

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Influencia de reemplazo de agregado grueso por RCD y adición de polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal

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

AUTOR

Vicente Jhardel Pupuche Mena

ASESOR

Roberto Carlos Castillo Velarde

<https://orcid.org/0000-0002-9992-6596>

Chiclayo, 2026

Influencia de reemplazo de agregado grueso por RCD y adición de polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal

PRESENTADA POR

Vicente Jhardel Pupuche Mena

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

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Luis Quiroz Quiñones

PRESIDENTE

Mario Antonio Martínez Fiesta
SECRETARIO

Roberto Carlos Castillo Velarde
VOCAL

Dedicatoria

A mi familia, por ser el pilar constante en cada paso de mi vida; a mi padre y a mi hermana, por su apoyo incondicional y fortaleza compartida. A mis amigos, por su ánimo sincero en los momentos más exigentes. Al ing. R. Castillo, por su orientación y compromiso durante todo el proceso de esta tesis. Y al ing. Atilio Carranza de tesis, cuya guía fue esencial para estructurar y concretar esta investigación. A todos, mi gratitud profunda por ser parte fundamental de este logro.

Agradecimientos

A mi familia, por su compañía incondicional a lo largo de este camino. A mi padre, por ser un ejemplo de esfuerzo, por su ayuda constante y por enseñarme a nunca rendirme. A mi hermana, por su apoyo y cercanía. A mis amigos, por estar presentes cuando más lo necesité. A una persona que, aunque ya no forma parte de mi vida, brindó apoyo valioso en momentos clave. Al ing. R. Castillo, por su guía y compromiso, y a al ing. Atilio Carranza de tesis, por orientarme con claridad en el desarrollo de esta investigación.

Influencia de reemplazo de agregado grueso por RCD y adición de polvo de grafito en adoquines de concreto permea...

module 05

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3618:138701954

Fecha de entrega

12 may 2026, 11:52 GMT-5

Fecha de descarga

12 may 2026, 11:56 GMT-5

Nombre del archivo

Influencia de reemplazo de agregado grueso por RCD y adición de polvo de grafito en adoquinespdf

Tamaño del archivo

9.6 MB

150 páginas

22.989 palabras

125.148 caracteres



Página 1 de 163 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid::3618:138701954



Página 2 de 163 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::3618:138701954

16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Fuentes principales

- 11% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 13% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Índice

Resumen	10
Abstract	11
Revisión de literatura.....	16
Base Teórica:	21
Materiales y métodos	45
Proceso para demostrar la Hipotesis:	50
Diagrama de flujo.....	51
Procedimientos	52
Ensayos.....	53
Resultados y Discusión:	80
Resultados	80
Discusión	92
Conclusiones:	104
Recomendaciones:	106
Referencia bibliográfica.....	107

Lista de Tablas

<i>Tabla I variantes de cemento descritas en la NTP 334.001</i>	22
<i>Tabla II Cuadro de tipos de cemento portland descritas en la NTP 334.082</i>	22
<i>Tabla III Límites establecidos en la NTP 400.037</i>	23
<i>Tabla IV Requisitos del uso de los adoquines según la NTP 399.611</i>	27
<i>Tabla V Espesor nominal y la resistencia a la compresión</i>	28
<i>Tabla VI Tolerancia dimensional del adoquín</i>	28
<i>Tabla VII Absorción de agua según la NTP 399.611</i>	29
<i>Tabla VIII Espesor nominal y la resistencia a la compresión</i>	29
<i>Tabla IX Res. mín a flexión dado por la N.T.P.399.611</i>	30
<i>Tabla X Clasificación del RCD según el decreto supremo N°002-2022-VIVIENDA</i>	32
<i>Tabla XI Categorías del RCD aprovechable y no aprovechables</i>	33
<i>Tabla XII NTP 400.039</i>	36
<i>Tabla XIII Resistencia a la compresión vs contenido de aire</i>	38
<i>Tabla XIV Porcentaje de agregado fino y b/b0</i>	39
<i>Tabla XV Resistencia a la compresión vs contenido de aire</i>	39
<i>Tabla XVI Normativa utilizada</i>	44
<i>Tabla XVII Cantidad de probetas para la resistencia a la compresión</i>	47
<i>Tabla XVIII Cantidad de probetas a la resistencia a la flexión</i>	48
<i>Tabla XIX Cantidad de probetas a la resistencia a la abrasión</i>	48
<i>Tabla XX Cantidad de probetas a la resistencia a la absorción</i>	48
<i>Tabla XXI: Cantidad de probetas para el ensayo de permeabilidad</i>	48
<i>Tabla XXII Operación de variables</i>	49
<i>Tabla XXIII Fuentes de recolección de datos</i>	50
<i>Tabla XXIV Contenido de humedad de agregado grueso</i>	54
<i>Tabla XXV contenido de humedad agregado fino</i>	54
<i>Tabla XXVI Contenido de humedad del RCD 100%</i>	55
<i>Tabla XXVII Contenido de humedad del RCD 50%</i>	55
<i>Tabla XXVIII Ensayo de granulometría ag. grueso</i>	56
<i>Tabla XXIX Ensayo de granulometría de ag. fino</i>	56
<i>Tabla XXX Ensayo de granulometría del RCD50%</i>	57
<i>Tabla XXXI Ensayo de granulometría del RCD 100%</i>	57
<i>Tabla XXXII Peso específico del agregado grueso</i>	59
<i>Tabla XXXIII Peso específico del agregado</i>	59
<i>Tabla XXXIV Peso específico del RCD 50%</i>	60

