplazando porcelanato reciclado	Porcentaje de agregado	Fuerza (KN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg.f/cm ²)	Promedio f'_c (kg/cm ²)	Porcentaje de f'_c con respecto a 210 kg.f/cm
1							
2							
3							
4							
5							
5							
7							
8							
9							
10							

2.3.3.4. Ensayos en estado fresco y endurecido

Determinación de la trabajabilidad a través del ensayo de Slump del concreto fresco (NTP 339.035)

Para la determinación de este ensayo, se usó la mezcla de concreto en estado fresco, un cono de Abrams de diámetro inferior, diámetro superior y altura de 20, 10 y 30 cm respectivamente; una varilla compactadora con diámetro y largo de 5/8” y 60 cm respectivamente; una base plana metálica de 60 x 60 cm y regla de metal rígida o wincha de una longitud mayor o igual a 12”.

En primer lugar, se humedecieron ligeramente el cono, la base y la varilla para evitar que estas herramientas absorban el agua de la mezcla, alterando los resultados. Luego, se colocó firmemente el cono sobre la base plana para después pararse sobre las dos aletas. Posteriormente, se llenó el cono con la mezcla en tres capas de aproximadamente 1/3 del volumen del cono cada una. Después, se compactó con la varilla aplicándose 25 apisonadas por cada capa. Una vez lleno el cono, se enrasó haciendo uso de la varilla para evitar exceso de mezcla en la superficie. Luego, se levantó el cono verticalmente y no de costado para evitar resultados erróneos. Por último, se midió la distancia entre la altura del molde y el centro de la cara superior de la mezcla.

Tabla 47: Asentamiento del Concreto

Dosificación		N° Ensayos	Asentamiento		Asentamiento Promedio	
% Porcelanato reciclado	% Tipo de Agregado		cm	in	cm	in
% Porcelanato reciclado triturado	% Tipo de Agregado grueso	1				
		2				
		3				
% Porcelanato reciclado molido	% Tipo de Agregado fino	1				
		2				
		3				

2.3.3.5. Determinación de la absorción, densidad y porosidad del concreto endurecido (NTP 339.187)

Para la determinación de este ensayo, se usó una balanza con capacidad de 1 kg de sensibilidad al 0.01 g., una estufa de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

En primera instancia, se retiraron las probetas de la poza de curado y se secaron superficialmente, para determinar su masa saturada (M). A continuación, se tomó el peso sumergido bajo el procedimiento de Arquímedes (S), bajo la suspensión del espécimen en un recipiente con agua. Posteriormente, se colocó en la estufa a temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 horas. Por último, se retiró el espécimen de la estufa y se tomó lectura del peso en estado seco (D), para luego realizarse el siguiente cálculo:

Ecuación 32: Absorción de una probeta cilíndrica (%)

$$\text{Absorción} = \frac{M - D}{D} \times 100$$

Ecuación 33: Densidad de una probeta cilíndrica (kg/m^3)

$$\text{Densidad} = \frac{D}{(M - S) / \delta_{H_2O}}$$

Ecuación 34: Porosidad de una probeta cilíndrica (%)

$$\text{Porosidad} = \frac{(M - D)}{(M - S)} \times 100$$

M: Peso de la muestra saturada de agua (kg)

D: Peso de la muestra seca en la estufa (kg)

S: Peso de la muestra sumergida en agua (kg)

δ_{H_2O} : Densidad del agua (kg/m³)

Tabla 48: Absorción, Densidad y Porosidad

N° de Probeta	% Reemplazando Porcelanato Reciclado	% Agregado	M (Kg)	S (Kg)	D (Kg)	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)	Porosidad (%)	Porosidad Promedio (%)
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

2.4. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

2.4.1. Métodos de análisis de datos

Los métodos usados para el procesamiento de datos son:

1. Inferencia Estadística

Nos permite inducir a partir de la información empírica proporcionada por una muestra, su comportamiento de una determinada población con un riesgo de error medible en términos de probabilidad.

A su vez, la Estadística Inferencial se divide en dos grandes grupos, que son:

- La estimación de intervalos de confianza: que es un rango de valores para un parámetro desconocido a través de la medida de la muestra tomada de una población.
- Prueba de significancia o prueba de hipótesis: consiste en comprobar la certeza de nuestras afirmaciones que se hacen acerca de una población a partir de la medida de la muestra. Esta certeza se expresa en términos de probabilidad.

Si la probabilidad es alta, entonces consideraremos que la afirmación «es correcta» (o al menos que no podemos rechazarla). En caso contrario, si la probabilidad de que nuestra afirmación sea cierta es baja, la rechazaremos por incorrecta.

2. La estadística descriptiva

La estadística descriptiva sirve como método para organizar datos y poner de manifiesto sus características esenciales con el propósito de llegar a conclusiones a través de diferentes medidas:

Medidas de tendencia central

Las medidas que describen un valor típico en un grupo de observaciones suelen llamarse medidas de tendencia central. Es importante tener en cuenta que estas medidas se aplican a grupos, un promedio es una característica de grupo, no individual. Estos valores tienden a ocupar posiciones en el centro del grupo cuando el mismo se organiza de forma ascendente o descendente. Los más conocidos y utilizados son la media aritmética, la mediana y la moda.

Media Aritmética

Es el valor obtenido al sumar todos los datos y dividir el resultado entre el número total de datos (promedio). Se suma todos los datos de cada variable dependiente proveniente de los porcentajes de dosificación, así como lo indica la fórmula siguiente:

Ecuación 35: Media Aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n x_i}{n}$$

\bar{x} = Media Aritmética.

Σ = Sumatoria.

x_i = Observación de la muestra.

n = Tamaño de la muestra.

La Mediana

Representa el valor de la variable de posición central en un conjunto de datos ordenados. Para hallar la media seguimos los siguientes pasos:

- Ordenamos los datos de menor a mayor.
- Si la serie tiene un número impar de medidas la mediana es la puntuación central de la misma.
- Si la serie tiene un número par de puntuaciones la mediana es la media entre las dos puntuaciones centrales.

La moda

Es el valor más repetido del conjunto de datos, es decir el valor cuya frecuencia relativa es mayor.

Para encontrar la moda o valor modal, es mejor poner los números en orden. Luego cuenta cuántos hay de cada número. El número que aparece con mayor frecuencia es la moda.

Medidas de Variabilidad

Son intervalos que indican la dispersión de los datos en la escala de medición. Una medida de dispersión o variabilidad nos determina el grado de acercamiento o distanciamiento de los valores de una distribución frente a su promedio de localización, indicando por medio de un número si las diferentes puntuaciones de una variable están muy alejadas de la media. Cuanto mayor sea ese valor, mayor será la variabilidad, y cuanto menor sea, más homogénea será a la media. Cuando es cero quiere decir que todos los datos son iguales.

En las medidas de variabilidad más conocidas encontramos la varianza, desviación estándar y el coeficiente de variación.

La Varianza

Es una medida de dispersión que mide la diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto a su punto central o media. Para determinar la varianza de nuestros ensayos, se reemplaza los datos hallados de cada ensayo en sus distintas dosificaciones de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 36: Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i^n (x - \bar{x})^2}{n}$$

Donde:

σ^2 = Varianza

Σ = Sumatoria.

x_i = Observación de la muestra.

\bar{x} = Media Aritmética.

n = Tamaño de la muestra.

Desviación estándar

Es una medida de dispersión de variables, muy usada en trabajos de investigación.

La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media. Para calcular la desviación estándar es necesario sacar la raíz a la varianza.

Los datos de la varianza de cada ensayo se reemplazan en la fórmula siguiente para determinar la desviación estándar:

Ecuación 37: Desviación Estándar

$$DS = \sqrt{\sigma^2}$$

Donde:

DS= Desviación estándar

σ^2 = Varianza

Coefficiente de Variación

Es una medida de dispersión, muestra la cantidad de variabilidad en relación con la media. Para calcular el coeficiente de variación se emplea la desviación estándar en la siguiente fórmula:

Ecuación 38: Coeficiente de Variación

$$CV: \frac{DS}{\bar{x}} \times 100$$

Donde:

CV: Coeficiente de Variación

DS= Desviación estándar

\bar{x} = Media Aritmética

2.4.2. Instrumento de análisis de datos

Para la presente investigación se utilizarán dos programas pertenecientes al paquete de Microsoft Office como son Word y Excel; los cuales nos ayudarán a la organización y procesamiento de los datos obtenidos procedentes de los diferentes ensayos realizados.

Para el análisis de datos del presente proyecto de investigación se utilizará el software estadístico SPSS (Statistical Package For The Social Sciences), el cual tiene un conjunto amplio de instrumentos estadísticos que nos permitirá realizar las pruebas y el análisis estadístico de acuerdo al tipo de variables.

2.4.3. Procedimientos para análisis de datos

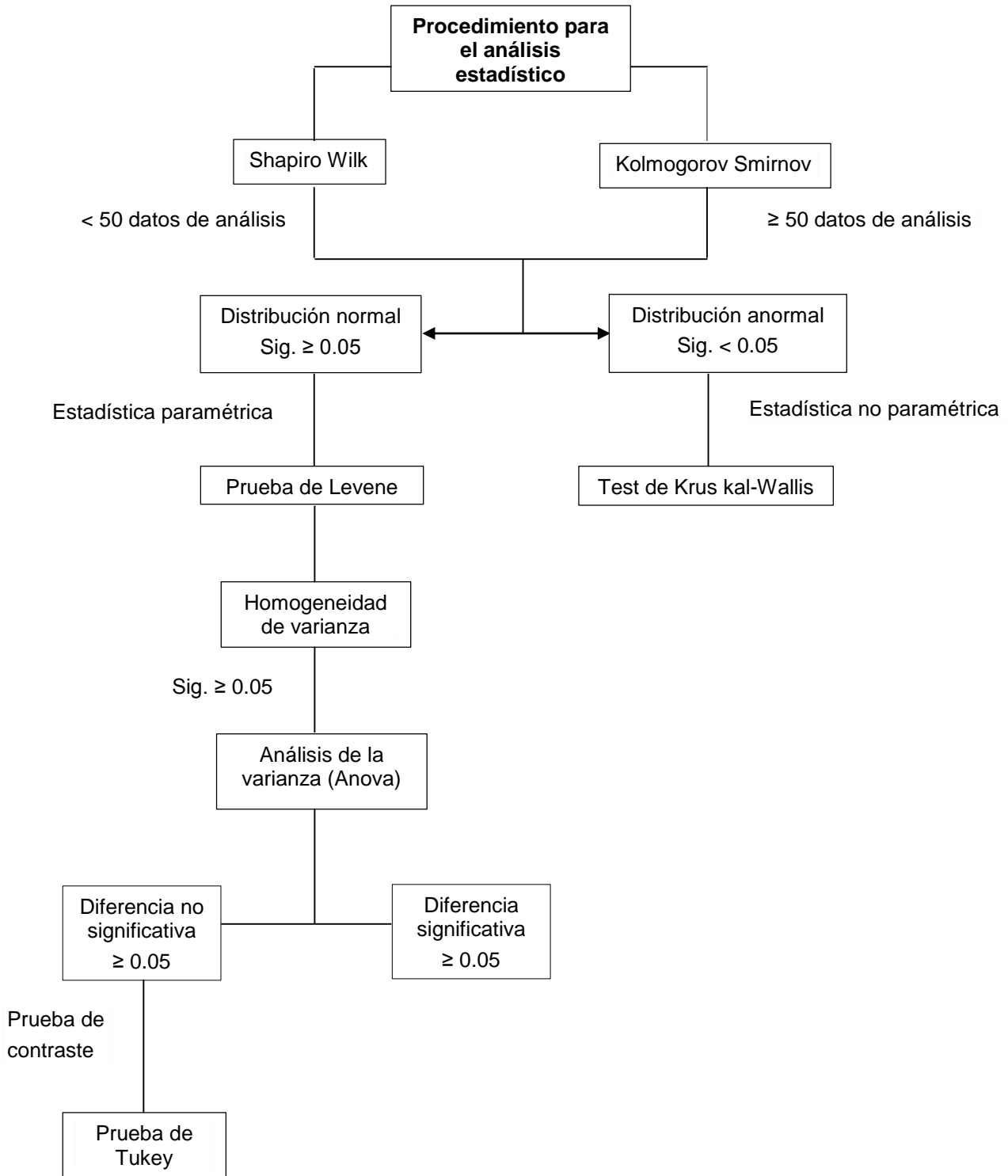


Figura 11: Test de Normalidad

Procedimiento para el análisis estadístico

Paso N° 1

Si se evalúa igual o mayor a 50 datos, se utiliza la prueba de kolmogorov smirnov; mientras que, para evaluar a menor de 50 datos, se utiliza la prueba de Shapiro Wilk.

Paso N° 2

Una vez identificada que prueba se va a emplear se identifica si los datos provienen de una distribución normal o anormal a través del valor de significancia:

-Los datos provienen de una distribución normal. $P \text{ Valor} \geq 0.05$

-Los datos no provienen de una distribución normal. $P\text{-Valor} < 0.05$

Paso N° 3

Si los datos provienen de una distribución anormal empleamos la estadística no paramétrica seguido de la prueba de Kruskal-Wallis.

La prueba de Kruskal-Wallis es un método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías.

Este contraste, la prueba de Kruskal-Wallis, viene a ser una generalización del test U de Mann-Whitney para el caso de K muestras independientes. Se examina la hipótesis de que estas muestras provengan de la misma población o de poblaciones de idéntico comportamiento, frente a la alternativa de que no todas provienen de la misma población.

Se utiliza para variables cuantitativas no normales, ya que no es una prueba paramétrica, la prueba de Kruskal-Wallis no asume normalidad en los datos ni homogeneidad en la varianza

Por medio de la prueba estadística de Kruskal-Wallis, se comprobó el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

H₀: Las medias de la variable absorción es igual en todos los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

H₁: Las medias de la variable absorción es al menos diferente en uno de los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

- $P\text{-Valor} \geq 0.05$, se acepta H₀, las medias presentan igualdad.
- $P\text{-Valor} < 0.05$, se acepta H₁, presenta diferencias significativas entre las medias.

Paso N° 4

Si los datos provienen de una distribución normal empleamos la estadística paramétrica seguido de la prueba de Levene.

Homogeneidad de varianzas

Por medio de la prueba estadística de Levene, se comprueba el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

H₀: Cuando el promedio de la variable es igual en todos los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

H₁: Cuando el promedio de la variable es al menos diferente en uno de los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

- P-Valor ≥ 0.05 , se acepta H₀, las varianzas presentan igualdad.
- P-Valor < 0.05 , se acepta H₁, presenta diferencias significativas entre varianzas.

La prueba de Levene de igualdad de varianzas nos da el valor de significancia basado en la media, esto indica que:

- Si es menor que 0.05; entonces se rechaza la hipótesis nula (H₀) y se acepta la hipótesis alterna (H₁): que manifiesta presenta diferencias significativas entre las varianzas de los grupos que estamos analizando en la variable.
- Si es mayor que 0.05; entonces se acepta la hipótesis nula (H₀), que manifiesta que las varianzas son estadísticamente iguales en los grupos que se analiza en la variable.

Prueba de Anova

H₀: Las diferencias de las medias de la variable son significativas

H₁: Las diferencias de las medias de la variable no son significativas

- P-Valor ≥ 0.05 , se acepta H₁, no son significativas.
- P-Valor < 0.05 , se acepta H₀, son significativas.

Post Hoc (Prueba de Contraste)

Al cumplir los criterios de normalidad y homocedasticidad de varianza, se aplica la prueba de Tukey; siempre cuando las varianzas son estadísticamente iguales en los grupos.

2.5. Aspectos éticos

En el desarrollo de la presente investigación se tomó en cuenta los siguientes aspectos éticos:

- Los pasos a seguir de cada uno de los ensayos a realizar, han sido realizados bajo los lineamientos de la Norma Técnica Peruana correspondiente para cada ensayo, bajo la orientación y supervisión de mi asesor Ms. Ing. Wiston Azañedo Medina y el Ing. Iván Vásquez Alfaro.
- Los resultados obtenidos no han sufrido modificaciones adrede, siendo estos datos verídicos y confiables, que permiten desarrollar con autenticidad la presente investigación, permitiendo así ser tomado como referencia para investigaciones futuras.
- La investigación se desarrolló respetando las normas de citación y referencia de acuerdo al estilo APA, con la finalidad de evitar el plagio a la propiedad intelectual de los autores y sus publicaciones, de los cuales se recolectó la información teórica para el desarrollo de la presente investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Caracterización de la materia prima

Los agregados empleados se encontraron libres de impurezas que alteren los resultados, siendo caracterizados a fin de obtener los datos necesarios para realizar el diseño de las mezclas. Las tablas N° 49 y N° 50 muestran el resumen de la caracterización de los agregados naturales (grueso y fino) además de su reemplazo (triturado y molido).

Los materiales tienen que ser selectos de acuerdo al requerimiento de concreto a elaborar.

Tabla 49: Resumen de la caracterización del agregado grueso y porcelanato triturado

Ensayos	Normas	Resultados promedios		Rango recomendable
		Agregado grueso	Porcelanato triturado	
Físicos				
Tamaño Máximo		3/4"	3/4"	-
Tamaño Máximo Nominal	NTP 400.012	1/2"	1/2"	-
Material más fino que pasa tamiz N° 200 (%)	NTP 400.018 NTP 400.037	0.65	0.75	Máximo 1 %
Contenido de humedad (%)	NTP 339.185	0.52	0.04	-
Peso unitario suelto (kg/m ³)	NTP 400.017	1347	1194	1300-1800
Peso unitario compactado(kg/m ³)	NTP 400.017	1524	1367	1600-1900
Peso específico(g/cm ³)	NTP 400.021	2620	2296	2500- 2900
Absorción (%)	NTP 400.021	1.2	0.3	0.2 - 3
Partículas chatas y alargadas (%)	NTP 400.040	5.95	4.1	Máximo 10 %
Químico				
Durabilidad a los sulfatos (%)	MTC E 214	8.74	1.07	Máximo 18 %
Mecánico				
Abrasión (%)	MTC E 207	16.26	40.92	Máximo 50 %

Tabla 50: Resumen de la caracterización del agregado fino y porcelanato molido

Ensayos	Norma	Resultados Promedios		Rango recomendable
		Agregado fino	Porcelanato molido	
Físicos				
Módulo de finura	NTP 400.012	2.6	2.6	2.3-3.1
Material más fino que pasa tamiz N° 200 (%)	NTP 400.018 NTP 400.037	1.02	1.34	Máximo 3 %
Contenido de humedad (%)	NTP 339.185	0.66	0.02	-
Peso unitario suelto (kg/m ³)	NTP 400.017	1577	1460	1300-1800
Peso unitario compactado(kg/m ³)	NTP 400.017	1804	1620	1600-1900
Peso específico(g/cm ³)	NTP 400.021	2.638	2.343	2500- 2900
Absorción (%)	NTP 400.021	0.8	1.2	0.2 - 5
Químico				
Durabilidad a los sulfatos (%)	MTC E 214	7.8	5.6	Máximo 18 %

3.1.1. Agregados

3.1.1.1. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico permitió determinar la distribución por tamaño de las partículas que conforman los agregados; además, estos deben estar comprendidos dentro los requisitos granulométricos establecidos por la N.T.P 400.037

Es de resaltar que el porcelanato es un material que presenta una dureza superficial de 7 a 8 en la escala de Mohs, mientras que la base del porcelanato presenta una dureza de 5, esto se comprueba porque se puede rayar difícilmente con un cuchillo a comparación de la arena que presenta una dureza de 3 a 4, debido a que proviene de rocas que tienden a ser rayadas por un cuchillo de acero o una moneda. Debido a la dureza del porcelanato:

- Para reemplazar al agregado grueso por porcelanato reciclado se trituró de, para luego clasificar el material en diferentes tamaños usando los tamices: N° ¾", N° ½", N° 3/8", N° 4 y malla ciega; cuya granulometría debería asemejarse a la del agregado grueso.
- Para reemplazar al agregado fino por porcelanato reciclado, se procedió a la molienda para luego clasificarla en diferentes tamaños, empleando los tamices: N° 4", N° 8", N° 16", N° 30, N°50, N° 100, N°200 y malla ciega; cuya granulometría debería asemejarse a la del agregado fino.

3.1.1.1.1 Agregado fino

En las Tablas N° 51, N° 53 y N° 55 se observa los resultados de los ensayos de caracterización del agregado fino. En las Tablas N° 52, N° 54 y N° 56 se observa la composición de agregado fino. En las Figuras N° 12, N° 13 y N° 14 se muestra las curvas granulométricas del agregado fino, con el límite inferior y superior para cada abertura de tamiz.

Muestra 1

Tabla 51: Ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 1

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso del tamiz (g)	Peso del Tamiz + muestra (g)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	316.07	316.07	0.00	0	0	100
N°8	2.360	171.21	210.89	39.68	8	8	92
N°16	1.180	127.57	198.37	70.80	14	22	78
N°30	0.600	124.03	284.04	160.01	32	54	46
N°50	0.300	122.73	239.72	116.99	23	77	23
N°100	0.150	114.46	189.93	75.47	15	92	8
N°200	0.075	246.94	279.53	32.59	7	99	1
FONDO		218.12	223.44	5.32	1	100	0
Peso Total				500.86	100		

Tabla 52: Composición de la Muestra

Composición de la muestra	
% Grava (de 3" a 3/8"):	0
% Grano grueso (N°4 a N°8):	8
% Grano medio (N°16 a N°30):	46
% Grano fino (N°50 a N°200):	45
% Limo-arcilloso (< N°200):	1
% Total	100
MF:	2.5

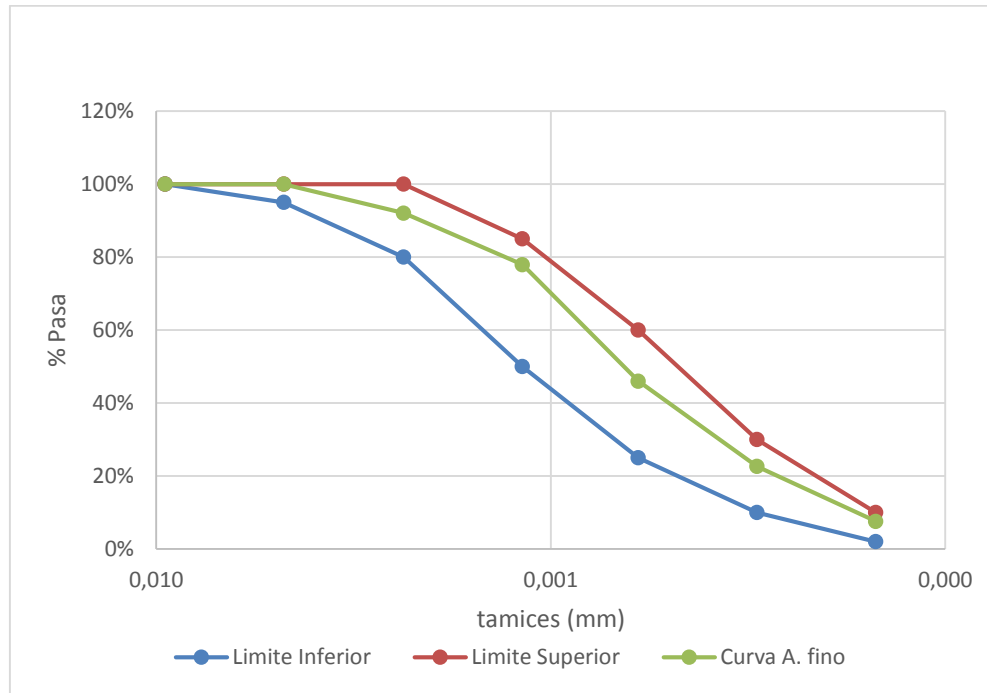


Figura 12: Curva del ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 1

Muestra 2

Tabla 53: Ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 2

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso del tamiz (g)	Peso del Tamiz + muestra (g)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0	0	100
Nº4	4.750	316.07	316.07	0.00	0	0	100
Nº8	2.360	171.21	220.32	49.11	10	10	90
Nº16	1.180	127.57	203.42	75.85	15	25	75
Nº30	0.600	124.03	287.63	163.60	33	58	42
Nº50	0.300	122.73	232.81	110.08	22	79	21
Nº100	0.150	114.46	182.61	68.15	14	93	7
Nº200	0.075	246.94	275.56	28.62	6	99	1
FONDO		218.12	224.17	6.05	1	100	0
Peso Total				501.46	100		

Tabla 54: Composición de la muestra

Composición de la muestra	
% Grava (de 3" a 3/8"):	0
% Grano grueso (N°4 a N°8):	10
% Grano medio (N°16 a N°30):	47
% Grano fino (N°50 a N°200):	42
% Limo-arcilloso (< N°200):	1
% Total	100
MF	2.6

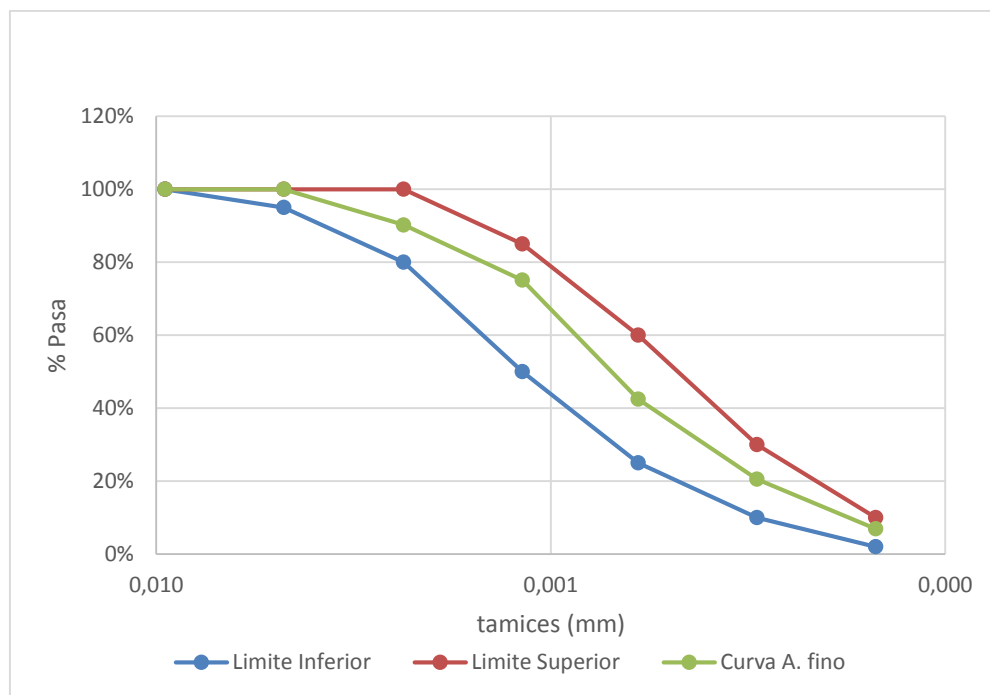


Figura 13: Curva del ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 2

Muestra 3

Tabla 55: Ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 3

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso del tamiz (g)	Peso del Tamiz + muestra (g)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	316.07	316.07	0.00	0	0	100
N°8	2.360	171.21	220.90	49.69	10	10	90
N°16	1.180	127.57	213.47	85.90	17	27	73
N°30	0.600	124.03	291.38	167.35	33	60	40
N°50	0.300	122.73	227.95	105.22	21	81	19
N°100	0.150	114.46	177.36	62.90	13	94	6
N°200	0.075	246.94	273.67	26.73	5	99	1
FONDO		218.12	222.07	3.95	1	100	0
Peso Total				501.74	100		

Tabla 56: Composición de la muestra

Composición de la muestra	
% Grava (de 3" a 3/8"):	0
% Grano grueso (N°4 a N°8):	10
% Grano medio (N°16 a N°30):	50
% Grano fino (N°50 a N°200):	39
% Limo-arcilloso (< N°200):	1
% Total	100
MF	2.7

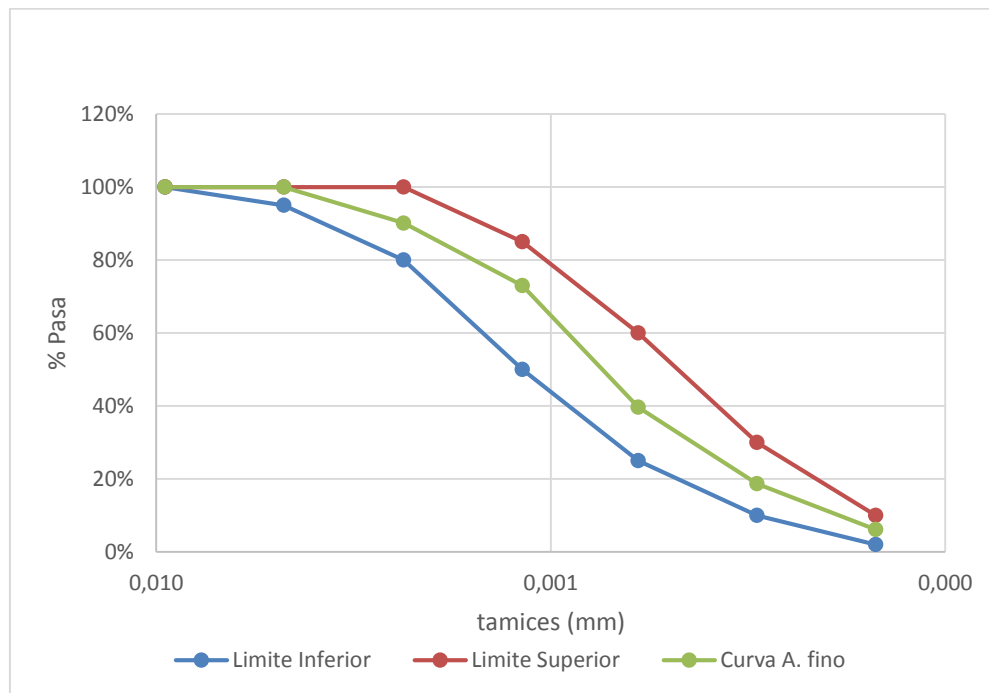


Figura 14: Curva del ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 3

3.1.1.1.2 Agregado grueso

En las Tablas N° 57, N° 59 y N° 61 se observa los resultados de los ensayos de caracterización del agregado grueso. En las Tablas N° 58, N° 60 y N° 62 se observa la composición de agregado grueso. En las Figuras N° 15, N° 16 y N° 17 se muestran las curvas granulométricas del agregado grueso, con el límite inferior y superior para cada abertura de tamiz.

Muestra 1

Tabla 57: Ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 1

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Tamiz (g)	Tamiz + Muestra (g)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
1"	25.000	176.95	176.95	0.00	0	0	100
3/4"	19.000	170.91	170.91	0.00	0.00	0	100
1/2"	12.500	203.49	251.65	48.16	4.81	5	95
3/8"	9.500	186.01	550.63	364.62	36.39	41	59
Nº4	4.750	316.07	790.27	474.20	47.32	89	11
Nº8	2.360	171.21	268.81	97.60	9.74	98	2
Nº200	0.075	246.94	259.07	12.13	1.21	99	1
FONDO		218.12	223.52	5.40	0.54	100	0
Peso Total				1002.11	100.00		

Tabla 58: Composición de la muestra

Composición de la muestra	
% Grava gruesa (de 3" a 3/4")	0
% Grano grueso (de 1/2" a N°4)	89
% Arena (N° 8 a N°200):	10
% Limo-arcilloso (< N°200):	1
Total	100
TM	3/4"
TMN	1/2"
Huso granulométrico	N° 7

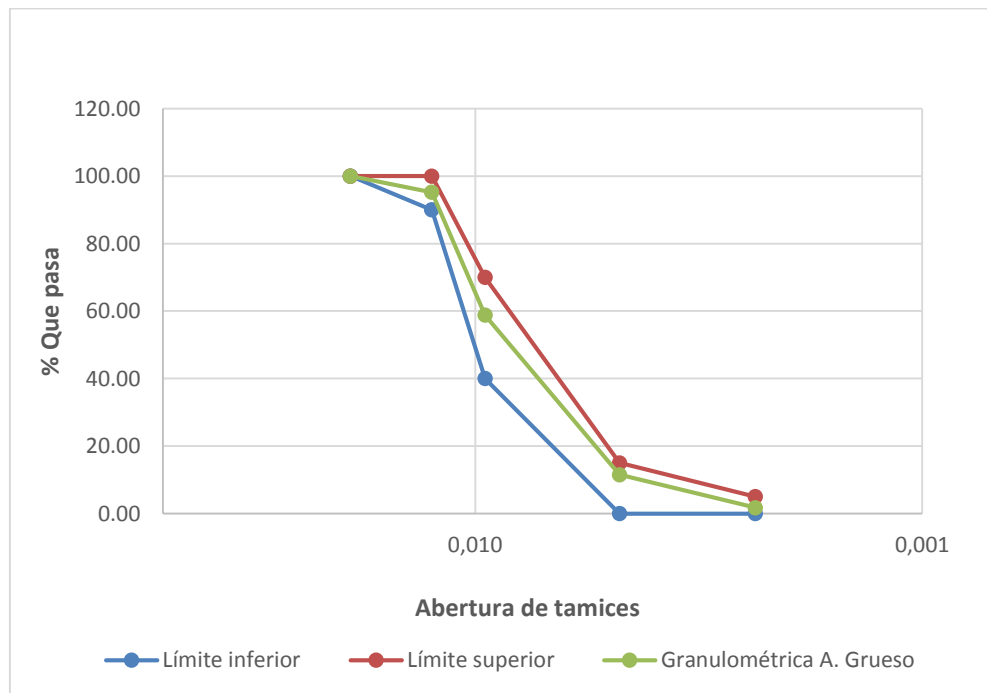


Figura 15: Curva del ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 1

Muestra 2

Tabla 59: Ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 2

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Tamiz (g)	Tamiz + Muestra (g)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
1"	25.000	176.95	176.95	0.00	0	0	100
3/4"	19.000	170.91	170.91	0.00	0.00	0	100
1/2"	12.500	203.49	276.27	72.78	7.28	7	93
3/8"	9.500	186.01	547.61	361.60	36.15	43	57
Nº4	4.750	316.07	772.88	456.81	45.66	89	11
Nº8	2.360	171.21	263.61	92.40	9.24	98	2
Nº200	0.075	246.94	257.40	10.46	1.05	99	1
FONDO		218.12	224.44	6.32	0.63	100	0
Peso Total				1000.37	100.00		

Tabla 60: Composición de la muestra

Composición de la muestra	
% Grava gruesa (de 3" a 3/4")	0
% Grano grueso (de 1/2" a Nº4)	89
% Arena (Nº 8 a Nº200):	10
% Limo-arcilloso (< Nº200):	1
Total	100
TM	3/4"
TMN	1/2"
Huso granulométrico	Nº 7

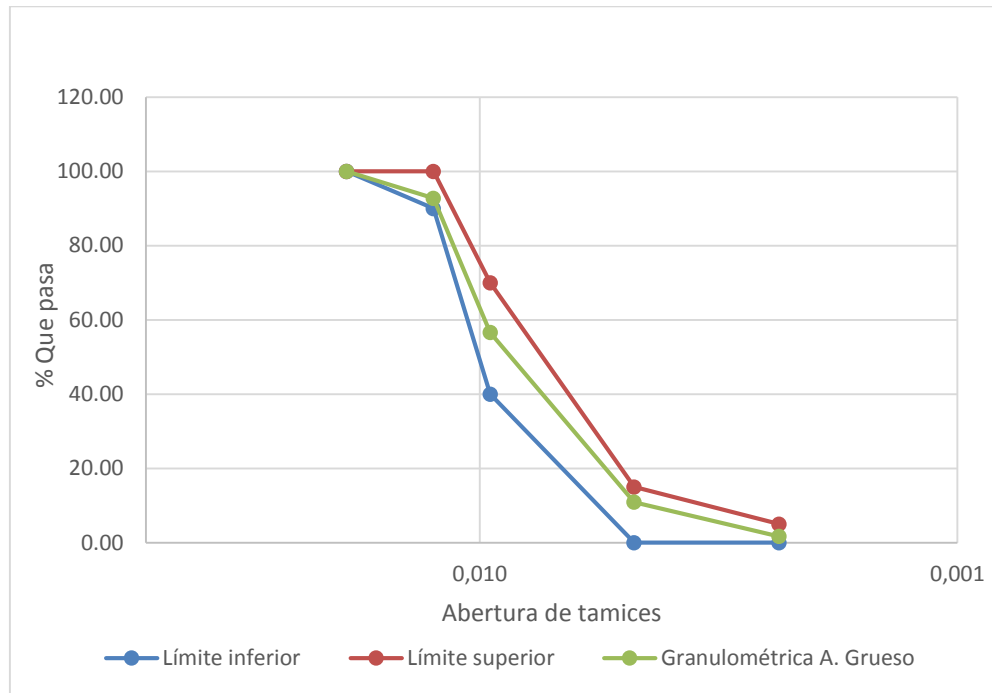


Figura 16: Curva del ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 2

Muestra 3

Tabla 61: Ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 3

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Tamiz (g)	Tamiz + Muestra (g)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
1"	25.000	176.95	176.95	0.00	0	0	100
3/4"	19.000	170.91	170.91	0.00	0.00	0	100
1/2"	12.500	203.49	258.30	54.81	5.48	5	95
3/8"	9.500	186.01	548.92	362.91	36.28	42	58
Nº4	4.750	316.07	789.83	473.76	47.36	89	11
Nº8	2.360	171.21	255.58	84.37	8.43	98	2
Nº200	0.075	246.94	258.22	11.28	1.13	99	1
FONDO		218.12	231.27	13.15	1.31	100	0
Peso Total				1000.28	100.00		

Tabla 62: Composición de la muestra

Composición de la muestra	
% Grava gruesa (de 3" a 3/4")	0
% Grano grueso (de 1/2" a N°4)	89
% Arena (N° 8 a N°200):	10
% Limo-arcilloso (< N°200):	1
Total	100
TM	3/4"
TMN	1/2"
Huso granulométrico	N° 7

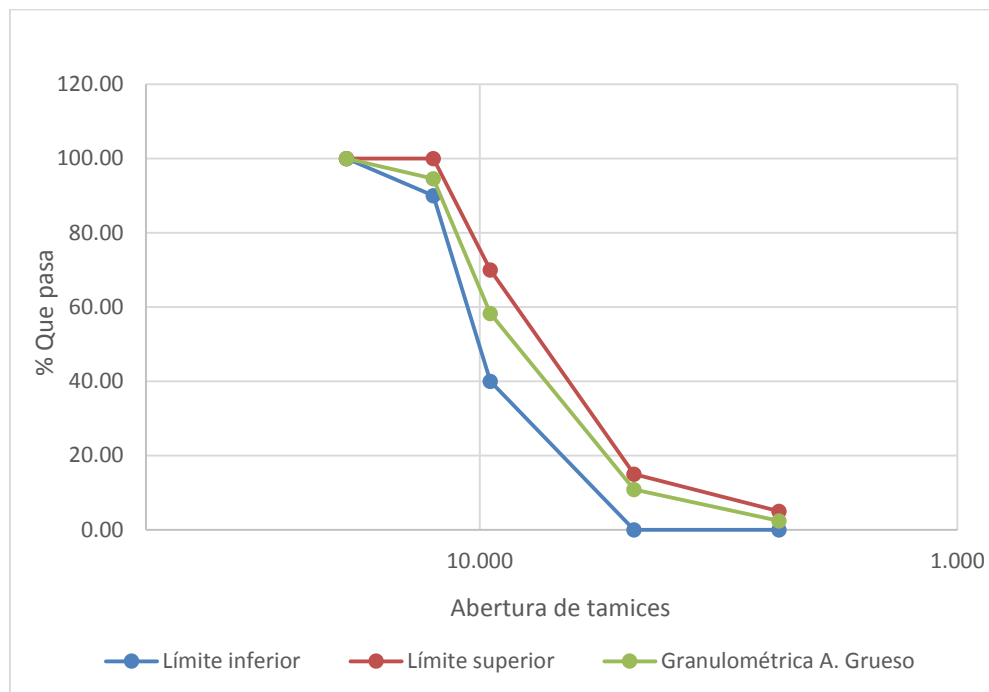


Figura 17: Curva del ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 3

3.1.1.1.3 Porcelanato molido en reemplazo del agregado fino

En las Tablas N° 63, N° 65 y N° 67 se observa los resultados de los ensayos de caracterización del porcelanato reciclado molido como reemplazo del agregado fino. En las Tablas N° 64, N° 66 y N° 68 se observa la composición de porcelanato molido. En las Figuras N° 18, N° 19 y N° 20 se, muestran las curvas granulométricas del porcelanato molido, con el límite inferior y superior para cada abertura de tamiz.