<i>Tabla XXXV</i>	<i>Peso específico del RCD 100%</i>	<i>60</i>
<i>Tabla XXXVI</i>	<i>Peso unitario del agregado grueso</i>	<i>62</i>
<i>Tabla XXXVII</i>	<i>Peso unitario del agregado fino</i>	<i>62</i>
<i>Tabla XXXVIII</i>	<i>Peso unitario del RCD 50%</i>	<i>63</i>
<i>Tabla XXXIX</i>	<i>Peso unitario del RCD 100%</i>	<i>63</i>
<i>Tabla XL</i>	<i>Resultados de la resistencia a la compresión C. patrón</i>	<i>64</i>
<i>Tabla XLI</i>	<i>Resultados de la resistencia a la compresión RCD 50% y 0.5 % de polvo de grafito</i>	<i>64</i>
<i>Tabla XLII</i>	<i>Resultados de la resistencia a la compresión RCD 50% y 0.75 % de polvo de grafito</i>	<i>65</i>
<i>Tabla XLIII</i>	<i>Resultados de la resistencia a la compresión del RCD 50% y 1% de polvo de grafito</i>	<i>66</i>
<i>Tabla XLIV</i>	<i>Resultados de la resistencia a la compresión RCD 100% y 0.5 % de polvo de grafito</i>	<i>67</i>
<i>Tabla XLV</i>	<i>Resultados de la resistencia a la compresión RCD 100% y 0.75 % de polvo de grafito</i>	<i>68</i>
<i>Tabla XLVI</i>	<i>Resultados de la resistencia a la compresión del RCD 100% y 1% de polvo de grafito</i>	<i>68</i>
<i>Tabla XLVII:</i>	<i>Resultado de ensayo de permeabilidad de adoquín permeable</i>	<i>70</i>
<i>Tabla XLVIII:</i>	<i>Resultado de ensayo de absorción C.patron</i>	<i>72</i>
<i>Tabla XLIX:</i>	<i>Resultado de ensayo de absorción de M.RCD 50% - 0.5% Polvo de grafito</i>	<i>72</i>
<i>Tabla L:</i>	<i>Resultado de ensayo de absorción de M.RCD 50% -0.75% Polvo de grafito</i>	<i>72</i>
<i>Tabla LI:</i>	<i>Resultado de ensayo de absorción en M.RCD 50%- 1% Polvo de grafito</i>	<i>72</i>
<i>Tabla LII:</i>	<i>Resultado de ensayo de absorción de M.RCD 100% - 0.75% Polvo de grafito</i>	<i>73</i>
<i>Tabla LIII:</i>	<i>Resultado de ensayo de absorción de M.RCD 100%- 0.5%Polvo de grafito</i>	<i>73</i>
<i>Tabla LIV:</i>	<i>Resultado de ensayo de absorción de M.RCD100%- 1%Polvo de grafito</i>	<i>73</i>
<i>Tabla LV:</i>	<i>Resultados de ensayo a flexotraccion en C. patron</i>	<i>75</i>
<i>Tabla LVI:</i>	<i>Resultado de ensayo a flexotraccion en M.RCD 50%- 0.5 Polvo de Grafito</i>	<i>75</i>
<i>Tabla LVII:</i>	<i>Resultados de ensayo a flexotraccion en M.RCD 50%- 0.75% Polvo de grafito.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla LVIII:</i>	<i>Resultado del ensayo de flexotraccion M.RCD 50% - 1% Polvo de grafito</i>	<i>75</i>
<i>Tabla LIX:</i>	<i>Resultado del ensayo a flexotraccion M.RCD100% - 0.5% polvo de grafito</i>	<i>76</i>
<i>Tabla LX:</i>	<i>Resultado del ensayo a flexotraccion M.RCD 100% - 0.75% Polvo de grafito</i>	<i>76</i>
<i>Tabla LXI:</i>	<i>Resultados del ensayo a flexotraccion M.RCD 100%- 1% Polvo de grafito</i>	<i>76</i>
<i>Tabla LXII</i>	<i>Ensayo de resistencia a la abrasión en el adoquín permeable</i>	<i>78</i>
<i>Tabla LXIII:</i>	<i>Resultado de sales solubles totales en RCD</i>	<i>79</i>
<i>Tabla LXIV:</i>	<i>Resultados del ensayo de Cloruros en RCD</i>	<i>79</i>
<i>Tabla LXV:</i>	<i>Resultados de ensayo de Sulfatos en RCD</i>	<i>79</i>
<i>Tabla LXVI</i>	<i>Granulometría del agregado grueso</i>	<i>80</i>
<i>Tabla LXVII</i>	<i>Granulometría del agregado fino</i>	<i>81</i>
<i>Tabla LXVIII</i>	<i>Resultados del contenido de humedad de Ag. Fino</i>	<i>82</i>
<i>Tabla LXIX</i>	<i>Resultados del contenido de humedad del Ag. grueso</i>	<i>82</i>

<i>Tabla LXX Resultados del Ag. Fino</i>	82
<i>Tabla LXXI Resultados del Ag. grueso</i>	83
<i>Tabla LXXII Peso unitario y compactado del Ag. grueso</i>	83
<i>Tabla LXXIII Peso unitario y compactado del Ag. fino</i>	83
<i>Tabla LXXIV Granulometría del RCD 50%</i>	85
<i>Tabla LXXV Resultados del RCD 50%</i>	85
<i>Tabla LXXVI Resultados del RCD 100%</i>	86
<i>Tabla LXXVII Resultado del contenido de humedad del RCD 50%</i>	86
<i>Tabla LXXVIII Resultado del contenido de humedad del RCD 100%</i>	86
<i>Tabla LXXIX RCD 50%</i>	87
<i>Tabla LXXX RCD 100%</i>	87
<i>Tabla LXXXI: A.P.U del R.C.D</i>	102
<i>Tabla LXXXII: Análisis para la elaboración de Adoquín poroso</i>	102
<i>Tabla LXXXIII: Costo de la M. porosa</i>	103
<i>Tabla LXXXIV: Costo del C. permeable con 50% R.C.D+1% P.grafito</i>	103

Lista de graficas

<i>Grafica 1: Curva edad vs f'c de la muestra patrón</i>	<i>64</i>
<i>Grafica 2: Curva edad vs f'c % de la muestra RCD 50%- 0.5% polvo de grafito</i>	<i>65</i>
<i>Grafica 3: Curva edad vs f'c % de la muestra RCD 50%- 0.75% polvo de grafito</i>	<i>66</i>
<i>Grafica 4: Curva edad vs f'c % de la muestra RCD 50%- 1% polvo de grafito</i>	<i>66</i>
<i>Grafica 5: Curva edad vs f'c % de la muestra RCD 100%- 0.5% polvo de grafito</i>	<i>67</i>
<i>Grafica 6: Curva edad vs f'c % de la muestra RCD 100%- 0.75% polvo de grafito</i>	<i>68</i>
<i>Grafica 7: Curva edad vs f'c % de la muestra RCD 100%- 1% polvo de grafito</i>	<i>69</i>
<i>Grafica 8: Ensayo de humedad de los agregados.....</i>	<i>93</i>
<i>Grafica 9: Ensayo de peso específico y absorción de los agregados</i>	<i>94</i>
<i>Grafica 10: Ensayo de peso unitario suelto y compactado de los agregados</i>	<i>96</i>
<i>Grafica 11: Resistencia a la compresión del MRCD 50% - 1%PG con la M. Patron</i>	<i>97</i>
<i>Grafica 12: Promedio del Módulo de Ruptura en Adoquines Permeable con Agregado Reciclado y Polvo de grafito</i>	<i>98</i>
<i>Grafica 13: Resistencia a la Abrasión en Adoquines Permeables con Diferentes Porcentajes de Agregado Reciclado y Polvo de grafito.....</i>	<i>100</i>

Lista de Anexos

<i>Anexo 1: Validación de ensayo de laboratorio.....</i>	<i>111</i>
<i>Anexo 2: Carta de conformidad del asesor</i>	<i>112</i>
<i>Anexo 3: Ensayo de distribución de partículas del Ag.fino de la muestra patron</i>	<i>113</i>
<i>Anexo 4: Ensayo de distribucin de particulas del Ag,grueso de la muestra patron</i>	<i>114</i>
<i>Anexo 5: Ensayo de P. u del Ag. grueso de la M. patron.....</i>	<i>115</i>
<i>Anexo 6: Ensayo de P. u del Ag. fino de la M.patron</i>	<i>116</i>
<i>Anexo 7: Ensayo de P. específico y abs. de los Ag. de la M. Patron</i>	<i>117</i>
<i>Anexo 8: Ensayo de cont. Humedad de los Ag. de la M. Patron.....</i>	<i>118</i>
<i>Anexo 9: Ensayo de distribución de partículas del Ag.fino de la muestra RCD 50%.....</i>	<i>119</i>
<i>Anexo 10: Ensayo de distribución de partículas del Ag.grueso de la muestra RCD 50%.....</i>	<i>120</i>
<i>Anexo 11: Ensayo de P. u del Ag. fino de la M. RCD 50%.....</i>	<i>121</i>
<i>Anexo 12: Ensayo de P. u del Ag. gruesa de la M. RCD 50%.....</i>	<i>122</i>
<i>Anexo 13: Ensayo de P. específico y abs. de los Ag. de la M. RCD 50%.....</i>	<i>123</i>
<i>Anexo 14: Ensayo de cont. Humedad de los Ag. de la M. RCD 50%.....</i>	<i>124</i>
<i>Anexo 15: Ensayo de distribución de partículas del Ag.fino de la muestra RCD 100%.....</i>	<i>125</i>
<i>Anexo 16: Ensayo de distribución de partículas del Ag.grueso de la muestra RCD 100%.....</i>	<i>126</i>
<i>Anexo 17: Ensayo de P. u del Ag. grueso de la M. RCD 100%</i>	<i>127</i>
<i>Anexo 18:Ensayo de P. u del Ag. fino de la M. RCD 100%.....</i>	<i>128</i>
<i>Anexo 19: Ensayo de P. específico y abs. de los Ag. de la M. RCD 100%.....</i>	<i>129</i>
<i>Anexo 20: Ensayo de cont. Humedad de los Ag. de la M. RCD 100%.....</i>	<i>130</i>
<i>Anexo 21: Resultado de res. a la compresión de la M. patron.....</i>	<i>131</i>
<i>Anexo 22: Resultados de Res.compresión del A. Permeable de RCD 50%+ 0.5 % P. grafito</i>	<i>132</i>
<i>Anexo 23: Resultados de Res.compresión del A. Permeable de RCD 50%+ 0.75 % P. grafito</i>	<i>133</i>
<i>Anexo 24: Resultados de Res.compresión del A. Permeable de RCD 50%+ 1 % P. grafito</i>	<i>134</i>
<i>Anexo 25: Resultados de Res.compresión del A. Permeable de RCD 100%+ 0.5 % P. grafito</i>	<i>135</i>
<i>Anexo 26: Resultados de Res.compresión del A. Permeable de RCD 100%+ 0.75 % P. grafito</i>	<i>136</i>
<i>Anexo 27: Resultados de Res.compresión del A. Permeable de RCD 100%+ 1 % P. grafito</i>	<i>137</i>
<i>Anexo 28: Resultado del ensayo a Flexión por tracción de A. Poroso</i>	<i>138</i>
<i>Anexo 29: Carta de Autorización para ensayos externos.....</i>	<i>139</i>
<i>Anexo 30: Certificado de calibración del equipo externo.....</i>	<i>140</i>
<i>Anexo 31: Ensayo de Res. Abrasion de los adoquines.....</i>	<i>144</i>
<i>Anexo 32: Ensayo de permeabilidad del adoquín</i>	<i>146</i>
<i>Anexo 33: Ficha tec. del P.grafito</i>	<i>148</i>
<i>Anexo 34: Resultado de dends. del P. grafito.....</i>	<i>149</i>
<i>Anexo 35: Informe de ensayo de sales, cloruros y sulfatos del RCD.....</i>	<i>150</i>