Muestra 1

Tabla 63: Ensayo granulométrico del porcelanato molido – Muestra 1

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso del tamiz (g)	Tamiz + muestra (g)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0	0	100
Nº4	4.750	316.07	316.07	0.00	0	0	100
Nº8	2.360	171.21	213.03	41.82	8	8	92
Nº16	1.180	127.57	195.47	67.90	14	22	78
Nº30	0.600	124.03	286.56	162.53	32	54	46
Nº50	0.300	122.73	237.41	114.68	23	77	23
Nº100	0.150	114.46	186.78	72.32	14	92	8
Nº200	0.075	246.94	281.53	34.59	7	99	1
FONDO		218.12	224.61	6.49	1	100	0
Peso Total				500.33	100		

Tabla 64: Composición de la muestra

Composición de la muestra	
% Grava (de 3" a 3/8"):	0
% Grano grueso (Nº4 a Nº8):	8
% Grano medio (Nº16 a Nº30):	46
% Grano fino (Nº50 a Nº200):	45
% Limo-arcilloso (< Nº200):	1
% Total	100
MF	2.5

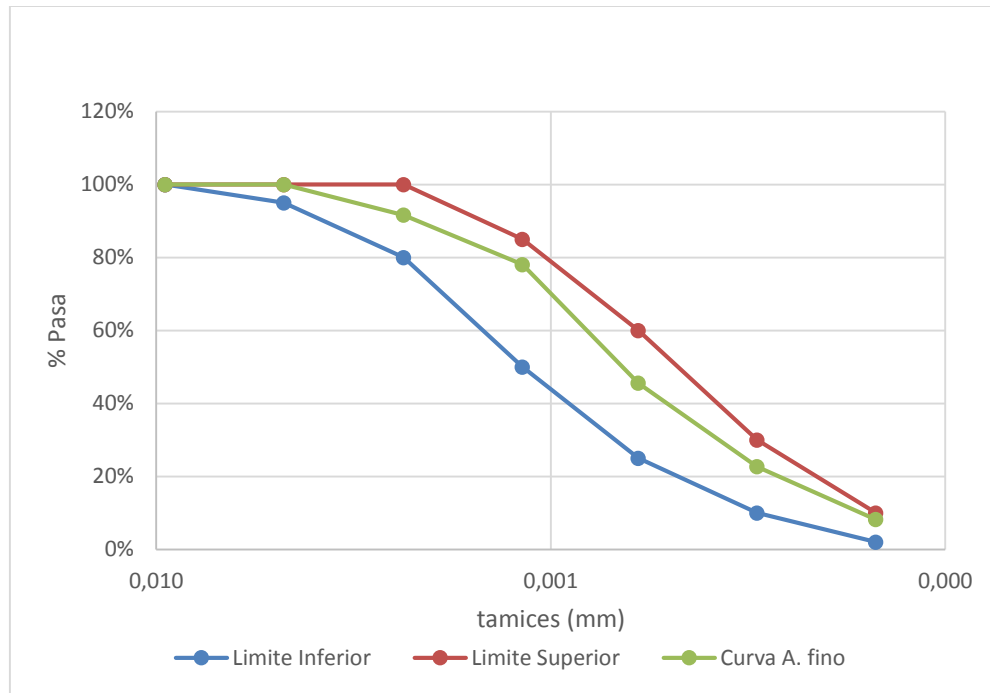


Figura 18: Curva del ensayo granulométrico del porcelanato molido – Muestra 1

Muestra 2

Tabla 65: Ensayo granulométrico del porcelanato molido – Muestra 2

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso del tamiz (g)	Tamiz + muestra (g)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	316.07	316.07	0.00	0	0	100
N°8	2.360	171.21	213.07	41.86	8	8	92
N°16	1.180	127.57	207.91	80.34	16	24	76
N°30	0.600	124.03	284.45	160.42	32	56	44
N°50	0.300	122.73	233.25	110.52	22	79	21
N°100	0.150	114.46	185.33	70.87	14	93	7
N°200	0.075	246.94	273.57	26.63	5	98	2
FONDO		218.12	227.85	9.73	2	100	0
Peso Total				500.37	100		

Tabla 66: Composición de la muestra

Composición de la muestra	
% Grava (de 3" a 3/8"):	0
% Grano grueso (N°4 a N°8):	8
% Grano medio (N°16 a N°30):	49
% Grano fino (N°50 a N°200):	41
% Limo-arcilloso (< N°200):	2
% Total	100
MF	2.6

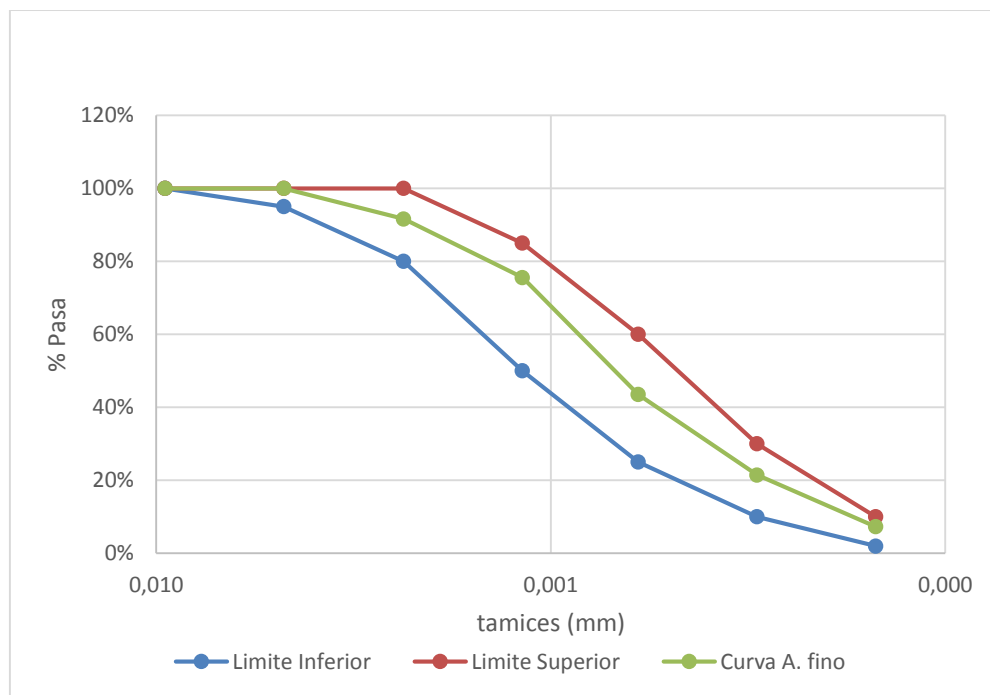


Figura 199: Curva del ensayo granulométrico del porcelanato molido – Muestra 2

Muestra 3

Tabla 67: Ensayo granulométrico del porcelanato molido – Muestra 3

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso del tamiz (g)	Tamiz + muestra (g)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	316.07	316.07	0.00	0	0	100
N°8	2.360	171.21	220.32	49.11	10	10	90
N°16	1.180	127.57	208.07	80.50	16	26	74
N°30	0.600	124.03	294.13	170.10	34	60	40
N°50	0.300	122.73	229.76	107.03	21	81	19
N°100	0.150	114.46	176.75	62.29	12	94	6
N°200	0.075	246.94	274.54	27.60	6	99	1
FONDO		218.12	221.97	3.85	1	100	0
Peso Total				500.48	100		

Tabla 68: Composición de la muestra

Composición de la muestra	
% Grava (de 3" a 3/8"):	0
% Grano grueso (N°4 a N°8):	10
% Grano medio (N°16 a N°30):	50
% Grano fino (N°50 a N°200):	39
% Limo-arcilloso (< N°200):	1
% Total	100
MF	2.7

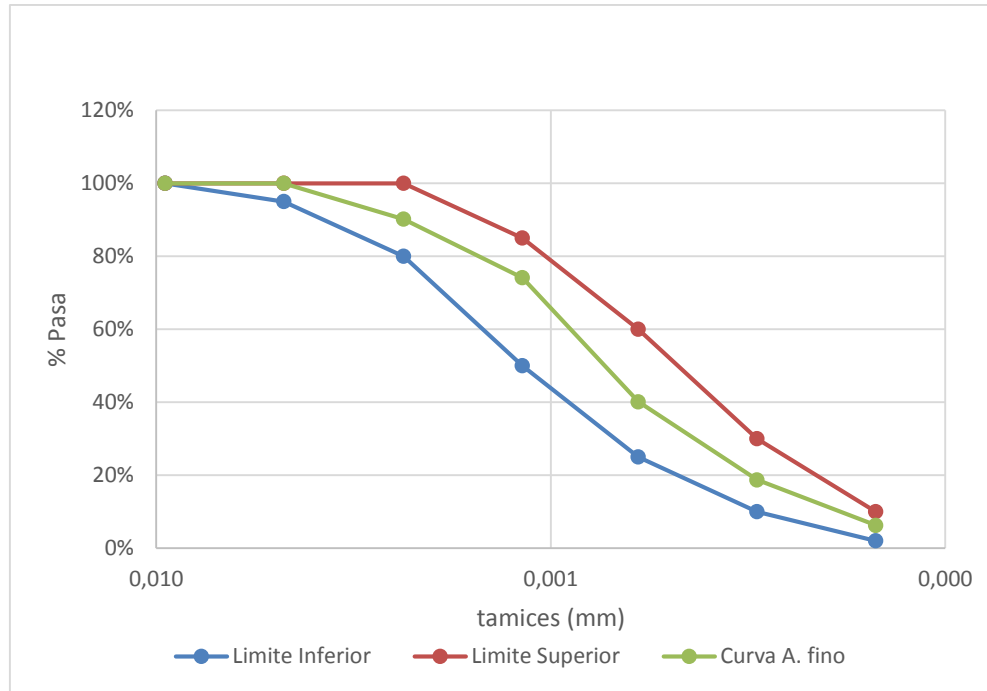


Figura 20: Curva del ensayo granulométrico del porcelanato molido – Muestra 3

3.1.1.1.4 Porcelanato triturado en reemplazo del agregado grueso

En las Tablas N° 69, N° 71 y N° 73 se observa los resultados de los ensayos de caracterización del porcelanato reciclado triturado en reemplazo del agregado grueso. En las Tablas N° 70, N° 72 y N° 74 se observa la composición del porcelanato triturado. En las Figuras N° 21, N° 22 y N° 23 se, muestran las curvas granulométricas del porcelanato triturado, con el límite inferior y superior para cada abertura de tamiz.

Muestra 1

Tabla 69: Ensayo granulométrico del porcelanato triturado – Muestra 1

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Tamiz (g)	Tamiz + Muestra (g)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
1"	25.000	176.95	176.95	0.00	0	0	100
3/4"	19.000	170.91	170.91	0.00	0.00	0	100
1/2"	12.500	203.49	254.74	51.25	5.09	5	95
3/8"	9.500	186.01	552.35	366.34	36.36	41	59
Nº4	4.750	316.07	789.29	473.22	46.96	88	12
Nº8	2.360	171.21	264.10	92.89	9.22	98	2
Nº200	0.075	246.94	260.67	13.73	1.36	99	1
FONDO		218.12	228.36	10.24	1.02	100	0
Peso Total				1007.67	100.00		

Tabla 70: Composición de la muestra

Composición de la muestra	
% Grava gruesa (de 3" a 3/4"):	0
% Grano grueso (de 1/2" a N°4):	87
% Arena (N° 8 a N°200):	12
% Limo-arcilloso (< N°200):	1
Total	100
TM	3/4"
TMN	1/2"
Huso granulométrico	N° 7

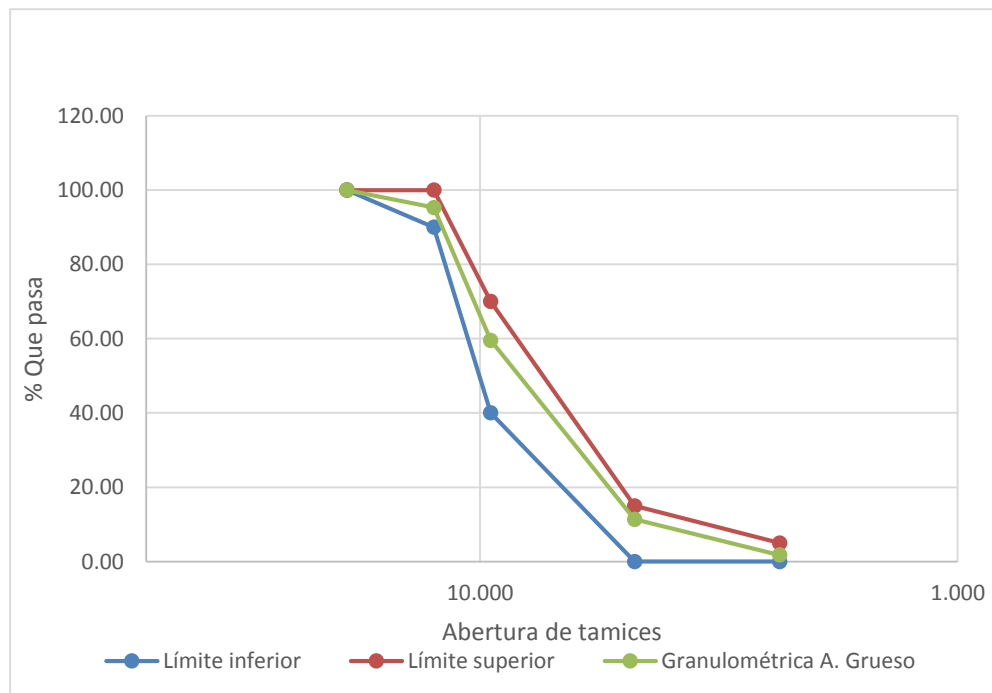


Figura 21: Curva del ensayo granulométrico del porcelanato triturado – Muestra 1

Muestra 2

Tabla 71: Ensayo granulométrico del porcelanato triturado – Muestra 2

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Tamiz (g)	Tamiz + Muestra (g)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
1"	25.000	176.95	176.95	0.00	0	0	100
3/4"	19.000	170.91	170.91	0.00	0.00	0	100
1/2"	12.500	203.49	252.63	49.14	4.89	5	95
3/8"	9.500	186.01	560.21	374.20	37.24	42	58
N°4	4.750	316.07	784.58	468.51	46.63	89	11
N°8	2.360	171.21	263.38	92.17	9.17	98	2
N°200	0.075	246.94	260.42	13.48	1.34	99	1
FONDO		218.12	225.33	7.21	0.72	100	0
Peso Total				1004.71	100.00		

Tabla 72: Composición de la muestra

Composición de la muestra	
% Grava gruesa (de 3" a 3/4"):	0
% Grano grueso (de 1/2" a N°4):	86
% Arena (N° 8 a N°200):	13
% Limo-arcilloso (< N°200):	1
Total	100
TM	3/4"
TMN	1/2"
Huso granulométrico	N° 7

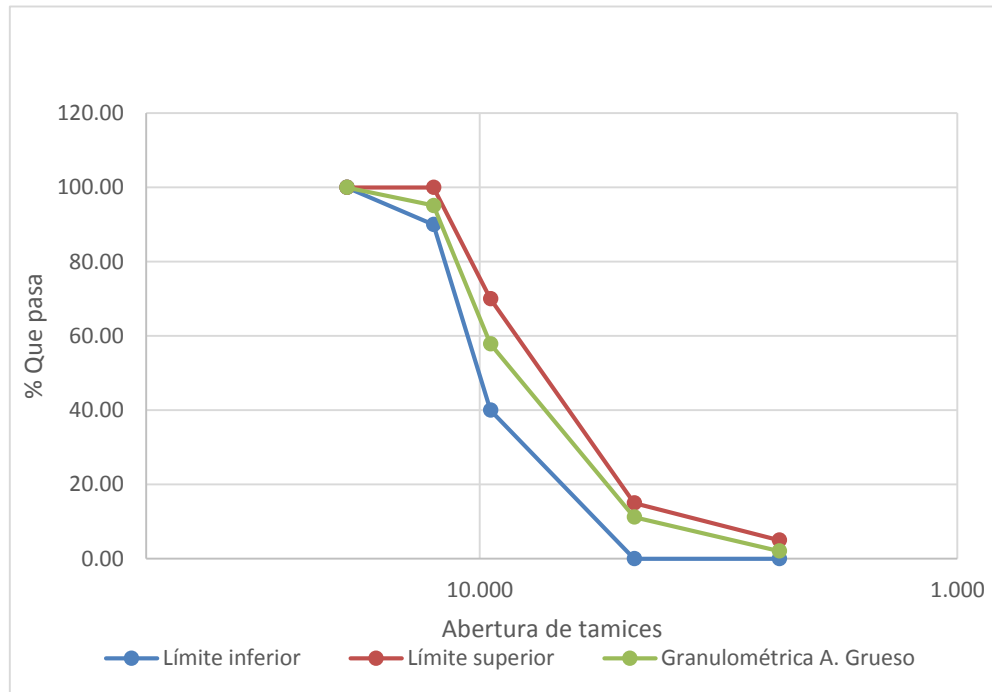


Figura 22: Curva del ensayo granulométrico del porcelanato triturado – Muestra 2

Muestra 3

Tabla 73: Ensayo granulométrico del porcelanato triturado – Muestra 3

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Tamiz (g)	Tamiz + Muestra (g)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
						Retenido	Pasante
1"	25.000	176.95	176.95	0.00	0	0	100
3/4"	19.000	170.91	170.91	0.00	0.00	0	100
1/2"	12.500	203.49	250.53	47.04	4.70	5	95
3/8"	9.500	186.01	544.21	358.20	35.78	40	60
Nº4	4.750	316.07	798.22	482.15	48.16	89	11
Nº8	2.360	171.21	267.31	96.10	9.60	98	2
Nº200	0.075	246.94	258.09	11.15	1.11	99	1
FONDO		218.12	224.57	6.45	0.64	100	0
Peso total				1001.09	100.00		

Tabla 74: Composición de la muestra

Composición de la muestra	
% Grava gruesa (de 3" a 3/4"):	0
% Grano grueso (de 1/2" a N°4):	88
% Arena (N° 8 a N°200):	11
% Limo-arcilloso (< N°200):	1
Total	100
TM	3/4"
TMN	1/2"
Huso granulométrico	N° 7

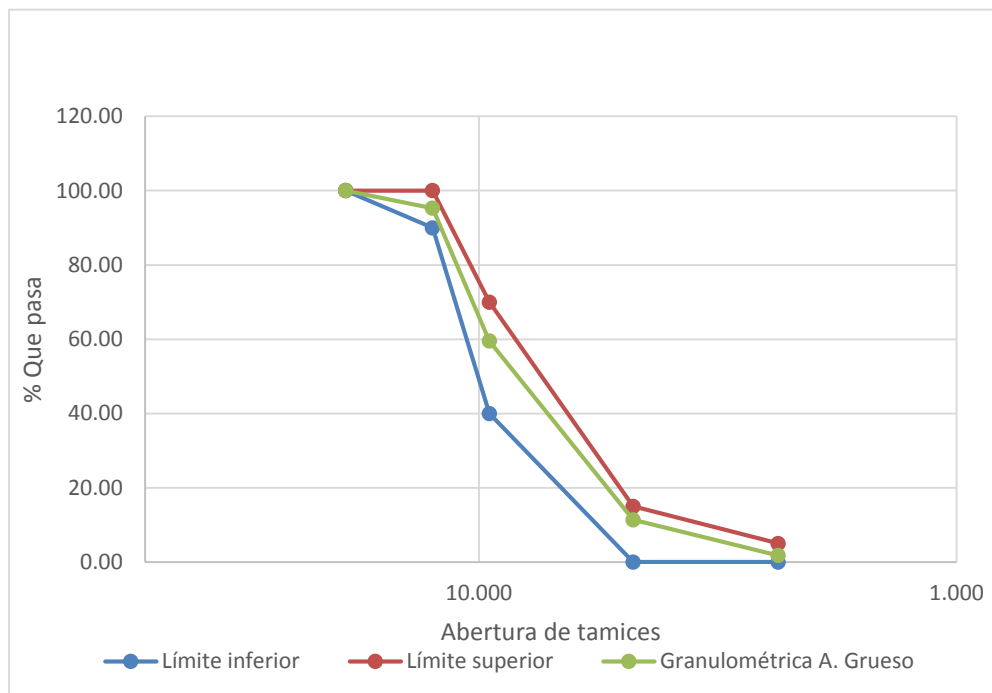


Figura 23: Curva del ensayo granulométrico del porcelanato triturado – Muestra 3

Para cumplir con los requisitos para una óptima graduación debe cumplir con los lineamientos según la NTP 400.037 Análisis del agregado grueso, fino y global; entre los cuales tenemos:

- **Granulometría continua**

De la obtención las 4 curvas granulométricas promedio de nuestros materiales: agregados grueso, agregado fino, porcelanato reciclado triturado y porcelanato triturado molido; estos son materiales apto para el uso en la producción de concreto, ya que se encuentra dentro de los parámetros que indica la N.T.P. 400.37, siendo una granulometría continua que no necesita ningún ajuste granulométrico, y que esta modificación se da cuando existe una ausencia de diferentes tamaños de partículas en la mezcla, quedando gran cantidad de vacíos en su interior lo que afectaría de manera considerable la impermeabilidad del material.

Del análisis granulométrico se obtuvieron curvas granulométricas, que son grafos con los valores de la abertura del tamiz, en escala logarítmica, en eje "x" y el porcentaje acumulado de material que pasa por cada tamiz en eje "y", estas curvas permiten identificar rápidamente si el agregado analizado tiene exceso de fracciones gruesas o finas, y establecer si el agregado tiene granulometría continua o discontinua, siendo de granulometría continua porque existen fracciones de todos los tamaños comprendidos entre el más pequeño y el mayor del mismo.

Las siguientes figuras N° 25, N° 26, N°27 y N° 28 representan las curvas promedio de los 3 análisis granulométricos realizados por cada material:

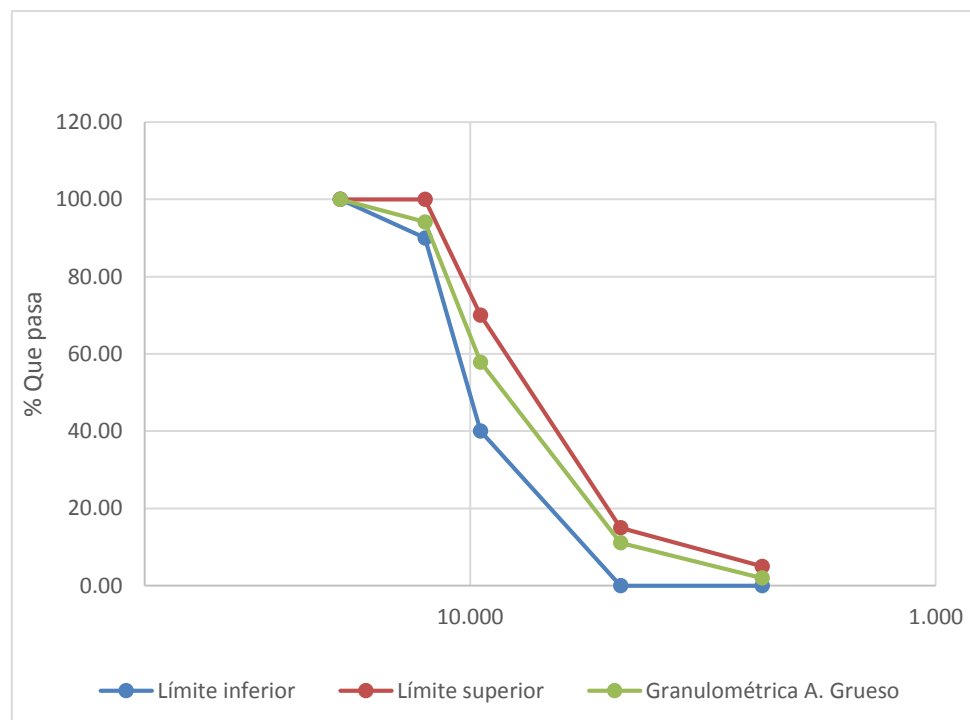


Figura 24: Curva granulométrica promedio del agregado grueso

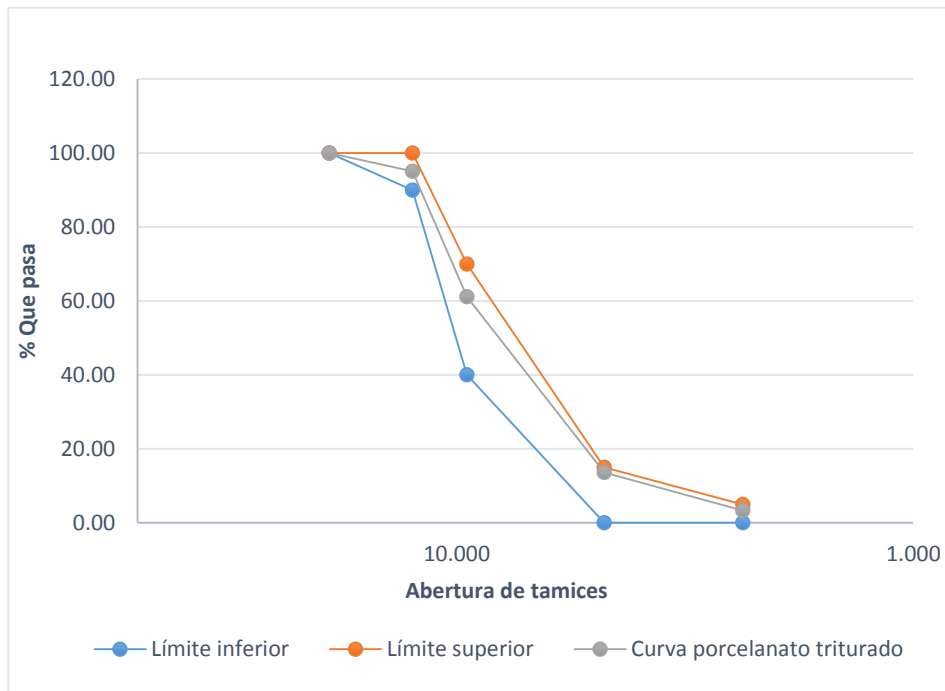


Figura 25: Curva granulométrica promedio del porcelanato triturado

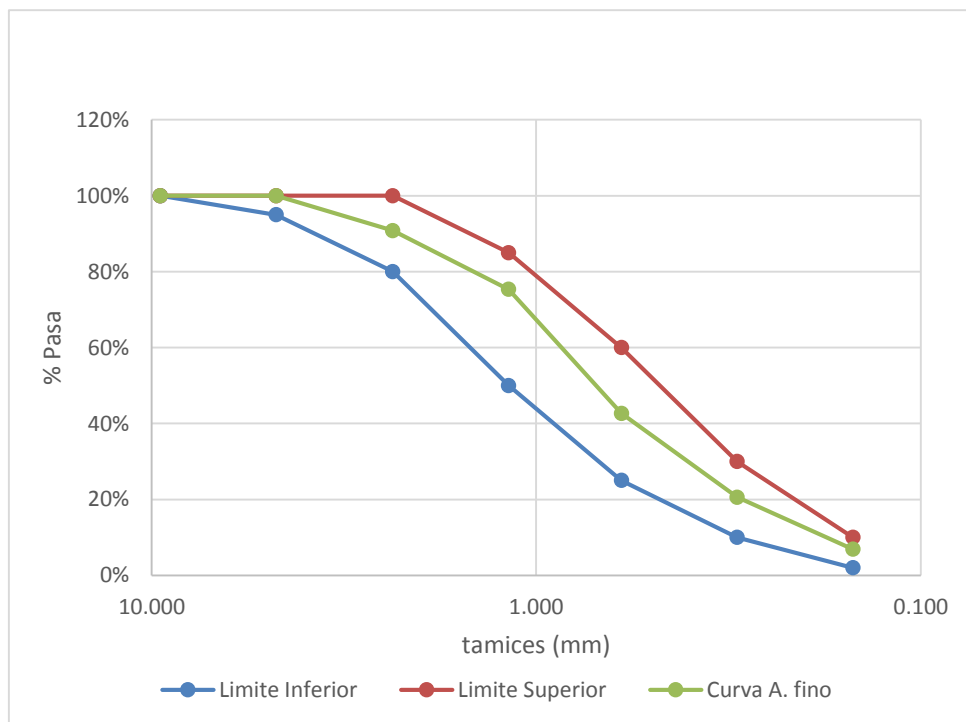


Figura 26: Curva granulométrica promedio del agregado fino

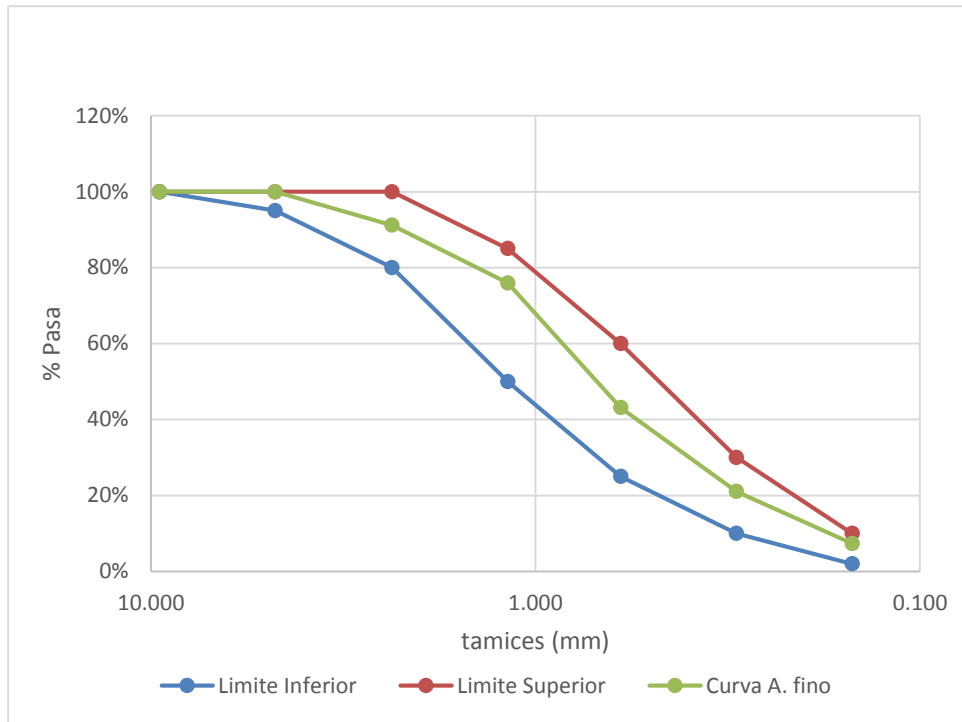


Figura 27: Curva granulométrica promedio del porcelanato molido reciclado

- Cantidad de material fino que pase la malla N° 200

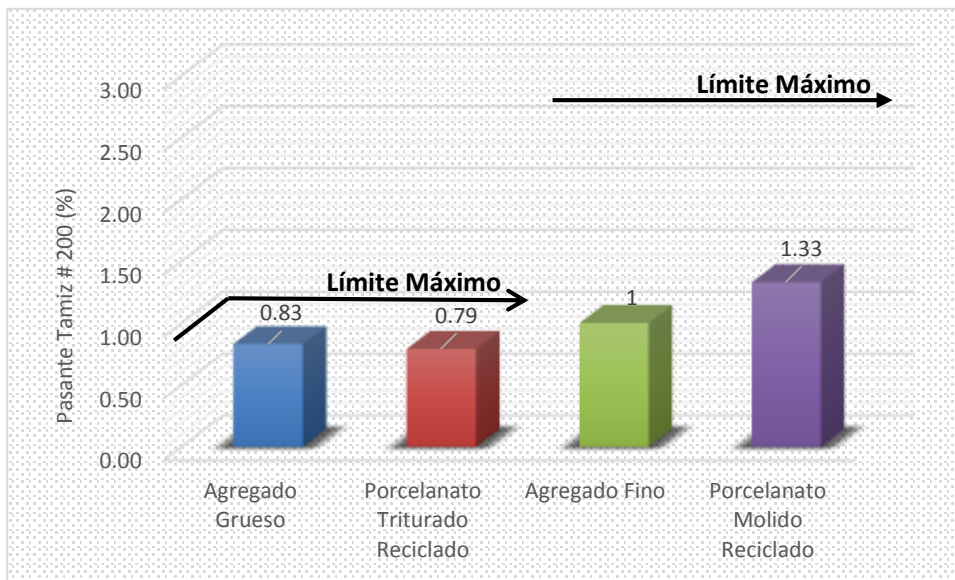


Figura 28: Cantidad de material fino que pasa la malla N° 200

El límite máximo de la cantidad de material fino que pase la malla N° 200 es establecido por la norma NTP 400.018 siendo de 3% para el agregado fino y 1% para agregado grueso.

El resultado obtenido del material fino pasante la malla N° 200 de los áridos naturales como reciclados son: para el agregado grueso es 0.83 % y el porcelanato reciclado triturado 0.79 %, ambos son menores al 1 %; mientras que para el agregado fino es 1 % y el porcelanato reciclado molido 1.33 %, ambos son menores al 3 %; cumpliendo con el rango establecido.

Si fuese mayor nuestros resultados, nuestros áridos contienen materiales finos (pasantes la malla N° 200) como son los limos y arcillas, los cuales ocasionan una inadecuada adherencia entre el árido y la pasta de cemento; perjudicando el tiempo de fraguado, asentamiento y la resistencia mecánica.

- **El módulo de finura**

El módulo de finura representa el tamaño promedio del árido. El resultado promedio de nuestro módulo de finura se encuentra entre el rango recomendable según los requerimientos de la NTP 400.037, considerándose correcto su uso para la elaboración de concreto.

El agregado fino y su reemplazo (porcelanato reciclado molido) poseen un módulo de finura de 2.6, considerándose nuestras muestras una arena gruesa, ya que ese valor oscila entre el rango recomendable de 2.3 – 3.1.

Cuando el módulo de finura es mayor a 3.1 (arena gruesa) puede ocurrir que la mezcla de concreto sea poco trabajable, careciendo cohesión entre sus componentes y requiriendo mayor consumo de cemento para mejorar su trabajabilidad. Y cuando el módulo de finura es menor a 2.3 (arena fina), puede ocurrir que el concreto sea pastoso el cual genera un mayor consumo de agua y cemento, además puede haber una mayor probabilidad que ocurra agrietamientos de tipo contracción por secado.

El uso del módulo de finura se ha restringido al agregado fino y según este módulo las arenas se clasifican en:

- Arenas finas: Módulo de finura entre 0.5 - 1.5.
- Arenas medias: Módulo de finura entre 1.5 - 2.5.
- Arenas gruesas: Módulo de finura entre 2.5 - 3.5.

Siendo el módulo de finura de nuestro material 2.6, se clasifica en arena gruesa.

- **Tamaño Máximo nominal**

En la investigación se utilizó agregado grueso de ½" es decir Tamaño Máximo Nominal (TMN) ½" y Tamaño Máximo (TM) ¾" tanto para el agregado grueso (piedra chancada) y su reemplazo como es el porcelanato reciclado(triturado), ya que se propone diseñar concreto un concreto estructural de 210 kg/cm², el cual se emplea para la construcción de columnas, vigas y losas aligeradas. El tamaño tiene gran envergadura, si el tamaño es menor, las partículas tienen un mejor acomodamiento en la mezcla del concreto, se reduce vacíos y poros, es decir, asciende la resistencia a compresión del concreto.

Cabe resaltar que cuanto mayor sea el tamaño máximo del agregado para la fabricación del concreto, menor será la cantidad de agua empleada, debido a que más pequeña será la superficie específica a mojar, la relación agua/cemento será más baja y por consiguiente mayor resistencia a la compresión. Sin embargo se ha demostrado que esto funciona hasta tamaños máximos de 40 mm o 1 ½" y que a partir de ese tamaño, a pesar que la superficie específica reduce, las resistencias no aumentan, por el contrario presentan una ligera reducción debido al descenso que se produce en el área adherente y a las discontinuidades que introducen las partículas grandes´.

3.1.1.2. Contenido de Humedad

Tabla 75: Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso

Descripción	Muestra	Peso De Tara (g)	Tara + Muestra Natural (g)	Tara + Muestra Seca (g)	Peso De La Muestra Natural (g)	Peso De La Muestra Seca (g)	Humedad (%)
					(Ph)	(Ps)	
Agregado Grueso	M1	29.95	148.79	148.12	118.84	118.17	0.5
	M2	40.43	155.71	155.09	115.28	114.66	0.5
	M3	41.47	172.87	172.29	131.4	130.82	0.5
Promedio							0.5

Tabla 76: Ensayo de contenido de humedad del agregado fino

Descripción	Muestra	Peso De Tara (g)	Tara + Muestra Natural (g)	Tara + Muestra Seca (g)	Peso De La Muestra Natural (g)	Peso De La Muestra Seca (g)	Humedad (%)
					(Ph)	(Ps)	
Agregado Fino	M1	43.63	135.23	134.58	91.60	90.95	0.7
	M2	40.41	126.58	126.06	86.17	85.65	0.7
	M3	48.43	146.21	145.56	97.78	97.13	0.7
Promedio							0.7

Tabla 77: Ensayo de contenido de humedad del porcelanato reciclado triturado

Descripción	Muestra	Peso De Tara (g)	Tara + Muestra Natural (g)	Tara + Muestra Seca (g)	Peso De La Muestra Natural (g)	Peso De La Muestra Seca (g)	Humedad (%)
					(Ph)	(Ps)	
Porcelanato Reciclado Triturado	M1	35.99	182.35	182.29	146.36	146.3	0.04
	M2	39.82	186.41	186.33	146.59	146.53	0.04
	M3	40.70	188.41	188.36	147.71	147.65	0.04
Promedio							0.04

Tabla 78: Ensayo de contenido de humedad del porcelanato reciclado molido

Descripción	Muestra	Peso De Tara (g)	Tara + Muestra Natural (g)	Tara + Muestra Seca (g)	Peso De La Muestra Natural (g)	Peso De La Muestra Seca (g)	Humedad (%)
					(Ph)	(Ps)	
Porcelanato Reciclado Molido	M1	30.49	109.2	109.18	78.71	78.69	0.03
	M2	30.30	111.39	111.37	81.09	81.07	0.02
	M3	29.43	112.77	112.75	83.34	83.32	0.02
Promedio							0.02

Tabla 79: Análisis estadístico del ensayo de contenido de humedad

Ensayo	Material	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de Variación
Contenido de Humedad (%)	Agregado grueso	0.5	0.00	0.004	0.79
	Agregado fino	0.7	0.00	0.004	0.62
	Porcelanato molido	0.02	0.00	0.000	0.93
	Porcelanato triturado	0.04	0.00	0.000	0.40

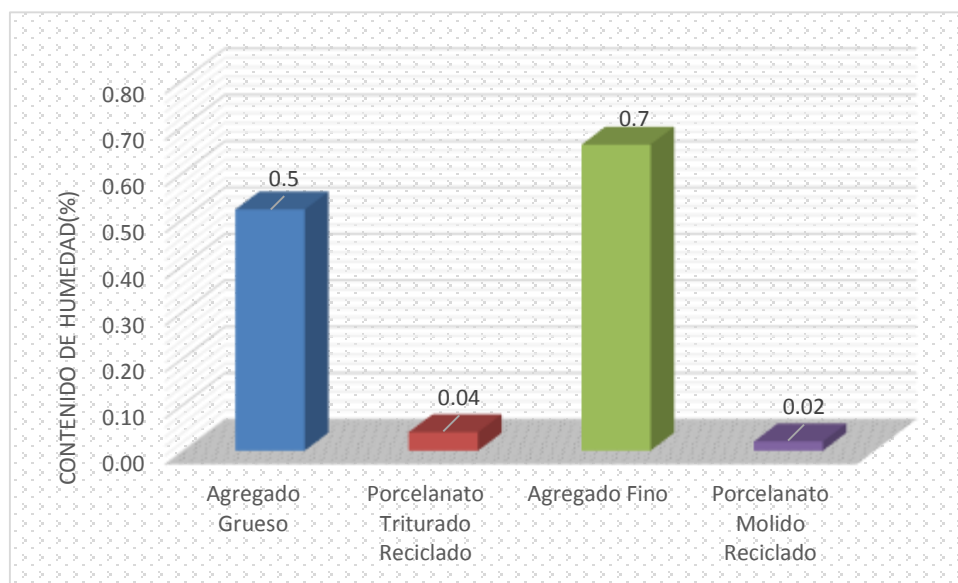


Figura 29: Contenido de humedad de agregados

La NTP 339.185 no presenta un rango recomendable para contenido de humedad, pero es recomendable que sea menor al de absorción. Los valores obtenidos para el agregado grueso son de un 0.5 %, el agregado fino 0.7 %; mientras que para el porcelanato triturado 0.04 % y para el porcelanato molido un 0.02 %; cuyos valores en comparación con los de absorción resultan ser menores para cada tipo de agregado. El porcelanato reciclado, presenta un poco o casi nulo contenido de humedad, esto se debe a que es un producto cerámico fabricado a partir de arcillas, cuarzos y sílices, que son prensados y cocidos a alta temperatura. Es cocido a unos 1300 °C, obteniendo como resultado: dureza, duración e impermeabilidad.

Es de suma importancia conocer el contenido de humedad que presentan nuestros agregados, ya que, de obviarse, el agua prevista en el diseño de mezcla y a ello

sumarle el agua presente en nuestro agregado por contenido de humedad podría ser demasiada, aumentando no solo la relación agua cemento, sino también la trabajabilidad de nuestro concreto en estado fresco y la pérdida a resistencia de la compresión en estado endurecido

Si la humedad del agregado es inferior a la absorción, se deberá agregar más agua al hormigón para compensar la que absorberán los agregados. Por el contrario, si la humedad supera a la absorción, habrá que disminuir la cantidad de agua que se pondrá a la mezcla ya que los agregados estarán aportando agua.

3.1.1.3. Peso unitario suelto y compactado de los agregados

Tabla 80: Volumen del molde para peso unitario suelto y compactado de los agregados

Muestra	Peso del Molde (kg)	Peso del Molde + Agua (kg)	Peso del Agua (kg)	Densidad del Agua a 23°C (kg/m ³)	Volumen del Molde (m ³)
m1		8.028	7.034		0.007052
m2	0.994	8.056	7.062	997.5	0.007080
m3		8.044	7.05		0.007068
Promedio					0.007066

Tabla 81: Ensayo de peso unitario suelto y compactado – Agregado grueso

Muestra	Código	Peso del Molde (kg)	Peso de la Muestra Suelta + Molde (kg)	Peso de la Muestra Compacta + Molde (kg)	Peso de la Muestra Suelta (kg)	Peso de la Muestra Compacta (kg)	Volumen Del Molde (m ³)	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	Peso Unitario Compacto (kg/m ³)
Agregado Grueso	M1		10.59	11.70	9.592	10.708		1357	1515
	M2	0.994	10.45	11.74	9.456	10.746	0.007	1338	1521
	M3		10.50	11.84	9.504	10.85		1345	1535
Promedio								1347	1524

Tabla 82: Ensayo de peso unitario suelto y compactado – Agregado fino

Muestra	Código	Peso del Molde (kg)	Peso de la Muestra Suelta + Molde (kg)	Peso de la Muestra Compacta + Molde (kg)	Peso de la Muestra Suelta (kg)	Peso de la Muestra Compacta (kg)	Volumen del Molde (m ³)	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	Peso Unitario Compacto (kg/m ³)
Agregado fino	M1		12.10	13.72	11.10	12.72		1571	1800
	M2	0.994	12.15	13.72	11.16	12.73	0.007	1579	1801
	M3		12.16	13.78	11.16	12.79		1580	1809
Promedio								1577	1804

Tabla 83: Ensayo de peso unitario suelto y compactado – Porcelanato Reciclado Triturado

Muestra	Código	Peso del molde (kg)	Peso de la muestra suelta + Molde (kg)	Peso de la muestra compacta + molde (kg)	Peso de la muestra suelta (kg)	Peso de la muestra compacta (kg)	Volumen del molde (m ³)	Peso Unitario Suelto (kg/ m ³)	Peso Unitario compacto (kg/ m ³)
Porcelanato Reciclado Triturado	M1		9,47	10,56	8,476	9,566		1199	1354
	M2	0,994	9,39	10,75	8,396	9,756	0,007	1188	1381
	M3		9,43	10,64	8,436	9,646		1194	1365
Promedio								1194	1366

Tabla 84: Ensayo de peso unitario suelto y compactado – Porcelanato Reciclado Molido

Muestra	Código	Peso del Molde (kg)	Peso de la Muestra Suelta + Molde (kg)	Peso de la Muestra Compacta + Molde (kg)	Peso De La Muestra Suelta (kg)	Peso De La Muestra Compacta (kg)	Volumen Del Molde (m ³)	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	Peso Unitario Compacto (kg/m ³)
Porcelanato Reciclado Molido	M1		11.154	12.43	10.16	11.436		1458	1618
	M2	0.994	11.6	12.44	10.606	11.444	0.007	1456	1620
	M3		11.159	12.44	10.165	11.447		1463	1620
Promedio								1460	1620

Tabla 85: Ensayo de peso unitario suelto y compactado

Ensayo	Material	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	Agregado grueso	1347	63.52	7.97	0.59
	Agregado fino	1577	14.47	3.80	0.24
	Porcelanato molido	1460	8.46	2.91	0.20
	Porcelanato triturado	1194	21.36	4.62	0.39
Peso Unitario compacto (kg/m ³)	Agregado grueso	1524	72.15	8.49	0.56
	Agregado fino	1804	17.16	4.14	0.23
	Porcelanato molido	1620	0.43	0.66	0.04
	Porcelanato triturado	1366	121.50	11.02	0.81

Los resultados obtenidos para el peso unitario suelto y compactado se aprecian en la siguiente gráfica:

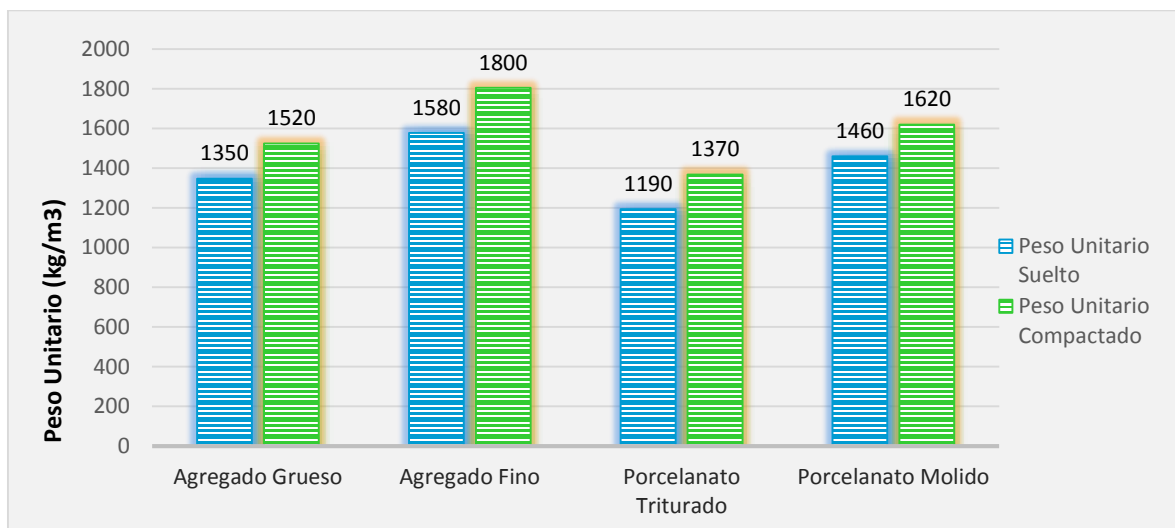


Figura 30: Gráfica de PUSS y PUCS

El porcelanato triturado no cumple con el rango establecido de 1300 kg/m³ a 1800 kg/m³ para el peso unitario simple; el agregado grueso y el porcelanato no cumplen con el rango establecido de 1600 kg/m³ a 1900 kg/m³ para peso unitario compactado.

La importancia de determinar el peso unitario de un material es debido a las solicitaciones en las cuales se va a emplear; el peso unitario suelto es solicitado para el manejo, transporte y almacenamiento del material debido a que se hace en estado suelto y el peso unitario compactado es importante desde el punto de vista de diseño de mezclas porque determina la densidad del material sometidas a una compactación

durante el proceso de colocación del agregado otorgando una mejoría en la resistencia.

Relacionando el peso unitario y el peso específico, se deduce que entre más denso sea el agregado, mayor será su peso por unidad volumétrica, debido a que estas propiedades son directamente proporcionales.