Resumen

En el presente trabajo titulado “**Aprovechamiento de mezcla entre rcd y adición de polvo de grafito para adoquín concreto permeable de uso peatonal, Chiclayo 2024**” que cuyo propósito es, poder elaborar adoquines permeables con material RCD para agregado grueso y polvo de grafito para su utilización en vías peatonales para mejorar la permeabilidad en diferentes porcentajes, considerando que el remplazo del RCD en AG.grueso y la incorporación de P.grafito se logre obtener adoquines permeables óptimos para su uso. Con el propósito de lograrlo se comenzó con los experimentos asignados a los agregados para determinar las propiedades físicas, este proceso es muy importante debido a que serán fundamentales En la fase de concepción inicial de la mezcla, a efectos de hacer los estudios asignados y determinar que cumplan con los parámetros solicitados se procederá a realizar los muestreos con el remplazo del RCD y adición de polvo de grafito para después evaluar los resultados y concluir si es óptimo a utilizar en obras peatonales.

Palabras clave: Concreto, RCD, Reemplazo, Polvo de grafito

Abstract

In the present work entitled "**Exploitation of a mixture between rcd and the addition of graphite powder for permeable concrete paving stones for pedestrian use, Chiclayo 2024**" whose purpose is to be able to make permeable paving stones with RCD material for coarse aggregate and graphite powder for use in pedestrian paths to improve permeability in different percentages, considering that the replacement of the RCD in AG.grueso and the incorporation of P.graphite can obtain optimal permeable paving stones for use. In order to achieve this, the experiments assigned to the aggregates began to determine the physical properties, this process is very important because they will be fundamental In the initial conception phase of the mixture, in order to carry out the assigned studies and determine that they comply with the requested parameters, sampling will be carried out with the replacement of the RCD and the addition of graphite powder to then evaluate the results and conclude if it is optimal to use in pedestrian works.

Keywords: Concrete, RCD, Replacement, Graphite Powder

Introducción

En el contexto contemporáneo, la industria constructiva ha ido creciendo notoriamente a causa de la necesidad poblacional y el desarrollo urbano, gracias a ello; con el pasar del tiempo, el modo de llevar a cabo los procesos dentro de este rubro también cambió, puesto que el estándar de calidad se ha tornado más riguroso. Debido a esto, las construcciones se han catalogado como una de las mayores productoras de sobrantes en todos los países. Es decir, en todo el mundo se aporta más del 49.99% de residuo inorgánico; dentro de ello está, el de construcción y demolición (RCD) dependiendo a primera mano del crecimiento metropolitano [1]. Es decir, el aumento de la población afectó de manera directa, ocasionando abundancia de sobrantes en las ciudades, por ello, la entidad encargada de las estadísticas oficiales del país (INEI), refiere que el departamento de Lambayeque conto con 1,197,260 habitantes en el año 2022 [2]. Por otro lado, la definición de RCD es dada por el Decreto Supremo N.º 002-2022-VIVIENDA, en el artículo 6, refiriéndose a estos, como elementos generados en la realización de proyectos de infraestructura, desarrollos urbanos o construcciones que en sus procesos generan una gran cantidad de RCD [3].

De igual manera la gran cantidad de residuos producidos y el abuso en la explotación de materia prima, están afectando considerablemente la biósfera. Es en este contexto, que también se hace notable la afectación del ecosistema y el manejo del agua en la metrópolis. Teniendo en cuenta que las ciudades enfrentan desafíos con las precipitaciones, y, en consecuencia, traen consigo estrés en los sistemas de drenajes, se podrían desencadenar inundaciones, haciendo necesario la implementación de medidas más sostenibles.

En el sector latinoamericano Colombia, se evidenció un inadecuado manejo de sobrantes sólidos en zonas no aptas; por lo que, los ecosistemas y los habitantes han sido afectados notablemente tanto en salud, como en inundaciones, debido a que los RCD se depositaban en canales de aguas pluviales, donde eran arrastrados por las precipitaciones y obstruían las rejillas ocasionando que las calles se vieran inundadas [4]. Debido a esto, se implementó un reglamento para el uso de estos materiales, de la misma forma para su disposición y gestión. Lo antes mencionado se ve reflejado en el Decreto 1784 de 2017 [5]. De igual modo, Costa rica tuvo un manejo inapropiado del 36.34% de estos componentes donde surgieron zonas de disposición no autorizadas, de tal manera que arriesgaron la salud integral de la ciudadanía, en forma directa e indirecta, y también aumentando los gastos para mantener y restaurar el medio ambiente [6].

Asimismo, Perú genera una elevada cantidad de sobrantes, consecuencia de la sobreexplotación de materias primas no renovables y el mal control de ellas hacen que no se aprovechen de manera óptima. A pesar de mostrar un compromiso con el reciclaje y la reutilización de desechos sólidos, es notorio el escaso conocimiento acerca de la gestión para aprovechamiento de material excedente generados por la construcción o demolición [7]. Se demostró que durante el año 2022 en Lambayeque se contabilizó un total de 323 mil toneladas al año desechos sólidos gestionados a nivel urbano. sub dividiéndose en el distrito capital de la región se generó 264,053.76 t/año de RS mientras que Ferreñafe emitió 17,633.50 t/año y la ciudad de Lambayeque 42,138.41 t/año como conclusión tenemos que Chiclayo fue la ciudad que más generó en RS municipal cada habitante emitía 0.88 kg/hab./día [8].

En esta realidad, los desechos provenientes de constr. y demolición (R.C.D), particularmente en ciudades intermedias como Chiclayo, donde la carencia de tecnologías adecuadas y políticas efectivas ha provocado que estos residuos se acumulen en botaderos informales en áreas de uso común, provocando consecuencias adversas sobre el ambiente y la dinámica urbana [9], [10]. A diferencia de otros países como Costa Rica y Colombia, donde ya existen marcos regulatorios específicos para la gestión de R.C.D [5], [11], en Perú las normativas aún son incipientes y poco aplicadas a nivel municipal. A esto se suma la baja inversión en tecnologías de reaprovechamiento y la limitada difusión de alternativas constructivas sostenibles, lo que dificulta la implementación de soluciones eficientes [12]. Esta situación plantea una problemática relevante: ¿cómo reducir el impacto ambiental generado por los R.CD en la región Lambayeque y si lo incorporamos en elementos constructivos como los adoquines permeables, que además contribuyan al manejo de recursos hídricos urbanos? [13].

El progreso reciente en el ámbito de la Ingeniería Civil ha fortalecido su rol como una parte fundamental en el sector financiero de las Naciones, sin hacer distinción de su desarrollo y con ello van surgiendo métodos para mejorar los procesos constructivos y así también la forma de integrar materiales que pueden volver a reutilizarse y que actúen de manera óptima, una de ellas es el RCD que como en lo anterior descrito es uno de los problemas más significativos que tienen los países, es por ello que en la presente investigación la integración de este material a la fabricación de adoquín permeable tiene como objetivo poder ofrecer una solución eco amigable para abordar el acopio no controlado de desechos provenientes de actividades de obras civiles, así reduciendo la acumulación de desechos sino que representa una alternativa eficaz para la gestión del recurso

hídrico en entornos urbanos, no obstante la innovación de este material podría ir más allá al considerar la incorporación del polvo de grafito en la composición de estos adoquines. Debido a que el polvo de grafito mejorara tanto la durabilidad, resistencia en los adoquines, pero también añade un componente de reutilización y sostenibilidad reduciendo una huella ambiental en la fabricación de infraestructuras urbanas.

La realización de esta investigación, se justifica bajo aspectos como, el sector financiero, que tiene como objetivo enfocar, en el uso de agregados aprovechables, a las Compañías dedicadas al rubro de la construcción, esto dado que los elementos empleados en la fabricación de adoquines, presume un valor cómodo, en contraste con el que presentan las probetas de concreto, de esta manera impulsaremos obras que conlleven un coste apropiado y mayor perdurabilidad.

Si hablamos del entorno natural, el aprovechamiento de RCD en la integración de materiales como agregados reciclados proporcionarán un gran aporte en el ambiente, porque ayudaría a reducir la contaminación visual, además de que aminorara la explotación de nuestros recursos naturales que esto implicaría la disminución de extraer agregados en nuestras canteras y que indirectamente también reduciría la emisión de gases de combustión que estas son emitidas por el uso de maquinaria que se utiliza para la extracción y el transporte de estos elementos.

Desde el aspecto personal, a través de la investigación sobre el aprovechamiento de componentes regenerados en obras, empleados en la fabricación de adoquines, mi objetivo es estimular y motivar a futuras investigaciones dentro de nuestra comunidad estudiantil. Al mismo tiempo, deseo hacer una contribución a nuestra sociedad al promover la reutilización de estos componentes, lo que ayudará a reducir las repercusiones ecológicas producidas por los sobrantes (R.C.D).

Para ello, la incorporación de sobrantes (R.C.D) como árido grueso en la producción de unidades prefabricadas permeables en combinación con él Polvo.grafito, su comportamiento físico y su capacidad para permitir el paso del agua del material elaborado, mientras que contribuye a la reducción de excedentes de obras civiles y mejora el manejo del agua en entornos urbanos.

Para abordar la cuestión previamente mencionada y validar la Hipótesis propuesta, **el objetivo principal** es elaborar adoquines permeables con material RCD para agregado grueso y polvo de grafito para su utilización en vías peatonales para mejorar la permeabilidad en diferentes porcentajes; y como objetivos específicos; realizar el diseño de mezcla con porcentajes de reemplazo de 50% y 100% de agregado de RCD en el adoquín permeable y polvo de grafito de 0.5%, 0.75% y 1% ; evaluar las propiedades de los sobrantes de RCD mediante ensayos de

granulometría, peso unitario, contenido de humedad, peso específico y absorción; Caracterización y control de calidad de RCD; examinar las propiedades del adoquín permeable con RCD y polvo de grafito por medio de los ensayos de Compresión, Abrasión, Permeabilidad, Flexión y Tracción, realizar un análisis económico del adoquín permeables con RCD y adición de polvo de grafito.

Revisión de literatura

Antecedentes:

Antecedentes internacionales

M.L Luis Alberto, “fabricación de bloques de cemento con agregados de residuos de construcción y demolición (RCD) provenientes de mamposterías de ladrillo” tesis de ingeniería, Universidad Católica de Cuenca, Azogues- Ecuador, 2022.

El estudio desarrollado en Azogues, Ecuador [14]. Expone que hay una gran problemática en la gestión de RCD, asimismo, refiere el ritmo descontrolado que se ha realizado en la toma de insumos naturales, uso intensivo de materiales como los agregados, así como también a la generación considerables de escombros destinado a vertederos que generan un gran impacto negativo siendo estos muy significativos. La región se caracteriza porque existe una mayor predominancia de construcciones de concreto y cerámicos, lo que contribuye a la acumulación de restos, por lo cual la intención de este proyecto es poder aprovechar estos residuos para utilizarlos como agregados en bloques de cemento, específicamente el material a utilizar es el RCD de mampostería de ladrillo, lo que se busca es que cumpla con los requerimientos físicos y mecánicos prescrito en la normativa NTE.INEN.3066, hace una dosificación para los bloques de concreto del 0 %, 25%, 50%, 75%, 100%. Los resultados señalan que en algunos casos las probetas de concreto con RCD superan en las propiedades en la mezcla convencional de cemento y agregados, también se demostró que en características mecánicas el concreto con RCD al 100% presentaba menor resistencia a la compresión, pero mostraba eficacia continua, con ello demostró que el agregado de RCD en concreto se presenta como una opción sostenible a largo plazo para disminuir y atenuar el impacto ambiental.