3.1.1.4. Peso específico y absorción

Tabla 86: Ensayo de peso específico y absorción – Agregado Fino

Muestra	Código	Peso Seco en el Horno (g)	Peso de la Fiola Lleno de Agua (g)	Peso de la Fiola + Agua + Muestra (g)	Peso de la Muestra SSS (g)	Peso Específico (kg/m ³)	Peso Específico SSS (kg/m ³)	Peso Específico Aparente (kg/m ³)	Absorción (%)
Agregado Fino	M1	429.77	666.94	937.67	433.44	2635	2657	2696	0.9
	M2	433.87	665.39	939.08	437.83	2637	2661	2702	0.9
	M3	441.54	669.20	947.42	444.95	2642	2662	2697	0.8
Promedio						2638	2660	2698	0.8

Tabla 87: Ensayo de peso específico y absorción – Agregado Grueso

Muestra	Código	Peso de la Muestra SSS al Aire (g)	Peso de la Muestra SSS en el Agua (g)	Peso de la Muestra Seca (g)	Peso Específico (kg/m ³)	Peso Específico SSS (kg/m ³)	Peso Específico Aparente (kg/m ³)	Absorción (%)
Agregado Grueso	M1	501.70	313	497.05	2628	2652	2694	0.9
	M2	501.27	313	493.86	2617	2656	2724	1.5
	M3	501.24	312	496.09	2615	2642	2689	1.0
Promedio					2620	2650	2702	1.2

Tabla 88: Ensayo de peso específico y absorción – Porcelanato Reciclado Molido

Muestra	Código	Peso seco en el Horno (g)	Peso de la Fiola Lleno de Agua (g)	Peso de la Fiola + Agua + Muestra (g)	Peso de la Muestra SSS (g)	Peso Específico (kg/m ³)	Peso Específico SSS (kg/m ³)	Peso Específico Aparente (kg/m ³)	Absorción (%)
Porcelanato Reciclado Molido	M1	398.32	1195.06	1428.34	403.04	2341	2368	2407	1.2
	M2	387.45	1244.36	1471.84	392.02	2349	2377	2416	1.2
	M3	398.69	1195.10	1428.56	403.35	2341	2368	2407	1.2
Promedio						2343	2371	2410	1.2

Tabla 89: Ensayo de peso específico y absorción – Porcelanato Reciclado Triturado

Muestra	Código	Peso de la Muestra SSS al Aire (g)	Peso de la Muestra SSS en el Agua (g)	Peso de la Muestra Seca (g)	Peso Específico (kg/m ³)	Peso Específico SSS (kg/m ³)	Peso Específico Aparente (kg/m ³)	Absorción (%)
Porcelanato Reciclado Triturado	M1	500.82	284	498.91	2295	2304	2316	0.4
	M2	501.31	284	499.93	2295	2301	2310	0.3
	M3	500.83	284	499.28	2297	2304	2313	0.3
Promedio					2296	2303	2313	0.3

Tabla 90: Análisis estadístico de ensayo de peso específico y absorción

Ensayo	Material	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Peso específico (kg/m ³)	Agregado grueso	2620	31.0293	5.57	0.213
	Agregado fino	2638	8.404	2.90	0.110
	Porcelanato molido	2343	14.83	3.85	0.164
	Porcelanato triturado	2296	0.7954	0.89	0.039
Peso específico SSS (Kg/m ³)	Agregado grueso	2650	33.7534	5.81	0.219
	Agregado fino	2660	4.114	2.03	0.076
	Porcelanato molido	2371	15.39	3.92	0.165
	Porcelanato triturado	2303	1.8901	1.37	0.060
Peso específico aparente (kg/m ³)	Agregado grueso	2702	244.8633	15.65	0.579
	Agregado fino	2698	7.541	2.75	0.102
	Porcelanato molido	2410	17.21	4.15	0.172
	Porcelanato triturado	2313	6.6218	2.57	0.111
Absorción (%)	Agregado grueso	1.2	0.0604	0.25	21.218
	Agregado fino	0.8	0.003	0.06	6.803
	Porcelanato molido	1.2	0.00	0.01	0.569
	Porcelanato triturado	0.3	0.0020	0.04	13.775

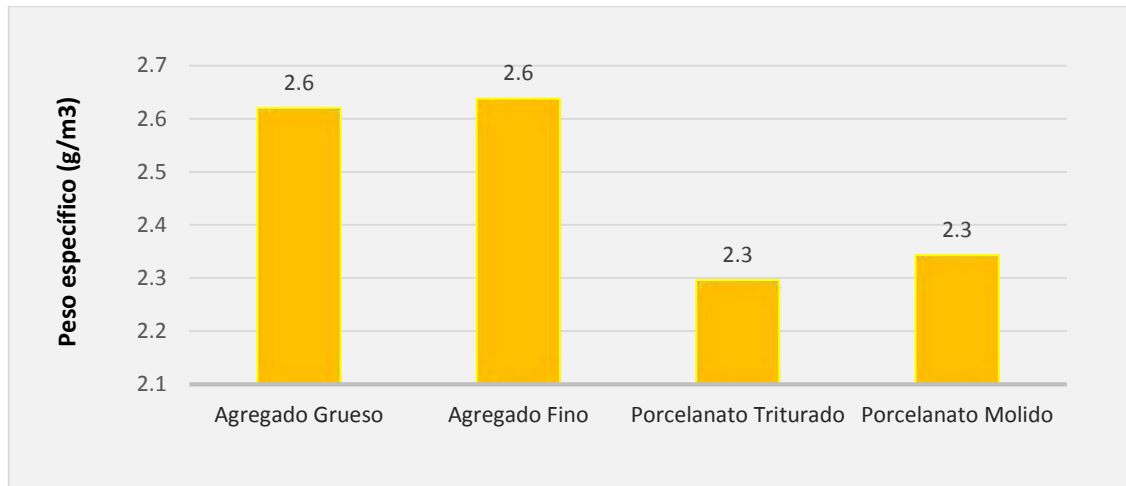


Figura 31: Peso específico del concreto

El peso específico para el agregado grueso es de 2.62 g/cm^3 y para el porcelanato reciclado triturado de 2.30 g/cm^3 ; mientras que para el agregado fino 2.64 y el porcelanato reciclado molido es 2.34 g/cm^3 . El agregado grueso y fino cumplen con el rango recomendable ya que se encuentran entre 2.5 g/cm^3 y 2.9 g/cm^3 . Su clasificación según peso específico se da de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 91: Clasificación de los agregados, según su peso específico

Clasificación	Peso específico (g/cm^3)
Pesados	> 2.75
Normales	2.5 a 2.75
Livianos	< 2.5

Fuente: Pasquel, 1998, p. 72

Con una clasificación normal están los áridos naturales (agregado grueso y fino) y con una clasificación liviana los áridos reciclados (porcelanato reciclado y molido)

El peso específico funciona como un indicador de calidad, porque a valores más elevados tiende a disminuir la absorción y porosidad, obteniendo materiales con mejor comportamiento para la elaboración de concreto. Esta propiedad es importante, porque si se emplea un material con una buena densidad, el concreto resultante podría ser mayor o igualmente denso.

Relacionando el peso específico y la absorción de cada agregado, podemos deducir que mientras más denso y compacto sea el agregado, menor será su grado de absorción, debido a que tendrá una menor cantidad de poros que permitan la entrada de partículas de H_2O .

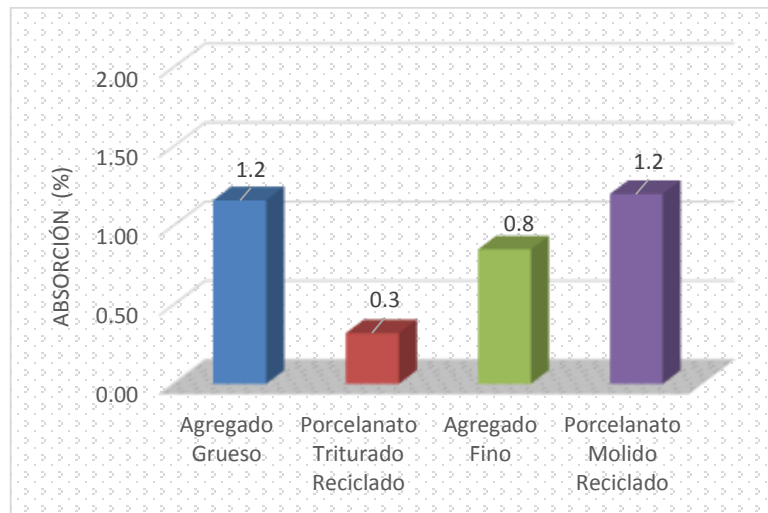


Figura 32: Absorción del concreto

De la figura N° 32, resume los valores obtenidos de absorción, siendo para el agregado grueso 1.2 %, mientras que para el porcelanato reciclado triturado es de 0.3 %. Estos valores de absorción se encuentran dentro del rango recomendable de 0.2 y 3 %. La absorción para el agregado fino es de 0.8 % y para el porcelanato reciclado molido de 1.2 %, ambos valores también se encuentran dentro del rango recomendable de 0.2 y 5 %.

Cabe resaltar que la absorción de agua expresada en porcentaje, indica el nivel de porosidad. Para la presente investigación se recolectó diferentes modelos de porcelanato esmaltado, según la ficha técnica de un porcelanato, sus dimensiones comerciales son largo (600 mm), ancho(600mm) y espesor(9mm) y dentro de sus propiedades físicas se halla la absorción de agua, que de acuerdo a la normativa internacional ISO 10545-3 esta es \leq a 0.5 % (Ver Anexo N° 5)

Este bajo nivel de absorción del porcelanato es debido a que la materia prima para la fabricación de porcelanato (arcillas, arenas, feldspatos y carbonatos debidamente pulverizados) es prensada, permitiéndole una reducción de poros en su estructura, siendo por ello que los pisos fabricados en porcelanato son excelentes para lugares de alto tránsito gracias a sus cualidades de dureza, alta resistencia, baja porosidad y mínima absorción de agua. Por ende, una baja absorción en el tamaño de triturado.

Es de resaltar que la absorción del porcelanato molido reciclado es mayor a la del porcelanato triturado reciclado.

Esto se justifica que para obtener el porcelanato molido pasa por un proceso de molienda (abrasión en la máquina de los ángeles), la cual a través del desgaste genera fracturas en las partículas y por ende la desintegración de este mismo a un tamaño reducido, produciendo un desgaste superficial generando una mayor absorción en comparación del porcelanato triturado.

Cuanto menor la porosidad de una pieza cerámica, menor la cantidad de agua que ella absorbe, consecuentemente mayor será su resistencia mecánica y mejores serán sus características técnicas.

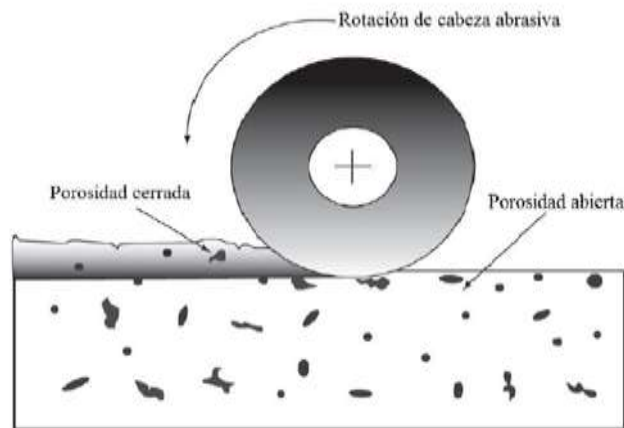


Figura 33: Desgaste superficial por abrasión

En la molienda del porcelanato reciclado en la máquina de los Ángeles a través del desgaste por abrasión, ayudados por unas esferas de acero que desgastan al porcelanato hasta reducirlo al tamaño de la arena, esta se desintegró y desgastó la capa superficie el, generando fracturas y alterando su composición, desencadenando una mayor absorción a diferencia del porcelanato chancado que reemplaza a la piedra y alterando sus propiedades en la sustitución por agregado fino.

3.1.1.5. Ensayos complementarios

3.1.1.5.1 Partículas chatas y alargadas

Partículas chatas y alargadas NTP 400.040

Tabla 92: Ensayo de partículas chatas y alargadas – Agregado Grueso

Material		Agregado Grueso			Partículas Chatas		Partículas Alargadas		Partículas Chatas y Alargadas		Partículas ni Chatas, ni Alargadas	
TAMIZ (pulg)	Abertura (mm)	Peso (g) A	Retiene (%) C	Pasa	Peso (g) (%) E	Peso (g) (%) F	Peso (g) (%) G	Peso (g) (%) H				
1 "	25.40			100.00								
3 / 4 "	19.05			100.00								
1 / 2 "	12.70	708.4	70.84	29.16	9.13	0.91	15.32	1.53	7.06	0.71	676.89	67.69
3 / 8 "	8.75	291.6	29.16	0.00	8.27	0.83	13.71	1.37	6.00	0.60	263.62	26.36
Peso Retenido 3/8" (D)		1000.00										
					1.74		2.90		1.31		Partículas idóneas 94.05	
Total de partículas chatas, alargadas y chatas alargadas %							5.95					

Tabla 93: Ensayo de partículas chatas y alargadas – Porcelanato Reciclado Triturado

Material		Porcelanato Reciclado Triturado			Partículas Chatas		Partículas Alargadas		Partículas Chatas y Alargadas		Partículas Ni Chatas Ni Alargadas	
TAMIZ (pulg)	Abertura (mm)	Peso (g) A	Retiene (%) C	Pasa (%)	Peso (g) (%) E	Peso (g) (%) F	Peso (g) (%) G	Peso (g) (%) H				
1 "	25.40		0.00	100.00								
3 / 4 "	19.05		0.00	100.00								
1 / 2 "	12.70	703.7	70.37	29.63	0.00	0.00	26.77	2.68	0.00	0.00	676.93	67.69
3 / 8 "	8.75	296.3	29.63	0.00	0.00	0.00	14.21	1.42	0.00	0.00	282.09	28.21
Peso Retenido 3/8" (D)		1000.00										
					0.00		4.10		0.00		Partículas idóneas 95.90	
Total de partículas chatas, alargadas y chatas alargadas %							4.10					

Se denomina partícula chata cuando el ancho es mayor a 3 veces el espesor y alargada cuando la longitud es 3 veces mayor el ancho. El porcelanato posee un espesor de 0.9 mm, es por ello que se realizó el presente ensayo para identificar las formas de sus partículas que compondrían el reemplazo del agregado grueso.

La existencia de partículas chatas y alargadas es de un 5.95 % para el agregado grueso, mientras que para el porcelanato reciclado triturado es de 4.91 %, cumpliendo así el rango recomendable de no ser superior al 10 %.

Cabe resaltar que un exceso superior 10 % en la forma plana y alargada en las partículas que componen nuestro agregado y su reemplazo (porcelanato reciclado triturado), no es recomendable emplearla para la elaboración de concreto, porque puede existir la probabilidad de segregación en el concreto debido a la disminución de la trabajabilidad que generan. Si empleamos una mezcla pobre en agua se tiene un concreto muy seco; por lo tanto, el agregado grueso tiende a alojarse en el fondo con una mayor facilidad que el agregado fino, influyendo negativamente no solo en la resistencia del concreto, sino también desfavorablemente en la durabilidad de este mismo.

3.1.1.5.2 Durabilidad a los sulfatos

Durabilidad a los sulfatos NTP 400.016

Tabla 94: Ensayo de durabilidad a los sulfatos – Agregado Grueso

Agregado Grueso		Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total %	Pérdida corregida %
Fracción						
Pasa	Retiene					
3/4"	1/2"	51.34	670	623	7.01	3.60
1/2"	3/8"	25.67	335	289	13.73	3.52
3/8"	N°4	22.99	300	279	7.00	1.61
Total		100	1305	1191		8.74

Tabla 95: Ensayo de durabilidad a los sulfatos – Agregado Fino

Agregado Fino		Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total %	Pérdida corregida %
Fracción						
Pasa	Retiene					
N° 4	N° 8	20	100	94	6	1.20
N° 8	N° 16	20	100	91	9	1.80
N° 16	N° 30	20	100	92	8	1.60
N° 30	N° 50	20	100	93	7	1.40
N° 50	N° 100	20	100	91	9	1.80
Total		100	500	461		7.80

Tabla 96: Ensayo de durabilidad a los sulfatos – Porcelanato Reciclado Triturado

Porcelanato Reciclado Triturado		Gradación original %	Peso de la fracción ensayada(g)	Peso retenido después del ensayo(g)	Pérdida total %	Pérdida corregida %
Fracción						
Pasa	Retiene					
3/4"	1/2"	51.34	670	668	0.30	0.15
1/2"	3/8"	25.67	335	330	1.49	0.38
3/8"	N°4	22.99	300	293	2.33	0.54
Total		100	1305	1291		1.07

Tabla 97: Ensayo de durabilidad a los sulfatos – Porcelanato Reciclado Molido

Porcelanato Reciclado Molido		Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total %	Pérdida corregida %
Fracción						
Pasa	Retiene					
N° 4	N° 8	20	100	98	2	0.40
N° 8	N° 16	20	100	96	4	0.80
N° 16	N° 30	20	100	94	6	1.20
N° 30	N° 50	20	100	93	7	1.40
N° 50	N° 100	20	100	91	9	1.80
Total		100	500	472		5.60

En el ensayo de durabilidad, registramos los datos obtenidos y tenemos una pérdida por desintegración por el accionar de soluciones saturadas con sulfato de magnesio de: 8.74 % para el agregado grueso y 1.07 % para el porcelanato reciclado triturado, mientras que para el agregado fino es de 7.8 % y el porcelanato reciclado molido 5.6 %. Todos los valores obtenidos cumplen con no exceder el límite máximo estipulado en la NTP 400.016, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 98: Limite máximos de sulfatos

Agregado fino		Agregado grueso	
Si se utiliza solución de sulfato de sodio NTP 400.016	Si se utiliza solución de sulfato de magnesio NTP 400.016	Si se utiliza solución de sulfato de sodio NTP 400.016	Si se utiliza solución de sulfato de magnesio NTP 400.016
10 %	15 %	12 %	18 %

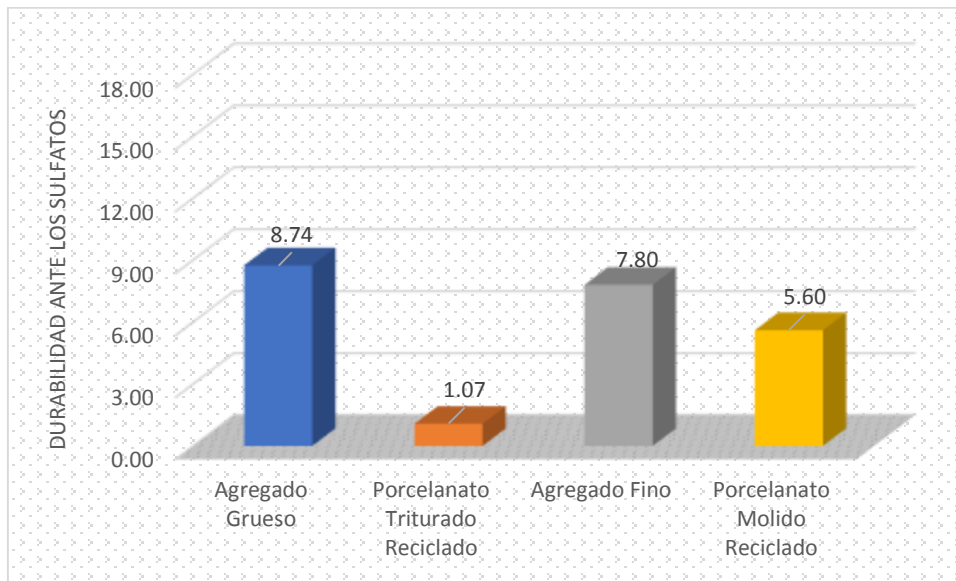


Figura 34: Ensayo de durabilidad utilizando solución de sulfato de magnesio

Con los datos obtenidos se puede realizar una estimación preliminar de inalterabilidad de los agregados y su reemplazo (porcelanato molido y triturado), los cuales se emplearán para la elaboración de concreto; además de estimar la calidad de estos mismos que han de estar sometidos a la acción de agentes atmosféricos y las condiciones climáticas en los que se va emplear.

3.1.1.5.3 Resistencia a la abrasión del agregado grueso bajo la norma NTP 400.019

El desgaste por el método de abrasión a través de la máquina los Ángeles no debe ser mayor al 50 %.

Tabla 99: Ensayo de resistencia a la abrasión

Muestra		Agregado grueso	Porcelanato Reciclado Triturado
Gradación		B	B
Peso inicial (g)		5000	5000
1 1/2"	1"	-	-
1"	3/4"	-	-
3/4"	1/2"	2500	2500
1/2"	3/8"	2500	2500
3/8"	1/4"	-	-
1/4"	N° 4	-	-
N° 4	N° 8	-	-
Peso final retenido malla N°12 (g)		4187	2954
Total de desgaste		813	2046
% Desgaste		16.26	40.92

Para el ensayo de resistencia al desgaste del agregado grueso por abrasión en la máquina de los ángeles, obtenemos un coeficiente de desgaste de un 27.52 % para el agregado grueso, mientras que para el porcelanato reciclado de 40.92 %. Ambos no exceden el límite máximo de desgaste por caga abrasiva del 50 %, por el cual es óptimo para su empleo en la elaboración de concreto para una obra civil.

3.1.1.5.4 Forma y Textura superficial de los agregados

Para la presente investigación se reemplaza los agregados naturales (grueso y fino) por agregados artificiales provenientes del reciclado (porcelanato en estado triturado y molido) a través de la sustitución porcentual para elaborar un concreto estructural.

En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

- Angular: Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- Sub angular: Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
- Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- Redondeada: Bordes casi eliminados.
- Muy Redondeada: Sin caras ni bordes

La textura del material, manifiesta que tan lisa o rugosa es la superficie del material.

Rugosa: es una característica ligada a la absorción, pues los agregados rugosos presentan mayor absorción a comparación de los lisos.

Lisa: presentan menor absorción y producen concretos menos plásticos.

Tabla 100: Clasificación del agregado y porcelanato según su forma y textura

Agregados				Porcelanato			
Grueso		Fino		Triturado		Molido	
Procedencia del machaqueo o trituración		Procedencia natural		Procedencia del machaqueo o trituración		Procedente de la molienda	
Forma	Textura	Forma	Textura	Forma	Textura	Forma	Textura
Angular	rugosa	Redondeada	lisa	Angular	Lisa	Angular	Muy rugosa

La forma y textura superficial de los agregados es otro de los factores que también afecta la trabajabilidad de una mezcla fresca de concreto.

3.1.2. Agua

La adición del agua potable en la mezcla de los insumos que conforman el concreto cumple dos funciones, la primera es hidratar el cemento y desencadenar la reacción química y la segunda es darle manejabilidad a la mezcla.

Para que un agua sea apta para un amasado y además para el curado del concreto debe estar limpia y encontrarse libre de impurezas por debajo de determinados límites a fin de que no se produzcan alteraciones en la hidratación del cemento, retrasos en sus fraguado y endurecimiento, reducciones en sus resistencias, ni peligros en su durabilidad.

Para ello, se evaluó su calidad, realizándose ensayos físicos y químicos según la NTP 339.088 Agua de mezcla en la producción de concreto de cemento portland, al agua potable de la ciudad de Trujillo, la cual se empleó para la elaboración de concreto, hallándose valores que se están dentro de los límites permisibles:

Tabla 101: Parámetros de evaluación del agua

	Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible		Resultado
Físicos	Turbiedad	UNT	5	1,76	Cumple
	Conductividad 25°C	umho/cm	1500	386	Cumple
	pH	valor de pH	6.5 - 8.5	7,2	Cumple
Químicos	Sólidos totales disueltos	mg/l o p.p.m	1000	806	Cumple
	Cloruros	mg/l o p.p.m	250	32.40	Cumple
	Sulfatos	mg/l o p.p.m	250	43.04	Cumple

El agua utilizada fue potable y apta para el consumo humano, y sus parámetros se encontraron dentro de los límites máximos permisibles para la turbiedad, conductividad, pH, sólidos totales disueltos cloruros, sulfatos.

Parámetros físicos

- **Turbidez**

La turbidez del agua es uno de los parámetros más importantes en la calidad del agua de consumo humano. Un agua turbia no solamente tiene un impacto estético negativo para el consumidor, la turbidez es también un indicativo de una mayor probabilidad de contaminación microbiológica y por compuestos tóxicos, que se adhieren a la materia dispersa en el agua y consecuentemente, indica también una mayor dificultad para la desinfección efectiva del agua.

Se obtuvo una conductividad eléctrica de 1.76 UNT en el agua potable empleada en la mezcla para producción de concreto, siendo este valor menor al límite máximo permisible que es 5 UNT, cumpliendo así este parámetro físico establecido por la NTP 339.088.

- **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, y está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua. Por lo tanto, la conductividad eléctrica está relacionada con TDS (cantidad total de sólidos disueltos en el agua), principalmente de las sales minerales, siendo su medida en ppm (partes por millón) o en mg/l.

La conductividad eléctrica del agua también depende de la temperatura del agua: mientras más alta la temperatura, más alta sería la conductividad eléctrica;

aumentado en un 2 % -3 % para un aumento de 1 grado Celsius de la temperatura del agua.

Se obtuvo una conductividad eléctrica de 386 umho/cm en el agua potable empleada en la mezcla para producción de concreto, siendo este valor menor al límite máximo permisible que es 1500 umho/cm, cumpliendo así este parámetro físico establecido por la NTP 339.088.

- **Ph**

El pH o potencia de hidrógeno se define como la concentración de iones de hidrógeno presentes en una sustancia, busca medir el nivel de acidez o alcalinidad con la cual cuenta la solución. El empleo de aguas con altos niveles de cloruros con pH mayores a 12, genera corrosión de la estructura (el acero del concreto armado) y aunque es un proceso lento, se presenta de forma uniforme lo que acelera a su vez la presencia de grietas y reduce la vida útil de la estructura.

Se obtuvo una concentración de ph de 7.2 en el agua potable empleada en la mezcla para producción de concreto, encontrándose este valor dentro del rango de 6.5 y 8.5, cumpliendo así este parámetro físico establecido por la NTP 339.088.

Parámetros químicos

- **Concentración de Sulfatos MTC E 719**

Tabla 102: Absorbancia del agua

mg/100 ml	absorbancia
0	0,097
10	0,128
20	0,14
30	0,189
35	0,222
40	0,309

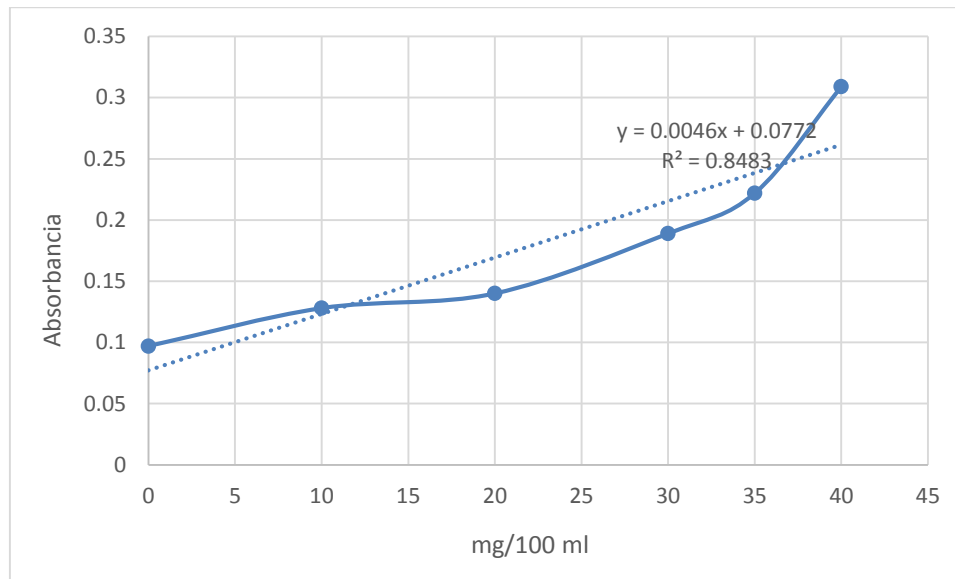


Figura 35: Gráfica de absorción del agua

$$SO(mg/100ml) = \frac{(0.097 - 0.0046)}{0.0772} = 4.304$$

$$SO(mg/l) = =43.04$$

Los sulfatos son compuestos químicos que están presentes en una gran variedad de concentraciones en el suelo, aguas subterráneas, aguas superficiales y aguas de mar, siendo perjudiciales al concreto, este ataque se presenta, cuando a través del agua de amasado, concentraciones relativamente altas de sulfatos entran en contacto con los compuestos hidratados de la pasta de cemento. Este contacto hace que se produzca una reacción química que genera expansión en la pasta y crea una presión capaz de romperla y finalmente desintegrar el concreto.

Los mecanismos que intervienen en el ataque del concreto por sulfatos son dos:

- Reacción del sulfato con hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento formando sulfatos de calcio (yeso).
- Reacción de sulfato de calcio con el aluminato de calcio hidratado formando sulfato aluminato de calcio (etringita).

Ambas reaccionan dan como resultado un aumento de volumen en el sólido, pero la segunda genera expansiones, rupturas y ablandamiento del concreto pues los sulfatos reaccionan con el aluminato de calcio hidratado.

Las consecuencias del ataque de sulfatos no solo producen degradación por expansión y fisuración, también, una reducción en la resistencia mecánica debido a

la pérdida de cohesión en la pasta de cemento, lo anterior también conlleva a una pérdida de adherencia entre la pasta y las partículas de los agregados.

Se obtuvo una concentración de sulfatos de 43.04 mg/l en el agua potable empleada en la mezcla para producción de concreto, siendo este valor menor al límite máximo permisible que es 250 mg/l, cumpliendo así este parámetro químico establecido por la NTP 339.088.

- **Sólidos disueltos totales**

$$STS = \frac{(112.46 - 112.42) * 1000}{0.05} = 806$$

El total de sólidos disueltos es una medida de la cantidad de material disuelto en el agua. Este material puede incluir los siguientes: carbonato, bicarbonato, cloruro, sulfato, fosfato, nitrato, calcio, magnesio, sodio, iones orgánicos, y otros iones.

Sin embargo, estos a menudo afectan el sabor, el olor y el color del agua. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha cuantificado el efecto de los niveles de TDS en la estética de la siguiente manera:

- Excelente: <300 mg/L
- Bueno: 300-600 mg/L
- Regular: 600-900 mg/L
- Pobre: 900-1,200 mg/L
- Inaceptable > que 1,200 mg/L
- También inaceptable: Extremadamente bajo

Para nuestro ensayo obtuvimos 806 mg/l o ppm, cuantificándose en regular, siendo este valor menor al límite máximo permisible que es 1000 mg/l o ppm, cumpliendo así este parámetro químico establecido por la NTP. 339.088.

- **Concentración de Cloruros MTC E 720**

$$L (mg/L) = \frac{(0.1 \times 0.914 \times 35453)}{100}$$

$$CL \left(\frac{mg}{L} \right) = 32.40$$

Los cloruros son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en las fuentes de abastecimiento de agua.

El sabor salado del agua es producido por los cloruros, siendo variable y dependiente de la composición química del agua.

Amplias investigaciones indican claramente que un alto contenido de cloruro soluble en el agua superior al límite máximo permisible, es un indicador del riesgo inmediato de corrosión en el concreto.

Se obtuvo una concentración de sulfatos de 32.40 mg/l en el agua potable empleada en la mezcla para producción de concreto, siendo este valor menor al límite máximo permisible que es 250 mg/l, cumpliendo así este parámetro químico establecido por la NTP 339.088.

3.2. Diseño de mezcla

Realizada la caracterización de acuerdo a la NTP de cada uno de los agregados que componen el concreto, se procedió a la elaboración del diseño de mezcla.

Se empleó el método de ACI-211, cuyo diseño será aplicado para el vaciado de vigas y columnas; que busca alcanzar una resistencia a compresión de acuerdo a la finalidad de uso y a la relación agua/cemento ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$), por lo que debe ser de consistencia media (asentamiento entre 3" y 4"), considerándose así una relación inicial a/c de 0.56, que por correcciones de humedad y absorción de los agregados se convirtió en 0.57. El tamaño máximo nominal del agregado grueso fue de 1/2".

Procedimiento

PASO 1: Cálculo de la resistencia promedio ($f'cr$)

Se determinó empleando los valores de la siguiente tabla:

Tabla 103: Resistencia requerida para definir la desviación estándar

Resistencia de diseño ($f'c$), kg/cm^2	Resistencia promedio ($f'cr$), kg/cm^2
< 210	$f'c + 70$
210 – 350	$f'c + 84$
> 350	$f'c + 98$

Fuente: ACI 318

$$f'_{cr} = f'_c + 84$$

$$f'_{cr} = 210 + 84$$

$$f'_{cr} = 294$$

PASO 2: Cálculo de la relación a/c

Se obtuvo a partir del tipo de concreto y la resistencia promedio, indicados a continuación:

Tabla 104: Relación agua/cemento sobre la resistencia promedio

f'_{cr} (kg/cm ²)	Relación agua/cemento	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.61	0.53
280	0.57	0.48
294	x	y
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	----
450	0.38	----

Fuente: ACI 211.1

Tipos de concreto

- Concreto sin aire incorporado: empleado en climas cálidos.
- Concreto con aire incorporado: empleado en climas fríos.

Interpolamos:

$$\frac{280-294}{294-300} = \frac{0.57-x}{x-0.55}$$

$$\frac{-14}{-6} = \frac{0.57-x}{x-0.55}$$

$$-14x+7.7 = -3.42+ 6x$$

$$-20x = -11.12$$

$x = 0.556$; es la relación agua/cemento.

PASO 3: Selección del volumen de agua por m³ de concreto

Es la cantidad de agua que se debe incorporar por unidad cúbica de concreto para obtener una consistencia determinada cuando el agregado esté en estado seco. La selección consistió en que una vez elegido el tamaño máximo nominal del agregado, y el asentamiento deseado se procedió a seleccionar el volumen unitario de agua a partir de la tabla presentada a continuación:

Tabla 105: Cantidades de agua de mezcla en el concreto (l/m³)

Asentamiento	Tamaño máximo nominal del agregado grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
% Aire atrapado	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-
% Aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Moderada	8.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Extrema	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: ACI 211.1

Teniendo un TMN de 3/4" y un slump de 3" a 4", la cantidad de agua correspondiente es de 216 litros/m³.

PASO 4: Selección del porcentaje de aire atrapado

En los concretos siempre hay un pequeño porcentaje de aire atrapado, el cual depende del aporte de los materiales, granulometría y tamaño máximo del agregado.

La Tabla N° 105 da el porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas con o sin aire incorporado, para diferentes tamaños máximos nominales de agregados grueso adecuadamente graduado dentro de los requisitos de la NTP 400.011; siendo para nuestro diseño: 0.025 m³.

PASO 5: Cálculo de la cantidad de cemento por m³ de concreto

Conocidos el volumen unitario de agua por unidad de volumen de concreto y la relación a/c, se calculó el factor cemento por unidad cúbica de concreto mediante el simple expediente de dividir volumen unitario de agua, expresado en litros por metro cúbico, entre la relación a/c, obteniéndose el número de kilos de cemento por unidad cúbica de concreto, como se indica en la siguiente ecuación:

Ecuación 39: Cantidad de Cemento (kg/m³)

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{volumen de agua (l)}}{r \text{ a/c}}$$

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{216}{0.556}$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 388.49 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 9.14 \text{ bolsas}$$

PASO 6: Cálculo de la cantidad de agregado grueso por m³ de concreto

De la Tabla N° 106 en base al módulo de fineza de la arena y el tamaño máximo nominal del agregado grueso se obtuvo el volumen compactado en seco de este último (Vc), que para transformarlo a kilos por unidad cúbica de concreto se tuvo que multiplicar por su peso unitario compactado (PUCS), indicada en la siguiente ecuación:

Tabla 106: Volumen del agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso compactado en seco para diversos módulos de fineza de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.78	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.1

Ecuación 40: Cantidad de (kg/m³)

$$\text{Cantidad de AG} = PUCS \times Vc$$

$$\text{Cantidad de AG} = 1524 \times 0.57$$

$$\text{Cantidad de AG} = 868.68 \text{ kg/m}^3$$

PASO 7: Cálculo de los volúmenes absolutos (agua, cemento, agregado y aire)

Una vez obtenidas las cantidades de cada material por metro cúbico de concreto y del porcentaje de aire atrapado, es que se dividió a cada peso del material sobre su peso específico en kilogramos por metro cúbico y para el porcentaje de aire sobre 100, para obtener el volumen absoluto de cada uno de ellos, tal como se muestra en las siguientes ecuaciones:

Ecuación 41: Volumen absoluto (cemento, agregado y agua)

$$V_{\text{material}} = \frac{\text{Cantidad del material}}{\text{Peso específico del material}}$$

Ecuación 42: Volumen absoluto del aire atrapado

$$V_{\text{aire}} = \frac{\% \text{ Aire Atrapado}}{100}$$

$$V^{\circ} \text{ Cemento} = \frac{388.49 \text{ kg/m}^3}{3.11 \text{ gr/cm}^3 * 1000} = 0.125 \text{ m}^3$$

$$V^{\circ} \text{ Agregado grueso} = \frac{868.68 \text{ g/m}^3}{2.62 \text{ gr/cm}^3 * 1000} = 0.33 \text{ m}^3$$

$$V^{\circ} \text{ Agua} = \frac{\frac{216 \text{ lts}}{\text{m}^3}}{\frac{1 \text{ lts}}{\text{cm}^3} * 1000} = 0.216 \text{ m}^3$$

$$V^{\circ} \text{ Aire} = \frac{2.5}{100} = 0.025 \text{ m}^3$$

PASO 8: Cálculo de la cantidad de arena por m³ de concreto

En primer lugar, se determinó el volumen absoluto de la arena a partir de la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos (agua, cemento, agregado y aire). Y después para obtener su peso, se multiplicó su volumen absoluto por su peso específico en kilogramos por metro cúbico, explicada en las siguientes ecuaciones:

Ecuación 43: Volumen absoluto de la arena

$$V_{a_{AF}} = 1 - (\sum \text{Volúmenes abs. conocidos})$$

Ecuación 44: Cantidad de arena (kg/m³)

$$\text{Cantidad de AF} = V_{a_{AF}} \times P_{e_{AF}}$$

$$V_{a_{AF}} = 1 - (0.125 + 0.33 + 0.216 + 0.025)$$

$$\text{Cantidad de AF} = 0.302x \frac{2.638gr}{cm^3} \times 1000$$

$$V_{a_{AF}} = 0.302m^3$$

$$\text{Cantidad de AF} = 797.86 \text{ kg/m}^3$$

PASO 9: Corrección por humedad de los agregados

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica del concreto deben ser corregidas en función de las condiciones de humedad de los agregados finos y gruesos, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra, en base a la siguiente ecuación:

Ecuación 45: Corrección por humedad de los agregados (fino y grueso)

$$\text{Cantidad final de agregado} = C_{m_{sc}} \times \left(1 + \frac{\%W}{100}\right)$$

$C_{m_{sc}}$: Cantidad de material sin corregir

$$\text{Cantidad final de agregado grueso} = 868.68 \text{ kg/m}^3 \times \left(1 + \frac{0.52}{100}\right)$$

$$\text{Cantidad final de agregado grueso} = 873.17 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cantidad final de agregado fino} = 797.86 \text{ kg/m}^3 \times \left(1 + \frac{0.66}{100}\right)$$

$$\text{Cantidad final de agregado fino} = 803.15 \text{ kg/m}^3$$

PASO 10: Cálculo de agua efectiva

Se debe recordar que para una correcta hidratación de la pasta es necesario tomar en cuenta el porcentaje de absorción de los agregados, puesto que de no ser así el agua sería insuficiente para poder generar una reacción óptima.

En primer lugar, se determinó la contribución de agua por cada agregado, tal como se muestra en las siguientes ecuaciones:

Ecuación 46: Contribución de agua del agregado (kg/m³)

$$Agua_{AG} = \left(\frac{\%A_{AG} - \%W_{AG}}{100} \right) \times AG_{SC}$$

Ecuación 47: Contribución de agua de la arena (kg/m³)

$$Agua_{AF} = \left(\frac{\%A_{AF} - \%W_{AF}}{100} \right) \times AF_{SC}$$

Agua_{AG, AF}: Agua en los agregados fino y grueso (kg/m³)

%W_{AG, AF}: Humedad de los agregados fino y grueso (%)

%A_{AG, AF}: Absorción de los agregados fino y grueso (%)

AG_{SC}: Cantidad de agregado sin corregir (kg/m³)

AF_{SC}: Cantidad de arena sin corregir (kg/m³)

$$Agua_{AG} = \left(\frac{1.16 - 0.52}{100} \right) \times 873.17 \text{ kg/m}^3$$

$$Agua_{AG} = 5.61 \text{ kg/m}^3$$

$$Agua_{AF} = \left(\frac{0.85 - 0.66}{100} \right) \times 803.15 \text{ kg/m}^3$$

$$Agua_{AF} = 1.50 \text{ kg/m}^3$$

A continuación, para hallar la cantidad final de agua de mezcla, se sumaron dichos valores, tal como se especifica en la siguiente ecuación:

Ecuación 48: Agua de mezcla corregida (l/m³)

$$Agua_{efectiva} = A_{SC} + (Agua_{AG} + Agua_{AF})$$

A_{SC}: Cantidad de agua de mezcla sin corregir (l/m³)

$$Agua_{efectiva} = 216 + (5.61 + 1.50)$$

$$Agua_{efectiva} = 223.11 \text{ lts}$$

PASO 11: Cálculo de las dosificaciones de los materiales

Para expresar las cantidades en una dosificación por volumen, se dividió lo correspondiente a cada material entre la cantidad de cemento, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

Ecuación 49: Dosificación de cada material (m³)

$$\text{Volumen del cada material} = \frac{\text{Cantidad final de cada material}}{\text{Cantidad final de cemento}}$$

$$\text{Nueva relación agua/cemento} = \frac{223.11 \text{ lts/m}^3}{388.49 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Nueva relación agua/cemento} = 0.57$$

Tabla 107: Dosificación corregida por m³

Componentes	Teórico(kg/m ³)	Corregido(kg/m ³)	%	Relación
Agregado grueso	868.68	873.17	38.16	2.25
Agregado fino	797.86	803.15	35.10	2.07
Cemento	388.49	388.49	16.98	1.00
Agua	216.00	223.11	9.75	0.57
Total	2271.03	2287.92	100	

Cabe resaltar que los porcentajes es la incidencia del peso de cada componente que se necesita para la elaboración de un metro cúbico de concreto.

Tabla 108: Diseño de mezcla patrón para un metro cúbico de concreto

Material	Peso por m ³ (kg)	Porcentaje (%)	Densidad (m ³)	Volumen (m ³)
Agregado grueso	873.17	38.16	2620	0.33
Agregado fino	803.15	35.10	2638	0.30
Cemento tipo I	388.49	16.98	3110	0.12
Agua	223.11	9.75	1000	0.22

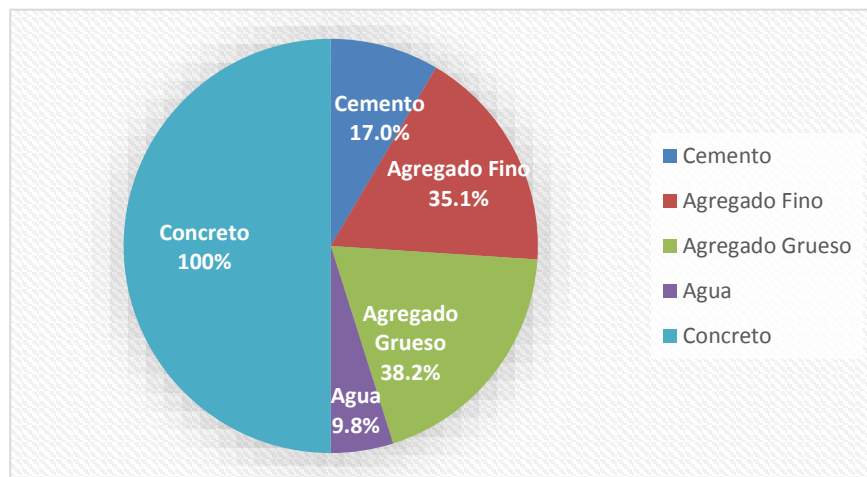


Figura 36: Porcentajes de los componentes del concreto patrón por m³

3.3. Obtención de porcelanato reciclado

Con el diseño de mezcla patrón establecido, se procedió a calcular las dosificaciones en peso para cada reemplazo porcentaje de reemplazo por cada propiedad del concreto a evaluar, para así determinar la cantidad de porcelanato reciclado a emplear y demás insumos para el desarrollo de la presente investigación.

Para la propiedad en estado fresco se conformaron diferentes mezclas de concreto para evaluar la trabajabilidad a través de la medida de su asentamiento; mientras que para evaluar sus propiedades en estado endurecido (resistencia a compresión, densidad, absorción y porosidad) se elaboraron por cada variable dependiente y por cada porcentaje de reemplazo de porcelanato reciclado 10 probetas cilíndricas de Ø10 cm por 20 cm de altura con la finalidad de obtener valores más precisos y una muestra más representativa.

Tabla 109: Dosificación para diez probetas patrón adicionando desperdicio

Materiales	10 probetas (kg)	5 % desperdicio (kg)
Agregado grueso	13.72	14.41
Agregado fino	12.62	13.25
Cemento	6.10	6.41
Agua	3.50	3.68
Total	35.94	37.75

A todo material de construcción le corresponde un porcentaje de desperdicio, sea el caso, según Ramos (2012) al concreto le corresponde el 5 % de desperdicio.