L. M. Jiménez Bolaños, N. F. Trochez Sánchez, Y. D. Díaz Rosero, “Estudio para aprovechamiento de RCD en Santiago de Cali como agregado en materiales de construcción”, Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, Bistua, 2019.

Los autores [15], El estudio realizado refiere, a nivel global, el 50% de sobrantes inorgánicos son gracias al área de construcción, sin embargo, el incremento

poblacional también tiene una participación significativa en ello. Lo que resulta en un problema potencial si no recibiesen un proceso adecuado para su posterior reutilización, y mucho menos lugares especializados para su manejo y gestión última; ya que estos alteran en gran manera el medio ambiente. El estudio realizado tiene como objetivo, estimar el nivel de trabajabilidad que posee el RCD como agregado, según la NTC 174. Del mismo modo se busca calcular el análisis estructural y el comportamiento del material en el desarrollo de ladrillos capaces de satisfacer las especificaciones requeridas la N.T.C.4026. Por ende, se confeccionaron ladrillos con agregado y escoria de parrilla, obteniéndose así un 9.8%, 18.7%, 38% y un 25.6% de cerámica, cerámica roja, concreto y residuos mixtos respectivamente. La caracterización granulométrica del material según la NTC 174; precisa que el elemento es capaz de adaptarse y dispersarse de manera apropiada, de modo que se logre una mezcla a partir de un aglutinante, como lo es el cemento, pese a no encontrarse por completo en el trayecto abarcado hasta los límites de este. Por otro lado, al realizarse el análisis de contaminantes orgánicos, se empleó el método cloramina-T y categorizó el agregado como N°3, es decir, la concentración de elementos naturales es aprovechable en su utilización en la producción de morteros y concretos como componente granular alternativo. Esto sugiere que el ladrillo puede ser aprovechado como. elaborado exhibe 17.90 MPa, 9.79% y 1789 kg/m³ de fuerza compresiva, una absorción y densidad, respectivamente; siguiendo las directrices de la norma NTC 4026, se establece su realización con un umbral mínimo de 13 MPa y 12% , si de resistencia de compresión se habla, así como también una absorción máxima, según corresponde, para aquellos de peso intermedio, presenta un rango de densidad que oscila entre 1680 y 2000 kg/m³. En síntesis, estos sobrantes transformados en agregados abarcan en su mayoría lo establecido en la NTC 174, así como todo lo dispuesto en NTC 4026, que accede a la utilización del producto transformado como agregado dentro de la composición de ladrillos macizos empleados en obras civiles.

Alonso. Et al “fabricación de adoquines de concreto permeable” Artículo científico, México. Universidad autónoma de Chiapas. 2018

Se señala que el adoquín de tipo permeable posee una resistencia adecuada frente a cargas compresivas, al mismo tiempo que permite un flujo eficiente del agua a través de su estructura, lo que lo hace idóneo como componente para la creación de senderos y pavimentos con un tráfico vehicular limitado. Debido a su naturaleza de fragmentos pequeños, demuestra un método constructivo factible y fácil de transportar, permitiendo la posibilidad de transferir tecnología para su aplicación en diversas comunidades [16].

Antecedentes nacionales

R. D. Cornejo Ramos, Elaboración de adoquín de concreto permeable para facilitar el drenaje de aguas pluviales en la región de Lambayeque, tesis de ingeniería civil, Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú, 2023.

En esta investigación desarrollada en la región de Lambayeque [17], Se examina el fenómeno de acumulación de aguas pluviales en áreas urbanizadas, considerando sus causas y efectos sobre la infraestructura, proponiendo una alternativa funcional mediante la fabricación de elementos prefabricados permeables. La autora plantea una solución técnica mediante el uso de una mezcla porosa que permite el drenaje eficiente del agua hacia el subsuelo, mejorando así la infraestructura vial en áreas peatonales. Se emplearon diferentes proporciones de agregados gruesos y finos, con el objetivo es analizar el desempeño estructural y la eficiencia hidráulica del material utilizado. Las pruebas realizadas demostraron que, a pesar de la reducción en resistencia en comparación con el concreto convencional, los adoquines permeables cumplen con los requisitos funcionales y presentan ventajas ambientales al mitigar el riesgo de inundaciones. Esta tesis contribuye al desarrollo de tecnologías sostenibles en pavimentación, siendo especialmente relevante para zonas con alta frecuencia de precipitaciones como Lambayeque.

A.X Guisado Barrios. E.R Curi Grados “Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú”, Tesis de ingeniería, Lima: Universidad Católica del Perú

En el estudio realizada en Lima- Perú [18]. Expone que durante las altas precipitaciones que ocurrieron en el Perú la mayoría de ciudades se vieron afectadas debido a que no tienen pavimentos permeables o sistemas de drenaje pluvial, también era el caso que, si contaba con sistemas de drenaje, pero no funcionaban del todo bien, esto conllevó que surgieran casos de inundaciones en varias calles. En este estudio proponen la producción de concreto permeable que permitirá tener un mayor conocimiento de este material y un método de control para las aguas pluviales. Se evaluaron las propiedades mecánicas y la eficiencia hidráulica de la mezcla porosa desarrollada, siguiendo las directrices establecidas por la A.C.I.522R-10 y los ensayos definidos por A.S.T.M. Se procedió a comparar la respuesta del elemento en términos de su capacidad para soportar caras compresivas, se ubicaron entre 17 y 38 MPa, mientras que las tensiones generadas por flexión alcanzaron valores máximos de 3.6 a 3.9 MPa. En cuanto al comportamiento hidráulico, se identificaron variaciones en la permeabilidad según las proporciones utilizadas en cada mezcla. Se desarrollaron dieciséis formulaciones diferentes, en las cuales se ajustaron tanto las cantidades de agregado fino como el volumen de vacíos, con el objetivo de optimizar el rendimiento del material.