Tabla 110: Cantidad de insumos total en el concreto patrón

Insumos	f'c 28 días	f'c 56 días	Absorción, densidad y porosidad	Total
	Cantidad			
Agregado grueso	14.41	14.41	14.41	43.23
Agregado fino	13.25	13.25	13.25	39.75
Cemento	6.41	6.41	6.41	19.23
Agua	3.68	3.68	3.68	11.04
Total	37.75	37.75	37.75	113.25

Se fijaron 2 grupos para la sustitución:

Porcentajes de sustitución del agregado grueso por porcelanato reciclado triturado

Por cada porcentaje de reemplazo, varía la cantidad de porcelanato reciclado triturado con respecto al agregado grueso, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 111: Distribución de la cantidad de insumos reemplazando porcelanato reciclado triturado en la elaboración de concreto

% Reemplazo de porcelanato por A.G.	Insumos					Total (kg)
	Agregado grueso(kg)	Porcelanato reciclado triturado (kg)	Agregado fino(kg)	Cemento (kg)	Agua(l)	
5 %	13.69	0.72	13.25	6.41	3.68	37.75
10 %	12.97	1.44	13.25	6.41	3.68	37.75
15 %	12.25	2.16	13.25	6.41	3.68	37.75
20 %	11.53	2.88	13.25	6.41	3.68	37.75
25 %	10.81	3.60	13.25	6.41	3.68	37.75
30 %	10.09	4.32	13.25	6.41	3.68	37.75
35 %	9.37	5.04	13.25	6.41	3.68	37.75
40 %	8.65	5.76	13.25	6.41	3.68	37.75
45 %	7.93	6.48	13.25	6.41	3.68	37.75
50 %	7.21	7.21	13.25	6.41	3.68	37.75
55 %	6.48	7.93	13.25	6.41	3.68	37.75
60 %	5.76	8.65	13.25	6.41	3.68	37.75
Cantidad total	116.72	56.20	159.00	76.92	44.16	453.00

Tabla 112: Cantidad de insumos total en el concreto reemplazando porcelanato reciclado triturado

Insumos	Cantidad de insumos por ensayo			Total
	f'c 28 días	f'c 56 días	Absorción, densidad y porosidad	
Agregado grueso (kg)	116.72	116.72	116.72	350.16
Porcelanato reciclado triturado	56.20	56.20	56.20	168.6
Agregado fino	159.00	159.00	159.00	477
Cemento	76.92	76.92	76.92	230.76
Agua	44.16	44.16	44.16	132.48
Total	453	453	453	1359

Porcentajes de sustitución del agregado fino por porcelanato reciclado molido

Por cada porcentaje de reemplazo, varía la cantidad de porcelanato reciclado molido con respecto al agregado grueso, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 113: Distribución de la cantidad de insumos reemplazando porcelanato reciclado molido en la elaboración de concreto

% Reemplazo de porcelanato por A.F.	Insumos					Total (kg)
	Agregado grueso(kg)	Agregado fino(kg)	Porcelanato reciclado molido(kg)	Cemento (kg)	Agua(l)	
5 %	14.41	12.59	0.6625	6.41	3.68	37.75
10 %	14.41	11.93	1.325	6.41	3.68	37.75
15 %	14.41	11.26	1.9875	6.41	3.68	37.75
20 %	14.41	10.60	2.65	6.41	3.68	37.75
25 %	14.41	9.94	3.3125	6.41	3.68	37.75
30 %	14.41	9.28	3.975	6.41	3.68	37.75
35 %	14.41	8.61	4.6375	6.41	3.68	37.75
40 %	14.41	7.95	5.3	6.41	3.68	37.75
Cantidad total	115.28	82.15	23.85	51.28	29.44	302.00

Tabla 114: Cantidad de insumos total en el concreto reemplazando porcelanato reciclado molido

Insumos	Cantidad de insumos por ensayo			
	f'c 28 días	f'c 56 días	Absorción, densidad y porosidad	Total
Agregado grueso	115.28	115.28	115.28	345.84
Porcelanato reciclado molido	23.85	23.85	23.85	71.55
Agregado fino	82.15	82.15	82.15	246.45
Cemento	51.28	51.28	51.28	153.84
Agua	29.44	29.44	29.44	88.32
Total	302	302	302	906

Tabla 115: Cantidad total de insumos total en la elaboración del concreto reemplazando porcelanato reciclado

Insumos	Cantidad total de insumos			Total
	Concreto patrón	Concreto reemplazando porcelanato triturado	Concreto reemplazando porcelanato molido	
Agregado grueso (Kg)	43.23	350.16	345.84	739.23
Porcelanato reciclado molido (Kg)			71.55	71.55
Porcelanato reciclado triturado (Kg)		168.6		168.6
Agregado fino (Kg)	39.75	477	246.45	763.2
Cemento (Kg)	19.23	230.76	153.84	403.83
Agua (Kg)	11.04	132.48	88.32	231.84
Total (Kg)	113.25	1359	906	2378.25

De la anterior tabla se obtuvo que se necesitó 71.55 kg de porcelanato reciclado molido y 168.6 kg de porcelanato reciclado triturado, los cuales reemplazaron a los agregados en la elaboración del concreto para las diferentes propiedades evaluadas. El porcelanato fue recolectado de diferentes edificaciones civiles, en las cuales eran consideradas como desperdicio.

3.4. Elaboración de probetas cilíndricas

Determinado el diseño de mezcla, la cantidad de insumos a utilizar, se procedió a la elaboración de probetas cilíndricas de concreto.

Para su elaboración, esta se realizó bajo los lineamientos de la NTP 339.183:2013 (ASTM C192), realizándose 10 réplicas por cada ensayo y porcentaje de sustitución. En la siguiente tabla se aprecia la distribución de probetas cilíndricas elaboradas para la presente investigación.

Tabla 116: Distribución de probetas para su elaboración

Clasificación de probetas	N° de probetas por porcentaje de reemplazo de porcelanato reciclado													Sub-Total	
	0 %	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %		
Reemplazando el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado.	f'c 28 días	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	130
	f'c 56 días	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	130
	Absorción, densidad y porosidad	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	130
Reemplazando el agregado fino por porcelanato reciclado molido.	f'c 28 días		10	10	10	10	10	10	10	10					80
	f'c 56 días		10	10	10	10	10	10	10	10					80
	Absorción, densidad y porosidad		10	10	10	10	10	10	10	10					80
Total de probetas elaboradas:														630	

En total se elaboraron 630 probetas, las cuales después de ser desmoldadas, codificadas y curadas, estas procedieron a ser sometidas a los diferentes ensayos: resistencia a la compresión a 28 y 56 días después de ser elaboradas; absorción densidad y porosidad a los 28 días.

3.5. Propiedades del concreto

Al ser el concreto un compuesto heterogéneo, este tiene que formar un conjunto homogéneo. Se dice compuesto heterogéneo por sus distintos componentes como son: agregado grueso con un TMN ½", agregado fino con un módulo de finura promedio de 2.6, cemento Pacasmayo portland tipo I, agua potable y además reemplazaremos el agregado grueso por porcelanato triturado con un TMN ½" y el agregado fino por porcelanato molido con un módulo de finura promedio 2.6. Se dice conjunto homogéneo porque en cualquier zona debe tener la misma composición de materiales a fin de obtener las mismas propiedades.

3.5.1. Propiedades del Concreto en Estado Fresco

Una de las propiedades más características del concreto en estado fresco es la trabajabilidad, la cual es medida a partir del ensayo de asentamiento, donde se determina el grado de fluidez de la mezcla, indicando que tan seca o fluida esta cuando se encuentra en estado plástico.

3.5.1.1. Trabajabilidad

Una de las propiedades más características del concreto en estado fresco es la trabajabilidad, la cual es medida a partir del ensayo de asentamiento, donde se determina el grado de fluidez de la mezcla, indicando que tan seca o fluida esta cuando se encuentra en estado plástico.

La evaluación de la trabajabilidad del concreto reemplazando los agregados por porcelanato reciclado, se realizó bajo la norma NTP 339.035, manteniendo constante la relación agua/cemento de 0.57 que es la relación del concreto patrón (0 % de reemplazo de porcelanato en los agregados) y con un asentamiento entre 3” y 4”, obteniendo un asentamiento inicial de 10.27 cm, con una tolerancia de ± 2 cm, obteniendo una consistencia plástica. Para la obtención de datos de este ensayo se dividió en 2 grupos:

- Asentamiento del concreto reemplazando porcelanato triturado

El incremento de la cantidad de partículas porcelanato reciclado triturado en la mezcla de concreto como reemplazo de los agregados naturales, provocó cambios en la relación agua/cemento de 0.57 en el concreto patrón.

La relación agua/cemento conforme se reemplazaba de manera porcentual en función del peso el porcelanato reciclado triturado por el agregado grueso, disminuía, al igual que su trabajabilidad y esto se refleja en la disminución de su asentamiento como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 117: Asentamiento reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso

Dosificación		N° Ensayos	Asentamiento		Asentamiento Promedio	
Porcelanato Reciclado Triturado	Agregado Grueso		cm	in	cm	in
0 %	100 %	1	10.16	4	10.27	4
		2	10.48	4 1/8		
		3	10.16	4		
5 %	95 %	1	11.43	4 1/2	11.22	4 3/8
		2	11.11	4 3/8		
		3	11.11	4 3/8		
10 %	90 %	1	12.07	4 3/4	12.07	4 3/4
		2	11.75	4 5/8		
		3	12.38	4 7/8		
15 %	85 %	1	13.34	5 1/4	13.02	5 1/8
		2	12.70	5		
		3	13.02	5 1/8		
20 %	80 %	1	13.97	5 1/2	14.08	5 1/2
		2	13.97	5 1/2		
		3	14.29	5 5/8		
25 %	75 %	1	14.92	5 7/8	15.03	5 7/8
		2	15.24	6		
		3	14.92	5 7/8		
30 %	70 %	1	15.88	6 1/4	15.88	6 1/4
		2	15.56	6 1/8		
		3	16.19	6 3/8		
35 %	65 %	1	17.15	6 3/4	16.93	6 5/8
		2	16.83	6 5/8		
		3	16.83	6 5/8		
40 %	60 %	1	17.46	6 7/8	17.78	7
		2	17.78	7		
		3	18.10	7 1/8		
45 %	55 %	1	18.73	7 3/8	18.84	7 3/8
		2	18.73	7 3/8		
		3	19.05	7 1/2		
50 %	50 %	1	19.69	7 3/4	19.69	7 3/4
		2	19.37	7 5/8		
		3	20.00	7 7/8		
55 %	45 %	1	20.32	8	20.64	8 1/8
		2	20.96	8 1/4		
		3	20.64	8 1/8		
60 %	40 %	1	21.59	8 1/2	21.70	8 1/2
		2	21.59	8 1/2		
		3	21.91	8 5/8		

**Tabla 118: Análisis estadístico del asentamiento reemplazando porcelanato triturado por
agregado grueso**

Porcentajes		Número de Repeticiones	Asentamiento (cm)	Asentamiento Promedio (cm)	Varianza	Desviación estándar (cm)	Coeficiente de Variación (%)
Porcelanato Triturado	Agregado						
0 %	100 %	1	10.16				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	10.48	10.27	0.02	0.15	1.46
		3	10.16				
5 %	95 %	1	11.43				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	11.11	11.22	0.02	0.15	1.33
		3	11.11				
10 %	90 %	1	12.07				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	11.75	12.07	0.07	0.26	2.15
		3	12.38				
15 %	85 %	1	13.34				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	12.70	13.02	0.07	0.26	1.99
		3	13.02				
20 %	80 %	1	13.97				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	13.97	14.08	0.02	0.15	1.06
		3	14.29				
25 %	75 %	1	14.92				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	15.24	15.03	0.02	0.15	1.00
		3	14.92				
30 %	70 %	1	15.88				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	15.56	15.88	0.07	0.26	1.63
		3	16.19				
35 %	65 %	1	17.15				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	16.83	16.93	0.02	0.15	0.88
		3	16.83				
40 %	60 %	1	17.46				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	17.78	17.78	0.07	0.26	1.46
		3	18.10				
45 %	55 %	1	18.73				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	18.73	18.84	0.02	0.15	0.79
		3	19.05				
50 %	50 %	1	19.69				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	19.37	19.69	0.07	0.26	1.32
		3	20.00				
55 %	45 %	1	20.32				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	20.96	20.64	0.07	0.26	1.26
		3	20.64				
60 %	40 %	1	21.59				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	21.59	21.70	0.02	0.15	0.69
		3	21.91				

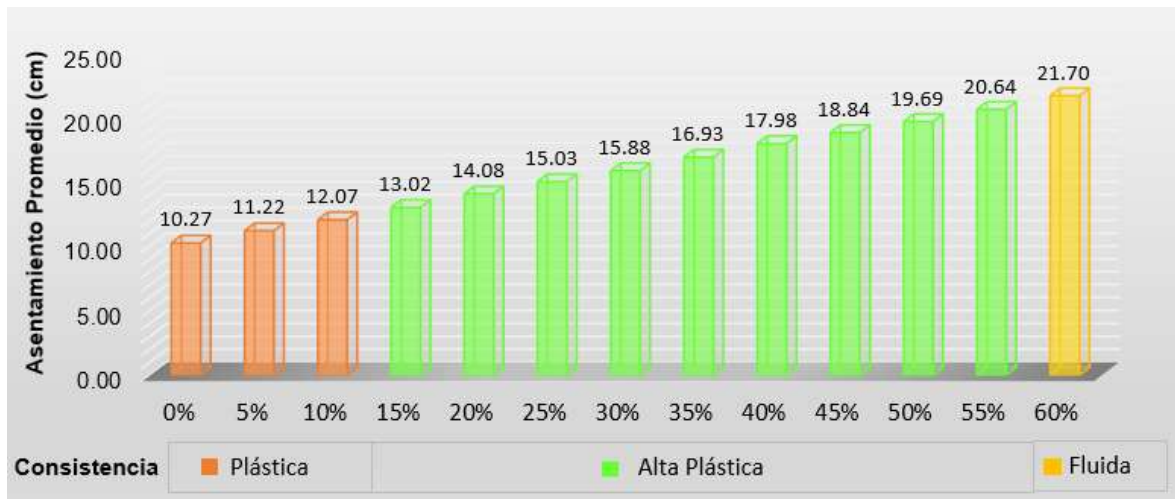


Figura 37: Asentamiento del concreto reemplazando porcelanato triturado

En la figura N° 37 se observa que conforme se va sustituyendo al agregado grueso por el porcelanato reciclado triturado de manera progresiva en 5 % hasta llegar al 60 %, se obtiene:

- Hasta el 10 % de reemplazo de porcelanato triturado por agregado grueso, consistencia plástica con un grado de trabajabilidad medio.
- Desde el 15 % hasta el 55 % de reemplazo de porcelanato triturado por agregado grueso, consistencia alta plástica con un grado de trabajabilidad alto.
- El 60 % de reemplazo de porcelanato triturado por agregado grueso, consistencia fluida con un grado de trabajabilidad muy alta.

Se tuvo en cuenta que al adicionar un 65 % de porcelanato triturado como reemplazo del agregado grueso, se obtuvo una consistencia fluida, con un grado de trabajabilidad alto, el cual el método de asentamiento de Abrams solo mide asentamientos comprendidos ≥ 1 cm y ≤ 21 cm y para ello se emplearía otro método como es el cono invertido.

La disminución del asentamiento se justifica debido a que el agregado grueso presenta una forma angular y textura rugosa (alta absorción), en comparación del porcelanato triturado que también posee una forma angulosa, acompañada de textura lisa (baja absorción).

Cabe resaltar que el porcelanato reciclado triturado presenta una absorción de 0.32 %, siendo este un valor mucho menor al del agregado grueso con 1.16 %, lo cual es un factor para que el asentamiento aumente, ya que las partículas que componen el

porcelanato en estado triturado presentan una baja absorción, no permitiendo el ingreso del agua de la mezcla en los poros de sus partículas, por lo tanto esto tiende a hacer más fluida la mezcla de concreto conforme se adiciona el porcelanato en reemplazo del agregado grueso.

Si ambos tipos de agregados presentasen absorción similar, otros factores secundarios serán de importancia en el asentamiento de la mezcla, tales como forma, tamaño y graduación; ya que mientras mayor superficie del agregado sea necesario cubrir con pasta, se tendrá menos fluidez. Sea este el caso, la absorción es la propiedad del agregado que más influye en el asentamiento del concreto.

-Asentamiento del concreto reemplazando porcelanato molido

El incremento de la cantidad de partículas porcelanato reciclado molido en la mezcla de concreto como reemplazo de los agregados naturales, provocó cambios en la relación agua/cemento de 0.57 en el concreto patrón.

La relación agua/cemento conforme se reemplazaba de manera porcentual en función del peso el porcelanato reciclado molido por el agregado fino (arena), disminuía, al igual que su trabajabilidad y esto se refleja en la disminución de su asentamiento.

Tabla 119: Asentamiento reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino

Dosificación		N° Ensayos	Asentamiento		Asentamiento Promedio	
Porcelanato Reciclado Molido	Agregado fino		cm	in	cm	in
0 %	100 %	1	10.16	4	10.27	4
		2	10.48	4 1/8		
		3	10.16	4		
5 %	95 %	1	9.37	3 11/16	9.31	3 11/16
		2	9.37	3 11/16		
		3	9.21	3 5/8		
10 %	90 %	1	8.57	3 3/8	8.47	3 3/8
		2	8.57	3 3/8		
		3	8.26	3 1/4		
15 %	85 %	1	7.78	3 1/16	7.73	3 1/16
		2	7.78	3 1/16		
		3	7.62	3		
20 %	80 %	1	6.99	2 3/4	6.88	2 3/4
		2	6.67	2 5/8		
		3	6.99	2 3/4		
25 %	75 %	1	6.19	2 7/16	6.19	2 7/16

			2	6.03	2 3/8		
			3	6.35	2 1/2		
			1	5.40	2 1/8		
30 %	70 %		2	5.08	2	5.29	2 1/8
			3	5.40	2 1/8		
			1	4.60	1 13/16		
35%	65 %		2	4.60	1 13/16	4.45	1 13/16
			3	4.13	1 5/8		
			1	3.49	1 3/8		
40 %	60 %		2	3.81	1 1/2	3.70	1 1/2
			3	3.81	1 1/2		

Tabla 120: Análisis estadístico del asentamiento reemplazando porcelanato molido por agregado fino

Porcentajes		Número de repeticiones	Asentamiento (cm)	Asentamiento Promedio (cm)	Varianza	Desviación estándar (cm)	Coeficiente de variación (%)
Porcelanato Molido	Agregado						
0 %	100 %	1	10.16				
Porcelanato Reciclado	Agregado Fino	2	10.48	10.27	0.02	0.15	1.46
		3	10.16				
5 %	95 %	1	9.37				
Porcelanato Reciclado	Agregado Fino	2	9.37	9.31	0.01	0.07	0.80
		3	9.21				
10 %	90 %	1	8.57				
Porcelanato Reciclado	Agregado Fino	2	8.57	8.47	0.02	0.15	1.77
		3	8.26				
15 %	85 %	1	7.78				
Porcelanato Reciclado	Agregado Fino	2	7.78	7.73	0.01	0.07	0.97
		3	7.62				
20 %	80 %	1	6.99				
Porcelanato Reciclado	Agregado Fino	2	6.67	6.88	0.02	0.15	2.18
		3	6.99				
25 %	75 %	1	6.19				
Porcelanato Reciclado	Agregado Grueso	2	6.03	6.19	0.02	0.13	2.09
		3	6.35				
30 %	70 %	1	5.40				
Porcelanato Reciclado	Agregado Fino	2	5.08	5.29	0.02	0.15	2.83
		3	5.40				
35%	65 %	1	4.60				
Porcelanato Reciclado	Agregado Fino	2	4.60	4.45	0.05	0.22	5.05
		3	4.13				
40 %	60 %	1	3.49				
Porcelanato Reciclado	Agregado Fino	2	3.81	3.70	0.02	0.15	4.04
		3	3.81				

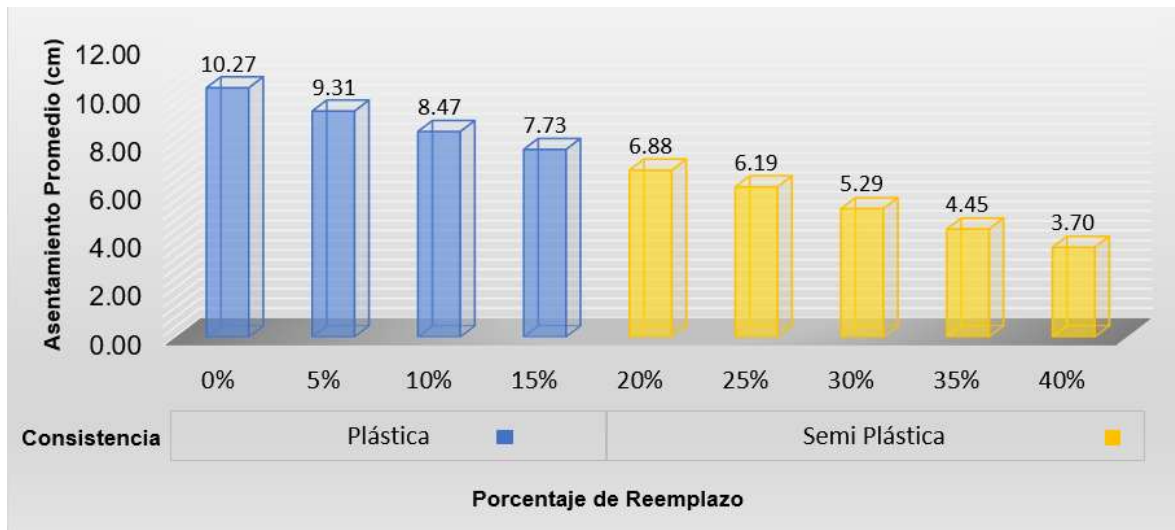


Figura 38: Asentamiento del concreto reemplazando porcelanato molido

En la figura N° 38 se observa que conforme se va sustituyendo al agregado fino por el porcelanato reciclado molido de manera progresiva en 5 % hasta llegar al 40 %, se obtiene:

- Hasta el 15 % de reemplazo de porcelanato molido por agregado fino, se obtiene una consistencia plástica con un grado de trabajabilidad medio.
- Del 20 % hasta 40 % de reemplazo de porcelanato molido por agregado fino, se obtiene una consistencia semi plástica con un grado de trabajabilidad pequeño.

Se tuvo en cuenta que al adicionar un 45 % de porcelanato molido como reemplazo del agregado fino, se obtuvo una consistencia semi plástica con un grado de trabajabilidad pequeño, el cual el método de asentamiento de Abrams solo mide asentamientos comprendidos ≥ 1 cm y ≤ 21 cm y para ello se emplearía otro método como es el consistómetro Vebe.

La disminución del asentamiento se justifica debido a que el agregado fino al presenta una forma redondeada y textura lisa (baja absorción), a diferencia del porcelanato molido que posee una forma angulosa, acompañada de textura rugosa (alta absorción).

Cabe resaltar que el porcelanato reciclado molido presenta una absorción es 1.2 %, siendo este un valor mucho mayor al del agregado fino con 0.85 %, lo cual es un factor para que el asentamiento disminuya, puesto que las partículas que componen el porcelanato reciclado molido absorben mayor cantidad de agua conforme están

aumentan en la sustitución porcentual por el agregado fino, perdiendo la trabajabilidad de la mezcla.

Si ambos tipos de agregados presentasen absorción similar, otros factores secundarios serán de importancia en el asentamiento de la mezcla, tales como forma, tamaño y graduación; ya que mientras mayor superficie del agregado con textura rugosa sea necesario a cubrir con pasta, se tendrá menos fluidez. Sea este el caso, la absorción es la propiedad del agregado que más influye en el asentamiento del concreto.

3.5.2. Propiedades del Concreto en Estado Endurecido

Después de elaboradas las de probetas cilíndricas según la NTP 339.183 de acuerdo a los porcentajes de reemplazo según el diseño de mezcla, se desmoldaron, codificaron y se procedió a curar, hasta realizar los ensayos en estado endurecido al concreto que pueden ser destructivos (resistencia a la compresión a 28 y 56 días) y no destructivos (absorción, densidad y porosidad a 28 días).

3.5.2.1. Resistencia a la compresión

La resistencia del concreto endurecido es la propiedad más importante para cumplir con la exigencia estructural, por lo que usualmente es considerada como la propiedad más valiosa del concreto; sin embargo, no debemos olvidar que en muchas ocasiones otras características como la absorción, densidad y porosidad.

Con los datos obtenidos a través de la caracterización de los insumos que componen el concreto, se elaboró el diseño de mezcla para un concreto estructural con una resistencia a compresión de 210 kg/cm^2 , al cual se le sumó un factor de seguridad de 84, obteniendo un concreto de hasta 284 kg/cm^2 .

Para analizar la influencia y el comportamiento del porcelanato frente a la sustitución a diferentes porcentajes reemplazando los agregados naturales, se evaluó la resistencia de la compresión a 28 y 56 días, edad donde el concreto alcanza su máxima resistencia.

3.5.2.1.1 Resistencia a la compresión a 28 días

Tabla 121: F'c a 28 días de curado reemplazando porcelanato reciclado molido por
agregado fino

N° de Probetas	% Reemplazando Porcelanato Reciclado Molido	% Agregado Fino	Fuerza (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg.f/cm2)	Promedio f'c (kg.f/cm2)	Porcentaje de f'c con Respecto a 210 kg.f/cm
1			207.6	26.43	269.53		128.3
2			212.4	27.04	275.76		131.3
3			205.5	26.17	266.80		127.0
4			204.8	26.08	265.90		126.6
5			206.1	26.24	267.58		127.4
6	0	100	203.1	25.86	263.69	269.49	125.6
7			209.2	26.64	271.61		129.3
8			208.9	26.60	271.22		129.2
9			214.3	27.29	278.23		132.5
10			203.8	25.95	264.60		126.0
1			208.4	26.53	270.57		128.8
2			217.4	27.68	282.25		134.4
3			212.1	27.01	275.37		131.1
4			209.4	26.66	271.87		129.5
5			212.1	27.01	275.37		131.1
6	5	95	206.9	26.34	268.62	274.36	127.9
7			204.3	26.01	265.25		126.3
8			216.7	27.59	281.35		134.0
9			212.5	27.06	275.89		131.4
10			213.4	27.17	277.06		131.9
1			212.1	27.01	275.37		131.1
2			217.6	27.71	282.51		134.5
3			214.3	27.29	278.23		132.5
4			212.9	27.11	276.41		131.6
5			216.6	27.58	281.22		133.9
6	10	90	221.2	28.16	287.19	280.75	136.8
7			213.7	27.21	277.45		132.1
8			215.9	27.49	280.31		133.5
9			223.1	28.41	289.66		137.9
10			215	27.37	279.14		132.9
1			218.4	27.81	283.55		135.0
2			224.3	28.56	291.21		138.7
3			210.4	26.79	273.17		130.1
4	15	85	217.3	27.67	282.12	284.77	134.3
5			223.6	28.47	290.30		138.2
6			219.5	27.95	284.98		135.7

7			226.2	28.80	293.68		139.8
8			217.4	27.68	282.25		134.4
9			221.1	28.15	287.06		136.7
10			215.2	27.40	279.40		133.0
1			226.5	28.84	294.07		140.0
2			230.2	29.31	298.87		142.3
3			219.3	27.92	284.72		135.6
4			223.7	28.48	290.43		138.3
5			225.6	28.72	292.90		139.5
6	20	80	224.1	28.53	290.95	289.30	138.5
7			215.5	27.44	279.79		133.2
8			227.8	29.00	295.76		140.8
9			216.9	27.62	281.61		134.1
10			218.7	27.85	283.94		135.2
1			226.4	28.83	293.94		140.0
2			222.2	28.29	288.49		137.4
3			229.8	29.26	298.35		142.1
4			231.4	29.46	300.43		143.1
5			225.8	28.75	293.16		139.6
6	25	75	230.4	29.34	299.13	296.73	142.4
7			236.4	30.10	306.92		146.2
8			232.5	29.60	301.86		143.7
9			223.5	28.46	290.17		138.2
10			227.1	28.92	294.85		140.4
1			231.7	29.50	300.82		143.2
2			229.8	29.26	298.35		142.1
3			236.6	30.12	307.18		146.3
4			238.2	30.33	309.26		147.3
5			234.7	29.88	304.72		145.1
6	30	70	228.9	29.14	297.19	304.14	141.5
7			239.7	30.52	311.21		148.2
8			230.3	29.32	299.00		142.4
9			231.6	29.49	300.69		143.2
10			241.1	30.70	313.02		149.1
1			236.4	30.10	306.92		146.2
2			240.5	30.62	312.25		148.7
3			239.2	30.46	310.56		147.9
4			234.2	29.82	304.07		144.8
5			237.8	30.28	308.74		147.0
6	35	65	233.6	29.74	303.29	309.56	144.4
7			239.8	30.53	311.34		148.3
8			241.5	30.75	313.54		149.3
9			242.7	30.90	315.10		150.0
10			238.6	30.38	309.78		147.5
1	40	60	236.9	30.16	307.57	311.93	146.5

2	240.8	30.66	312.64	148.9
3	243.9	31.05	316.66	150.8
4	239.6	30.51	311.08	148.1
5	243.7	31.03	316.40	150.7
6	237.8	30.28	308.74	147.0
7	241.2	30.71	313.15	149.1
8	242.3	30.85	314.58	149.8
9	233.5	29.73	303.16	144.4
10	242.9	30.93	315.36	150.2

Tabla 122: Análisis estadístico $F'c$ a 28 días de curado reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino

N° de Probetas	% Reemplazado Porcelanato Reciclado Molido	% Agregado Fino	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Promedio $f'c$ (kg/cm ²)	Varianza	Desviación Estándar (kg/cm ²)	Coefficiente de Variación (%)
1			269.53				
2			275.76				
3			266.80				
4			265.90				
5	0	100	267.58	269.49	20.46	4.52	1.68
5			263.69				
7			271.61				
8			271.22				
9			278.23				
10			264.60				
1			270.57				
2			282.25				
3			275.37				
4			271.87				
5	5	95	275.37	274.36	25.94	5.09	1.86
5			268.62				
7			265.25				
8			281.35				
9			275.89				
10			277.06				
1			275.37				
2			282.51				
3	10	90	278.23	280.75	19.18	4.38	1.56
4			276.41				
5			281.22				

5			287.19				
7			277.45				
8			280.31				
9			289.66				
10			279.14				
<hr/>							
1			283.55				
2			291.21				
3			273.17				
4			282.12				
5	15	85	290.30	284.77	33.51	5.79	2.03
6			284.98				
7			293.68				
8			282.25				
9			287.06				
10			279.40				
<hr/>							
1			294.07				
2			298.87				
3			284.72				
4			290.43				
5	20	80	292.90	289.30	37.24	6.10	2.11
6			290.95				
7			279.79				
8			295.76				
9			281.61				
10			283.94				
<hr/>							
1			293.94				
2			288.49				
3			298.35				
4			300.43				
5	25	75	293.16	296.73	28.73	5.36	1.81
6			299.13				
7			306.92				
8			301.86				
9			290.17				
10			294.85				
<hr/>							
1			300.82				
2			298.35				
3			307.18				
4			309.26				
5	30	70	304.72	304.14	29.58	5.44	1.79
6			297.19				
7			311.21				
8			299.00				
9			300.69				
10			313.02				

1			306.92				
2			312.25				
3			310.56				
4			304.07				
5	35	65	308.74	309.56	13.52	3.68	1.19
6			303.29				
7			311.34				
8			313.54				
9			315.10				
10			309.78				
1			307.57				
2			312.64				
3			316.66				
4			311.08				
5	40	60	316.40	311.93	17.00	4.12	1.32
6			308.74				
7			313.15				
8			314.58				
9			303.16				
10			315.36				

Tabla 123: F'c a 28 días de curado reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso

N° de Probetas	% Reemplazando Porcelanato Reciclado Triturado	% Agregado Grueso	Fuerza (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg.f/cm ²)	Promedio f'c (kg/cm ²)	Porcentaje de f'c con Respecto a 210 kg.f/cm
1			207.6	26.43	269.53		128.3
2			212.4	27.04	275.76		131.3
3			205.5	26.17	266.8		127.0
4			204.8	26.08	265.9		126.6
5	0	100	206.1	26.24	267.58	269.49	127.4
5			203.1	25.86	263.69		125.6
7			209.2	26.64	271.61		129.3
8			208.9	26.60	271.22		129.2
9			214.3	27.29	278.23		132.5
10			203.8	25.95	264.6		126.0
1			204.2	26	265.12		126.2
2	5	95	206.9	26.34	268.62	266.52	127.9
3			202.3	25.76	262.65		125.1

4			209	26.61	271.35		129.2
5			205.3	26.14	266.54		126.9
5			206.6	26.31	268.23		127.7
7			207.1	26.37	268.88		128.0
8			205.7	26.19	267.06		127.2
9			203.9	25.96	264.73		126.1
10			201.8	25.69	262.00		124.8
<hr/>							
1			204.10	25.99	264.99		126.2
2			203.2	25.87	263.82		125.6
3			198.4	25.26	257.59		122.7
4			197.1	25.10	255.90		121.9
5	10	90	202.9	25.83	263.43	261.44	125.4
5			200.7	25.55	260.57		124.1
7			205	26.10	266.16		126.7
8			202.2	25.74	262.52		125.0
9			198.3	25.25	257.46		122.6
10			201.8	25.69	262.00		124.8
<hr/>							
1			198.7	25.3	257.98		122.8
2			192.7	24.54	250.19		119.1
3			197.1	25.1	255.9		121.9
4			195.5	24.89	253.82		120.9
5	15	85	197.4	25.13	265.29	255.70	126.3
6			191.4	24.37	248.5		118.3
7			195.7	24.92	254.08		121.0
8			197.8	25.18	256.81		122.3
9			196.9	25.07	255.64		121.7
10			199.3	25.38	258.76		123.2
<hr/>							
1			194.5	24.76	252.52		120.2
2			192.2	24.47	249.54		118.8
3			188.9	24.05	245.25		116.8
4			197.7	25.17	256.68		122.2
5	20	80	195.8	24.93	254.21	252.02	121.1
6			193.8	24.68	251.61		119.8
7			195.2	24.85	253.43		120.7
8			197.3	25.12	256.16		122.0
9			195.6	24.9	253.95		120.9
10			190.1	24.2	246.81		117.5
<hr/>							
1			190.7	24.28	247.59		117.9
2			186.9	23.8	242.66		115.6
3			193.1	24.59	250.71		119.4
4	25	75	190.6	24.27	247.46	248.15	117.8
5			192.9	24.56	250.45		119.3
6			191.2	24.34	248.24		118.2
7			192.6	24.52	250.06		119.1
8			191.8	24.42	249.02		118.6

9			194.2	24.73	252.13		120.1
10			187.3	23.85	243.18		115.8
1			187.8	23.91	243.82		116.1
2			190.2	24.22	246.94		117.6
3			188.4	23.99	244.6		116.5
4			183	23.3	237.59		113.1
5	30	70	183.7	23.39	238.5	243.47	113.6
6			191.3	24.36	248.37		118.3
7			187.1	23.82	242.92		115.7
8			186.5	23.75	242.14		115.3
9			192.3	24.48	249.67		118.9
10			185	23.55	240.19		114.4
1			188.4	23.99	244.6		116.5
2			181.9	23.16	236.16		112.5
3			185.8	23.66	241.23		114.9
4			184.7	23.52	239		113.8
5	35	65	179.3	22.83	232.79	238.64	110.9
6			182.5	23.24	236.94		112.8
7			186.7	23.77	242.4		115.4
8			185.1	23.57	240.32		114.4
9			184.4	23.48	239.41		114.0
10			179.9	22.91	233.57		111.2
1			175.4	22.33	227.73		108.4
2			185.7	23.64	241.1		114.8
3			177.8	22.64	230.84		109.9
4			177.1	22.55	229.93		109.5
5	40	60	181	23.05	225	233.52	107.1
6			184.3	23.47	239.28		113.9
7			182.4	23.22	236.81		112.8
8			186.4	23.73	242.01		115.2
9			176.3	22.45	228.89		109.0
10			179.9	22.91	233.57		111.2
1			181.3	23.08	235.39		112.1
2			176.4	22.46	229.02		109.1
3			177.7	22.63	230.71		109.9
4			173.1	22.04	224.74		107.0
5	45	55	172.5	21.96	223.96	229.62	106.6
6			178.4	22.71	231.62		110.3
7			179.8	22.89	233.44		111.2
8			172.9	22.01	224.48		106.9
9			173.5	22.09	225.26		107.3
10			183	23.3	237.59		113.1
1			169.3	21.56	219.81		104.7
2	50	50	176.4	22.46	229.02	224.38	109.1
3			167.1	21.28	216.95		103.3

4			173.8	22.13	225.65		107.5
5			173.2	22.05	224.87		107.1
6			176.1	22.42	228.63		108.9
7			174.3	22.19	226.3		107.8
8			167.6	21.34	217.6		103.6
9			174.9	22.27	227.08		108.1
10			175.5	22.35	227.86		108.5
<hr/>							
1			173.6	22.1	225.39		107.3
2			174.5	22.22	226.56		107.9
3			159.4	20.3	206.95		98.5
4			166.2	21.16	215.78		102.8
5	55	45	174.4	21.95	223.83	218.60	106.6
6			170.9	21.76	221.88		105.7
7			170.1	21.66	220.84		105.2
8			161.3	20.54	209.42		99.7
9			166.9	21.25	216.69		103.2
10			168.4	21.44	218.64		104.1
<hr/>							
1			164	20.88	212.92		101.4
2			162.4	20.68	209.85		99.9
3			155.1	19.75	201.37		95.9
4			167.5	21.33	217.47		103.6
5	60	40	166.3	21.17	215.91	208.48	102.8
6			165.9	21.12	215.39		102.6
7			168.1	21.4	218.25		103.9
8			150.4	19.15	195.27		93.0
9			154.1	19.62	200.07		95.3
10			152.7	19.44	198.25		94.4

Tabla 124: Análisis estadístico de $F'c$ a 28 días de curado reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso

N° de Probetas	% Reemplazado Porcelanato Reciclado Triturado	% Agregado Grueso	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Promedio $f'c$ (kg/cm ²)	Varianza	Desviación Estándar (kg/cm ²)	Coficiente de Variación (%)
1			269.53				
2			275.76				
3			266.8				
4	0	100	265.9	269.49	20.45	4.52	1.68
5			267.58				
5			263.69				
7			271.61				

8			271.22				
9			278.23				
10			264.6				
1			265.12				
2			268.62				
3			262.65				
4			271.35				
5	5	95	266.54	266.52	7.71	2.78	1.04
5			268.23				
7			268.88				
8			267.06				
9			264.73				
10			262.00				
1			264.99				
2			263.82				
3			257.59				
4			255.90				
5	10	90	263.43	261.44	10.81	3.29	1.26
5			260.57				
7			266.16				
8			262.52				
9			257.46				
10			262.00				
1			257.98				
2			250.19				
3			255.9				
4			253.82				
5	15	85	265.29	255.70	19.62	4.43	1.73
6			248.5				
7			254.08				
8			256.81				
9			255.64				
10			258.76				
1			252.52				
2			249.54				
3			245.25				
4			256.68				
5	20	80	254.21	252.02	12.89	3.59	1.42
6			251.61				
7			253.43				
8			256.16				
9			253.95				
10			246.81				
1	25	75	247.59	248.15	8.77	2.96	1.19
2			242.66				

3			250.71				
4			247.46				
5			250.45				
6			248.24				
7			250.06				
8			249.02				
9			252.13				
10			243.18				
<hr/>							
1			243.82				
2			246.94				
3			244.6				
4			237.59				
5	30	70	238.5	243.47	14.80	3.85	1.58
6			248.37				
7			242.92				
8			242.14				
9			249.67				
10			240.19				
<hr/>							
1			244.6				
2			236.16				
3			241.23				
4			239				
5	35	65	232.79	238.64	12.89	3.59	1.50
6			236.94				
7			242.4				
8			240.32				
9			239.41				
10			233.57				
<hr/>							
1			227.73				
2			241.1				
3			230.84				
4			229.93				
5	40	60	225	233.52	32.12	5.67	2.43
6			239.28				
7			236.81				
8			242.01				
9			228.89				
10			233.57				
<hr/>							
1			235.39				
2			229.02				
3			230.71				
4	45	55	224.74	229.62	21.82	4.67	2.03
5			223.96				
6			231.62				
7			233.44				

8			224.48				
9			225.26				
10			237.59				
1			219.81				
2			229.02				
3			216.95				
4			225.65				
5	50	50	224.87	224.38	18.66	4.32	1.93
6			228.63				
7			226.3				
8			217.6				
9			227.08				
10			227.86				
1			225.39				
2			226.56				
3			206.95				
4			215.78				
5	55	45	223.83	218.60	38.42	6.20	2.84
6			221.88				
7			220.84				
8			209.42				
9			216.69				
10			218.64				
1			212.92				
2			209.85				
3			201.37				
4			217.47				
5	60	40	215.91	208.48	70.13	8.37	4.02
6			215.39				
7			218.25				
8			195.27				
9			200.07				
10			198.25				

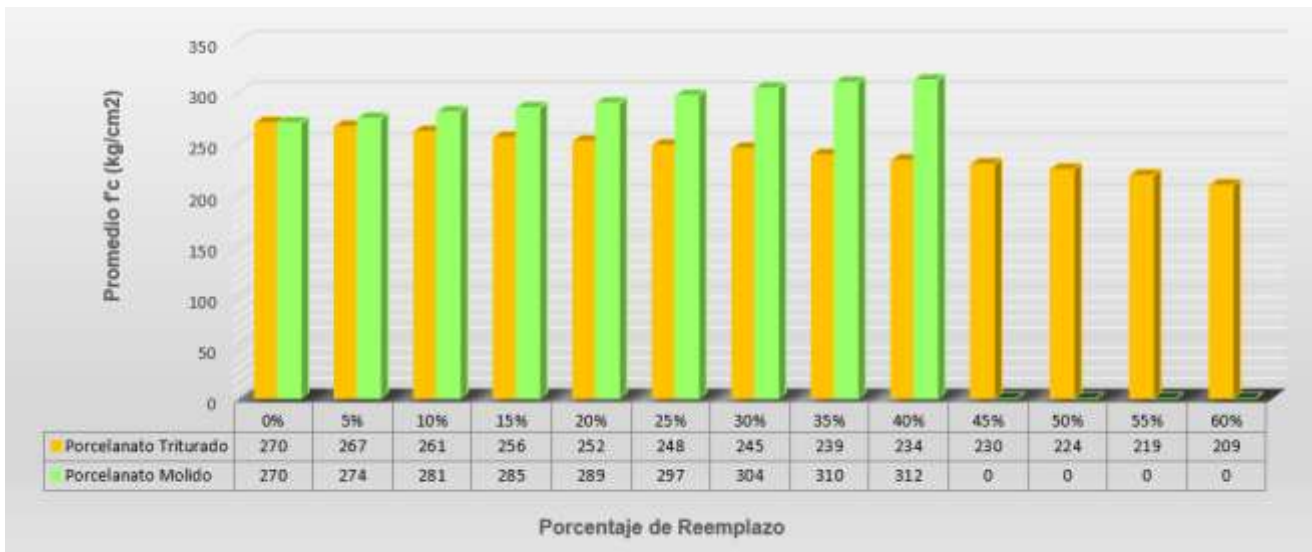


Figura 39: Resistencia a la compresión a 28 días

El promedio de la resistencia a la compresión de las probetas patrones alcanzó una resistencia a los 28 días de curado 269 kg/cm^2 , mientras que:

Reemplazando porcelanato triturado de manera porcentual en función del peso por agregado grueso, de manera progresiva de 5 % en 5 %, se obtuvo al 55 % una resistencia promedio de 219 kg/cm^2 y al 60 % 208 kg/cm^2 .

El valor obtenido hasta el 55 % de reemplazo es superior a 210 kg/cm^2 , mas no el valor al 60 % de reemplazo que es inferior a este.

A pesar de la caída de resistencias, los resultados son favorables para los valores obtenidos entre el 5% y 55 % de sustitución, debido a obtener resistencias a la compresión superiores a la del diseño de mezcla (210 kg/cm^2), considerándose los concreto estructural.

La justificación de obtener una disminución en las resistencias, se debe a que si el concreto es amasado con el porcelanato reciclado triturado que además de tener un bajísimo contenido de humedad, también presenta una menor absorción a comparación del agregado grueso, produce un exceso de agua de la que se precisa para la hidratación del cemento, aumentando la fluidez de la mezcla, su trabajabilidad y plasticidad, no obstante, también comienza a disminuir la resistencia debido al mayor volumen de espacios creados por el agua libre excedente en la mezcla.

Reemplazando porcelanato molido de manera porcentual en función del peso por agregado fino, de manera progresiva de 5 % en 5 % las resistencias a la compresión

promedio aumentaban, obteniendo al 40 % el valor más elevado con una resistencia promedio de 312 kg/cm².

El incremento de la cantidad de porcelanato molido en la mezcla de concreto generó cambios en la relación agua/cemento, debido a que presenta mayor absorción, casi nulo contenido de humedad y menor densidad en comparación con la arena y al ser reemplazado en función del peso de esta misma, provocó mayor cantidad de mezcla, la cual generó una mezcla cada vez más seca, por ende las partículas de cemento estuvieron menos dispersas y alcanzaron una mayor adherencia, cuando se realizó el crecimiento de sus hidratos (etringita), a diferencia de la mezcla patrón que sus partículas de cemento estaban más dispersas por presentar mayor cantidad de agua de amasado en la mezcla. Debido a este comportamiento se generó un aumento de esta propiedad.

3.5.2.1.2 Resistencia a la compresión a los 56 días

Tabla 125: F'c a 56 días de curado reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino

N° Probetas	% Reemplazando Porcelanato Reciclado Molido	% Agregado Fino	Fuerza (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg.f/cm ²)	Promedio f'c (kg.f/cm ²)	Porcentaje de f'c con Respecto a 210 kg.f/cm
1	0	100	219.4	27.93	284.85	284.19	135.6
2			221.8	28.24	287.97		137.1
3			214.9	27.36	279.01		132.9
4			218.7	27.85	283.94		135.2
5			219.6	27.96	285.11		135.8
6			213.8	27.22	277.58		132.2
7			216.3	27.54	280.83		133.7
8			223.9	28.51	290.69		138.4
9			222.7	28.35	289.14		137.7
10			217.8	27.73	282.77		134.7
1	5	95	220.1	28.02	285.76	288.03	136.1
2			225.4	28.70	292.64		139.4
3			223.5	28.46	290.17		138.2
4			225.8	28.75	293.16		139.6
5			216.4	27.55	280.96		133.8
6			219.6	27.96	285.11		135.8
7			215.4	27.43	279.66		133.2

8			224.6	28.60	291.60		138.9
9			221.5	28.20	287.58		136.9
10			226.2	28.80	293.68		139.8
1			224.6	28.60	291.60		138.9
2			229.2	29.18	297.57		141.7
3			229.5	29.22	297.96		141.9
4			233.4	29.72	303.03		144.3
5	10	90	228.4	29.08	296.54	297.24	141.2
6			236.8	30.15	307.44		146.4
7			225.5	28.71	292.77		139.4
8			229.8	29.26	298.35		142.1
9			221.4	28.19	287.45		136.9
10			230.8	29.39	299.65		142.7
1			230.2	29.31	298.87		142.3
2			220.4	28.06	286.15		136.3
3			235.3	29.96	305.49		145.5
4			227.1	28.92	294.85		140.4
5	15	85	235.6	30.00	305.88	299.91	145.7
6			231.4	29.46	300.43		143.1
7			221.6	28.21	287.71		137.0
8			238.9	30.42	310.17		147.7
9			232.5	29.60	301.86		143.7
10			237	30.18	307.70		146.5
1			245.8	31.30	319.13		152.0
2			235.3	29.96	305.49		145.5
3			230.8	29.39	299.65		142.7
4			235	29.92	305.11		145.3
5	20	80	237.4	30.23	308.22	310.53	146.8
6			243.1	30.95	315.62		150.3
7			238.2	30.33	309.26		147.3
8			244.1	31.08	316.92		150.9
9			241.4	30.74	313.41		149.2
10			240.7	30.65	312.51		148.8
1			245.8	31.30	319.13		152.0
2			243.3	30.98	315.88		150.4
3			241.2	30.71	313.15		149.1
4			235.2	29.95	305.36		145.4
5	25	75	248.9	31.69	323.15	314.52	153.9
6			243.7	31.03	316.40		150.7
7			249.3	31.74	323.67		154.1
8			240.5	30.62	312.25		148.7
9			236.8	30.15	307.44		146.4
10			237.8	30.28	308.74		147.0
1	30	70	252.1	32.10	327.31	320.74	155.9
2			250.7	31.92	325.49		155.0

3			239.8	30.53	311.34		148.3
4			244.4	31.12	317.31		151.1
5			246.5	31.39	320.04		152.4
6			251.9	32.07	327.05		155.7
7			242.8	30.91	315.23		150.1
8			241.2	30.71	313.15		149.1
9			253.7	32.30	329.38		156.8
10			247.3	31.49	321.07		152.9
<hr/>							
1			253.5	32.28	329.12		156.7
2			248.8	31.68	323.02		153.8
3			251.2	31.98	326.14		155.3
4			242.2	30.84	314.45		149.7
5			256.1	32.61	332.50		158.3
6	35	65	243	30.94	315.49	324.16	150.2
7			255.8	32.57	332.11		158.1
8			245.5	31.26	318.74		151.8
9			251.4	32.01	326.40		155.4
10			249.3	31.74	323.67		154.1
<hr/>							
1			247.1	31.46	320.81		152.8
2			257.1	32.73	333.80		159.0
3			253.6	32.29	329.25		156.8
4			250.2	31.86	324.84		154.7
5			255.5	32.53	331.72		158.0
6	40	60	259.4	33.03	336.78	328.41	160.4
7			245.2	31.22	318.35		151.6
8			250	31.83	324.58		154.6
9			252.7	32.17	328.09		156.2
10			258.7	32.94	335.88		159.9

Tabla 126: Análisis estadístico de F'c a 56 días de curado reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino

N° de Probetas	% Reemplazando Porcelanato Reciclado Molido	% Agregado Fino	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Promedio f'c (kg/cm ²)	Varianza	Desviación Estándar (kg/cm ²)	Coefficiente de Variación (%)
1			284.85				
2			287.97				
3			279.01				
4	0	100	283.94	284.19	16.62	4.08	1.43
5			285.11				
5			277.58				

7			280.83				
8			290.69				
9			289.14				
10			282.77				
1			285.76				
2			292.64				
3			290.17				
4			293.16				
5	5	95	280.96	288.03	23.09	4.80	1.67
5			285.11				
7			279.66				
8			291.60				
9			287.58				
10			293.68				
1			291.60				
2			297.57				
3			297.96				
4			303.03				
5	10	90	296.54	297.24	29.34	5.42	1.82
5			307.44				
7			292.77				
8			298.35				
9			287.45				
10			299.65				
1			298.87				
2			286.15				
3			305.49				
4			294.85				
5	15	85	305.88	299.91	60.18	7.76	2.59
6			300.43				
7			287.71				
8			310.17				
9			301.86				
10			307.70				
1			319.13				
2			305.49				
3			299.65				
4			305.11				
5	20	80	308.22	310.53	33.29	5.77	1.86
6			315.62				
7			309.26				
8			316.92				
9			313.41				
10			312.51				
1	25	75	319.13	314.52	35.92	5.99	1.91

2			315.88				
3			313.15				
4			305.36				
5			323.15				
6			316.40				
7			323.67				
8			312.25				
9			307.44				
10			308.74				
<hr/>							
1			327.31				
2			325.49				
3			311.34				
4			317.31				
5	30	70	320.04	320.74	36.88	6.07	1.89
6			327.05				
7			315.23				
8			313.15				
9			329.38				
10			321.07				
<hr/>							
1			329.12				
2			323.02				
3			326.14				
4			314.45				
5	35	65	332.50	324.16	36.66	6.05	1.87
6			315.49				
7			332.11				
8			318.74				
9			326.40				
10			323.67				
<hr/>							
1			320.81				
2			333.80				
3			329.25				
4			324.84				
5	40	60	331.72	328.41	35.30	5.94	1.81
6			336.78				
7			318.35				
8			324.58				
9			328.09				
10			335.88				

Tabla 127: *F'c a 56 días de curado reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso*

N° de Probetas	% Reemplazando Porcelanato Reciclado Triturado	% Agregado Grueso	Fuerza (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg.f/cm ²)	Promedio f'c (kg.f/cm ²)	Porcentaje de f'c con Respecto a 210 kg.f/cm			
1			219.4	27.93	284.85		135.6			
2			221.8	28.24	287.97		137.1			
3			214.9	27.36	279.01		132.9			
4			218.7	27.85	283.94		135.2			
5	0	100	219.6	27.96	285.11	284.19	135.8			
5			213.8	27.22	277.58		132.2			
7			216.3	27.54	280.83		133.7			
8			223.9	28.51	290.69		138.4			
9			222.7	28.35	289.14		137.7			
10			217.8	27.73	282.77		134.7			
1					215.2		27.40	279.40		133.0
2					220.3		28.05	286.02		136.2
3					221.6		28.21	287.71		137.0
4					216.1		27.51	280.57		133.6
5	5	95	219.3	27.92	284.72	281.67	135.6			
5			218.9	27.87	284.20		135.3			
7			217.4	27.68	282.25		134.4			
8			208.4	26.53	270.57		128.8			
9			215.6	27.45	279.92		133.3			
10			216.7	27.59	281.35		134.0			
1					218.2		27.78	283.29		134.9
2					216.4		27.55	280.96		133.8
3					215.4		27.43	279.66		133.2
4					219.7		27.97	285.24		135.8
5	10	90	216.6	27.58	281.22	277.80	133.9			
5			217.8	27.73	282.77		134.7			
7			210.6	26.81	273.43		130.2			
8			209.8	26.71	272.39		129.7			
9			204.1	25.99	264.99		126.2			
10			211.1	26.88	274.08		130.5			
1					206.9		26.34	268.62		127.9
2					211.1		26.88	274.08		130.5
3			15	85	199.4		25.39	258.88	274.02	123.3
4					212.4		27.04	275.76		131.3
5	215.4	27.43			279.66	133.2				
6	204.7	26.06			265.77	126.6				

7			213.8	27.22	277.58		132.2
8			217.5	27.69	282.38		134.5
9			216	27.50	280.44		133.5
10			213.4	27.17	277.06		131.9
<hr/>							
1			209.9	26.73	272.52		129.8
2			202.8	25.82	263.33		125.4
3			213.9	27.23	277.71		132.2
4			212.6	27.07	276.02		131.4
5			214.7	27.34	278.75		132.7
6	20	80	206.7	26.32	268.36	268.92	127.8
7			205.4	26.15	266.67		127.0
8			198.2	25.24	257.33		122.5
9			210.8	26.84	273.69		130.3
10			196.3	24.99	254.86		121.4
<hr/>							
1			202.5	25.78	262.91		125.2
2			206.7	26.32	268.36		127.8
3			204.6	26.05	265.64		126.5
4			206.5	26.29	268.10		127.7
5			204.8	26.08	265.90		126.6
6	25	75	203.7	25.94	264.47	263.94	125.9
7			206.7	26.32	268.36		127.8
8			198.6	25.29	257.85		122.8
9			193.7	24.66	251.48		119.8
10			205.1	26.11	266.29		126.8
<hr/>							
1			199.4	25.39	258.88		123.3
2			200.3	25.50	260.05		123.8
3			197.6	25.16	256.55		122.2
4			203.1	25.86	263.69		125.6
5			201.4	25.64	261.48		124.5
6	30	70	199.1	25.35	258.50	256.31	123.1
7			190.8	24.29	247.72		118.0
8			194.5	24.76	252.52		120.2
9			189.7	24.15	246.29		117.3
10			198.3	25.25	257.46		122.6
<hr/>							
1			199.3	25.38	258.76		123.2
2			197.3	25.12	256.16		122.0
3			194.5	24.76	252.52		120.2
4			183.2	23.33	237.85		113.3
5			196.4	25.01	254.99		121.4
6	35	65	185.6	23.63	240.97	246.25	114.7
7			181.2	23.07	235.26		112.0
8			183.5	23.36	238.24		113.4
9			185.3	23.59	240.58		114.6
10			190.4	24.24	247.20		117.7
<hr/>							
1	40	60	183.4	23.35	238.11	243.10	113.4

2			185.7	23.64	241.10		114.8
3			186.2	23.71	241.75		115.1
4			194.6	24.78	252.65		120.3
5			188.6	24.01	244.86		116.6
6			193.9	24.69	251.74		119.9
7			182.1	23.19	236.42		112.6
8			191.3	24.36	248.37		118.3
9			181.2	23.07	235.26		112.0
10			185.4	23.61	240.71		114.6
<hr/>							
1			177.9	22.65	230.97		110.0
2			185.3	23.59	240.58		114.6
3			175.3	22.32	227.60		108.4
4			186.1	23.69	241.62		115.1
5	45	55	179.7	22.88	233.31	236.45	111.1
6			188.4	23.99	244.60		116.5
7			186.7	23.77	242.40		115.4
8			182.1	23.19	236.42		112.6
9			177.3	22.57	230.19		109.6
10			182.4	23.22	236.81		112.8
<hr/>							
1			173.4	22.08	225.13		107.2
2			177.9	22.65	230.97		110.0
3			181.2	23.07	235.26		112.0
4			186.2	23.71	241.75		115.1
5	50	50	173.4	22.08	225.13	232.68	107.2
6			179.4	22.84	232.92		110.9
7			183.4	23.35	238.11		113.4
8			185.3	23.59	240.58		114.6
9			180.5	22.98	234.35		111.6
10			171.5	21.84	222.66		106.0
<hr/>							
1			175.7	22.37	228.11		108.6
2			179.3	22.83	232.79		110.9
3			176.1	22.42	228.63		108.9
4			170.5	21.71	221.36		105.4
5	55	45	177.8	22.64	230.84	224.19	109.9
6			167.5	21.33	217.47		103.6
7			172.4	21.95	223.83		106.6
8			165.3	21.05	214.61		102.2
9			173.8	22.13	225.65		107.5
10			168.4	21.44	218.64		104.1
<hr/>							
1			166.5	21.20	216.17		102.9
2			170.2	21.67	220.97		105.2
3			170.5	21.71	221.36		105.4
4	60	40	172.3	21.94	223.70	216.42	106.5
5			159.8	20.35	207.47		98.8
6			161.2	20.52	209.29		99.7

7	163.8	20.86	212.66	101.3
8	168.8	21.49	219.16	104.4
9	164.2	20.91	213.18	101.5
10	169.6	21.59	220.19	104.9

Tabla 128: Análisis estadístico de F'c a 56 días de curado reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso

Testigo	% Reemplazado Porcelanato Reciclado Triturado	% Agregado Grueso	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Promedio f'c (kg/cm ²)	Varianza	Desviación Estándar (kg/cm ²)	Coficiente de Variación (%)
1			284.85				
2			287.97				
3			279.01				
4			283.94				
5	0	100	285.11	284.19	16.62	4.08	1.43
5			277.58				
7			280.83				
8			290.69				
9			289.14				
10			282.77				
1			279.40				
2			286.02				
3			287.71				
4			280.57				
5	5	95	284.72	281.67	20.42	4.52	1.60
5			284.20				
7			282.25				
8			270.57				
9			279.92				
10			281.35				
1			283.29				
2			280.96				
3			279.66				
4			285.24				
5	10	90	281.22	277.80	36.18	6.02	2.17
5			282.77				
7			273.43				
8			272.39				
9			264.99				
10			274.08				

1			268.62				
2			274.08				
3			258.88				
4			275.76				
5			279.66				
6	15	85	265.77	274.02	49.42	7.03	2.57
7			277.58				
8			282.38				
9			280.44				
10			277.06				
<hr/>							
1			272.52				
2			263.33				
3			277.71				
4			276.02				
5			278.75				
6	20	80	268.36	268.92	62.87	7.93	2.95
7			266.67				
8			257.33				
9			273.69				
10			254.86				
<hr/>							
1			262.91				
2			268.36				
3			265.64				
4			268.10				
5			265.90				
6	25	75	264.47	263.94	26.23	5.12	1.94
7			268.36				
8			257.85				
9			251.48				
10			266.29				
<hr/>							
1			258.88				
2			260.05				
3			256.55				
4			263.69				
5			261.48				
6	30	70	258.50	256.31	29.65	5.45	2.12
7			247.72				
8			252.52				
9			246.29				
10			257.46				
<hr/>							
1			258.76				
2			256.16				
3	35	65	252.52	246.25	68.68	8.29	3.37
4			237.85				
5			254.99				

6			240.97				
7			235.26				
8			238.24				
9			240.58				
10			247.20				
<hr/>							
1			238.11				
2			241.10				
3			241.75				
4			252.65				
5	40	60	244.86	243.10	33.94	5.83	2.40
6			251.74				
7			236.42				
8			248.37				
9			235.26				
10			240.71				
<hr/>							
1			230.97				
2			240.58				
3			227.60				
4			241.62				
5	45	55	233.31	236.45	30.32	5.51	2.33
6			244.60				
7			242.40				
8			236.42				
9			230.19				
10			236.81				
<hr/>							
1			225.13				
2			230.97				
3			235.26				
4			241.75				
5	50	50	225.13	232.68	40.09	6.33	2.72
6			232.92				
7			238.11				
8			240.58				
9			234.35				
10			222.66				
<hr/>							
1			228.11				
2			232.79				
3			228.63				
4			221.36				
5	55	45	230.84	224.19	33.13	5.76	2.57
6			217.47				
7			223.83				
8			214.61				
9			225.65				
10			218.64				

1			216.17				
2			220.97				
3			221.36				
4			223.70				
5			207.47				
6	60	40	209.29	216.42	27.55	5.25	2.43
7			212.66				
8			219.16				
9			213.18				
10			220.19				



Figura 40: Resistencia a la compresión a 56 días

El promedio de la resistencia a la compresión de las probetas patrones alcanzó una resistencia a los 58 días de curado 284 kg/cm², manifestando un incremento con respecto a las probetas de 28 días que alcanzaron 269 kg/cm².

Este incremento se manifestó en:

Reemplazando porcelanato triturado de manera porcentual en función del peso por agregado grueso, de manera progresiva de 5 % en 5 % las resistencias a la compresión promedio disminuyen, obteniendo al 60 % el valor más bajo con una resistencia promedio de 216 kg/cm². La sustitución del porcelanato reciclado se puede dar hasta el 60 % de sustitución para la elaboración de un concreto estructural, porque el valor más bajo obtenido a ese porcentaje supera los 210 kg/cm².

Reemplazando porcelanato molido de manera porcentual en función del peso por agregado fino, de manera progresiva de 5 % en 5 % las resistencias a la compresión

promedio aumentaban, obteniendo al 40 % el valor más elevado con una resistencia promedio de 328 kg/cm².

A esta edad, es apto emplear la sustitución del porcelanato reciclado como reemplazo de los agregados naturales, debido a que las resistencias promedias en los distintos porcentajes de sustitución superaron a la resistencia de 210 kg/cm.

Los factores que se involucran con la resistencia a la compresión para la presente investigación no sólo se ven influenciada por la absorción de los agregados de reemplazo, que varían la relación a/c y por ende la trabajabilidad del concreto en estado fresco.

Otros factores que también ayudan a las ganancias de resistencias son el: curado y la influencia de su edad en estado endurecido.

Curado

Cuando el cemento y el agua entran en contacto, se inicia una reacción química exotérmica, que determina el paulatino endurecimiento de la mezcla. Dentro del proceso general de endurecimiento se presenta un estado en que la mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar; tal estado corresponde al fraguado inicial de la mezcla. A medida que se produce el endurecimiento normal de la mezcla, se presenta un nuevo estado en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy apreciable; este estado se denomina fraguado final. Pero no todo termina ahí, el agua y el cemento aún no han terminado su reacción exotérmica y necesitan más agua para finalizarlo, por ello se les somete al tiempo de curado, y de esa manera poder aprovechar al máximo las propiedades que la composición del cemento lo permite. El curado tiene como objeto evitar el secado prematuro del concreto, cuando la reacción exotérmica entre el agua y el cemento se interrumpe, el concreto se ve afectado en cuanto a sus diversas propiedades, como la resistencia a la compresión, el aumento de la permeabilidad del oxígeno, mayor absorción de agua por capilaridad, entre otros.

Cuanto mayor sea la temperatura también, mayor ganancia de resistencias a edades tempranas.

Influencia de la edad del concreto

El concreto experimenta una ganancia de resistencias con el pasar de los días, esto depende de la relación agua/cemento, el tipo de cemento empleado y de la temperatura a la cual este sometido.

La relación agua/cemento influye en que cuanto más baja sea esta, más pronto se encuentran los granos de cemento y al hidratarse con el contacto del agua, el gel formado crea con mayor rapidez un sistema estable, el cual permite obtener una mayor ganancia de resistencias.

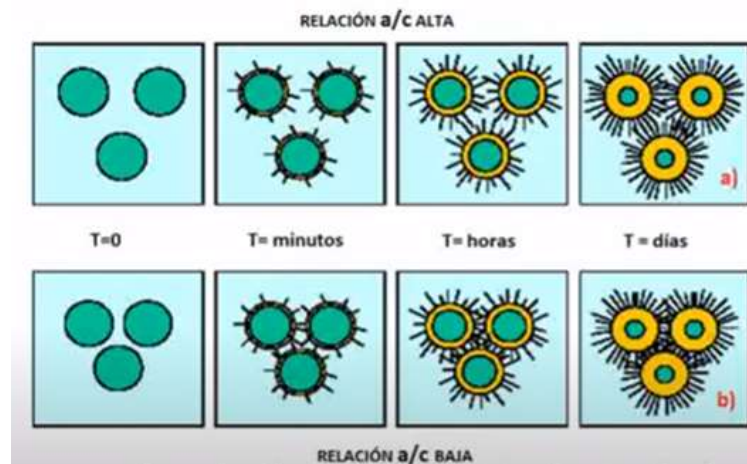


Figura 41: Comportamiento de las partículas de cemento en su proceso de hidratación

Fuente: Villarroel 2017

Según diversas investigaciones, el tiempo de curado óptimo es de 28 días a 56 días, para que el concreto logre el 100 % de su resistencia a la compresión que su composición lo permite.

3.5.2.2. Absorción, densidad y porosidad

Tabla 129: Absorción, densidad y porosidad; reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino

N° de Probeta	% Reemplazando Porcelanato Reciclado Molido	% A. G	M (Kg)	S (kg)	D (kg)	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)	Densidad (kg/m ³)	Densidad Promedio (kg/m ³)	Porosidad (%)	Porosidad Promedio (%)
1	0	100	3.93	2.25	3.73	5.3	5.3	2221	2221	11.8	11.9
2			3.93	2.25	3.73	5.3		2221		11.8	
3			3.93	2.25	3.73	5.3		2219		11.8	
4			3.94	2.26	3.74	5.5		2221		12.2	
5			3.91	2.24	3.72	5.2		2215		11.6	
6			3.91	2.23	3.71	5.3		2209		11.7	
7			3.95	2.27	3.75	5.4		2224		12.1	
8			3.90	2.25	3.70	5.5		2234		12.2	
9			3.90	2.24	3.71	5.2		2232		11.6	
10			3.92	2.24	3.72	5.3		2211		11.8	
1	5	95	3.92	2.24	3.73	5.15	5.1	2219.4	2219	11.5	11.4
2			3.92	2.25	3.73	5.2		2224.0		11.5	
3			3.93	2.26	3.73	5.3		2222.4		11.8	
4			3.93	2.24	3.74	5.1		2214.1		11.2	
5			3.92	2.25	3.73	5.1		2224.8		11.5	
6			3.91	2.24	3.72	5.2		2220.7		11.5	
7			3.90	2.23	3.71	5.1		2215.4		11.4	
8			3.91	2.23	3.72	5.2		2213.6		11.5	
9			3.90	2.23	3.71	5.1		2219.3		11.3	
10			3.90	2.23	3.71	5.0		2220.8		11.2	
1	10	90	3.91	2.24	3.73	4.9	4.9	2220	2219	10.99	11.1
2			3.90	2.23	3.71	5.1		2219		11.38	
3			3.91	2.23	3.72	5.0		2218		11.10	
4			3.90	2.23	3.71	5.0		2223		11.10	
5			3.90	2.23	3.72	4.8		2226		10.74	
6			3.89	2.23	3.71	4.8		2224		10.80	
7			3.90	2.23	3.72	5.0		2217		11.06	
8			3.88	2.22	3.70	4.8		2223		10.78	
9			3.92	2.24	3.73	5.1		2218		11.28	
10			3.90	2.22	3.71	5.3		2201		11.61	
1	15	85	3.90	2.23	3.72	5.0	4.9	2214	2218	11.0	10.9
2			3.88	2.22	3.69	5.1		2221		11.4	
3			3.91	2.24	3.72	5.0		2216		11.2	
4			3.89	2.22	3.71	4.8		2217		10.7	

5			3.87	2.21	3.69	5.0		2217		11.1
6			3.91	2.23	3.72	5.0		2212		11.1
7			3.91	2.23	3.72	5.1		2215		11.2
8			3.89	2.23	3.72	4.8		2223		10.6
9			3.88	2.22	3.71	4.6		2223		10.3
10			3.90	2.23	3.72	4.8		2219		10.7
<hr/>										
1			3.87	2.20	3.70	4.6		2207		10.29
2			3.91	2.23	3.72	5.0		2213		11.09
3			3.89	2.22	3.72	4.5		2220		10.12
4			3.88	2.21	3.71	4.7		2216		10.39
5	20	80	3.77	2.16	3.60	4.8	4.7	2223	2215	10.73
6			3.88	2.21	3.70	4.9		2207		10.94
7			3.90	2.23	3.72	4.8		2218		10.77
8			3.90	2.23	3.72	5.0		2210		11.14
9			3.89	2.22	3.72	4.6		2216		10.29
10			3.88	2.21	3.71	4.7		2216		10.37
<hr/>										
1			3.90	2.22	3.73	4.6		2219		10.15
2			3.87	2.21	3.71	4.5		2217		9.95
3			3.90	2.23	3.74	4.2		2240		9.37
4			3.76	2.13	3.59	4.7		2200		10.33
5	25	75	3.79	2.14	3.64	4.3	4.4	2196	2211	9.38
6			3.87	2.21	3.71	4.5		2218		9.95
7			3.81	2.15	3.66	4.2		2195		9.20
8			3.87	2.20	3.70	4.5		2213		10.03
9			3.80	2.14	3.64	4.3		2196		9.49
10			3.89	2.22	3.71	4.7		2217		10.36
<hr/>										
1			3.89	2.21	3.72	4.63		2204		10.23
2			3.87	2.20	3.70	4.48		2206		9.91
3			3.86	2.19	3.70	4.36		2209		9.66
4			3.85	2.19	3.67	4.85		2205		10.72
5	30	70	3.86	2.19	3.71	3.98	4.4	2221	2211	8.87
6			3.82	2.16	3.67	4.22		2201		9.32
7			3.81	2.18	3.65	4.47		2223		9.95
8			3.85	2.18	3.69	4.34		2209		9.62
9			3.85	2.19	3.70	4.25		2211		9.42
10			3.81	2.17	3.65	4.44		2218		9.87
<hr/>										
1			3.86	2.19	3.71	4.0		2221		8.81
2			3.83	2.17	3.67	4.1		2210		9.11
3			3.85	2.19	3.69	4.4		2217		9.88
4			3.85	2.18	3.69	4.2		2208		9.30
5	35	65	3.80	2.14	3.64	4.3	4.2	2196	2210	9.49
6			3.82	2.16	3.67	4.2		2201		9.32
7			3.79	2.14	3.64	4.2		2199		9.33
8			3.81	2.17	3.65	4.4		2225		9.71
9			3.82	2.17	3.67	4.1		2209		9.11

10			3.85	2.19	3.70	4.2		2212		9.36
1			3.82	2.16	3.67	4.0		2209		8.81
2			3.82	2.16	3.68	3.9		2212		8.57
3			3.86	2.18	3.69	4.5		2199		9.98
4			3.85	2.18	3.69	4.4		2205		9.77
5	40	60	3.84	2.17	3.69	4.0	4.1	2207	2208	8.94
6			3.84	2.18	3.69	3.9		2220		8.73
7			3.83	2.17	3.68	4.0		2209		8.78
8			3.80	2.15	3.65	4.3		2206		9.47
9			3.81	2.16	3.66	4.3		2200		9.54
10			3.83	2.17	3.68	4.0		2209		8.84

Tabla 130: Análisis estadístico de absorción reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino

N° de Probetas	% Reemplazado Porcelanato Reciclado Molido	% Agregado Fino	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)	Varianza	Desviación Estándar (%)	Coefficiente de Variación (%)
1			5.31				
2			5.31				
3			5.31				
4			5.48				
5	0	100	5.24	5.34	0.01	0.09	1.76
5			5.28				
7			5.45				
8			5.46				
9			5.18				
10			5.34				
1			5.15				
2			5.17				
3			5.30				
4			5.05				
5	5	95	5.15	5.14	0.01	0.07	1.43
5			5.16				
7			5.15				
8			5.17				
9			5.09				
10			5.01				
1			4.94				
2	10	90	5.12	4.98	0.02	0.13	2.64
3			4.99				

4			4.98				
5			4.82				
5			4.85				
7			4.98				
8			4.84				
9			5.07				
10			5.26				
<hr/>							
1			4.98				
2			5.10				
3			5.05				
4			4.84				
5	15	85	5.01	4.92	0.02	0.15	3.04
6			5.00				
7			5.05				
8			4.76				
9			4.61				
10			4.82				
<hr/>							
1			4.65				
2			5.00				
3			4.55				
4			4.68				
5	20	80	4.81	4.78	0.03	0.16	3.38
6			4.95				
7			4.84				
8			5.03				
9			4.63				
10			4.67				
<hr/>							
1			4.56				
2			4.48				
3			4.17				
4			4.68				
5	25	75	4.26	4.43	0.03	0.18	4.02
6			4.48				
7			4.18				
8			4.52				
9			4.31				
10			4.66				
<hr/>							
1			4.63				
2			4.48				
3			4.36				
4	30	70	4.85	4.40	0.05	0.22	5.06
5			3.98				
6			4.22				
7			4.47				
8			4.34				

9			4.25				
10			4.44				
1			3.96				
2			4.11				
3			4.45				
4			4.20				
5	35	65	4.31	4.22	0.02	0.13	3.09
6			4.22				
7			4.23				
8			4.35				
9			4.11				
10			4.22				
1			3.98				
2			3.86				
3			4.53				
4			4.42				
5	40	60	4.04	4.13	0.05	0.22	5.35
6			3.93				
7			3.97				
8			4.28				
9			4.32				
10			3.99				

Tabla 131: Análisis estadístico de densidad reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino

N° de Probetas	% Reemplazado Porcelanato Reciclado Molido	% Agregado Fino	Densidad (kg/m ³)	Densidad Promedio (kg/m ³)	Varianza	Desviación Estándar (kg/cm ³)	Coefficiente de Variación (%)
1			2221				
2			2221				
3			2219				
4			2221				
5	0	100	2215	2220.65	55.77	7.47	0.34
5			2209				
7			2224				
8			2234				
9			2232				
10			2211				
1	5	95	2219.4	2219.47	14.07	3.75	0.17

2			2224.0				
3			2222.4				
4			2214.1				
5			2224.8				
5			2220.7				
7			2215.4				
8			2213.6				
9			2219.3				
10			2220.8				
<hr/>							
1			2220				
2			2219				
3			2218				
4			2223				
5	10	90	2226	2218.83	44.90	6.70	0.30
5			2224				
7			2217				
8			2223				
9			2218				
10			2201				
<hr/>							
1			2214				
2			2221				
3			2216				
4			2217				
5	15	85	2217	2217.78	12.82	3.58	0.16
6			2212				
7			2215				
8			2223				
9			2223				
10			2219				
<hr/>							
1			2207				
2			2213				
3			2220				
4			2216				
5	20	80	2223	2214.53	26.43	5.14	0.23
6			2207				
7			2218				
8			2210				
9			2216				
10			2216				
<hr/>							
1			2219				
2			2217				
3	25	75	2240	2211.08	187.21	13.68	0.62
4			2200				
5			2196				
6			2218				

7			2195				
8			2213				
9			2196				
10			2217				
1			2204				
2			2206				
3			2209				
4			2205				
5	30	70	2221	2210.76	51.38	7.17	0.32
6			2201				
7			2223				
8			2209				
9			2211				
10			2218				
1			2221				
2			2210				
3			2217				
4			2208				
5	35	65	2196	2209.84	77.66	8.81	0.40
6			2201				
7			2199				
8			2225				
9			2209				
10			2212				
1			2209				
2			2212				
3			2199				
4			2205				
5	40	60	2207	2207.77	31.50	5.61	0.25
6			2220				
7			2209				
8			2206				
9			2200				
10			2209				

Tabla 132: Análisis estadístico de porosidad reemplazando porcelanato reciclado molido por agregado fino

N° de Probetas	% Reemplazado Porcelanato Reciclado Molido	% Agregado Fino	Porosidad (%)	Porosidad Promedio (%)	Varianza	Desviación Estándar (%)	Coefficiente de Variación (%)
1			11.81				
2			11.81				
3			11.81				
4			12.21				
5	0	100	11.64	11.88	0.05	0.22	1.86
5			11.69				
7			12.14				
8			12.23				
9			11.59				
10			11.84				
1			11.46				
2			11.54				
3			11.81				
4			11.22				
5	5	95	11.48	11.44	0.03	0.17	1.49
5			11.49				
7			11.43				
8			11.46				
9			11.33				
10			11.16				
1			10.99				
2			11.38				
3			11.10				
4			11.10				
5	10	90	10.74	11.09	0.07	0.26	2.38
5			10.80				
7			11.06				
8			10.78				
9			11.28				
10			11.61				
1			11.04				
2			11.35				
3	15	85	11.22	10.94	0.10	0.32	2.94
4			10.75				
5			11.14				
6			11.09				

7			11.22				
8			10.61				
9			10.28				
10			10.71				
1			10.29				
2			11.09				
3			10.12				
4			10.39				
5	20	80	10.73	10.61	0.12	0.35	3.30
6			10.94				
7			10.77				
8			11.14				
9			10.29				
10			10.37				
1			10.15				
2			9.95				
3			9.37				
4			10.33				
5	25	75	9.38	9.82	0.16	0.40	4.10
6			9.95				
7			9.20				
8			10.03				
9			9.49				
10			10.36				
1			10.23				
2			9.91				
3			9.66				
4			10.72				
5	30	70	8.87	9.76	0.23	0.48	4.95
6			9.32				
7			9.95				
8			9.62				
9			9.42				
10			9.87				
1			8.81				
2			9.11				
3			9.88				
4			9.30				
5	35	65	9.49	9.34	0.08	0.29	3.10
6			9.32				
7			9.33				
8			9.71				
9			9.11				
10			9.36				
1	40	60	8.81	9.14	0.22	0.47	5.14

2	8.57
3	9.98
4	9.77
5	8.94
6	8.73
7	8.78
8	9.47
9	9.54
10	8.84

Tabla 133: Absorción, densidad y porosidad; reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso

N° de probeta	% Reemplazando Porcelanato Reciclado Triturado	% A. G	M (Kg)	S (kg)	D (kg)	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)	Densidad (kg/m ³)	Densidad Promedio (kg/m ³)	Porosidad (%)	Porosidad Promedio (%)
1			3.90	2.23	3.72	5.0		2217		11.1	
2			3.88	2.22	3.70	4.9		2220		11.0	
3			3.92	2.24	3.73	5.2		2214		11.6	
4			3.90	2.22	3.71	5.1		2203		11.3	
5	5	95	3.92	2.24	3.72	5.4	5.2	2210	2215	11.9	11.5
6			3.89	2.23	3.70	5.0		2225		11.2	
7			3.93	2.25	3.73	5.3		2219		11.9	
8			3.89	2.21	3.70	5.2		2197		11.4	
9			3.92	2.25	3.73	5.2		2224		11.5	
10			3.93	2.25	3.73	5.3		2219		11.8	
1			3.88	2.23	3.70	5.0		2227		11.2	
2			3.91	2.23 1	3.72	5.1		2210		11.4	
3			3.88	2.22	3.70	4.9		2219		10.9	
4			3.89	2.21	3.70	5.2		2198		11.5	
5	10	90	3.90	2.23	3.71	5.1	5.1	2217	2212	11.3	11.4
6			3.89	2.22	3.69	5.3		2212		11.7	
7			3.89	2.21	3.70	5.3		2195		11.7	
8			3.90	2.23	3.71	5.1		2215		11.4	
9			3.93	2.24	3.74	5.1		2214		11.2	
10			3.91	2.23	3.72	5.1		2213		11.3	
1			3.91	2.23	3.72	5.1		2212		11.3	
2			3.91	2.23	3.71	5.2		2210		11.5	
3	15	85	3.89	2.22	3.70	5.0	5.1	2210	2210	11.1	11.3
4			3.88	2.22	3.69	5.1		2221		11.4	
5			3.87	2.21	3.68	5.1		2217		11.3	

6			3.91	2.23	3.72	5.1		2215		11.3
7			3.88	2.21	3.70	5.1		2205		11.2
8			3.91	2.23	3.72	5.3		2207		11.8
9			3.86	2.19	3.67	5.1		2193		11.3
10			3.89	2.21	3.70	5.1		2207		11.2
1			3.87	2.20	3.69	5.1		2191		11.2
2			3.88	2.20	3.69	5.0		2198		11.0
3			3.88	2.19	3.69	5.0		2178		10.9
4			3.86	2.19	3.68	5.0		2196		11.0
5	20	80	3.86	2.19	3.67	5.1	5.0	2195	2198	11.1
6			3.86	2.19	3.67	5.1		2195		11.2
7			3.87	2.20	3.69	5.0		2199		11.0
8			3.91	2.23	3.72	5.1		2215		11.3
9			3.88	2.20	3.69	5.0		2199		11.0
10			3.87	2.22	3.69	5.1		2218		11.3
1			3.86	2.18	3.67	5.0		2182		10.8
2			3.88	2.20	3.69	5.0		2196		11.0
3			3.86	2.19	3.68	4.9		2194		10.9
4			3.88	2.21	3.70	4.9		2210		10.8
5	25	75	3.85	2.18	3.67	5.0	4.9	2182	2191	10.8
6			3.84	2.17	3.66	5.0		2184		10.9
7			3.87	2.19	3.68	4.9		2197		10.8
8			3.85	2.18	3.67	5.0		2182		10.8
9			3.86	2.18	3.68	4.8		2186		10.5
10			3.88	2.20	3.69	5.0		2199		11.0
1			3.84	2.18	3.66	4.9		2195		10.7
2			3.86	2.18	3.68	4.8		2188		10.6
3			3.85	2.18	3.68	4.8		2188		10.6
4			3.88	2.21	3.70	4.9		2210		10.8
5	30	70	3.83	2.16	3.67	4.6	4.8	2184	2186	10.0
6			3.83	2.15	3.67	4.6		2172		10.0
7			3.85	2.18	3.68	4.8		2188		10.6
8			3.83	2.16	3.66	4.6		2182		10.1
9			3.84	2.15	3.66	4.7		2171		10.3
10			3.85	2.18	3.67	5.0		2180		11.0
1			3.84	2.15	3.66	4.7		2171		10.3
2			3.81	2.15	3.64	4.8		2178		10.5
3			3.83	2.16	3.65	4.8		2183		10.5
4			3.81	2.15	3.64	4.6		2186		10.0
5	35	65	3.83	2.16	3.66	4.8	4.7	2183	2180	10.5
6			3.85	2.16	3.68	4.7		2176		10.2
7			3.81	2.15	3.64	4.6		2186		10.0
8			3.86	2.17	3.68	4.8		2177		10.4
9			3.82	2.15	3.65	4.6		2183		10.1
10			3.83	2.16	3.65	5.0		2179		10.9

1			3.82	2.15	3.65	4.7		2178		10.2
2			3.83	2.16	3.65	5.0		2179		10.9
3			3.82	2.15	3.65	4.6		2184		10.0
4			3.82	2.15	3.65	4.7		2178		10.2
5			3.80	2.13	3.63	4.7		2170		10.3
6	40	60	3.81	2.14	3.64	4.7	4.7	2174	2177	10.2
7			3.80	2.13	3.63	4.7		2171		10.2
8			3.83	2.16	3.65	5.0		2183		10.9
9			3.82	2.15	3.65	4.6		2183		10.1
10			3.80	2.14	3.63	4.7		2171		10.2
<hr/>										
1			3.83	2.16	3.67	4.4		2194		9.8
2			3.79	2.13	3.62	4.6		2173		10.1
3			3.80	2.13	3.63	4.6		2173		10.1
4			3.80	2.13	3.63	4.6		2177		10.0
5			3.76	2.10	3.60	4.6		2160		9.9
6	45	55	3.74	2.11	3.58	4.7	4.6	2184	2176	10.3
7			3.79	2.13	3.63	4.7		2172		10.2
8			3.73	2.10	3.57	4.7		2179		10.3
9			3.79	2.13	3.62	4.8		2169		10.3
10			3.72	2.09	3.55	4.7		2176		10.3
<hr/>										
1			3.75	2.09	3.59	4.6		2154		9.9
2			3.77	2.11	3.60	4.6		2167		10.0
3			3.73	2.07	3.57	4.5		2150		9.7
4			3.78	2.11	3.62	4.6		2159		9.9
5			3.75	2.11	3.59	4.6		2177		10.0
6	50	50	3.76	2.11	3.60	4.6	4.6	2167	2165	10.0
7			3.74	2.10	3.58	4.6		2171		10.0
8			3.77	2.11	3.60	4.6		2168		9.9
9			3.72	2.09	3.56	4.5		2173		9.9
10			3.75	2.10	3.59	4.6		2165		10.0
<hr/>										
1			3.72	2.09	3.56	4.5		2173		9.9
2			3.69	2.05	3.54	4.5		2140		9.6
3			3.76	2.10	3.60	4.5		2161		9.7
4			3.76	2.10	3.59	4.5		2162		9.7
5			3.73	2.09	3.56	4.6		2172		10.0
6	55	45	3.69	2.04	3.53	4.6	4.5	2133	2158	9.8
7			3.74	2.09	3.58	4.5		2164		9.8
8			3.73	2.08	3.57	4.5		2157		9.7
9			3.76	2.10	3.60	4.5		2156		9.8
10			3.75	2.10	3.59	4.5		2164		9.7
<hr/>										
1			3.73	2.08	3.58	4.4		2159		9.4
2			3.72	2.05	3.57	4.4		2126		9.4
3	60	40	3.71	2.03	3.56	4.2	4.4	2112	2140	8.9
4			3.69	2.02	3.53	4.5		2109		9.5
5			3.72	2.05	3.56	4.6		2121		9.8

6	3.73	2.09	3.58	4.4	2172	9.5
7	3.74	2.09	3.58	4.4	2170	9.6
8	3.74	2.09	3.58	4.4	2172	9.6
9	3.73	2.08	3.57	4.4	2157	9.6
10	3.70	2.02	3.53	4.7	2102	9.9

Tabla 134: Análisis estadístico de absorción reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso

N° de Probetas	% Reemplazado Porcelanato Reciclado Triturado	% Agregado Grueso	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)	Varianza	Desviación Estándar (%)	Coefficiente de Variación (%)
1			5.0				
2			4.9				
3			5.2				
4			5.1				
5	0	100	5.4	5.16	0.02	0.14	2.80
5			5.0				
7			5.3				
8			5.2				
9			5.2				
10			5.3				
1			5.0				
2			5.1				
3			4.9				
4			5.2				
5	5	95	5.1	5.12	0.01	0.12	2.26
5			5.3				
7			5.3				
8			5.1				
9			5.1				
10			5.1				
1			5.1				
2			5.2				
3			5.0				
4	10	90	5.1	5.12	0.01	0.08	1.62
5			5.1				
5			5.1				
7			5.1				
8			5.3				

9			5.1				
10			5.1				
1			5.1				
2			5.0				
3			5.0				
4			5.0				
5	15	85	5.1	5.03	0.00	0.05	1.01
6			5.1				
7			5.0				
8			5.1				
9			5.0				
10			5.1				
1			5.0				
2			5.0				
3			4.9				
4			4.9				
5	20	80	5.0	4.94	0.00	0.06	1.14
6			5.0				
7			4.9				
8			5.0				
9			4.8				
10			5.0				
1			4.9				
2			4.8				
3			4.8				
4			4.9				
5	25	75	4.6	4.77	0.02	0.14	2.95
6			4.6				
7			4.8				
8			4.6				
9			4.7				
10			5.0				
1			4.7				
2			4.8				
3			4.8				
4			4.6				
5	30	70	4.8	4.72	0.02	0.13	2.68
6			4.7				
7			4.6				
8			4.8				
9			4.6				
10			5.0				
1			4.7				
2	35	65	5.0	4.73	0.02	0.13	2.71
3			4.6				

4			4.7				
5			4.7				
6			4.7				
7			4.7				
8			5.0				
9			4.6				
10			4.7				
<hr/>							
1			4.4				
2			4.6				
3			4.6				
4			4.6				
5	40	60	4.6	4.64	0.01	0.09	1.90
6			4.7				
7			4.7				
8			4.7				
9			4.8				
10			4.7				
<hr/>							
1			4.6				
2			4.6				
3			4.5				
4			4.6				
5	45	55	4.6	4.57	0.00	0.03	0.60
6			4.6				
7			4.6				
8			4.6				
9			4.5				
10			4.6				
<hr/>							
1			4.5				
2			4.5				
3			4.5				
4			4.5				
5	50	50	4.6	4.51	0.00	0.04	0.89
6			4.6				
7			4.5				
8			4.5				
9			4.5				
10			4.5				
<hr/>							
1			4.4				
2			4.4				
3			4.2				
4	55	45	4.5	4.44	0.02	0.13	3.00
5			4.6				
6			4.4				
7			4.4				
8			4.4				