D. A. Villalobos Romero, “Evaluación de las propiedades de un concreto permeable utilizando residuos de construcción y demolición para su utilización en pavimentos especiales en el distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, 2020,” Tesis de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

En esta investigación, realizada en el distrito de Pueblo Nuevo, región Lambayeque [19]. se evalúa la incorporación de R.CD como parte del árido grueso en mezclas de concreto permeable para ser aplicadas en pavimentos especiales. Esta investigación surge como una respuesta al desafío ambiental asociado al manejo inadecuado de escombros de obra y a la explotación de materias primas no renovables, proponiendo

alternativas que minimicen dichos efectos. Se elaboraron diseños con una resistencia característica de 210 kg/cm², incorporando RCD en variables del 10%, 20% y 30% en sustitución parcial del Ag. grueso. La metodología incluyó ensayos resistencia compresiva, el comportamiento hidráulico del material y análisis granulométrico, que fue comparada con una mezcla patrón sin RCD. Los resultados evidenciaron que al incorporar hasta un 20% de RCD, el comportamiento físico del concreto frente a esfuerzos permanece dentro de rangos aceptables, manteniendo además una permeabilidad adecuada para su uso en pavimentos. A partir del 30%, se observó una leve disminución en la resistencia, aunque aún funcional para tránsito peatonal y zonas de baja carga. Se evidencia que emplear R.CD en concreto poroso no solo representa una alternativa sostenible, sino también viable técnicamente para aplicaciones urbanas, especialmente en climas cálidos como la costa norte del Perú.

Base Teórica:

Concreto permeable:

1. Definición:

Según los lineamientos A.C.I, Este tipo de mezcla porosa se define como un material de superficie baja y poroso conformado por cemento, ag.grueso, mínimos o nulos ag.finos, agentes mejorados y volumen de agua, esta combinación resulta en un componente endurecido con poros interconectados cuyos diámetros oscilan entre los 2 a 8 mm lo que permite una adecuada circulación del agua, el material tiene un porcentaje de vacío entre un 15% y un 35% y muestra resistencia a la compresión de 208 a 28 megapascuales [20].

El concreto permeable consta de una estructura compuesta por distintas capas: en la parte superior se encuentra el concreto permeable, seguido de una base similar a la de cualquier otro pavimento, pero con capacidad para almacenar y controlar el agua. Opcionalmente, se incluye un sistema de drenaje que varía en complejidad según los requerimientos específicos. Finalmente, la capa inferior es el suelo natural, el cual, dependiendo de sus características, puede permitir la infiltración del agua [21]

A. Composición:

La composición es:

✓ *Cemento:*

Su presencia en la mezcla oscila entre el 7% y el 15%, de acuerdo con las pautas establecidas por la NTP 334.001. El cemento, elaborado a partir de la pulverización del Clinker, composición dominada de silicatos de calcio hidráulico. [22]. Es una sustancia con propiedades tanto adhesivas como cohesivas. En este entorno, el cemento funciona como aglutinante al reaccionar con el agua y los agregados. [23].

Asimismo, la NTP 334.001 nos indican 5 tipos:

NTP 334.001 nos indican 5 tipos de cemento portland	
TIPO	USO
TIPO I	Cemento de uso general
TIPO II	Cemento de uso general moderado resistencia a los sulfatos
TIPO III	Su uso es cuando se requiere una alta resistencia inicial)
TIPO IV	Cemento con bajo calor de hidratación
TIPO V	Su uso es cuando se necesita una alta resistencia al sulfato

Tabla I variantes de cemento descritas en la NTP 334.001

Por otra parte, en la NTP 334.082 los tipos de cementos están clasificados según el requerimiento específico donde se utilizará [24]. La clasificación es:

NTP 334.082 nos indican 5 tipos de cemento portland	
TIPO	USO
TIPO GU	Cemento de uso general
TIPO HE	Cemento con alta resistencia inicial
TIPO MS	Cemento con moderada resistencia a los sulfatos
TIPO HS	Cemento con alta resistencia a los sulfatos
TIPO MH	Cemento con moderado calor de hidratación
TIPO LH	Cemento con bajo calor de hidratación

Tabla II Cuadro de tipos de cemento portland descritas en la NTP 334.082

En lo que respecta al C.poroso, el material aglutinante este diseñado para ajustarse a los requisitos técnicos especificados en las normas utilización del concreto permeable, es fundamental que el cemento cumpla con las normas establecidas por A.S.T.M, También es esencial asegurar que el cemento interactúe de forma adecuada con el resto de componentes de la mezcla, con el fin de evitar complicaciones como el retardo o aceleración excesiva en el endurecimiento, variaciones no deseadas en la compactación interna del material y posibles afectaciones en su capacidad para permitir o restringir el paso de fluidos.

✓ **Agua**

Se usa el agua potable que no presente evidentes alteraciones en apariencia o en aroma, esta sustancia es idónea para la fabricación de concreto, comprende un rango del 14%-18% del volumen total del compuesto.

✓ **Agregados:**

La definición de agregados dada en la NTP 400.037 refiere a un grupo de fragmentos de fuentes naturales o producidas por la intervención humana y cuyas dimensiones están establecidas por la misma norma [25]. La utilización de este material ocupa la mayor proporción de volumen de concreto que equivale el 60 % a 75%.