9			4.4				
10			4.7				
1			212.92				
2			209.85				
3			201.37				
4			217.47				
5	60	40	215.91	208.48	70.13	8.37	4.02
6			215.39				
7			218.25				
8			195.27				
9			200.07				
10			198.25				

Tabla 135: Análisis estadístico de densidad reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso

N° de Probetas	% Reemplazado Porcelanato Reciclado Triturado	% Agregado Grueso	Densidad (kg/m ³)	Densidad Promedio (kg/m ³)	Varianza	Desviación Estándar (kg/cm ³)	Coficiente de Variación (%)
1			2217				
2			2220				
3			2214				
4			2203				
5	0	100	2210	2214.89	74.58	8.64	0.39
5			2225				
7			2219				
8			2197				
9			2224				
10			2219				
1			2227				
2			2210				
3			2219				
4			2198				
5	5	95	2217	2212.17	78.43	8.86	0.40
5			2212				
7			2195				
8			2215				
9			2214				
10			2213				
1	10	90	2212	2209.77	51.66	7.19	0.33
2			2210				

3			2210				
4			2221				
5			2217				
5			2215				
7			2205				
8			2207				
9			2193				
10			2207				
<hr/>							
1			2191				
2			2198				
3			2178				
4			2196				
5	15	85	2195	2198.30	117.80	10.85	0.49
6			2195				
7			2199				
8			2215				
9			2199				
10			2218				
<hr/>							
1			2182				
2			2196				
3			2194				
4			2210				
5	20	80	2182	2191.06	79.89	8.94	0.41
6			2184				
7			2197				
8			2182				
9			2186				
10			2199				
<hr/>							
1			2195				
2			2188				
3			2188				
4			2210				
5	25	75	2184	2185.77	114.64	10.71	0.49
6			2172				
7			2188				
8			2182				
9			2171				
10			2180				
<hr/>							
1			2171				
2			2178				
3			2183				
4	30	70	2186	2180.09	22.03	4.69	0.22
5			2183				
6			2176				
7			2186				

8			2177				
9			2183				
10			2179				
1			2178				
2			2179				
3			2184				
4			2178				
5	35	65	2170	2177.10	27.66	5.26	0.24
6			2174				
7			2171				
8			2183				
9			2183				
10			2171				
1			2194				
2			2173				
3			2173				
4			2177				
5	40	60	2160	2175.68	74.57	8.64	0.40
6			2184				
7			2172				
8			2179				
9			2169				
10			2176				
1			2154				
2			2167				
3			2150				
4			2159				
5	45	55	2177	2165.06	64.64	8.04	0.37
6			2167				
7			2171				
8			2168				
9			2173				
10			2165				
1			2173				
2			2140				
3			2161				
4			2162				
5	50	50	2172	2158.13	148.23	12.17	0.56
6			2133				
7			2164				
8			2157				
9			2156				
10			2164				
1	55	45	2159	2139.92	734.85	27.11	1.27
2			2126				

3			2112				
4			2109				
5			2121				
6			2172				
7			2170				
8			2172				
9			2157				
10			2102				
<hr/>							
1			212.92				
2			209.85				
3			201.37				
4			217.47				
5	60	40	215.91	208.48	70.13	8.37	4.02
6			215.39				
7			218.25				
8			195.27				
9			200.07				
10			198.25				

Tabla 136: Análisis estadístico de porosidad reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso

N° de Probetas	% reemplazado Porcelanato Reciclado Triturado	% Agregado Grueso	Porosidad (%)	Porosidad Promedio (%)	Varianza	Desviación Estándar (%)	Coficiente de Variación (%)
1			11.06				
2			11.01				
3			11.56				
4			11.32				
5	0	100	11.91	11.47	0.10	0.31	2.74
5			11.15				
7			11.87				
8			11.44				
9			11.54				
10			11.81				
<hr/>							
1			11.16				
2			11.38				
3	5	95	10.94	11.36	0.05	0.22	1.96
4			11.49				
5			11.25				
5			11.72				

7			11.67				
8			11.43				
9			11.22				
10			11.33				
1			11.33				
2			11.46				
3			11.08				
4			11.35				
5	10	90	11.35	11.33	0.03	0.18	1.61
5			11.28				
7			11.24				
8			11.79				
9			11.26				
10			11.18				
1			11.20				
2			10.98				
3			10.88				
4			10.95				
5	15	85	11.14	11.09	0.02	0.14	1.27
6			11.20				
7			10.99				
8			11.28				
9			10.99				
10			11.29				
1			10.84				
2			11.03				
3			10.87				
4			10.78				
5	20	80	10.84	10.84	0.02	0.12	1.14
6			10.89				
7			10.82				
8			10.84				
9			10.54				
10			10.99				
1			10.69				
2			10.61				
3			10.62				
4			10.78				
5	25	75	9.98	10.46	0.11	0.33	3.19
6			9.98				
7			10.62				
8			10.10				
9			10.28				
10			10.96				
1	30	70	10.28	10.32	0.07	0.27	2.61

2			10.50				
3			10.48				
4			9.98				
5			10.48				
6			10.20				
7			9.98				
8			10.37				
9			10.07				
10			10.90				
<hr/>							
1			10.23				
2			10.90				
3			10.02				
4			10.24				
5	35	65	10.31	10.33	0.08	0.28	2.74
6			10.23				
7			10.25				
8			10.85				
9			10.07				
10			10.25				
<hr/>							
1			9.77				
2			10.10				
3			10.09				
4			10.04				
5	40	60	9.87	10.13	0.03	0.18	1.82
6			10.29				
7			10.15				
8			10.29				
9			10.33				
10			10.33				
<hr/>							
1			9.93				
2			9.95				
3			9.73				
4			9.87				
5	45	55	9.97	9.92	0.01	0.08	0.79
6			9.96				
7			10.04				
8			9.90				
9			9.91				
10			9.98				
<hr/>							
1			9.91				
2			9.59				
3	50	50	9.69	9.76	0.01	0.11	1.08
4			9.71				
5			9.96				
6			9.75				

7							9.75	
8							9.75	
9							9.80	
10							9.66	
1							9.44	
2							9.44	
3							8.85	
4							9.52	
5							9.80	
6	55	45			9.52	0.07	0.26	2.77
7							9.61	
8							9.61	
9							9.56	
10							9.90	
1							212.92	
2							209.85	
3							201.37	
4							217.47	
5							215.91	
6	60	40			208.48	70.13	8.37	4.02
7							218.25	
8							195.27	
9							200.07	
10							198.25	

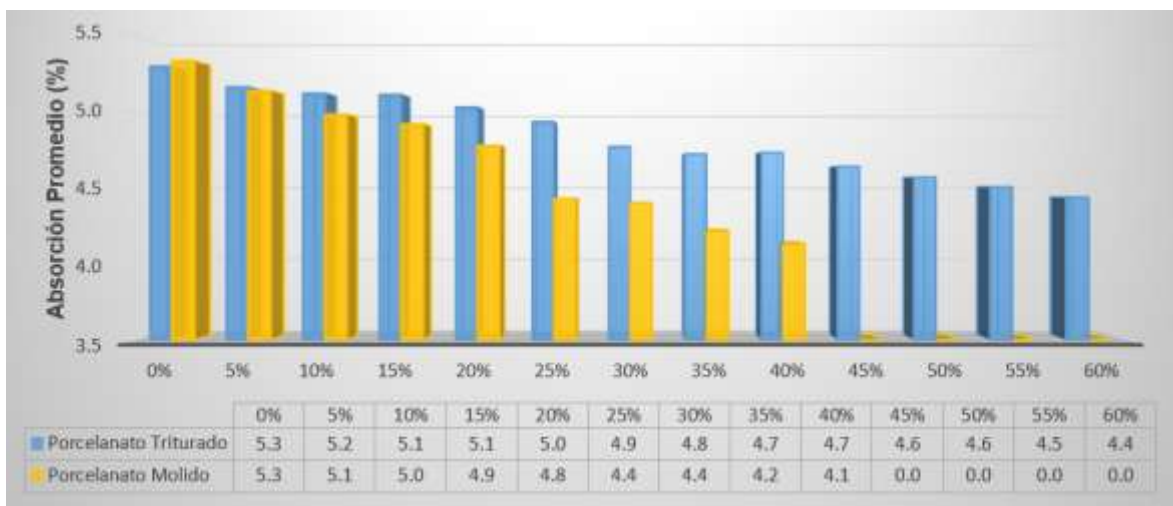


Figura 42: Absorción del concreto reemplazando porcelanato reciclado

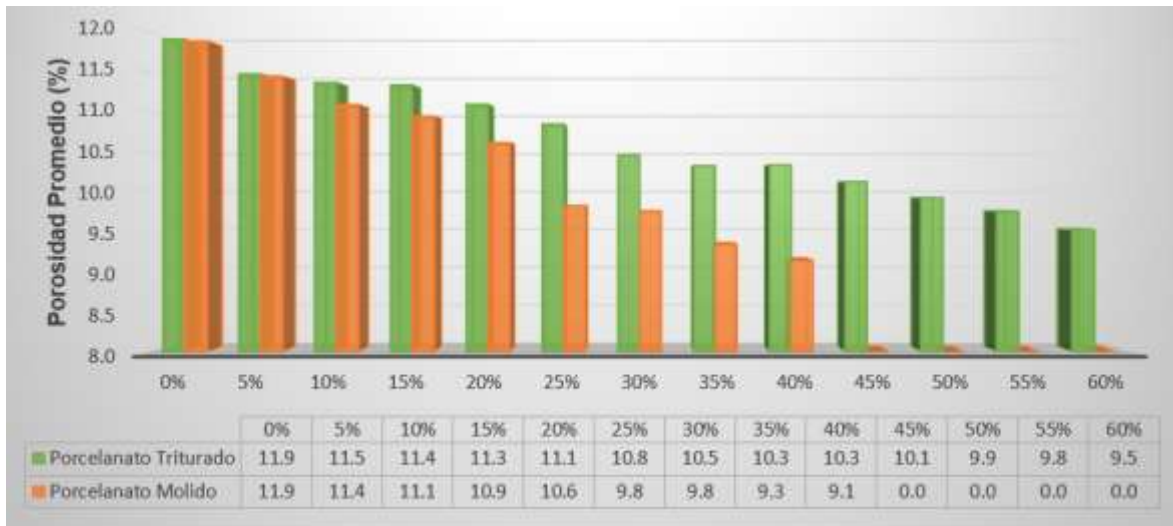


Figura 43: Porosidad del concreto reemplazando porcelanato reciclado

Realizando el análisis comparativo entre los resultados obtenidos, observamos que conforme disminuye la porosidad en el concreto, menor es la absorción que este presenta.

La absorción total se considera como un criterio de durabilidad del hormigón y determina la porosidad, es decir los espacios huecos que están comunicados entre sí.

La muestra patrón presenta los mayores resultados con una porosidad de 11.90 % y absorción de 5.34 %.

La porosidad y absorción del concreto disminuye conforme se adicionaba el porcelanato reciclado como reemplazo de los agregados, obteniendo los valores más bajos con la sustitución del porcelanato reciclado por la arena fina

De Rincón (1998) clasifica la calidad del concreto de acuerdo a su porosidad:

- ≤ 10 % Concreto de buena calidad y compactación
- 10% y 15% Concreto de moderado calidad
- >15 % Concreto de durabilidad inadecuada

El rango de porosidad obtenido para la presente investigación oscilo entre el 5 % y 4 %, clasificándose en un concreto de buena calidad y compactación.

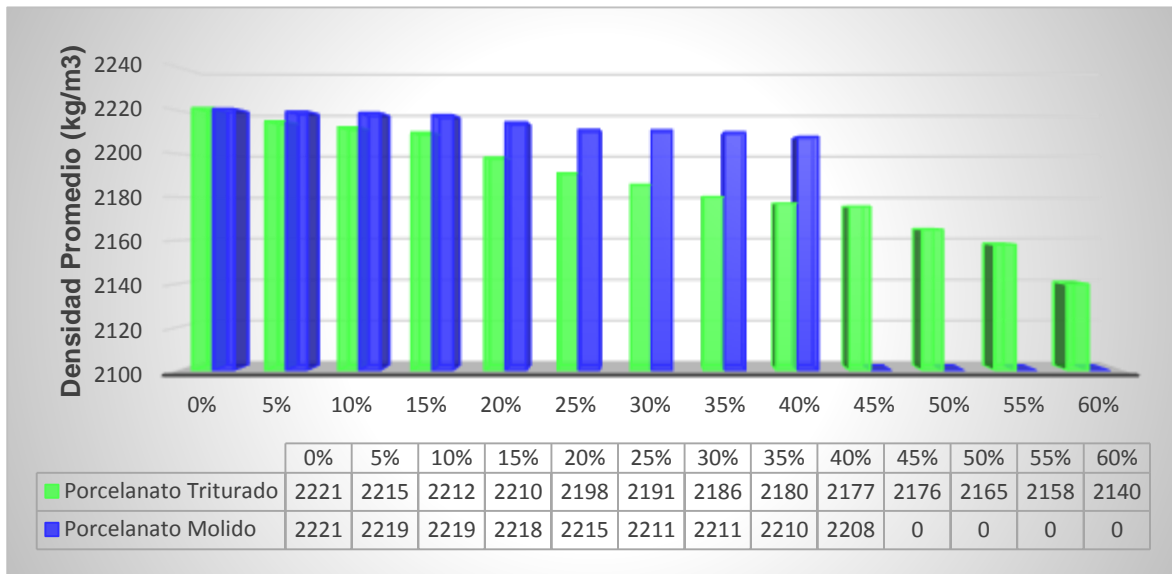


Figura 44: Densidad del concreto reemplazando porcelanato reciclado

De la anterior figura , se aprecia que las probetas cilíndricas de concreto con una edad de curado a 28 días, presentaron una disminución en su densidad o masa unitaria conforme se incrementaba el porcentaje de porcelanato reciclado en la mezcla; viéndose reflejado en sus valores más bajos que oscilan entre 2208 kg/m³ (al 40 % reemplazando el agregado fino por porcelanato reciclado molido) y 2140 kg/m³ (al 60 % de reemplazando el agregado grueso por de porcelanato reciclado triturado), con respecto al concreto patrón con una densidad de 2221 kg/m³.

Si comparamos los pesos específicos de:

- Porcelanato reciclado triturado con 2296 kg/m³ < 2620 kg/m³ del agregado grueso.
- Porcelanato reciclado molido con 2296 kg/m³ < 2638 kg/m³ del agregado fino.

El porcelanato reciclado triturado y molido presentan un menor peso específico en comparación de los agregados naturales (grueso y fino), siendo esto la causa de la disminución de la densidad del concreto, ya que la sustitución es de manera porcentual, siendo el porcentaje la incidencia en el peso de cada componente que se necesita para la elaboración del concreto.

Las normas NTP 399.602 y NTP 399.600 clasifican al concreto convencional de acuerdo a su densidad:

- Pesado (>2000 kg/ m³)
- Normal (entre 1680-2000 kg/m³)
- Liviano (<1680 kg/m³)

Clasificándose nuestras muestras elaboradas en concretos pesados ya que presentan densidades mayores a 2000 kg/m³.

3.6. Costos

Los costos para la elaboración de una mezcla de concreto están constituidos básicamente por el precio de la mano de obra, materiales y equipos. Cabe recalcar que los costos presentados en esta investigación son referenciales, dado que los índices de precios de materiales de construcción varían mensualmente.

Para la estimación de costos de producción de un 1 m³ de concreto, se hizo un análisis de precios unitarios, la incidencia de mano de obra, materiales y equipos de acuerdo a la revista Costos publicada y actualizada entre febrero y marzo del año 2021.

Dentro de los materiales se incluye el porcelanato reciclado y los procesos a los que este debe pasar, desde la recolección de piezas excedentes en edificaciones, trituración, molienda y tamizado para reemplazar a los agregados grueso y fino.

Tabla 137: Costo del transporte de recolección del porcelanato reciclado

PARTIDA:	Transporte de residuos de porcelanato para su reutilización	PRECIO S/:	6.37		
UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO:	120 m ³ / día		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					0.23
Oficial	hh	0.10	0.0067	18.31	0.12
Peón	hh	0.10	0.0067	16.56	0.11
EQUIPOS					6.14
Herramientas manuales	% MO		0.0030	0.23	0.00
Cargador sobre llantas 125 HP YD3	HM	0.1000	0.0067	186.20	1.24
Volquete 6x4 10 M3 330 HP	HM	0.5000	0.0333	146.80	4.89

Tabla 138: Costo del chancado y zarandeo del porcelanato molido

PARTIDA:	Chancado y zarandeo de porcelanato en reemplazo del agregado fino			PRECIO S/:	27.99
UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO:	200	m ³ / día	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					0.07
Capataz	hh	0.1	0.0286	25.82	0.74
Oficial	hh	0.10	0.0040	18.31	0.07
Peón				16.56	
EQUIPOS					27.92
Herramientas manuales	% MO		0.0030	0.07	0.00
Cargador sobre llantas 125 HP YD3	HM	1.0000	0.0400	186.20	7.45
Grupo electrógeno 230 HP 150 KW	HM	1.0000	0.0400	248.90	9.96
Chancadora cónica + zaranda 200 HP	HM	1.0000	0.0400	262.92	10.52

Tabla 139: Costo del chancado y zarandeo del porcelanato triturado

PARTIDA:	Chancado y zarandeo de porcelanato en reemplazo del agregado grueso			PRECIO S/:	19.75
UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO:	300	m ³ / día	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					1.13
Capataz	hh	0.1	0.0405	25.82	1.05
Oficial	hh	0.10	0.0027	18.31	0.05
Peón	hh	0.10	0.0027	16.56	0.04
EQUIPOS					18.62
Herramientas manuales	% MO		0.0030	1.13	0.00
Cargador sobre llantas 125 HP YD3	HM	1.0000	0.0267	186.20	4.97
Grupo electrógeno 230 HP 150 KW	HM	1.0000	0.0267	248.90	6.64
Chancadora cónica + zaranda 200 HP		1.0000	0.0267	262.92	7.01

-Si sumamos el costo del transporte de recolección del porcelanato reciclado S/ 6.37 con el costo del chancado y zarandeo del porcelanato molido S/ 27.99, obtendremos el costo por metro cúbico de la producción del porcelanato molido reciclado que reemplaza al agregado fino, siendo de S/ 34.36.

-Si sumamos el costo del transporte de recolección del porcelanato reciclado S/ 6.37 con el costo del chancado y zarandeo del porcelanato triturado S/ 19.75, obtendremos el costo por metro cúbico de la producción del porcelanato molido reciclado que reemplaza al agregado fino, siendo de S/ 26.12.

3.6.1. Análisis de costo para un concreto patrón

A continuación, se presenta el costo obtenidos para la elaboración 1 m³ de concreto patrón sin porcentajes de reemplazo de porcelanato reciclado.

Tabla 140: Costo de concreto convencional por m³

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
PARTIDA: Concreto convencional 210 kg/cm² PRECIO S/: 327.94					
UNIDAD: m³ RENDIMIENTO: 20 m³/ día					
MANO DE OBRA 86.18					
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES 234.93					
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3500	25.00	8.75
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.3800	40.00	15.20
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS 6.83					
Herramientas manuales	% MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

3.6.2. Análisis de costo para un concreto que reemplaza al agregado grueso por porcelanato reciclado triturado

A continuación, se presenta los costos obtenidos para la elaboración 1 m³ de concreto en los diferentes porcentajes de reemplazo de porcelanato reciclado triturado.

Tabla 141: Costo de concreto con 5 % porcelanato triturado y 95 % piedra chancada

PARTIDA:	Concreto con 5 % porcelanato triturado - 95 % piedra chancada	PRECIO S/:	327.74
UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO:	20 m ³ / día

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					234.73
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3500	25.00	8.75
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.3626	40.00	14.50
Porcelanato triturado	m ³		0.0191	26.12	0.50
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	% MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 142: Costo de concreto con 10 % porcelanato triturado y 90 % piedra chancada

PARTIDA:	Concreto con 10 % porcelanato triturado - 90 % piedra chancada	PRECIO S/:	327.47
UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO:	20 m ³ / día

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					234.46
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3500	25.00	8.75
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.3435	40.00	13.74
Porcelanato triturado	m ³		0.0382	26.12	1.00
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 143: Costo de concreto con 15 % porcelanato triturado y 85 % piedra chancada

PARTIDA:	Concreto con 15 % porcelanato triturado - 85 % piedra chancada	PRECIO S/:	327.21
UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO:	20 m ³ / día

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					234.20
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3500	25.00	8.75
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.3244	40.00	12.98
Porcelanato triturado	m ³		0.0572	26.12	1.50
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 144: Costo de concreto con 20 % porcelanato triturado y 80 % piedra chancada

PARTIDA:	Concreto con 20 % porcelanato triturado - 80 % piedra chancada	PRECIO S/:	326.94
UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO:	20 m ³ / día

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					233.93
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3500	25.00	8.75
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.3053	40.00	12.21
Porcelanato triturado	m ³		0.0763	26.12	1.99
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 145: Costo de concreto con 25 % porcelanato triturado y 75 % piedra chancada

PARTIDA:	Concreto con 25 % porcelanato triturado - 75 % piedra chancada			PRECIO S/:	326.68
UNIDAD:	m ³		RENDIMIENTO:	20	m ³ / día
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					233.67
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3500	25.00	8.75
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.2862	40.00	11.45
Porcelanato triturado	m ³		0.0954	26.12	2.49
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	% MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 146: Costo de concreto con 30 % porcelanato triturado y 70 % piedra chancada

PARTIDA:	Concreto con 30 % porcelanato triturado - 70 % piedra chancada			PRECIO S/:	326.41
UNIDAD:	m ³		RENDIMIENTO:	20	m ³ / día
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					233.40
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3500	25.00	8.75
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.2672	40.00	10.69
Porcelanato triturado	m ³		0.1145	26.12	2.99
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 147: Costo de concreto con 35 % porcelanato triturado y 65 % piedra chancada

PARTIDA:	Concreto con 35 % porcelanato triturado - 65 % piedra chancada			PRECIO S/:	326.15
UNIDAD:	m ³		RENDIMIENTO:	20	m ³ / día
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					233.14
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3500	25.00	8.75
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.2481	40.00	9.92
Porcelanato triturado	m ³		0.1336	26.12	3.49
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	% MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 148: Costo de concreto con 40 % porcelanato triturado y 60 % piedra chancada

PARTIDA:	Concreto con 40 % porcelanato triturado - 60 % piedra chancada			PRECIO S/:	325.89
UNIDAD:	m ³		RENDIMIENTO:	20	m ³ / día
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					232.88
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3500	25.00	8.75
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.2290	40.00	9.16
Porcelanato triturado	m ³		0.1527	26.12	3.99
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 149: Costo de concreto con 45 % porcelanato triturado y 55 % piedra chancada

PARTIDA:	Concreto con 45 % porcelanato triturado - 55 % piedra chancada			PRECIO S/:	325.62
UNIDAD:	m ³		RENDIMIENTO:	20	m ³ / día
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					232.61
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3500	25.00	8.75
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.2099	40.00	8.40
Porcelanato triturado	m ³		0.1717	26.12	4.48
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 150: Costo de concreto con 50 % porcelanato triturado y 50 % piedra chancada

PARTIDA:	Concreto con 50 % porcelanato triturado - 50 % piedra chancada			PRECIO S/:	325.36
UNIDAD:	m ³		RENDIMIENTO:	20	m ³ / día
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					232.34
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3500	25.00	8.75
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.1908	40.00	7.63
Porcelanato triturado	m ³		0.1908	26.12	4.98
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 151: Costo de concreto con 55 % porcelanato triturado y 45 % piedra chancada

PARTIDA:	Concreto con 55 % porcelanato triturado - 45 % piedra chancada	PRECIO S/:	325.09
UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO:	20 m ³ / día

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					232.08
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3500	25.00	8.75
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.1717	40.00	6.87
Porcelanato triturado	m ³		0.2099	26.12	5.48
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 152: Costo de concreto con 60 % porcelanato triturado y 40 % piedra chancada

PARTIDA:	Concreto con 60 % porcelanato triturado - 40 % piedra chancada	PRECIO S/:	324.83
UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO:	20 m ³ / día

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					231.82
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3500	25.00	8.75
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.1527	40.00	6.11
Porcelanato triturado	m ³		0.2290	26.12	5.98
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

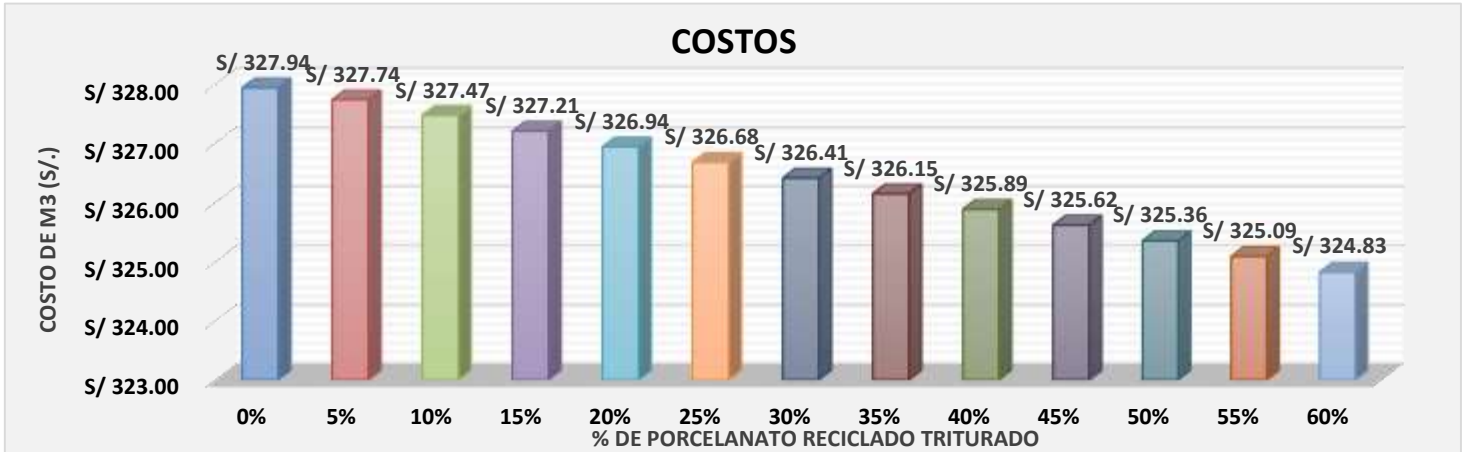


Figura 45: Costo de producción por m³ de concreto reemplazando porcelanato reciclado triturado

En la figura N° 45 se observa la comparación de los diferentes costos obtenidos en la elaboración de 1 m³, en donde se reemplaza de manera porcentual al agregado grueso (piedra chancada) por porcelanato reciclado triturado, presentando una reducción en los costos de producción con respecto al concreto patrón, esto se debe al menor precio del porcelanato reciclado triturado S/ 26.12 con respecto al agregado grueso S/ 40. Si se compara los costos de producción de 1 m³ del concreto patrón con respecto a un concreto al 60 % de reemplazo, se obtiene una reducción de S/ 3. 11, obteniéndose así un ahorro en la producción de concreto y siendo económicamente rentable este reemplazo.

3.6.3. Análisis de costo para un concreto que reemplaza al agregado fino por porcelanato reciclado molido

A continuación, se presenta los costos obtenidos para la elaboración 1 m³ de concreto en los diferentes porcentajes de reemplazo de porcelanato reciclado molido.

Tabla 153: Costo de concreto con 5 % porcelanato molido y 95 % agregado fino

PARTIDA:	Concreto con 5 % porcelanato molido - 95 % agregado fino			PRECIO S/:	328.13
UNIDAD:	m ³		RENDIMIENTO:	20	m ³ / día
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					235.12
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3335	25.00	8.34
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.3800	40.00	15.20
Porcelanato molido	m ³		0.0176	34.36	0.60
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	% MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 154: Costo de concreto con 10 % porcelanato molido y 90 % agregado fino

PARTIDA:	Concreto con 10 % porcelanato molido - 90 % agregado fino			PRECIO S/:	328.29
UNIDAD:	m ³		RENDIMIENTO:	20	m ³ / día
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					235.28
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.3159	25.00	7.90
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.3800	40.00	15.20
Porcelanato molido	m ³		0.0351	34.36	1.21
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 155: Costo de concreto con 15 % porcelanato molido y 85 % agregado fino

PARTIDA:	Concreto con 15 % porcelanato molido - 85 % agregado fino			PRECIO S/:	328.46
UNIDAD:	m ³		RENDIMIENTO:	20	m ³ / día
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					235.45
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.2984	25.00	7.46
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.3800	40.00	15.20
Porcelanato molido	m ³		0.0527	34.36	1.81
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 156: Costo de concreto con 20 % porcelanato molido y 80 % agregado fino

PARTIDA:	Concreto con 20 % porcelanato molido - 80 % agregado fino			PRECIO S/:	328.62
UNIDAD:	m ³		RENDIMIENTO:	20	m ³ / día
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					235.61
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.2808	25.00	7.02
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.3800	40.00	15.20
Porcelanato molido	m ³		0.0702	34.36	2.41
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 157: Costo de concreto con 25 % porcelanato molido y 75 % agregado fino

PARTIDA:	Concreto con 25 % porcelanato molido - 75 % agregado fino	PRECIO S/:	328.79
UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO:	20 m ³ / día

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					235.78
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.2633	25.00	6.58
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.3800	40.00	15.20
Porcelanato molido	m ³		0.0878	34.36	3.02
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 158: Costo de concreto con 30 % porcelanato molido y 70 % agregado fino

PARTIDA:	Concreto con 30 % porcelanato molido - 70 % agregado fino	PRECIO S/:	328.95
UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO:	20 m ³ / día

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					235.94
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.2457	25.00	6.14
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.3800	40.00	15.20
Porcelanato molido	m ³		0.1053	34.36	3.62
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 159: Costo de concreto con 35 % porcelanato molido y 65 % agregado fino

PARTIDA:	Concreto con 35 % porcelanato molido - 65 % agregado fino			PRECIO S/:	329.11
UNIDAD:	m ³		RENDIMIENTO:	20	m ³ / día
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					236.10
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.2282	25.00	5.70
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.3800	40.00	15.20
Porcelanato molido	m ³		0.1229	34.36	4.22
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

Tabla 160: Costo de concreto con 40 % porcelanato molido y 60 % agregado fino

PARTIDA:	Concreto con 40 % porcelanato molido - 60 % agregado fino			PRECIO S/:	329.28
UNIDAD:	m ³		RENDIMIENTO:	20	m ³ / día
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA					86.18
Operario	hh	2.00	0.8000	23.17	18.54
Oficial	hh	2.00	0.8000	18.31	14.65
Peón	hh	8.00	3.2000	16.56	52.99
MATERIALES					236.27
Cemento	bls		9.1400	22.00	201.08
Arena gruesa	m ³		0.2106	25.00	5.27
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.3800	40.00	15.20
Porcelanato molido	m ³		0.1404	34.36	4.82
Agua	m ³		0.1000	7.99	0.80
Gasolina 90 octanos	gal		0.9200	9.89	9.10
EQUIPOS					6.83
Herramientas manuales	%MO		0.0030	86.18	0.26
Mezcladora de 9 a 11 p3 - 20 HP	hm		0.4000	16.44	6.58

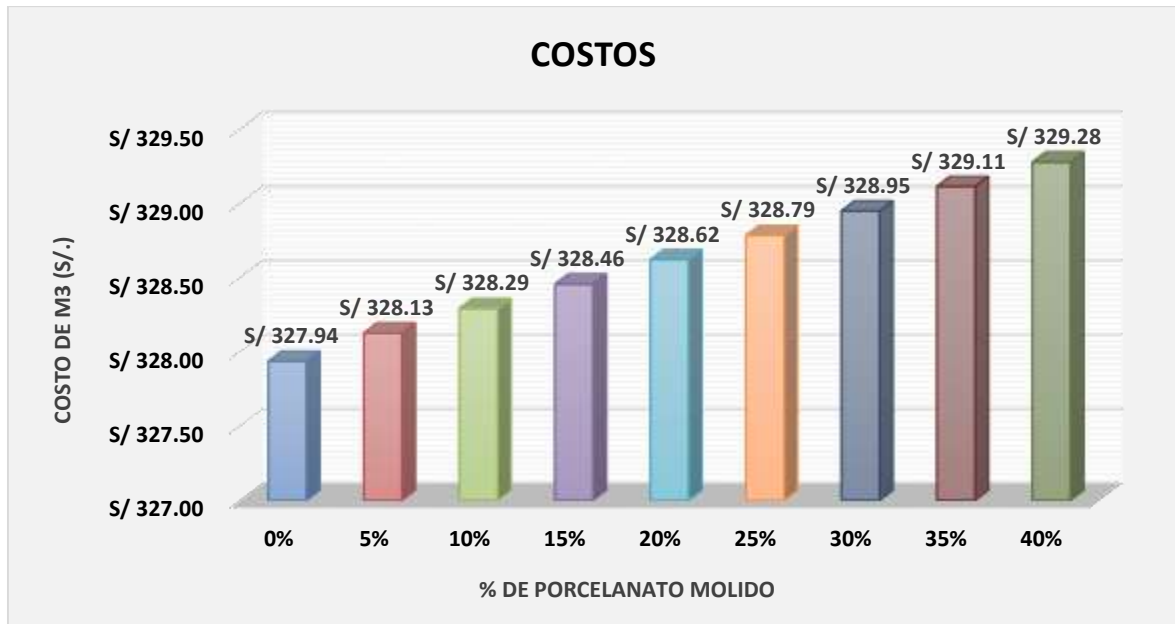


Figura 46: Costo de producción por m³ de concreto reemplazando porcelanato reciclado molido

En la figura N° 46 se observa la comparación de los diferentes costos obtenidos en la elaboración de 1 m³, en donde se reemplaza de manera porcentual al agregado fino por porcelanato reciclado molido, presentando un minúsculo incremento en los costos de producción con respecto al concreto patrón, esto se debe al mayor precio del porcelanato reciclado molido S/ 34.16 con respecto al agregado fino S/ 25. Si se compara los costos de producción de 1 m³ del concreto patrón con respecto a un concreto al 40 % de reemplazo, se obtiene un incremento pequeño de S/ 1.34, obteniéndose así un leve incremento en la producción de concreto y siendo económicamente viable este reemplazo.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

De los antecedentes mencionados en la presente investigación, los autores identificaron la incidencia que provoca la sustitución de los cerámicos como reemplazo del agregado grueso sobre propiedades físicas y mecánicas del hormigón, obteniendo similitud en su obtención de resultados en la resistencia a la compresión, siendo estos:

- Mora (2014); disminución de la resistencia a la compresión y esto se refleja en sus datos obtenidos. Las probetas de concreto patrón a 7 días obtuvieron 134 kg/cm² y a 28 días 211 kg/cm². Mientras que las probetas de concreto reemplazando cerámico triturado con finos por agregado grueso a 7 días obtuvo 47 kg/cm² y a 28 días 80 kg/cm². Por otro lado, las probetas de concreto reemplazando cerámico triturado sin finos por agregado grueso a 7 días obtuvo 49 kg/cm² y a 28 días 80 kg/cm².
- Rodríguez (2016); disminución de la resistencia a la compresión y esto se refleja en sus datos obtenidos. La probeta de concreto patrón a 7 días obtuvo 136 kg/cm², a 14 días 192 kg/cm² y a 28 días 212 kg/cm². Las probetas de concreto reemplazando cerámico por agregado grueso al 25 % a 7 días obtuvieron 125 kg/cm², a 14 días 184 kg/cm² y a 28 días 189 kg/cm²; mientras que las probetas de concreto reemplazando cerámico por agregado grueso al 50 % a 7 días obtuvieron 117 kg/cm², a 14 días 178 kg/cm² y a 28 días 183 kg/cm².
- Hernández y Saravia (2018), disminución de la resistencia a la compresión y esto se refleja en sus datos obtenidos. La probeta de concreto patrón a 7 días obtuvo 20.3 MPa, a 14 días 29.95 MPa y a 28 días 35.69 MPa. Mientras que las probetas de concreto reemplazando cerámico por agregado grueso a 7 días obtuvo 13.2 MPa, a 14 días 17.11 MPa y a 28 días 29.32 MPa.

Realizando un análisis comparativo con los resultados de la presente investigación con los obtenidos en los anteriores antecedentes, estos presentan similitud en la disminución de la resistencia a la compresión reemplazando cerámicos reciclados sobre el agregado grueso. Las probetas de concreto patrón a 28 días obtuvieron 270 kg/cm² y a 56 días 284 kg/cm². Mientras que las probetas de concreto reemplazando porcelanato reciclado triturado por agregado grueso conforme se reemplazaba hasta en un 60 % a 28 días obtuvo 209 kg/cm² y a 28 días 216 kg/cm².

A pesar de la disminución de la resistencia a la compresión, se puede optar por el empleo del porcelanato reciclado triturado como reemplazo del agregado grueso cuando su f_c sea mayor al de su diseño de mezcla.

Los autores de los antecedentes mencionados además identificaron la influencia que provoca la sustitución de los cerámicos como reemplazo del agregado grueso sobre la trabajabilidad, medida a través del asentamiento, siendo estos:

- Rodríguez (2016); incremento del asentamiento y esto se refleja en sus datos obtenidos. La muestra de concreto patrón en estado fresco tuvo un asentamiento promedio de 4 cm; la muestra reemplazando cerámico por agregado grueso al 25 % un 5 cm; mientras que la muestra reemplazando cerámico por agregado grueso al 50 % un 5.5 cm.
- Mora (2014); variación en el asentamiento y esto se refleja en sus datos obtenidos. La muestra de concreto patrón presentó 10.5 cm. Mientras que la muestra de concreto reemplazando cerámico triturado con finos por agregado grueso disminuyó su asentamiento a 8 cm. Por otro lado, las probetas de concreto reemplazando cerámico triturado sin finos por agregado grueso incrementó su asentamiento a 11 cm

Comparando los resultados de la presente investigación con los obtenidos en los anteriores antecedentes, estos presentan similitud el incremento del asentamiento reemplazando cerámicos reciclados sobre el agregado grueso sin presencia de finos. La muestra de concreto patrón presentó 10.27 cm de asentamiento, incrementado hasta 21.70 cm conforme se reemplazaba hasta en un 60 % el porcelanato reciclado triturado sobre el agregado grueso

4.2. Conclusiones

- Dando respuesta al objetivo general, la presente investigación se enfocó en determinar la influencia del porcelanato reciclado como reemplazo de los agregados en la elaboración de concreto un estructural a través de la sustitución porcentual en función del peso de estos, evaluando sus propiedades en estado fresco como es el asentamiento (NTP 339.035) y en estado endurecido: resistencia a la compresión a 28 y 56 días (NTP 339.034), densidad, absorción y porosidad (NTP 339.187); obteniéndose para las mezclas de concreto que reemplazaron el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 %, 60 % un incremento en el asentamiento, disminución en la resistencia de la compresión, como también en la densidad, porosidad y absorción; mientras que para las mezclas de concreto que reemplazaron el agregado fino por porcelanato reciclado molido en 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, aumentó la resistencia a la compresión, disminuyó el asentamiento, al igual que la densidad, porosidad y absorción.
- Según el primer objetivo específico se realizó la caracterización de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los agregados (grueso-fino) y al porcelanato reciclado (triturado-molido), evaluándose de acuerdo a los lineamientos que establecen las Norma Técnica Peruana (NTP). Al agregado grueso y su reemplazo como es el porcelanato reciclado triturado se le realizó ensayos físicos de: granulometría, contenido de humedad, peso unitario suelto, peso unitario compactado, peso específico, absorción, partículas chatas y alargadas; ensayo químico: durabilidad a los sulfatos y ensayo mecánico: abrasión. Al agregado fino y su reemplazo como es el porcelanato reciclado molido se le realizó los ensayos físicos de: granulometría, contenido de humedad, peso unitario suelto, peso unitario compactado, peso específico, absorción y ensayo químico: durabilidad a los sulfatos. Asimismo, se analizó la calidad del agua potable empleada bajo la NTP 339.088, cumpliendo con los parámetros establecidos. Los resultados obtenidos de estos ensayos se encuentran dentro del rango recomendable, siendo óptimos para el empleo en la elaboración de concreto.
- Según el segundo objetivo específico se realizó el diseño de mezcla mediante el método del comité 211 del ACI para la elaboración de un concreto de $f'c=210$ kg/cm², con una relación agua/cemento inicial de 0.57; obteniéndose las proporciones de cada componente del concreto: agregado grueso 38.2 %,

agregado fino 35.1 %, cemento 17 % y agua el 9.8 %. Se empleó cemento Portland Compuesto Tipo ICo de la marca Pacasmayo, agregados de la cantera El Milagro-Trujillo y agua potable de la ciudad de Trujillo.

- Según el tercer objetivo específico se logró obtener la cantidad requerida de porcelanato reciclado procedentes de desperdicios de obras civiles para reemplazar en la elaboración de concreto para la realización de los ensayos de la resistencia a la compresión, asentamiento, absorción, densidad y porosidad en los distintos porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 %, 60 % al agregado grueso y 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 % al agregado fino.
- Según el cuarto objetivo específico se elaboró probetas con ayuda de unos moldes cilíndricos de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura de acuerdo a los requerimientos mínimos de la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.183, estas probetas cilíndricas fueron las muestras que nos permitió evaluar las propiedades del concreto en estado endurecido como: resistencia a compresión a 28 y 56 días, absorción, densidad y porosidad. Se elaboraron: probetas patrones que no presentaban reemplazo alguno de porcelanato reciclado en los agregados; además de probetas en las cuales se reemplazaron el agregado grueso por porcelanato reciclado triturado de manera porcentual en 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 %, 60 % y el agregado fino por porcelanato reciclado molido de manera porcentual en 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %. Luego de su elaboración se desmoldaron las probetas a las 24 horas de elaboradas, prosiguiendo a codificar de acuerdo a cada porcentaje de reemplazo y finalizando con el curado en una poza con agua, donde se adicionó 2 g/l de hidróxido de calcio a una temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ durante 28 y 56 días para los respectivos ensayos.
- Según el quinto objetivo específico se comparó los resultados de los ensayos en estado fresco-endurecido de un concreto que reemplaza los agregados grueso y fino por porcelanato reciclado triturado y molido a través de la sustitución porcentual, obteniéndose los resultados para un concreto en estado fresco e identificándose el comportamiento mediante el ensayo de trabajabilidad midiendo su asentamiento a través del cono de Abrams, obteniéndose un asentamiento promedio de 10.27 cm (consistencia plástica) para un concreto patrón sin adición alguna de porcelanato reciclado, a diferencia del concreto en el cual se reemplazó al agregado grueso por porcelanato reciclado triturado en un valor del 60 % cuya medición del asentamiento se incrementó hasta llegar a

21.70 cm (consistencia fluida) , mientras que para un concreto que se reemplazó al agregado fino por porcelanato reciclado molido en un valor del 40 % se obtuvo una medición menor del asentamiento con 3.81 cm(semi plástica).

Mientras que para un concreto en estado endurecido, la muestra elaborada de concreto patrón sin reemplazo alguno obtuvo: resistencia de la compresión a 28 días de 270 kg/cm², a 56 días 284 kg/cm², asimismo una densidad de 2221 kg/m³, porosidad de 11.90 % y absorción de 5.34 %. Para la muestra de concreto que reemplazó al agregado grueso por porcelanato reciclado triturado: disminuyó la resistencia de la compresión a 28 días en 209 kg/cm² , la resistencia de la compresión a 56 días en 216 kg/cm² , la densidad a 2140 kg/m³ , la porosidad a 9.52 % y la absorción a 4.44 %; mientras que para la muestra de concreto que reemplazó al agregado fino por porcelanato reciclado molido incrementó: la resistencia a la compresión de 28 días a 312 kg/cm², la resistencia a la compresión de 56 días a 328 kg/cm²; disminuyendo: la densidad 2208 kg/m³, la porosidad a 9.14 % y la absorción a 4.13 %.

- Según el sexto objetivo se analizó el análisis de costo unitario por metro cúbico de producción concreto, obteniéndose el costo para un concreto patrón sin porcentaje de reemplazo de porcelanato reciclado siendo de S/. 327.94, para un concreto que se reemplazó al agregado grueso por porcelanato reciclado triturado a un 5 % el costo es de S/. 324.74, empezando a disminuir de manera progresiva hasta el 60 % de reemplazo con un valor de S/. 324.83. Mientras que para un concreto que se reemplazó al agregado fino por porcelanato reciclado molido el costo al 5 % de reemplazo es de S/. 328.13, empezando a incrementar hasta llegar al 40 % de reemplazo con un costo de S/. 329.28.

REFERENCIAS

ACI 211.3. *Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete.*

Arredondo, F. (1972). *Estudio de Materiales- Hormigones.* (5ª. ed.). España.

Bedoya, C. (2003). *El Concreto Reciclado con Escombros como generador de Hábitats Urbanos Sostenibles.* (Título de Magister) Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

Beraún, E. (2017). *Resistencia a la compresión de un concreto de $F'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra vegetal con proporción de 0.5 %, 1 % y 1.5 %.* (Tesis de titulación). Universidad Nacional de Cajamarca. Jaén, Perú.

Billy José Alberto Hernández Hernández. 2011. *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas.* Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, pág.32.

Bolaños, J. (2015). *Estudio del uso de materiales reciclados como hormigones, cerámicas y otros productos de derrocamiento o desperdicio de obra como agregados para un hormigón.* (Tesis de titulación). Universidad Internacional del Ecuador. Quito, Ecuador.

Buck, A. (1977). *Recycled concrete as a source of aggregate.* *ACI Journal*, 212-219. [En línea] Recuperado el 15 de mayo del 2021, de <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/id/11004>.

Carrasco, M. (2013). *Tecnología del Hormigón. Santa Fe, Argentina.* [En línea] Recuperado el 15 de mayo del 2021, de https://www.academia.edu/6411048/Tecnolog%C3%ADa_del_hormig%C3%B3n_UNIVERSIDAD_TECNOLOGICA_NACIONAL_Facultad_Regional_Santa_Fe_C%C3%A1tedra_Tecnolog%C3%ADa_del_Hormig%C3%B3n_Ingenier%C3%ADa_Civil_Profesor_Unidad_5_-ADITIVOS_QUIMICOS_PARA_HORMIGONES.

Celima (2017). *Revestimiento cerámico, porcelanatos y pisos.* [En línea] Recuperado de, <http://www.celima-trebol.com/>

Cementos Pacasmayo (2021). *Acerca de Cementos Pacasmayo.* [En línea] Recuperado el 15 de mayo del 2021, de http://grupodmat.com/producto_detalle/Cemento%20Pacasmayo%20Tipo%20lco.

De Rincón, O. (1998). *Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado*. España. [En línea] Recuperado el 15 de mayo del 2021, de https://www.researchgate.net/publication/267152597_EVALUACION_DE_LA_CORROSION_EN_ELEMENTOS_DE_CONCRETO_ARMADO_EXPUESTO_AL_AMBIENTE_MARINO.

DS N° 031-2010 -SA. "Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano" (2011). Anexo II. Límites Máximos Permisibles De Parámetros De Calidad Organoléptica. [En línea] Recuperado el 15 de mayo del 2021, de http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf.

Fernández, M. (2011). *Hormigón*. (9ª. ed.). España.

Hernández, E y Saravia F. (2018). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con cerámicos reciclados como sustituto del agregado grueso*. (Tesis de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador.

Huamán, C. (2015). *Influencia del porcentaje de agregado fino y módulo de finura sobre la resistencia a la compresión y absorción en morteros para la construcción*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Magda, Ch. (16 de abril de 2014). *El sector emergente es el que demanda las cerámicas y porcelanatos*. La república, Lima, p.A15.

Mamlouk M. y Zaniewski J. (2009). *Materiales para Ingeniería Civil*. Segunda edición. Editorial Pearson. Universidad Privada del Norte, Trujillo- Perú.

Mayta Rojas, J. (2014). *Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú. [En línea] Recuperado el 15 de mayo del 2021, de <https://es.scribd.com/document/252093067/influencia-del-aditivo-superplastificante-en-el-tiempode-fraguado-trabajabilidad-y-resistencia-del-concreto>.

Mc Cormac, J & Brown, R. (2011). *Design of reinforced concrete*. (8ª. ed.). New Jersey, USA.

Mora, D. (2014). *Caracterización del hormigón resultante de utilizar el desecho de la industria cerámica*. (Tesis de Magister). Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

- NTP .339.034 (2008). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto de muestras cilíndricas*. Lima: Indecopi.
- NTP .339.035 (1999). *Método de ensayo para la medición del asentamiento para el hormigón en el cono de Abrams*. Lima: Indecopi.
- NTP 339.088 (2006). *Agua de mezcla en la producción de concreto de cemento portland*. Lima: Indecopi.
- NTP .339.183 (2013). *Practica Normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio*. Lima: Indecopi.
- NTP .339.185 (2018). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima: Indecopi.
- NTP .339.187 (2013). *Densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido*. Lima: Indecopi.
- NTP .400.011 (2008). *Definición y clasificación de los agregados para uso en mortero y hormigones(concretos)*. Lima: Indecopi.
- NTP .400.012 (2001). *Análisis granulométrico del agregado grueso, fino y global*. Lima: Indecopi.
- NTP .400.016 (2011). *Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio*. Lima: Indecopi.
- NTP .400.017 (2011). *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados*. Lima: Indecopi.
- NTP .400.018 (2013). *Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ m (N° 200) por el lavado de agregados*. Lima: Indecopi.
- NTP .400.019 (2014). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles*. Lima: Indecopi.
- NTP .400.021 (2018). *Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima: Indecopi.
- NTP .400.022 (2013). *Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima: Indecopi.

NTP .400.040 (1999). *Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso*. Lima: Indecopi.

NTP .400.050 (1999). Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Lima: Indecopi.

Niño Hernández, J. (2014). *Tecnología del concreto- Tomo I*. Tercera edición. Editorial Asocreto. Universidad Privada del Norte, Trujillo- Perú.

Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto*. (2ª. ed.). Lima, Perú.

Pérez, J. y Merino, M. (2013). *Definición de porcelanato*. De [En línea] Recuperado el 15 de mayo 2021 de, <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:pQIUoMDsA2cJ:https://definicion.de/porcelanato/+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe>.

Ramírez, J. (2012). *Resistencia a las manchas de revestimiento cerámicos*. (Tesis de titulación). Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.

Ramos, J. (2012). *Costos y presupuestos en edificaciones*. (8ª. ed). Lima, Perú.

Restrepo, J. (2011). "Baldosas cerámicas y gres porcelánico: Un mundo en permanente evolución". Medellín, Colombia: Centro Editorial Facultad de Minas.

Rivera, G. (2014). *Agregado para mortero o concreto*. Colombia.

Rodríguez, R. (2018). *Resistencia de un concreto como sustitución del agregado pétreo en 25 % y 50 % por material cerámico reciclado*. (Tesis de titulación). Universidad San Pedro. Huaraz, Perú.

Rojas, A. (2019). *Influencia de residuos de cerámica como sustitución porcentual del cemento sobre la resistencia a la compresión del concreto, Trujillo – 2019*. (Tesis de titulación). Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú.

Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. (5ª. ed.). Bogotá, Colombia.

Sánchez, D. (2003). *Durabilidad y patología del concreto*. Primera edición. Editorial Asocreto. Universidad Privada del Norte, Trujillo- Perú.

Villarreal, J. (2017). *Evaluación del porcelanato reciclado y dosificación en mortero de asentado sobre la resistencia a compresión, absorción, densidad y flujo, Trujillo- 2017*. (Tesis de titulación). Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú.

Wikipedia (2015). Porcelanato. [En línea] Recuperado de,
https://es.wikipedia.org/wiki/Porcelanato#Composici.C3.B3n_qu.C3.ADmica.

ANEXOS

Anexo N° 1: Análisis estadístico

Resistencia a la compresión 28 días

1. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95 % como nivel de confianza ($\alpha = 0.05$)

2. Criterio de rechazo

a. Criterio de normalidad

Se evalúa más de 50 datos, se utilizó la prueba de kolmogorov smirnov.

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal. P Valor ≥ 0.05

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal. P-Valor < 0.05

Tabla 161: Pruebas de normalidad de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

PRUEBAS DE NORMALIDAD				
Ensayo	Tipo de Probetas	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
Compresión, reemplazando el agregado fino por porcelanato molido	Patrón	0,156	10	0,200
	5 %- 95 %	0,175	10	0,200
	10 %- 90 %	0,159	10	0,200
	15 %- 85 %	0,132	10	0,200
	20 %-80 %	0,169	10	0,200
	25 %-75 %	0,130	10	0,200
	30 %-70 %	0,219	10	0,191
	35 %-65 %	0,123	10	0,200
	40 %- 60 %	0,165	10	0,200

Tabla 162: Pruebas de normalidad de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

PRUEBAS DE NORMALIDAD				
Ensayo	Tipo de Probetas	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
Compresión, reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado	Patrón	0,156	10	0,200
	5 %- 95 %	0,121	10	0,200
	10 %- 90 %	0,167	10	0,200
	15 %- 85 %	0,156	10	0,200
	20 %-80 %	0,157	10	0,200
	25 %-75 %	0,213	10	0,200
	30 %-70 %	0,104	10	0,200
	35 %-65 %	0,138	10	0,200
	40 %- 60 %	0,173	10	0,200
	45 %- 55 %	0,212	10	0,200
	50 %-50 %	0,243	10	0,096
	55 %-45 %	0,134	10	0,200
	60 %-40 %	0,193	10	0,200

De acuerdo a la prueba de Kolmogorov Smirnov los datos provienen de una distribución normal para la variable de resistencia a la compresión a 28 días, donde se reemplazó el porcelanato reciclado triturado y molido por los agregados grueso y fino respectivamente; porque el valor de significancia (sig.) es mayor a 0.05 en todos los grupos que se compararon sus medias, por lo cual se aplicó la estadística paramétrica.

b. Criterio de homocedasticidad

Homogeneidad de varianzas

Por medio de la prueba estadística de Levene, se comprobó el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

H₀: El promedio de la variable resistencia a la compresión a 28 días es igual en todos los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

H₁: El promedio de la variable resistencia a la compresión a 28 días es al menos diferente en uno de los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

- P-Valor \geq 0.05, se acepta H₀, las varianzas presentan igualdad.
- P-Valor < 0.05, se acepta H₁, presenta diferencias significativas entre varianzas.

Tabla 163: Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Ensayo	Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene		gl ₁	gl ₂	Sig.
Compresión, reemplazando el agregado fino por porcelanato molido	Se basa en la media	0,810	8	81	0,596
	Se basa en la mediana	0,649	8	81	0,734
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,649	8	75,326	0,734
	Se basa en la media recortada	0,821	8	81	0,587

La prueba de Levene de igualdad de varianzas nos da el valor de significancia basado en la media siendo de 0.596, esto indica que al ser es mayor que 0.05; entonces se acepta la hipótesis nula (H_0), que manifiesta que las varianzas son estadísticamente iguales en los grupos que estamos analizando en la variable de ensayo de resistencia a la compresión a 28 días.

Tabla 164: Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Ensayo	Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene		gl ₁	gl ₂	Sig.
Compresión, reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado	Se basa en la media	3,496	12	117	0,000
	Se basa en la mediana	2,449	12	117	0,007
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,449	12	80,713	0,009
	Se basa en la media recortada	3,397	12	117	0,000

La prueba de Levene de igualdad de varianzas nos da el valor de significancia basado en la media siendo de 0.000, esto indica que al ser es menor que 0.05; entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1): que manifiesta presenta diferencias significativas entre las varianzas de los grupos que estamos analizando en la variable de ensayo de resistencia a la compresión a 28 días.

Prueba de Anova

H_0 : Las diferencias de las medias de la variable son significativas

H_1 : Las diferencias de las medias de la variable no son significativas

- P-Valor ≥ 0.05 , se acepta H_1 , no son significativas.
- P-Valor < 0.05 , se acepta H_0 , son significativas.

Tabla 165: Anova de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Ensayo		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Compresión, reemplazando el agregado fino por porcelanato molido	Entre grupos	18740,333	8	2342,542	84,289	0,000
	Dentro de grupos	2251,146	81	27,792		
	Total	20991,479	89			

Se utilizó el F de Snedecor, cuyo valor es 84.289 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05; se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos en la variable de ensayo: resistencia a la compresión a 28 días; aceptando la hipótesis nula (H_0) que las diferencias de medias de la variable de resistencia a la compresión son significativas y que además existe relación entre las dos variables relacionadas. Es decir que conforme varía la sustitución de porcelanato molido reciclado como reemplazo del agregado fino en los 9 grupos, la resistencia a la compresión también.

Tabla 166: Anova de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Ensayo		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Compresión, reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado	Entre grupos	42803,351	12	3566,946	144,365	0,000
	Dentro de grupos	2890,815	117	24,708		
	Total	45694,165	129			

Se utilizó el F de Snedecor, cuyo valor es 144.365 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05; se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos en la variable de ensayo: resistencia a la compresión a 28 días; aceptando la hipótesis nula (H_0) que las diferencias de medias de la variable de resistencia a la compresión son significativas y que además existe relación entre las dos variables relacionadas. Es decir que conforme varía la sustitución de porcelanato triturado reciclado como reemplazo del agregado grueso en los 13 grupos, la resistencia a la compresión también.

c. Post Hoc (Prueba de Contraste)

Al cumplir los criterios de normalidad y homocedasticidad de varianza, se aplica la prueba de Tukey; siempre cuando las varianzas son estadísticamente iguales en los grupos. Sea el caso en la prueba de homogeneidad de varianzas en el ensayo de compresión a 28 días, reemplazando porcelanato molido reciclado por agregado fino dónde:

H₀: El promedio de la variable resistencia a la compresión a 28 días es igual en todos los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

- P-Valor \geq 0.05, se acepta H₀, las varianzas presentan igualdad. Siendo nuestro valor de significancia basado en la media de 0.596.

Tabla 167: Prueba de contraste de la resistencia a la compresión a 28 días reemplazando agregado fino por porcelanato molido

Resistencia a la compresión a 28 días, reemplazando agregado fino por porcelanato molido									
Tipo de Probetas	N	Subconjunto							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Patrón	10	269.4920							
5 %- 95 %	10	274.3600	274.3600						
10 %- 90 %	10		280.7490	280.7490					
15 %- 85 %	10			284.7720	284.7720				
20 %-80 %	10				289.3040	289.3040			
25 %-75 %	10					296.7300	296.7300		
30 %-70 %	10						304.1440	304.1440	
35 %-65 %	10							309.5590	309.5590
40 %- 60 %	10								311.9340
Significancia		0.504	0.161	0.741	0.601	0.055	0.056	0.356	0.984

Con un nivel de significancia de 0.05, según la prueba de tukey que agrupa las medias en subconjuntos similares, podemos afirmar que la resistencia a la compresión promedio incrementa conforme se adiciona mayor sustitución porcentual de porcelanato reciclado molido por agregado fino.

El grupo de la dosificación de probetas en 40 % porcelanato molido reciclado -60 % agregado fino presenta los mejores resultados en cuanto a la variable de resistencia a la compresión a diferencia del grupo de probetas patrones que no presentan ningún tipo de reemplazo de porcelanato molido reciclado por agregado fino.

Resistencia a la compresión a 56 días

1. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95% como nivel de confianza ($\alpha = 0.05$)

2. Criterio de rechazo

a. Criterio de normalidad

Se evalúa más de 50 datos, se utilizó la prueba de kolmogorov Smirnov.

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal. P Valor ≥ 0.05

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal. P-Valor < 0.05

Tabla 168: Pruebas de normalidad de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Pruebas de normalidad				
Ensayo	Tipo de probetas	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
	Patrón	0.115	10	0.200
	5 %- 95 %	0.217	10	0.200
	10 %- 90 %	0.215	10	0.200
	15 %- 85 %	0.203	10	0.200
Comprensión, reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado	20 %-80 %	0.166	10	0.200
	25 %-75 %	0.239	10	0.109
	30 %-70 %	0.216	10	0.200
	35 %-65 %	0.227	10	0.153
	40 %- 60 %	0.187	10	0.200
	45 %-55 %	0.162	10	0.200
	50 %-50 %	0.171	10	0.200
	55 %-45 %	0.141	10	0.200
	60 %-40 %	0.190	10	0.200

Tabla 169: Pruebas de normalidad de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Pruebas de normalidad				
Ensayo	Tipo de probetas	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
Compresión, reemplazando el agregado fino por porcelanato molido	Patrón	0.115	10	,200*
	5 %- 95 %	0.164	10	,200*
	10 %- 90 %	0.151	10	,200*
	15 %- 85 %	0.152	10	,200*
	20 %-80 %	0.127	10	,200*
	25 %-75 %	0.120	10	,200*
	30 %-70 %	0.171	10	,200*
	35 %-65 %	0.129	10	,200*
	40 %- 60 %	0.116	10	,200*

De acuerdo a la prueba de Kolmogorov Smirnov los datos provienen de una distribución normal para la variable de resistencia a la compresión a 56 días, donde se reemplazó el porcelanato reciclado triturado y molido por los agregados grueso y fino respectivamente; porque el valor de significancia (sig.) es mayor a 0.05 en todos los grupos que se compararon sus medias, por lo cual se aplicó la estadística paramétrica.

b. Criterio de homocedasticidad

Prueba de homogeneidad de varianzas

Por medio de la prueba estadística de Levene, se comprobó el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

H₀: El promedio de la variable resistencia a la compresión a 56 días es igual en todos los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

H₁: El promedio de la variable resistencia a la compresión a 56 días es al menos diferente en uno de los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

- P-Valor \geq 0.05, se acepta H₀, las varianzas presentan igualdad.
- P-Valor $<$ 0.05, se acepta H₁, presenta diferencias significativas entre varianzas.

Tabla 170: Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Ensayo	Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.
Compresión, reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado	Se basa en la media	1.405	12	117	0.173
	Se basa en la mediana	1.077	12	117	0.386
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.077	12	99.729	0.387
	Se basa en la media recortada	1.383	12	117	0.184

El valor de significancia basado en la media es de 0.173, esto indica que al ser es mayor que 0.05; entonces se acepta la hipótesis nula (H_0), que manifiesta que las varianzas son estadísticamente iguales en los grupos que estamos analizando en el ensayo de resistencia a la compresión a 56 días.

Tabla 171: Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Ensayo	Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.
Compresión, reemplazando el agregado fino por porcelanato molido	Se basa en la media	0.685	8	81	0.703
	Se basa en la mediana	0.625	8	81	0.755
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.625	8	67.703	0.754
	Se basa en la media recortada	0.667	8	81	0.719

El valor de significancia basado en la media es de 0.703, esto indica que al ser es mayor que 0.05; entonces se acepta la hipótesis nula (H_0), que manifiesta que las varianzas son estadísticamente iguales en los grupos que estamos analizando en el ensayo de resistencia a la compresión a 56 días.

Prueba de anova

H_0 : Las diferencias de las medias de la variable son significativas

H_1 : Las diferencias de las medias de la variable no son significativas

- P-Valor ≥ 0.05 , se acepta H_1 , no son significativas.
- P-Valor < 0.05 , se acepta H_0 , son significativas.

Tabla 172: Anova de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Ensayo		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Compresión, reemplazando el agregado fino por porcelanato molido	Entre grupos	20339.091	8	2542.386	67.016	0.000
	Dentro de grupos	3072.901	81	37.937		
	Total	23411.992	89			

Se utilizó el F de Snedecor, cuyo valor es 67.016 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05; se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos en la variable de ensayo: resistencia a la compresión a 28 días; aceptando la hipótesis nula (H_0) que las diferencias de medias de la variable de resistencia a la compresión son significativas y que además existe relación entre las dos variables relacionadas. Es decir que conforme varía la sustitución de porcelanato molido reciclado como reemplazo del agregado fino en los 9 grupos, la resistencia a la compresión también.

Tabla 173: Anova de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Ensayo		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Compresión, reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado	Entre grupos	62124.351	12	5177.029	127.498	0.000
	Dentro de grupos	4750.766	117	40.605		
	Total	66875.117	129			

Se utilizó el F de Snedecor, cuyo valor es 127.498 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05; se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos en la variable de ensayo: resistencia a la compresión a 28 días; aceptando la hipótesis nula (H_0) que las diferencias de medias de la variable de resistencia a la compresión son significativas y que además existe relación entre las dos variables relacionadas. Es decir que conforme varía la sustitución de porcelanato triturado reciclado como reemplazo del agregado grueso en los 13 grupos, la resistencia a la compresión también.

c. Post Hoc (Prueba de Contraste)

Al cumplir los criterios de normalidad y homocedasticidad de varianza, se aplica la prueba de Tukey; siempre cuando las varianzas son estadísticamente iguales en los grupos. Sea el caso en las pruebas de homogeneidad de varianzas en el ensayo de compresión a 56 días, reemplazando porcelanato reciclado molido y triturado por agregado grueso- fino respectivamente, donde:

Compresión, reemplazando porcelanato triturado reciclado por agregado grueso

- P-Valor ≥ 0.05 , se acepta H_0 , las varianzas presentan igualdad.

Siendo nuestro valor de significancia basado en la media de 0.173.

Tabla 174: Prueba de contraste de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando agregado grueso por porcelanato triturado

Resistencia a la compresión - 56 días, reemplazando agregado grueso por porcelanato triturado											
Tipo de probetas	Subconjunto para alfa = 0.05										
	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
60 %-40 %	10	216,4150									
55 %-45 %	10	224,1930	224,1930								
50 %-50 %	10		232,6860	232,6860							
45 %-55 %	10			236,4500	236,4500						
40 %- 60 %	10				243,0970	243,0970					
35 %-65 %	10					246,2530					
30 %-70 %	10						256,3140				
25 %-75 %	10						263,9360	263,9360			
20 %-80 %	10							268,9240	268,9240		
15 %- 85 %	10								274,0230	274,0230	
10 %- 90 %	10								277,8030	277,8030	277,8030
5 %- 95 %	10									281,6710	281,6710
Patrón	10										284,1890
Significancia		0,251	0,144	0,983	0,499	0,996	0,280	0,869	0,103	0,275	0,564

Con un nivel de significancia de 0.05, según la prueba de Tukey que agrupa las medias en subconjuntos similares, podemos afirmar que la resistencia a la compresión promedio disminuye conforme se adiciona mayor sustitución porcentual de porcelanato reciclado triturado por agregado grueso.

La resistencia promedio es mayor en el grupo de las probetas patrones que no ha experimentado reemplazo alguno de porcelanato reciclado molido por agregado fino a diferencia de la dosificación 60 % porcelanato reciclado triturado -40 % agregado grueso.

Compresión, reemplazando porcelanato molido reciclado por agregado fino

- P-Valor ≥ 0.05 , se acepta H_0 , las varianzas presentan igualdad.

Siendo nuestro valor de significancia basado en la media de 0.703.

Tabla 175: Prueba de contraste de la resistencia a la compresión a 56 días reemplazando agregado fino por porcelanato molido

Resistencia a la compresión - 56 días, reemplazando agregado fino por porcelanato molido						
Tipo de Probetas	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
Patrón	10	284.1890				
5 %- 95 %	10	288.0320				
10 %- 90 %	10		297.2360			
15 %- 85 %	10		299.9110			
20 %-80 %	10			310.5320		
25 %-75 %	10			314.5170	314.5170	
30 %-70 %	10				320.7370	320.7370
35 %-65 %	10					324.1640
40 %- 60 %	10					328.4100
Significancia		0.896	0.987	0.876	0.380	0.136

Con un nivel de significancia de 0.05, según la prueba de Tukey que agrupa las medias en subconjuntos similares, podemos afirmar que la resistencia a la compresión promedio incrementa conforme se adiciona mayor sustitución porcentual de porcelanato reciclado molido por agregado fino.

La resistencia promedio es menor en el grupo de las probetas patrones que no ha experimentado reemplazo alguno de porcelanato reciclado molido por agregado fino a diferencia de la dosificación 40 % porcelanato molido reciclado -60 % agregado fino.

Absorción

1. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95% como nivel de confianza ($\alpha = 0.05$)

2. Criterio de rechazo

a. Criterio de normalidad

Se evalúa más de 50 datos, se utilizó la prueba de kolmogorov Smirnov.

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal. (P Valor ≥ 0.05)

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal. (P-Valor < 0.05)

Tabla 176: Pruebas de normalidad de absorción reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Pruebas de Normalidad				
Ensayo	Tipo de probetas	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
Absorción, reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado	Patrón	0.311	10	0.007
	5 %- 95 %	0.200	10	0.200
	10 %- 90 %	0.265	10	0.046
	15 %- 85 %	0.400	10	0.000
	20 %-80 %	0.329	10	0.003
	25 %-75 %	0.360	10	0.001
	30 %-70 %	0.185	10	0.200
	35 %-65 %	0.218	10	0.197
	40 %- 60 %	0.410	10	0.000
	45 %-55 %	0.255	10	0.065
	50 %-50 %	0.482	10	0.000
	55 %-45 %	0.482	10	0.000
60 %-40 %	0.317	10	0.005	

Tabla 177: Pruebas de normalidad de absorción reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Ensayo	Tipo de probetas	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
Absorción, reemplazando el agregado fino por porcelanato molido	Patrón	0.311	10	0.007
	5 %- 95 %	0.206	10	0.200
	10 %- 90 %	0.167	10	0.200
	15 %- 85 %	0.289	10	0.017
	20 %-80 %	0.137	10	0.200
	25 %-75 %	0.204	10	0.200
	30 %-70 %	0.171	10	0.200
	35 %-65 %	0.231	10	0.139
	40 %- 60 %	0.321	10	0.004

De acuerdo a la prueba de Kolmogorov Smirnov los datos provienen de una distribución no normal para la variable absorción, donde se reemplazó el porcelanato reciclado triturado y molido por los agregados grueso y fino respectivamente; porque el valor de significancia (sig.) es menor a 0.05 en al menos uno de los grupos que se compararon sus medias, por lo cual se aplicó la estadística no paramétrica. No se satisfacen las condiciones para poder aplicar un ANOVA. La prueba de Kruskal-Wallis es un método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías.

b. Criterio de distribución

Este contraste, la prueba de Kruskal-Wallis, viene a ser una generalización del test U de Mann-Whitney para el caso de K muestras independientes. Se examina la hipótesis de que estas muestras provengan de la misma población o de poblaciones de idéntico comportamiento, frente a la alternativa de que no todas provienen de la misma población.

Se utiliza para variables cuantitativas no normales, ya que no es una prueba paramétrica, la prueba de Kruskal-Wallis no asume normalidad en los datos ni homogeneidad en la varianza.

Por medio de la prueba estadística de Kruskal-Wallis, se comprobó el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

H₀: Las medias de la variable absorción es igual en todos los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

H₁: Las medias de la variable absorción es al menos diferente en uno de los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

- P-Valor ≥ 0.05 , se acepta H₀, las medias presentan igualdad.
- P-Valor < 0.05 , se acepta H₁, presenta diferencias significativas entre las medias.

Prueba de Kruskal-Wallis reemplazando agregado grueso por porcelanato reciclado triturado

Tabla 178: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	130
Estadístico de prueba	113,017
Grado de libertad	12
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.000

Tabla 179: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Resumen de Contrastes de Hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Absorción AG es la misma entre categorías de Tipo de probetas.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.000	Rechace la hipótesis nula.

La significancia es menor que 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación. En al menos uno de los grupos analizados existe diferencia en sus medias como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 180: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de absorción
reemplazando porcelanato triturado

Comparaciones por parejas de Tipo de probetas					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de Prueba	Sig.	Sig. Ajustada
60 %-40 % y 55 %-45 %	4.850	16.726	0.290	0.772	1.000
60 %-40 %-50 %-50 %	15.050	16.726	0.900	0.368	1.000
60 %-40 %-45 %-55 %	26.250	16.726	1.569	0.117	1.000
60 %-40 %-35 %-65 %	39.250	16.726	2.347	0.019	1.000
60 %-40 %-40 %- 60 %	39.750	16.726	2.377	0.017	1.000
60 %-40 %-30 %-70 %	42.000	16.726	2.511	0.012	0.939
60 %-40 %-25 %-75 %	63.450	16.726	3.794	0.000	0.012
60 %-40 %-20 %-80 %	78.700	16.726	4.705	0.000	0.000
60 %-40 %-10 %- 90 %	88.400	16.726	5.285	0.000	0.000
60 %-40 %-15 %- 85 %	89.450	16.726	5.348	0.000	0.000
60 %-40 %-5 %- 95 %	91.750	16.726	5.486	0.000	0.000
60 %-40 %-Patrón	-109.450	16.726	-6.544	0.000	0.000
55 %-45 %-50 %-50 %	10.200	16.726	0.610	0.542	1.000
55 %-45 %-45 %-55 %	21.400	16.726	1.279	0.201	1.000
55 %-45 %-35 %-65 %	34.400	16.726	2.057	0.040	1.000
55 %-45 %-40 %- 60 %	34.900	16.726	2.087	0.037	1.000
55 %-45 %-30 %-70 %	37.150	16.726	2.221	0.026	1.000
55 %-45 %-25 %-75 %	58.600	16.726	3.504	0.000	0.036
55 %-45 %-20 %-80 %	73.850	16.726	4.415	0.000	0.001
55 %-45 %-10 %- 90 %	83.550	16.726	4.995	0.000	0.000
55 %-45 %-15 %- 85 %	84.600	16.726	5.058	0.000	0.000
55 %-45 %-5 %- 95 %	86.900	16.726	5.196	0.000	0.000
55 %-45 %-Patrón	-104.600	16.726	-6.254	0.000	0.000
50 %-50 %-45 %-55 %	11.200	16.726	0.670	0.503	1.000
50 %-50 %-35 %-65 %	24.200	16.726	1.447	0.148	1.000
50 %-50 %-40 %- 60 %	24.700	16.726	1.477	0.140	1.000
50 %-50 %-30 %-70 %	26.950	16.726	1.611	0.107	1.000
50 %-50 %-25 %-75 %	48.400	16.726	2.894	0.004	0.297
50 %-50 %-20 %-80 %	63.650	16.726	3.805	0.000	0.011
50 %-50 %-10 %- 90 %	73.350	16.726	4.385	0.000	0.001
50 %-50 %-15 %- 85 %	74.400	16.726	4.448	0.000	0.001
50 %-50 %-5 %- 95 %	76.700	16.726	4.586	0.000	0.000
50 %-50 %-Patrón	-94.400	16.726	-5.644	0.000	0.000
45 %-55 %-35 %-65 %	13.000	16.726	0.777	0.437	1.000
45 %-55 %-40 %- 60 %	13.500	16.726	0.807	0.420	1.000

45 %-55 %-30 %-70 %	15.750	16.726	0.942	0.346	1.000
45 %-55 %-25 %-75 %	37.200	16.726	2.224	0.026	1.000
45 %-55 %-20 %-80 %	52.450	16.726	3.136	0.002	0.134
45 %-55 %-10 %- 90 %	62.150	16.726	3.716	0.000	0.016
45 %-55 %-15 %- 85 %	63.200	16.726	3.779	0.000	0.012
45 %-55 %-5 %- 95 %	65.500	16.726	3.916	0.000	0.007
45 %-55 %-Patrón	-83.200	16.726	-4.974	0.000	0.000
35 %-65 %-40 %- 60 %	-0.500	16.726	-0.030	0.976	1.000
35 %-65 %-30 %-70 %	2.750	16.726	0.164	0.869	1.000
35 %-65 %-25 %-75 %	24.200	16.726	1.447	0.148	1.000
35 %-65 %-20 %-80 %	39.450	16.726	2.359	0.018	1.000
35 %-65 %-10 %- 90 %	49.150	16.726	2.939	0.003	0.257
35 %-65 %-15 %- 85 %	50.200	16.726	3.001	0.003	0.210
35 %-65 %-5 %- 95 %	52.500	16.726	3.139	0.002	0.132
35 %-65 %-Patrón	-70.200	16.726	-4.197	0.000	0.002
40 %- 60 %-30 %-70 %	2.250	16.726	0.135	0.893	1.000
40 %- 60 %-25 %-75 %	23.700	16.726	1.417	0.156	1.000
40 %- 60 %-20 %-80 %	38.950	16.726	2.329	0.020	1.000
40 %- 60 %-10 %- 90 %	48.650	16.726	2.909	0.004	0.283
40 %- 60 %-15 %- 85 %	49.700	16.726	2.971	0.003	0.231
40 %- 60 %-5 %- 95 %	52.000	16.726	3.109	0.002	0.146
40 %- 60 %-Patrón	-69.700	16.726	-4.167	0.000	0.002
30 %-70 %-25 %-75 %	21.450	16.726	1.282	0.200	1.000
30 %-70 %-20 %-80 %	36.700	16.726	2.194	0.028	1.000
30 %-70 %-10 %- 90 %	46.400	16.726	2.774	0.006	0.432
30 %-70 %-15 %- 85 %	47.450	16.726	2.837	0.005	0.355
30 %-70 %-5 %- 95 %	49.750	16.726	2.974	0.003	0.229
30 %-70 %-Patrón	-67.450	16.726	-4.033	0.000	0.004
25 %-75 %-20 %-80 %	15.250	16.726	0.912	0.362	1.000
25 %-75 %-10 %- 90 %	24.950	16.726	1.492	0.136	1.000
25 %-75 %-15 %- 85 %	26.000	16.726	1.554	0.120	1.000
25 %-75 %-5 %- 95 %	28.300	16.726	1.692	0.091	1.000
25 %-75 %-Patrón	-46.000	16.726	-2.750	0.006	0.465
20 %-80 %-10 %- 90 %	9.700	16.726	0.580	0.562	1.000
20 %-80 %-15 %- 85 %	10.750	16.726	0.643	0.520	1.000
20 %-80 %-5 %- 95 %	13.050	16.726	0.780	0.435	1.000
20 %-80 %-Patrón	-30.750	16.726	-1.838	0.066	1.000
10 %- 90 %-15 %- 85 %	-1.050	16.726	-0.063	0.950	1.000
10 %- 90 %-5 %- 95 %	3.350	16.726	0.200	0.841	1.000
10 %- 90 %-Patrón	-21.050	16.726	-1.259	0.208	1.000
15 %- 85 %-5 %- 95 %	2.300	16.726	0.138	0.891	1.000

15 %- 85 %-Patrón	-20.000	16.726	-1.196	0.232	1.000
5 %- 95 %-Patrón	-17.700	16.726	-1.058	0.290	1.000

Prueba de Kruskal-Wallis reemplazando agregado fino por porcelanato reciclado molido

Tabla 181: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	90
Estadístico de prueba	77,162
Grado de libertad	8
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0,000

Tabla 182: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Resumen de contrastes de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Absorción AF es la misma entre categorías de Tipo de probetas.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula.

La significancia es menor que 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación. En al menos uno de los grupos analizados existe diferencia en sus medias como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 183: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de absorción
reemplazando porcelanato molido

Comparaciones por Parejas de Tipo de Probetas					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. Ajustada
40 %- 60 %-35 %-65 %	2.400	11.658	0.206	0.837	1.000
40 %- 60 %-30 %-70 %	14.200	11.658	1.218	0.223	1.000
40 %- 60 %-25 %-75 %	16.650	11.658	1.428	0.153	1.000
40 %- 60 %-20 %-80 %	34.550	11.658	2.964	0.003	0.237
40 %- 60 %-15 %- 85 %	44.400	11.658	3.809	0.000	0.011
40 %- 60 %-10 %- 90 %	48.350	11.658	4.147	0.000	0.003
40 %- 60 %-5 %- 95 %	60.650	11.658	5.203	0.000	0.000
40 %- 60 %-Patrón	-71.300	11.658	-6.116	0.000	0.000
35 %-65 %-30 %-70 %	11.800	11.658	1.012	0.311	1.000
35 %-65 %-25 %-75 %	14.250	11.658	1.222	0.222	1.000
35 %-65 %-20 %-80 %	32.150	11.658	2.758	0.006	0.454
35 %-65 %-15 %- 85 %	42.000	11.658	3.603	0.000	0.025
35 %-65 %-10 %- 90 %	45.950	11.658	3.942	0.000	0.006
35 %-65 %-5 %- 95 %	58.250	11.658	4.997	0.000	0.000
35 %-65 %-Patrón	-68.900	11.658	-5.910	0.000	0.000
30 %-70 %-25 %-75 %	2.450	11.658	0.210	0.834	1.000
30 %-70 %-20 %-80 %	20.350	11.658	1.746	0.081	1.000
30 %-70 %-15 %- 85 %	30.200	11.658	2.591	0.010	0.747
30 %-70 %-10 %- 90 %	34.150	11.658	2.929	0.003	0.265
30 %-70 %-5 %- 95 %	46.450	11.658	3.984	0.000	0.005
30 %-70 %-Patrón	-57.100	11.658	-4.898	0.000	0.000
25 %-75 %-20 %-80 %	17.900	11.658	1.535	0.125	1.000
25 %-75 %-15 %- 85 %	27.750	11.658	2.380	0.017	1.000
25 %-75 %-10 %- 90 %	31.700	11.658	2.719	0.007	0.510
25 %-75 %-5 %- 95 %	44.000	11.658	3.774	0.000	0.013
25 %-75 %-Patrón	-54.650	11.658	-4.688	0.000	0.000
20 %-80 %-15 %- 85 %	9.850	11.658	0.845	0.398	1.000
20 %-80 %-10 %- 90 %	13.800	11.658	1.184	0.237	1.000
20 %-80 %-5 %- 95 %	26.100	11.658	2.239	0.025	1.000
20 %-80 %-Patrón	-36.750	11.658	-3.152	0.002	0.126
15 %- 85 %-10 %- 90 %	3.950	11.658	0.339	0.735	1.000
15 %- 85 %-5 %- 95 %	16.250	11.658	1.394	0.163	1.000
15 %- 85 %-Patrón	-26.900	11.658	-2.307	0.021	1.000
10 %- 90 %-5 %- 95 %	12.300	11.658	1.055	0.291	1.000
10 %- 90 %-Patrón	-22.950	11.658	-1.969	0.049	1.000
5 %- 95 %-Patrón	-10.650	11.658	-0.914	0.361	1.000

Densidad

1. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95% como nivel de confianza ($\alpha = 0.05$)

2. Criterio de rechazo

a. Criterio de normalidad

Se evalúa más de 50 datos, se utilizó la prueba de kolmogorov Smirnov.

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal. (P Valor ≥ 0.05)

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal (P-Valor < 0.05)

Tabla 184: Pruebas de normalidad de densidad reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Pruebas de normalidad				
Ensayo	Tipo de probetas	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
Densidad, reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado	Patrón	0,185	10	0,200
	5 %- 95 %	0,196	10	0,200
	10 %- 90 %	0,216	10	0,200
	15 %- 85 %	0,170	10	0,200
	20 %-80 %	0,279	10	0,026
	25 %-75 %	0,208	10	0,200
	30 %-70 %	0,223	10	0,174
	35 %-65 %	0,219	10	0,190
	40 %- 60 %	0,173	10	0,200
	45 %-55 %	0,158	10	0,200
	50 %-50 %	0,195	10	0,200
	55 %-45 %	0,232	10	0,137
	60 %-40 %	0,224	10	0,168

Tabla 185: Pruebas de normalidad de densidad reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Pruebas de normalidad				
Ensayo	Tipo de probetas	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
	Patrón	0.185	10	0.200
	5 %- 95 %	0.185	10	0.200
Densidad, reemplazando el agregado fino por porcelanato molido	10 %- 90 %	0.293	10	0.015
	15 %- 85 %	0.174	10	0.200
	20 %-80 %	0.203	10	0.200
	25 %-75 %	0.191	10	0.200
	30 %-70 %	0.189	10	0.200
	35 %-65 %	0.124	10	0.200
	40 %- 60 %	0.207	10	0.200

De acuerdo a la prueba de Kolmogorov Smirnov los datos provienen de una distribución no normal para la variable absorción, donde se reemplazó el porcelanato reciclado triturado y molido por los agregados grueso y fino respectivamente; porque el valor de significancia (sig.) es menor a 0.05 en al menos uno de los grupos que se compararon sus medias, por lo cual se aplicó la estadística no paramétrica. No se satisfacen las condiciones para poder aplicar un ANOVA. La prueba de Kruskal-Wallis es un método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías.

b. Criterio de distribución

Este contraste, la prueba de Kruskal-Wallis, viene a ser una generalización del test U de Mann-Whitney para el caso de K muestras independientes. Se examina la hipótesis de que estas muestras provengan de la misma población o de poblaciones de idéntico comportamiento, frente a la alternativa de que no todas provienen de la misma población.

Se utiliza para variables cuantitativas no normales, ya que no es una prueba paramétrica, la prueba de Kruskal-Wallis no asume normalidad en los datos ni homogeneidad en la varianza.

Por medio de la prueba estadística de Kruskal-Wallis, se comprobó el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

H₀: Las medias de la variable absorción es igual en todos los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

H₁: Las medias de la variable absorción es al menos diferente en uno de los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

- P-Valor \geq 0.05, se acepta H₀, las medias presentan igualdad.
- P-Valor $<$ 0.05, se acepta H₁, presenta diferencias significativas entre las medias.

Prueba de Kruskal-Wallis reemplazando agregado grueso por porcelanato reciclado triturado

Tabla 186: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	130
Estadístico de prueba	110,861
Grado de libertad	12
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0,000

Tabla 1877: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Densidad AG es la misma entre categorías de Tipo de probetas.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula.

La significancia es menor que 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación. En al menos uno de los grupos analizados existe diferencia en sus medias como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 188: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de densidad
reemplazando porcelanato triturado

Comparaciones por parejas de Tipo de probetas					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de Prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de Prueba	Sig.	Sig. Ajustada
60 %-40 %-55 %-45 %	4.350	16.842	0.258	0.796	1.000
60 %-40 %-50 %-50 %	9.550	16.842	0.567	0.571	1.000
60 %-40 %-45 %-55 %	29.800	16.842	1.769	0.077	1.000
60 %-40 %-40 %- 60 %	32.750	16.842	1.944	0.052	1.000
60 %-40 %-35 %-65 %	40.450	16.842	2.402	0.016	1.000
60 %-40 %-30 %-70 %	49.950	16.842	2.966	0.003	0.236
60 %-40 %-25 %-75 %	60.150	16.842	3.571	0.000	0.028
60 %-40 %-20 %-80 %	71.950	16.842	4.272	0.000	0.002
60 %-40 %-15 %- 85 %	86.600	16.842	5.142	0.000	0.000
60 %-40 %-10 %- 90 %	91.400	16.842	5.427	0.000	0.000
60 %-40 %-5 %- 95 %	96.750	16.842	5.744	0.000	0.000
60 %-40 %-Patrón	-104.250	16.842	-6.190	0.000	0.000
55 %-45 %-50 %-50 %	5.200	16.842	0.309	0.758	1.000
55 %-45 %-45 %-55 %	25.450	16.842	1.511	0.131	1.000
55 %-45 %-40 %- 60 %	28.400	16.842	1.686	0.092	1.000
55 %-45 %-35 %-65 %	36.100	16.842	2.143	0.032	1.000
55 %-45 %-30 %-70 %	45.600	16.842	2.707	0.007	0.529
55 %-45 %-25 %-75 %	55.800	16.842	3.313	0.001	0.072
55 %-45 %-20 %-80 %	67.600	16.842	4.014	0.000	0.005
55 %-45 %-15 %- 85 %	82.250	16.842	4.883	0.000	0.000
55 %-45 %-10 %- 90 %	87.050	16.842	5.168	0.000	0.000
55 %-45 %-5 %- 95 %	92.400	16.842	5.486	0.000	0.000
55 %-45 %-Patrón	-99.900	16.842	-5.931	0.000	0.000
50 %-50 %-45 %-55 %	20.250	16.842	1.202	0.229	1.000
50 %-50 %-40 %- 60 %	23.200	16.842	1.377	0.168	1.000
50 %-50 %-35 %-65 %	30.900	16.842	1.835	0.067	1.000
50 %-50 %-30 %-70 %	40.400	16.842	2.399	0.016	1.000
50 %-50 %-25 %-75 %	50.600	16.842	3.004	0.003	0.208
50 %-50 %-20 %-80 %	62.400	16.842	3.705	0.000	0.016
50 %-50 %-15 %- 85 %	77.050	16.842	4.575	0.000	0.000
50 %-50 %-10 %- 90 %	81.850	16.842	4.860	0.000	0.000
50 %-50 %-5 %- 95 %	87.200	16.842	5.177	0.000	0.000
50 %-50 %-Patrón	-94.700	16.842	-5.623	0.000	0.000
45 %-55 %-40 %- 60 %	2.950	16.842	0.175	0.861	1.000
45 %-55 %-35 %-65 %	10.650	16.842	0.632	0.527	1.000

45 %-55 %-30 %-70 %	20.150	16.842	1.196	0.232	1.000
45 %-55 %-25 %-75 %	30.350	16.842	1.802	0.072	1.000
45 %-55 %-20 %-80 %	42.150	16.842	2.503	0.012	0.962
45 %-55 %-15 %- 85 %	56.800	16.842	3.372	0.001	0.058
45 %-55 %-10 %- 90 %	61.600	16.842	3.657	0.000	0.020
45 %-55 %-5 %- 95 %	66.950	16.842	3.975	0.000	0.005
45 %-55 %-Patrón	-74.450	16.842	-4.420	0.000	0.001
40 %- 60 %-35 %-65 %	7.700	16.842	0.457	0.648	1.000
40 %- 60 %-30 %-70 %	17.200	16.842	1.021	0.307	1.000
40 %- 60 %-25 %-75 %	27.400	16.842	1.627	0.104	1.000
40 %- 60 %-20 %-80 %	39.200	16.842	2.327	0.020	1.000
40 %- 60 %-15 %- 85 %	53.850	16.842	3.197	0.001	0.108
40 %- 60 %-10 %- 90 %	58.650	16.842	3.482	0.000	0.039
40 %- 60 %-5 %- 95 %	64.000	16.842	3.800	0.000	0.011
40 %- 60 %-Patrón	-71.500	16.842	-4.245	0.000	0.002
35 %-65 %-30 %-70 %	9.500	16.842	0.564	0.573	1.000
35 %-65 %-25 %-75 %	19.700	16.842	1.170	0.242	1.000
35 %-65 %-20 %-80 %	31.500	16.842	1.870	0.061	1.000
35 %-65 %-15 %- 85 %	46.150	16.842	2.740	0.006	0.479
35 %-65 %-10 %- 90 %	50.950	16.842	3.025	0.002	0.194
35 %-65 %-5 %- 95 %	56.300	16.842	3.343	0.001	0.065
35 %-65 %-Patrón	-63.800	16.842	-3.788	0.000	0.012
30 %-70 %-25 %-75 %	10.200	16.842	0.606	0.545	1.000
30 %-70 %-20 %-80 %	22.000	16.842	1.306	0.191	1.000
30 %-70 %-15 %- 85 %	36.650	16.842	2.176	0.030	1.000
30 %-70 %-10 %- 90 %	41.450	16.842	2.461	0.014	1.000
30 %-70 %-5 %- 95 %	46.800	16.842	2.779	0.005	0.426
30 %-70 %-Patrón	-54.300	16.842	-3.224	0.001	0.099
25 %-75 %-20 %-80 %	11.800	16.842	0.701	0.484	1.000
25 %-75 %-15 %- 85 %	26.450	16.842	1.570	0.116	1.000
25 %-75 %-10 %- 90 %	31.250	16.842	1.855	0.064	1.000
25 %-75 %-5 %- 95 %	36.600	16.842	2.173	0.030	1.000
25 %-75 %-Patrón	-44.100	16.842	-2.618	0.009	0.689
20 %-80 %-15 %- 85 %	14.650	16.842	0.870	0.384	1.000
20 %-80 %-10 %- 90 %	19.450	16.842	1.155	0.248	1.000
20 %-80 %-5 %- 95 %	24.800	16.842	1.472	0.141	1.000
20 %-80 %-Patrón	-32.300	16.842	-1.918	0.055	1.000
15 %- 85 %-10 %- 90 %	4.800	16.842	0.285	0.776	1.000
15 %- 85 %-5 %- 95 %	10.150	16.842	0.603	0.547	1.000
15 %- 85 %-Patrón	-17.650	16.842	-1.048	0.295	1.000
10 %- 90 %-5 %- 95 %	5.350	16.842	0.318	0.751	1.000

10 %- 90 %-Patrón	-12.850	16.842	-0.763	0.445	1.000
5 %- 95 %-Patrón	-7.500	16.842	-0.445	0.656	1.000

Prueba de Kruskal-Wallis reemplazando agregado fino por porcelanato reciclado molido

Tabla 189: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	90
Estadístico de prueba	27,083
Grado de libertad	8
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0,001

Tabla 190: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Resumen de contrastes de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Densidad AF es la misma entre categorías de Tipo de probetas.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.001	Rechaza la hipótesis nula.

La significancia es menor que 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación. En al menos uno de los grupos analizados existe diferencia en sus medias como se puede observar en la siguiente tabla:

*Tabla 191: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de densidad
reemplazando porcelanato molido*

Comparaciones por parejas de Tipo de probetas					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada
40 %- 60 %-10 %- 90 %	39.100	11.672	0.865	0.387	1.000
40 %- 60 %-Patrón	-39.900	11.672	0.895	0.371	1.000
35 %-65 %-30 %-70 %	0.350	11.672	1.058	0.290	1.000
35 %-65 %-25 %-75 %	2.250	11.672	1.731	0.084	1.000
35 %-65 %-20 %-80 %	10.100	11.672	2.682	0.007	0.572
35 %-65 %-15 %- 85 %	21.200	11.672	3.350	0.001	0.063
35 %-65 %-10 %- 90 %	29.000	11.672	3.350	0.001	0.063
35 %-65 %-5 %- 95 %	29.000	11.672	-3.418	0.001	0.049
35 %-65 %-Patrón	-29.800	11.672	0.030	0.976	1.000
30 %-70 %-25 %-75 %	1.900	11.672	0.193	0.847	1.000
30 %-70 %-20 %-80 %	9.750	11.672	0.865	0.387	1.000
30 %-70 %-15 %- 85 %	20.850	11.672	1.816	0.069	1.000
30 %-70 %-5 %- 95 %	28.650	11.672	2.485	0.013	1.000
30 %-70 %-10 %- 90 %	28.650	11.672	2.485	0.013	1.000
30 %-70 %-Patrón	-29.450	11.672	-2.553	0.011	0.833
25 %-75 %-20 %-80 %	7.850	11.672	0.163	0.871	1.000
25 %-75 %-15 %- 85 %	18.950	11.672	0.835	0.404	1.000
25 %-75 %-5 %- 95 %	26.750	11.672	1.786	0.074	1.000
25 %-75 %-10 %- 90 %	26.750	11.672	2.455	0.014	1.000
25 %-75 %-Patrón	-27.550	11.672	2.455	0.014	1.000
20 %-80 %-15 %- 85 %	11.100	11.672	-2.523	0.012	0.907
20 %-80 %-5 %- 95 %	18.900	11.672	0.673	0.501	1.000
20 %-80 %-10 %- 90 %	18.900	11.672	1.624	0.104	1.000
20 %-80 %-Patrón	-19.700	11.672	2.292	0.022	1.000
15 %- 85 %-5 %- 95 %	7.800	11.672	2.292	0.022	1.000
15 %- 85 %-10 %- 90 %	7.800	11.672	-2.360	0.018	1.000
15 %- 85 %-Patrón	-8.600	11.672	0.951	0.342	1.000
5 %- 95 %-Patrón	-0.800	11.672	1.619	0.105	1.000
10 %- 90 %-Patrón	-0.800	11.672	1.619	0.105	1.000
5 %- 95 %-10 %- 90 %	0.000	11.672	-1.688	0.091	1.000

Porosidad

1. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95% como nivel de confianza ($\alpha = 0.05$)

2. Criterio de rechazo

a. Criterio de normalidad

Se evalúa más de 50 datos, se utilizó la prueba de kolmogorov Smirnov.

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal. (P Valor ≥ 0.05)

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal. (P-Valor < 0.05)

Tabla 192: Pruebas de normalidad de porosidad reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Pruebas de normalidad				
Ensayo	Tipo de probetas	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
Porosidad, reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado	Patrón	0,304	10	0,009
	5 %- 95 %	0,144	10	0,200
	10 %- 90 %	0,154	10	0,200
	15 %- 85 %	0,281	10	0,024
	20 %-80 %	0,260	10	0,053
	25 %-75 %	0,316	10	0,005
	30 %-70 %	0,245	10	0,091
	35 %-65 %	0,184	10	0,200
	40 %- 60 %	0,348	10	0,001
	45 %-55 %	0,224	10	0,170
	50 %-50 %	0,276	10	0,030
	55 %-45 %	0,227	10	0,155
	60 %-40 %	0,228	10	0,149

Tabla 193: Pruebas de normalidad de porosidad reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Pruebas de normalidad				
Ensayo	Tipo de probetas	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
Porosidad, reemplazando el agregado fino por porcelanato molido	Patrón	0.304	10	0.009
	5 %- 95 %	0.268	10	0.041
	10 %- 90 %	0.177	10	0.200
	15 %- 85 %	0.191	10	0.200
	20 %-80 %	0.228	10	0.149
	25 %-75 %	0.219	10	0.190
	30 %-70 %	0.153	10	0.200
	35 %-65 %	0.177	10	0.200
	40 %- 60 %	0.258	10	0.058

De acuerdo a la prueba de Kolmogorov Smirnov los datos provienen de una distribución no normal para la variable absorción, donde se reemplazó el porcelanato reciclado triturado y molido por los agregados grueso y fino respectivamente; porque el valor de significancia (sig.) es menor a 0.05 en al menos uno de los grupos que se compararon sus medias, por lo cual se aplicó la estadística no paramétrica. No se satisfacen las condiciones para poder aplicar un ANOVA. La prueba de Kruskal-Wallis es un método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías.

b. Criterio de distribución

Este contraste, la prueba de Kruskal-Wallis, viene a ser una generalización del test U de Mann-Whitney para el caso de K muestras independientes. Se examina la hipótesis de que estas muestras provengan de la misma población o de poblaciones de idéntico comportamiento, frente a la alternativa de que no todas provienen de la misma población.

Se utiliza para variables cuantitativas no normales, ya que no es una prueba paramétrica, la prueba de Kruskal-Wallis no asume normalidad en los datos ni homogeneidad en la varianza.

Por medio de la prueba estadística de Kruskal-Wallis, se comprobó el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

H₀: Las medias de la variable absorción es igual en todos los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

H₁: Las medias de la variable absorción es al menos diferente en uno de los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

- P-Valor \geq 0.05, se acepta H₀, las medias presentan igualdad.
- P-Valor $<$ 0.05, se acepta H₁, presenta diferencias significativas entre las medias.

Prueba de Kruskal-Wallis reemplazando porcelanato agregado grueso por reciclado triturado

Tabla 194: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	130
Estadístico de prueba	118,423
Grado de libertad	12
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0,000

Tabla 195: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Resumen de contrastes de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Porosidad-AG es la misma entre categorías de Tipo de probetas.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula.

La significancia es menor que 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación. En al menos uno de los grupos analizados existe diferencia en sus medias como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 196: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de porosidad
reemplazando porcelanato triturado

Comparaciones por parejas de Tipo de probetas					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. Ajustada
60 %-40 %-55 %-45 %	8.450	16.825	0.502	0.616	1.000
60 %-40 %-50 %-50 %	18.900	16.825	1.123	0.261	1.000
60 %-40 %-45 %-55 %	34.000	16.825	2.021	0.043	1.000
60 %-40 %-40 %- 60 %	43.700	16.825	2.597	0.009	0.733
60 %-40 %-35 %-65 %	44.500	16.825	2.645	0.008	0.638
60 %-40 %-30 %-70 %	49.350	16.825	2.933	0.003	0.262
60 %-40 %-25 %-75 %	64.950	16.825	3.860	0.000	0.009
60 %-40 %-20 %-80 %	81.350	16.825	4.835	0.000	0.000
60 %-40 %-15 %- 85 %	95.050	16.825	5.649	0.000	0.000
60 %-40 %-10 %- 90 %	95.550	16.825	5.679	0.000	0.000
60 %-40 %-5 %- 95 %	100.200	16.825	5.955	0.000	0.000
60 %-40 %-Patrón	-114.750	16.825	-6.820	0.000	0.000
55 %-45 %-50 %-50 %	10.450	16.825	0.621	0.535	1.000
55 %-45 %-45 %-55 %	25.550	16.825	1.519	0.129	1.000
55 %-45 %-40 %- 60 %	35.250	16.825	2.095	0.036	1.000
55 %-45 %-35 %-65 %	36.050	16.825	2.143	0.032	1.000
55 %-45 %-30 %-70 %	40.900	16.825	2.431	0.015	1.000
55 %-45 %-25 %-75 %	56.500	16.825	3.358	0.001	0.061
55 %-45 %-20 %-80 %	72.900	16.825	4.333	0.000	0.001
55 %-45 %-15 %- 85 %	86.600	16.825	5.147	0.000	0.000
55 %-45 %-10 %- 90 %	87.100	16.825	5.177	0.000	0.000
55 %-45 %-5 %- 95 %	91.750	16.825	5.453	0.000	0.000
55 %-45 %-Patrón	-106.300	16.825	-6.318	0.000	0.000
50 %-50 %-45 %-55 %	15.100	16.825	0.897	0.369	1.000
50 %-50 %-40 %- 60 %	24.800	16.825	1.474	0.140	1.000
50 %-50 %-35 %-65 %	25.600	16.825	1.522	0.128	1.000
50 %-50 %-30 %-70 %	30.450	16.825	1.810	0.070	1.000
50 %-50 %-25 %-75 %	46.050	16.825	2.737	0.006	0.484
50 %-50 %-20 %-80 %	62.450	16.825	3.712	0.000	0.016
50 %-50 %-15 %- 85 %	76.150	16.825	4.526	0.000	0.000
50 %-50 %-10 %- 90 %	76.650	16.825	4.556	0.000	0.000
50 %-50 %-5 %- 95 %	81.300	16.825	4.832	0.000	0.000
50 %-50 %-Patrón	-95.850	16.825	-5.697	0.000	0.000
45 %-55 %-40 %- 60 %	9.700	16.825	0.577	0.564	1.000
45 %-55 %-35 %-65 %	10.500	16.825	0.624	0.533	1.000

45 %-55 %-30 %-70 %	15.350	16.825	0.912	0.362	1.000
45 %-55 %-25 %-75 %	30.950	16.825	1.839	0.066	1.000
45 %-55 %-20 %-80 %	47.350	16.825	2.814	0.005	0.381
45 %-55 %-15 %- 85 %	61.050	16.825	3.628	0.000	0.022
45 %-55 %-10 %- 90 %	61.550	16.825	3.658	0.000	0.020
45 %-55 %-5 %- 95 %	66.200	16.825	3.935	0.000	0.007
45 %-55 %-Patrón	-80.750	16.825	-4.799	0.000	0.000
40 %- 60 %-35 %-65 %	0.800	16.825	0.048	0.962	1.000
40 %- 60 %-30 %-70 %	5.650	16.825	0.336	0.737	1.000
40 %- 60 %-25 %-75 %	21.250	16.825	1.263	0.207	1.000
40 %- 60 %-20 %-80 %	37.650	16.825	2.238	0.025	1.000
40 %- 60 %-15 %- 85 %	51.350	16.825	3.052	0.002	0.177
40 %- 60 %-10 %- 90 %	51.850	16.825	3.082	0.002	0.161
40 %- 60 %-5 %- 95 %	56.500	16.825	3.358	0.001	0.061
40 %- 60 %-Patrón	-71.050	16.825	-4.223	0.000	0.002
35 %-65 %-30 %-70 %	4.850	16.825	0.288	0.773	1.000
35 %-65 %-25 %-75 %	20.450	16.825	1.215	0.224	1.000
35 %-65 %-20 %-80 %	36.850	16.825	2.190	0.029	1.000
35 %-65 %-15 %- 85 %	50.550	16.825	3.004	0.003	0.208
35 %-65 %-10 %- 90 %	51.050	16.825	3.034	0.002	0.188
35 %-65 %-5 %- 95 %	55.700	16.825	3.310	0.001	0.073
35 %-65 %-Patrón	-70.250	16.825	-4.175	0.000	0.002
30 %-70 %-25 %-75 %	15.600	16.825	0.927	0.354	1.000
30 %-70 %-20 %-80 %	32.000	16.825	1.902	0.057	1.000
30 %-70 %-15 %- 85 %	45.700	16.825	2.716	0.007	0.515
30 %-70 %-10 %- 90 %	46.200	16.825	2.746	0.006	0.471
30 %-70 %-5 %- 95 %	50.850	16.825	3.022	0.003	0.196
30 %-70 %-Patrón	-65.400	16.825	-3.887	0.000	0.008
25 %-75 %-20 %-80 %	16.400	16.825	0.975	0.330	1.000
25 %-75 %-15 %- 85 %	30.100	16.825	1.789	0.074	1.000
25 %-75 %-10 %- 90 %	30.600	16.825	1.819	0.069	1.000
25 %-75 %-5 %- 95 %	35.250	16.825	2.095	0.036	1.000
25 %-75 %-Patrón	-49.800	16.825	-2.960	0.003	0.240
20 %-80 %-15 %- 85 %	13.700	16.825	0.814	0.416	1.000
20 %-80 %-10 %- 90 %	14.200	16.825	0.844	0.399	1.000
20 %-80 %-5 %- 95 %	18.850	16.825	1.120	0.263	1.000
20 %-80 %-Patrón	-33.400	16.825	-1.985	0.047	1.000
15 %- 85 %-10 %- 90 %	0.500	16.825	0.030	0.976	1.000
15 %- 85 %-5 %- 95 %	5.150	16.825	0.306	0.760	1.000
15 %- 85 %-Patrón	-19.700	16.825	-1.171	0.242	1.000
10 %- 90 %-5 %- 95 %	4.650	16.825	0.276	0.782	1.000

10 %- 90 %-Patrón	-19.200	16.825	-1.141	0.254	1.000
5 %- 95 %-Patrón	-14.550	16.825	-0.865	0.387	1.000

Prueba de Kruskal-Wallis reemplazando agregado fino por porcelanato reciclado molido

Tabla 197: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	90
Estadístico de prueba	78,394 ^a
Grado de libertad	8
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.000

Tabla 198: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Resumen de contrastes de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Porosidad AF es la misma entre categorías de Tipo de probetas.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.000	Rechaza la hipótesis nula.

La significancia es menor que 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación. En al menos uno de los grupos analizados existe diferencia en sus medias como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 199: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de porosidad
reemplazando porcelanato molido

Comparaciones por parejas de Tipo de probetas					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
40 %- 60 %-35 %-65 %	2.800	11.680	0.240	0.811	1.000
40 %- 60 %-30 %-70 %	13.700	11.680	1.173	0.241	1.000
40 %- 60 %-25 %-75 %	16.000	11.680	1.370	0.171	1.000
40 %- 60 %-20 %-80 %	35.550	11.680	3.044	0.002	0.182
40 %- 60 %-15 %- 85 %	43.900	11.680	3.759	0.000	0.013
40 %- 60 %-10 %- 90 %	48.750	11.680	4.174	0.000	0.002
40 %- 60 %-5 %- 95 %	61.200	11.680	5.240	0.000	0.000
40 %- 60 %-Patrón	-71.950	11.680	-6.160	0.000	0.000
35 %-65 %-30 %-70 %	10.900	11.680	0.933	0.351	1.000
35 %-65 %-25 %-75 %	13.200	11.680	1.130	0.258	1.000
35 %-65 %-20 %-80 %	32.750	11.680	2.804	0.005	0.394
35 %-65 %-15 %- 85 %	41.100	11.680	3.519	0.000	0.034
35 %-65 %-10 %- 90 %	45.950	11.680	3.934	0.000	0.007
35 %-65 %-5 %- 95 %	58.400	11.680	5.000	0.000	0.000
35 %-65 %-Patrón	-69.150	11.680	-5.920	0.000	0.000
30 %-70 %-25 %-75 %	2.300	11.680	0.197	0.844	1.000
30 %-70 %-20 %-80 %	21.850	11.680	1.871	0.061	1.000
30 %-70 %-15 %- 85 %	30.200	11.680	2.586	0.010	0.758
30 %-70 %-10 %- 90 %	35.050	11.680	3.001	0.003	0.210
30 %-70 %-5 %- 95 %	47.500	11.680	4.067	0.000	0.004
30 %-70 %-Patrón	-58.250	11.680	-4.987	0.000	0.000
25 %-75 %-20 %-80 %	19.550	11.680	1.674	0.094	1.000
25 %-75 %-15 %- 85 %	27.900	11.680	2.389	0.017	1.000
25 %-75 %-10 %- 90 %	32.750	11.680	2.804	0.005	0.394
25 %-75 %-5 %- 95 %	45.200	11.680	3.870	0.000	0.008
25 %-75 %-Patrón	-55.950	11.680	-4.790	0.000	0.000
20 %-80 %-15 %- 85 %	8.350	11.680	0.715	0.475	1.000
20 %-80 %-10 %- 90 %	13.200	11.680	1.130	0.258	1.000
20 %-80 %-5 %- 95 %	25.650	11.680	2.196	0.028	1.000
20 %-80 %-Patrón	-36.400	11.680	-3.116	0.002	0.143
15 %- 85 %-10 %- 90 %	4.850	11.680	0.415	0.678	1.000
15 %- 85 %-5 %- 95 %	17.300	11.680	1.481	0.139	1.000
15 %- 85 %-Patrón	-28.050	11.680	-2.402	0.016	1.000
10 %- 90 %-5 %- 95 %	12.450	11.680	1.066	0.286	1.000
10 %- 90 %-Patrón	-23.200	11.680	-1.986	0.047	1.000
5 %- 95 %-Patrón	-10.750	11.680	-0.920	0.357	1.000

Slump

1. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95% como nivel de confianza ($\alpha = 0.05$)

2. Criterio de rechazo

a. Criterio de normalidad

Se evalúa menos de 50 datos, se utilizó la prueba de Shapiro Wilk.

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal. (P Valor ≥ 0.05)

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal. (P-Valor < 0.05)

Tabla 200: Pruebas de normalidad de slump reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Pruebas de normalidad				
Ensayo	Tipo de probetas	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Slump, reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado	Patrón	0.750	3	0.000
	5 %- 95 %	0.750	3	0.000
	10 %- 90 %	1.000	3	0.982
	15 %- 85 %	1.000	3	1.000
	20 %-80 %	0.750	3	0.000
	25 %-75 %	0.750	3	0.000
	30 %-70 %	1.000	3	0.982
	35 %-65 %	0.750	3	0.000
	40 %- 60 %	1.000	3	1.000
	45 %-55 %	0.750	3	0.000
	50 %-50 %	1.000	3	0.982
	55 %-45 %	1.000	3	1.000
	60 %-40 %	0.750	3	0.000

Tabla 201: Pruebas de normalidad de slump reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Pruebas de normalidad				
Ensayo	Tipo de probetas	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Slump, reemplazando el agregado fino por porcelanato molido	Patrón	0.750	3	0.000
	5 %- 95 %	0.750	3	0.000
	10 %- 90 %	0.750	3	0.000
	15 %- 85 %	0.750	3	0.000
	20 %-80 %	0.750	3	0.000
	25 %-75 %	1.000	3	1.000
	30 %-70 %	0.750	3	0.000
	35 %-65 %	0.750	3	0.000
	40 %- 60 %	0.750	3	0.000

De acuerdo a la prueba de Shapiro Wilk los datos provienen de una distribución no normal para la variable absorción, donde se reemplazó el porcelanato reciclado triturado y molido por los agregados grueso y fino respectivamente; porque el valor de significancia (sig.) es menor a 0.05 en al menos uno de los grupos que se compararon sus medias, por lo cual se aplicó la estadística no paramétrica. No se satisfacen las condiciones para poder aplicar un ANOVA. La prueba de Kruskal-Wallis es un método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías.

b. Criterio de distribución

Este contraste, la prueba de Kruskal-Wallis, viene a ser una generalización del test U de Mann-Whitney para el caso de K muestras independientes. Se examina la hipótesis de que estas muestras provengan de la misma población o de poblaciones de idéntico comportamiento, frente a la alternativa de que no todas provienen de la misma población.

Se utiliza para variables cuantitativas no normales, ya que no es una prueba paramétrica, la prueba de Kruskal-Wallis no asume normalidad en los datos ni homogeneidad en la varianza

Por medio de la prueba estadística de Kruskal-Wallis, se comprobó el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

H₀: Las medias de la variable absorción es igual en todos los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

H₁: Las medias de la variable absorción es al menos diferente en uno de los grupos, con un 95 % de confiabilidad.

- P-Valor \geq 0.05, se acepta H₀, las medias presentan igualdad.
- P-Valor < 0.05, se acepta H₁, presenta diferencias significativas entre las medias.

Prueba de Kruskal-Wallis reemplazando agregado grueso por porcelanato reciclado triturado

Tabla 202: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	39
Estadístico de prueba	37,827
Grado de libertad	12
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0,000

Tabla 203: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado grueso por porcelanato triturado

Resumen de contrastes de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Slump-AG es la misma entre categorías de Tipo de probetas.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,000	Rechaza la hipótesis nula.

La significancia es menor que 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación. En al menos uno de los grupos analizados existe diferencia en sus medias como se puede observar en la siguiente tabla:

*Tabla 204: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de slump
reemplazando porcelanato triturado*

Comparaciones por parejas de Tipo de probetas					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. Ajustada
Patron-5 %- 95 %	3.000	9.306	0.322	0.747	1.000
Patron-10 %- 90 %	6.000	9.306	0.645	0.519	1.000
Patron-15 %- 85 %	9.000	9.306	0.967	0.333	1.000
Patron-20 %-80 %	12.000	9.306	1.289	0.197	1.000
Patron-25 %-75 %	15.000	9.306	1.612	0.107	1.000
Patron-30 %-70 %	18.000	9.306	1.934	0.053	1.000
Patron-35 %-65 %	21.000	9.306	2.257	0.024	1.000
Patron-40 %- 60 %	24.000	9.306	2.579	0.010	0.773
Patron-45 %-55 %	27.000	9.306	2.901	0.004	0.290
Patron-50 %-50 %	30.000	9.306	3.224	0.001	0.099
Patron-55 %-45 %	33.000	9.306	3.546	0.000	0.031
Patron-60 %-40 %	36.000	9.306	3.868	0.000	0.009
5 %- 95 %-10 %- 90 %	-3.000	9.306	-0.322	0.747	1.000
5 %- 95 %-15 %- 85 %	-6.000	9.306	-0.645	0.519	1.000
5 %- 95 %-20 %-80 %	-9.000	9.306	-0.967	0.333	1.000
5 %- 95 %-25 %-75 %	-12.000	9.306	-1.289	0.197	1.000
5 %- 95 %-30 %-70 %	-15.000	9.306	-1.612	0.107	1.000
5 %- 95 %-35 %-65 %	-18.000	9.306	-1.934	0.053	1.000
5 %- 95 %-40 %- 60 %	-21.000	9.306	-2.257	0.024	1.000
5 %- 95 %-45 %-55 %	-24.000	9.306	-2.579	0.010	0.773
5 %- 95 %-50 %-50 %	-27.000	9.306	-2.901	0.004	0.290
5 %- 95 %-55 %-45 %	-30.000	9.306	-3.224	0.001	0.099
5 %- 95 %-60 %-40 %	-33.000	9.306	-3.546	0.000	0.031
10 %- 90 %-15 %- 85 %	-3.000	9.306	-0.322	0.747	1.000
10 %- 90 %-20 %-80 %	-6.000	9.306	-0.645	0.519	1.000
10 %- 90 %-25 %-75 %	-9.000	9.306	-0.967	0.333	1.000
10 %- 90 %-30 %-70 %	-12.000	9.306	-1.289	0.197	1.000
10 %- 90 %-35 %-65 %	-15.000	9.306	-1.612	0.107	1.000
10 %- 90 %-40 %- 60 %	-18.000	9.306	-1.934	0.053	1.000
10 %- 90 %-45 %-55 %	-21.000	9.306	-2.257	0.024	1.000
10 %- 90 %-50 %-50 %	-24.000	9.306	-2.579	0.010	0.773
10 %- 90 %-55 %-45 %	-27.000	9.306	-2.901	0.004	0.290
10 %- 90 %-60 %-40 %	-30.000	9.306	-3.224	0.001	0.099
15 %- 85 %-20 %-80 %	-3.000	9.306	-0.322	0.747	1.000
15 %- 85 %-25 %-75 %	-6.000	9.306	-0.645	0.519	1.000

15 %- 85 %-30 %-70 %	-9.000	9.306	-0.967	0.333	1.000
15 %- 85 %-35 %-65 %	-12.000	9.306	-1.289	0.197	1.000
15 %- 85 %-40 %- 60 %	-15.000	9.306	-1.612	0.107	1.000
15 %- 85 %-45 %-55 %	-18.000	9.306	-1.934	0.053	1.000
15 %- 85 %-50 %-50 %	-21.000	9.306	-2.257	0.024	1.000
15 %- 85 %-55 %-45 %	-24.000	9.306	-2.579	0.010	0.773
15 %- 85 %-60 %-40 %	-27.000	9.306	-2.901	0.004	0.290
20 %-80 %-25 %-75 %	-3.000	9.306	-0.322	0.747	1.000
20 %-80 %-30 %-70 %	-6.000	9.306	-0.645	0.519	1.000
20 %-80 %-35 %-65 %	-9.000	9.306	-0.967	0.333	1.000
20 %-80 %-40 %- 60 %	-12.000	9.306	-1.289	0.197	1.000
20 %-80 %-45 %-55 %	-15.000	9.306	-1.612	0.107	1.000
20 %-80 %-50 %-50 %	-18.000	9.306	-1.934	0.053	1.000
20 %-80 %-55 %-45 %	-21.000	9.306	-2.257	0.024	1.000
20 %-80 %-60 %-40 %	-24.000	9.306	-2.579	0.010	0.773
25 %-75 %-30 %-70 %	-3.000	9.306	-0.322	0.747	1.000
25 %-75 %-35 %-65 %	-6.000	9.306	-0.645	0.519	1.000
25 %-75 %-40 %- 60 %	-9.000	9.306	-0.967	0.333	1.000
25 %-75 %-45 %-55 %	-12.000	9.306	-1.289	0.197	1.000
25 %-75 %-50 %-50 %	-15.000	9.306	-1.612	0.107	1.000
25 %-75 %-55 %-45 %	-18.000	9.306	-1.934	0.053	1.000
25 %-75 %-60 %-40 %	-21.000	9.306	-2.257	0.024	1.000
30 %-70 %-35 %-65 %	-3.000	9.306	-0.322	0.747	1.000
30 %-70 %-40 %- 60 %	-6.000	9.306	-0.645	0.519	1.000
30 %-70 %-45 %-55 %	-9.000	9.306	-0.967	0.333	1.000
30 %-70 %-50 %-50 %	-12.000	9.306	-1.289	0.197	1.000
30 %-70 %-55 %-45 %	-15.000	9.306	-1.612	0.107	1.000
30 %-70 %-60 %-40 %	-18.000	9.306	-1.934	0.053	1.000
35 %-65 %-40 %- 60 %	-3.000	9.306	-0.322	0.747	1.000
35 %-65 %-45 %-55 %	-6.000	9.306	-0.645	0.519	1.000
35 %-65 %-50 %-50 %	-9.000	9.306	-0.967	0.333	1.000
35 %-65 %-55 %-45 %	-12.000	9.306	-1.289	0.197	1.000
35 %-65 %-60 %-40 %	-15.000	9.306	-1.612	0.107	1.000
40 %- 60 %-45 %-55 %	-3.000	9.306	-0.322	0.747	1.000
40 %- 60 %-50 %-50 %	-6.000	9.306	-0.645	0.519	1.000
40 %- 60 %-55 %-45 %	-9.000	9.306	-0.967	0.333	1.000
40 %- 60 %-60 %-40 %	-12.000	9.306	-1.289	0.197	1.000
45 %-55 %-50 %-50 %	-3.000	9.306	-0.322	0.747	1.000
45 %-55 %-55 %-45 %	-6.000	9.306	-0.645	0.519	1.000
45 %-55 %-60 %-40 %	-9.000	9.306	-0.967	0.333	1.000
50 %-50 %-55 %-45 %	-3.000	9.306	-0.322	0.747	1.000

50 %-50 %-60 %-40 %	-6.000	9.306	-0.645	0.519	1.000
55 %-45 %-60 %-40 %	-3.000	9.306	-0.322	0.747	1.000

Prueba de Kruskal-Wallis reemplazando agregado fino por porcelanato reciclado molido

Tabla 205: Resumen de prueba Kruskal-Wallis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	27
Estadístico de prueba	25,777
Grado de libertad	8
Sig. Asintótica (prueba bilateral)	0.001

Tabla 206: Resumen de contrastes de hipótesis reemplazando el agregado fino por porcelanato molido

Resumen de contrastes de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de SlumpAF es la misma entre categorías de Tipo de probetas.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.001	Rechace la hipótesis nula.

La significancia es menor que 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación. En al menos uno de los grupos analizados existe diferencia en sus medias como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 207: Comparación por parejas de tipo de probetas en el ensayo de slump
reemplazando porcelanato molido

Comparaciones por parejas de Tipo de probetas					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
40 %- 60 %-35 %-65 %	3.000	6.473	0.463	0.643	1.000
40 %- 60 %-30 %-70 %	6.000	6.473	0.927	0.354	1.000
40 %- 60 %-25 %-75 %	9.000	6.473	1.390	0.164	1.000
40 %- 60 %-20 %-80 %	12.000	6.473	1.854	0.064	1.000
40 %- 60 %-15 %- 85 %	15.000	6.473	2.317	0.020	1.000
40 %- 60 %-10 %- 90 %	18.000	6.473	2.781	0.005	0.423
40 %- 60 %-5 %- 95 %	21.000	6.473	3.244	0.001	0.092
40 %- 60 %-Patrón	-24.000	6.473	-3.708	0.000	0.016
35 %-65 %-30 %-70 %	3.000	6.473	0.463	0.643	1.000
35 %-65 %-25 %-75 %	6.000	6.473	0.927	0.354	1.000
35 %-65 %-20 %-80 %	9.000	6.473	1.390	0.164	1.000
35 %-65 %-15 %- 85 %	12.000	6.473	1.854	0.064	1.000
35 %-65 %-10 %- 90 %	15.000	6.473	2.317	0.020	1.000
35 %-65 %-5 %- 95 %	18.000	6.473	2.781	0.005	0.423
35 %-65 %-Patrón	-21.000	6.473	-3.244	0.001	0.092
30 %-70 %-25 %-75 %	3.000	6.473	0.463	0.643	1.000
30 %-70 %-20 %-80 %	6.000	6.473	0.927	0.354	1.000
30 %-70 %-15 %- 85 %	9.000	6.473	1.390	0.164	1.000
30 %-70 %-10 %- 90 %	12.000	6.473	1.854	0.064	1.000
30 %-70 %-5 %- 95 %	15.000	6.473	2.317	0.020	1.000
30 %-70 %-Patrón	-18.000	6.473	-2.781	0.005	0.423
25 %-75 %-20 %-80 %	3.000	6.473	0.463	0.643	1.000
25 %-75 %-15 %- 85 %	6.000	6.473	0.927	0.354	1.000
25 %-75 %-10 %- 90 %	9.000	6.473	1.390	0.164	1.000
25 %-75 %-5 %- 95 %	12.000	6.473	1.854	0.064	1.000
25 %-75 %-Patrón	-15.000	6.473	-2.317	0.020	1.000
20 %-80 %-15 %- 85 %	3.000	6.473	0.463	0.643	1.000
20 %-80 %-10 %- 90 %	6.000	6.473	0.927	0.354	1.000
20 %-80 %-5 %- 95 %	9.000	6.473	1.390	0.164	1.000
20 %-80 %-Patrón	-12.000	6.473	-1.854	0.064	1.000
15 %- 85 %-10 %- 90 %	3.000	6.473	0.463	0.643	1.000
15 %- 85 %-5 %- 95 %	6.000	6.473	0.927	0.354	1.000
15 %- 85 %-Patrón	-9.000	6.473	-1.390	0.164	1.000
10 %- 90 %-5 %- 95 %	3.000	6.473	0.463	0.643	1.000
10 %- 90 %-Patrón	-6.000	6.473	-0.927	0.354	1.000
5 %- 95 %-Patrón	-3.000	6.473	-0.463	0.643	1.000

Anexo N° 2: Certificado de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Concreto y Reciclado

CERTIFICADO DE LABORATORIO

Jefe de Laboratorio de concreto y reciclado: Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Solicitante / DNI: Velásquez Paredes Gerson Sebastian / 71287225

Institución: Universidad Privada del Norte / Sede San Isidro- Trujillo

Investigación: Influencia del porcelanato reciclado como reemplazo de los agregados sobre asentamiento, compresión, absorción, densidad y porosidad en el concreto, Trujillo 2020.

MUESTRA:

- Concreto endurecido:** 630 probetas cilíndricas de concreto de 10 cm x 20 cm (resistencia a la compresión a 28 y 56 días, absorción, densidad, porosidad)
- Concreto fresco:** 63 muestras de concreto en estado fresco para asentamiento.

ENSAYOS A APLICAR. Las principales Normas Técnicas vigentes que rigen la calidad del concreto son:

- Ensayo de asentamiento con el cono de Abrams (NTP 339.035)
- Resistencia a la compresión a 28 y 56 días (NTP 339.034).
- Densidad, absorción y porosidad (NTP 339.187)

PARÁMETROS DEL EQUIPO:

Compresión en estado endurecido				
Marca	Modo	Unidades	Velocidad de carga	Capacidad máxima
Ele International	Mode I: compresión	SI	0.05 KN/seg	2000 KN
Estufa de secado				
Marca	Modo	Unidades	Capacidad máxima	
General Electric	Mode I: Secado	SI	400° C	
Balanza digital				
Marca	Modo	Unidades	Capacidad máxima	
Valtox	Mode I: Peso	SI	300Kg	



Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro
NORTE, VÁSQUEZ ALFARO
ING. MATERIALES
R. D.P. 123456

Trujillo, 12 de marzo del 2020

Anexo N° 3: Revista de Costos

EDICIÓN 310 / FEBRERO - MARZO 2021

COSTOS

REVISTA ESPECIALIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN

PUENTE NANAY LORETO


PERSPECTIVAS 2021

PRODUCTIVIDAD EN LA
EJECUCIÓN DE TABIQUERÍAS

SOLUCIONES PARA EXCAVACIONES
EN PROYECTOS URBANOS

ENCOFRADOS: GESTIÓN PARA OPTIMIZAR
SU USO Y EVITAR SOBRECOSTOS

PERÚ S/. 39



7 751642 000011 >

ISSN 2223-0017

TIPOLOGÍA O: MURO CERCO H=4.50 M SISTEMA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA - PRECIOS PARTIDAS
DESAGREGADAS - ANÁLISIS DE PRECIOS - PRECIOS DE MATERIALES, COSTOS DE MANO DE OBRA -
TARIFAS DE EQUIPO - INDICADORES DEL SECTOR - ÍNDICES UNIFICADOS

Incluye acceso digital para suscriptores

www.costosperu.com

Anexo N° 4: Ficha técnica del cemento

CEMENTO EXTRA FORTE

“ EXTRA
RESISTENTE ”



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland compuesto tipo ICo. Óptimo desarrollo de resistencias y excelente trabajabilidad, diseñado para todo tipo de usos.



USOS

Producto versátil, con muchas posibilidades de aplicación:

- Ideal para la ejecución de obras estructurales.
- Elementos de concreto que no requieran características especiales.
- Reparaciones, remodelaciones y diversas aplicaciones domésticas.
- Elaboración de morteros para pisos, nivelaciones, lechadas y emboquillados.
- Producción de elementos prefabricados de pequeño y mediano tamaño.

ATRIBUTOS

Trabajabilidad

- Su excelente trabajabilidad permite una colocación y compactación adecuada, minimizando la segregación y pérdida de material.
- Fragua óptima que garantiza el correcto vaciado del concreto.

Resistencia

- Diseñado con adiciones minerales que otorgan resistencias mecánicas para uso general.
- Diseño supera los requisitos de la NTP 334.090

RECOMENDACIONES

-  Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.
-  Almacenar en pilas de menos de 10 sacos.
-  Utilizar agregados y materiales de buena calidad.
-  A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

FRAGUADO INICIAL Y FINAL

Fraguado Final	360	Requisito máximo = 420
Fraguado Inicial	255	Requisito mínimo = 45

Tiempo de fraguado (min)

■ Resultado Promedio ■ Requisito NTP334.090

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

A 3 días	3740	1890
A 7 días	4570	2900
A 28 días	5310	3630

Resistencia a la compresión (psi)

■ Resultado Promedio ■ Requisito mínimo NTP 334.090





Cemento Portland tipo ICo

Requisitos Normalizados

NTP 334.090

REQUERIMIENTOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
SO ₃	Máximo	4.0	%	NTP 334.086	1.2
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.5

REQUERIMIENTOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
Contenido de aire	Máximo	12.0	%	NTP 334.048	4
Finura					
Superficie específica	-	-	cm ² /g	NTP 334.002	4350
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	2.5
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.06
Contracción en autoclave	Máximo	0.20	%	NTP 334.004	-
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	13.0 (1890)	MPa (psi)	NTP 334.051	25.8 (3740)
7 días	Mínimo	20.0 (2900)	MPa (psi)	NTP 334.051	31.5 (4570)
28 días	Mínimo	25.0 (3630)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.6 (5310)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	255
Fraguado final	Máximo	420	Minutos	NTP 334.006	360

VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha de vencimiento: para aprovechar de mejor manera sus propiedades




Fecha y hora de envasado: para que utilices el cemento más fresco

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.090

Pacasmayo

Anexo N° 5: Ficha técnica del porcelanato

HOJA TECNICA		Porcelanato Pulido / Rectificado - 60x60	
		ARENISCA HUESO - NANOMÉTRICO	
NORMA ISO 13006:2012 Group B1a	REQUISITO	CELIMA	TEST
DIMENSIONES Y ASPECTO SUPERFICIAL			
* LARGO Y ANCHO	- Desviación (%) del promedio de cada baldosa (2 ó 4 lados) respecto a la dimensión de fabricación. - Desviación (%) del promedio de 10 baldosas (20 ó 40 lados) respecto a la dimensión de fabricación.	± 0.6% / ± 2.0 mm ± 0.5% / ± 1.5 mm	Cumple Cumple
* ESPESOR	- La desviación (%) del promedio de cada baldosa con respecto al espesor de fabricación.	± 5.0% / ± 0.5 mm	Cumple
* RECTITUD DE LOS LADOS	- Máxima desviación de rectitud (%) con respecto a la dimensión de fabricación.	± 0.5% / ± 1.5 mm	Cumple
* RECTANGULARIDAD	- Máxima desviación de rectangularidad (%) con respecto a la dimensión de fabricación.	± 0.5% / ± 2.0 mm	Cumple
* PLANARIDAD DE LA SUPERFICIE	- Máxima desviación de la planitud (%): a) Curvatura central b) Curvatura lateral c) Alabeo	± 0.5% / ± 2.0 mm ± 0.5% / ± 2.0 mm ± 0.5% / ± 2.0 mm	Cumple Cumple Cumple
* CALIDAD DE LA SUPERFICIE	Un mínimo de 95% de las baldosas estará libre de defectos visibles que puedan perjudicar el aspecto de una superficie mayor de baldosas. 1. Para baldosas con desviaciones irregulares ver Anexo 1.		10545-2
PROPIEDADES FISICAS			
* ABSORCIÓN DE AGUA	E ≤ 0.5% Máximo Individual 0.6%	Cumple	10545-3
* RESISTENCIA A LA ROTURA (N)	No menor que 1300 N - Esp. ≥ 7.5 mm	Cumple	10545-4
* RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (N/mm ²)	Mínimo 35 N/mm ² Mínimo Individual 32 N/mm ²	Cumple	10545-4
* COEFICIENTE DE FRICCIÓN	El fabricante declara el valor y método usado	Coefficiente Fricción Dinámico Método A en Seco ≥ 0.60 en Húmedo ≥ 0.40	10545-17
PROPIEDADES QUIMICAS			
* RESISTENCIA A LAS MANCHAS	Mínimo Clase 3	Cumple	10454-14
1) CALIDAD SUPERFICIAL: La inspección de las baldosas para detectar defectos se realizará de acuerdo al procedimiento descrito en el apartado 7.4 de la norma ISO 10545-2 2) Baldosas con desviaciones irregulares de planitud, serán consideradas como unidades no conformes. Ver anexo 1.			
DIMENSIONES PROMEDIO DE FABRICACION			
- Largo y Ancho (mm)	600 x 600 mm		
- Espesor (mm)	9.00 mm		
- Peso promedio (gr)	7,125 gr		
EMBALAJE			
- Contenido:			
- Piezas por caja	04 piezas		
- M ² por caja	1.44 m ²		
- Peso por caja	28.50 kg		
- Cajas por Pallet (1.20x0.80 m)	36 cajas		
REFERENCIA			
Producto fabricado en China e importado por Cerámica Lima S.A. Fabricado según requisitos de la INTERNATIONAL STANDARD ISO 13005:2012 "Ceramic Tiles - Definitions, Classification, Characteristics and Marking", Annex G (Normative), Table G.1, Dry-pressed ceramic tiles E = < 0.5%, Group B1a. Las dimensiones, el tono y peso de las piezas presentan variaciones normales por el proceso de cocción. Todos los Porcelanatos CELIMA cumplen con la Ley de Rotulado 28405.			
INSTALACION Y MANTENIMIENTO			
- Enchape: - Superficies extensas* - Superficies residenciales y otros - Junta entre piezas - Fraguado - Limpieza y mantenimiento: - Limpieza profunda al final de obra - Limpieza final - Sellado de superficie - Mantenimiento	Pegamento Blanco FLEXIBLE / Pegamento PORCELANATO CELIMA Pegamento PORCELANATO CELIMA Recomendada a 1 a 3 mm Porcelana PORCELANATO CELIMA Quitacemento PORCELANATO N° 3 CELIMA Limpiador PORCELANATO N° 13 / Limpiador UNIVERSAL N° 10 CELIMA Según requerimiento de uso / Sellador PORCELANATO CELIMA Limpiador PORCELANATO N° 13 CELIMA		

* Previa Evaluación en Obra

Anexo N° 6: Panel Fotográfico



Figura 47: Recolección de residuos de cerámicos



Figura 48: Molienda y obtención del porcelanato reciclado molido



Figura 49: Trituración y selección del porcelanato reciclado triturado



Figura 50: Análisis granulométrico del agregado y porcelanato reciclado

Ensayo de slump o asentamiento del concreto



Figura 51: Concreto patrón



Figura 52: Concreto reemplazando agregado fino por porcelanato reciclado



Figura 53: Concreto reemplazando agregado grueso por porcelanato triturado



Figura 54: Elaboración de probetas cilíndricas de 10 cm x 20 cm



Figura 55: Desmolde y codificación de probetas cilíndricas.



Figura 56: Ensayo de resistencia a la compresión