• **Agregado fino**

Se refiere al árido que se derivan de la descomposición ya sea originario o inducido y que atraviesa la malla de 3/8", mientras que queda retenido en el número 200[25]. Tiene que cumplir con los estándares de la N.T.P.400.037.

Tamiz	% que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N°4)	95 a 100
2.36 mm (N°8)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
600 μm (N°30)	25 a 60
300 μm (N°50)	5 a 30
150 μm (N°100)	0 a 10

Tabla III Límites establecidos en la NTP 400.037

• **Ag.grueso**

El agregado resultante de la descomposición, ya sea natural o inducida, de las rocas, que permanece retenido en el tamiz N°4 y, además debe ajustarse por la N.T.P.400.037. Entre sus componentes puede incluir grava, ag. pétreos procesados, concreto reutilizado y otros insumos reciclados.

Para lograr un C.poroso, se recomienda limitar el uso de árido fino en la mezcla, ya que podría afectar la interconexión entre los poros presentes. Sin embargo, es crucial incluir al menos un pequeño porcentaje de este tipo de agregado, dado que tiene una afectación directa frente a esfuerzos compresivos y la densidad del material.

B. Propiedades del concreto permeable en estado fresco y endurecido

A. Propiedad del concreto permeable en estado fresco

Las características primordiales que presenta esta mezcla en su estado fresco son las siguientes:

- Consistencia
- Peso volumétrico
- Contenido de vacíos

✓ *Consistencia*

Se define como una característica fundamental que determina si la mezcla fresca se puede utilizar durante la construcción. Según la N.T.P.339.035 para poder medir la fluidez y comportamiento del material el método estándar a utilizar es la prueba del cono de Abrams. Pero en el caso de concretos permeables no se considera como un método de control técnico, de manera similar a lo que se realiza con mezclas convencionales, esto es debido a que la mezcla de CP llega a ser demasiado rígida y para medir el asentamiento no suele ser aplicable en la mayoría de casos [26].

✓ *Peso volumétrico*

El peso volumétrico del compuesto del CP es el 70% del pes.volumétrico de un concreto convencional especificado en la ASTM C 1688 [27].

✓ *Contenido de vacíos*

Se ve condicionado por múltiples variables entre ellos la cantidad de material cementante, el tamaño de los agregados, nivel de compactación y la a/c. Se calcula con la norma ASTM C1688 O LA NTP 339.230 [28].

B. Propiedad del concreto permeable en estado endurecido

Las propiedades que posee son:

- Res.compresión
- Res.flexión
- Permeabilidad

✓ **Resistencia a la compresión ($f'c$)**

Corresponde a la resistencia que presenta el material bajo condiciones de carga axial o compresiva, se calcula como indica la A.S.T.M.C39 o la N.T.P. 339.034, para tener una mayor resistencia se debe tener en cuenta la relación $a/$ y el contenido de aire, su magnitud es (kg/cm^2), se alcanza la máxima resistencia mecánica del material cementicio en un tiempo de 28 días, si bien se sabe para obtener mejor firmeza lo que debe disminuir es el contenido de aire pero esto no puede ser porque lo que se busca es un concreto permeable, si queremos obtener una mejor resistencia podemos mejorar la pasta con una variación de tamaño de los agregados [29].

✓ **Resistencia a la flexión**

Es la propiedad que soporta fuerzas aplicadas en sentido transversal respecto a su eje longitudinal, esta provoca que se genere una curvatura en una viga de concreto, es decir es la capacidad máxima que una viga soporta antes de que ocurra la rotura por esfuerzos a flexión, se mide en (kg/cm^2), se cuantifica con el método de ensayo A.S.T.M.C78 O NTP 339.078 [30].

✓ **Permeabilidad**

Corresponde a una propiedad física que describe el grado en que un material permite la transmisión de fluidos en su interior través de los poros del concreto, se calcula en la normativa ACI 522 -10. Está directamente vinculada al volumen de espacios vacíos y al tamaño de ellos, como requisito mínimo, se exige que el porcentaje de huecos sea del 15%, no se aconseja exceder el 25 %, dado que una dosificación mayor puede disminuir la consistencia y estabilidad del diseño. [31].

Para comprender mejor cómo se comporta y que rendimiento ofrece el concreto permeable cuando se le incorpora aditivos o materiales reciclados, se han desarrollado

diversas investigaciones cuyos hallazgos técnicos han aportado información como se detalla a continuación:

Diversos estudios recientes han implementado diseños experimentales con el uso de concreto permeable, incorporando agregados reciclados y aditivos como el grafito, lo cual aporta una base técnica sólida para esta investigación. Por ejemplo, Miranda Pumacayo [32] evaluó la res.a esfuerzos compresivos de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al incorporar polvo de grafito en proporciones del 3% y 5% respecto al peso del cemento. Se trabajó con un diseño cuasi-controlado, y se prepararon 18 muestras cilíndricas. El estudio reportó que al 5% de adición de grafito, la resistencia aumentó un 10.24% respecto a la mezcla patrón, evidenciando un resultado favorable en la capacidad mecánica.

Asimismo, Tolentino et al. [33] desarrollaron una investigación orientada a evaluar la influencia del grafito en los parámetros mecánicos de la mezcla cementicia, centrando la atención en cargas compresivas, densidad y absorción. Las unidades de análisis correspondieron a mezclas convencionales de concreto, diferenciadas por la presencia o ausencia de grafito como componente adicional; la muestra incluyó especímenes moldeados en laboratorio bajo condiciones estandarizadas. Se evidenció un incremento del 7.6% en el $f'c$ con una dosificación óptima del aditivo, sugiriendo un comportamiento favorable para aplicaciones urbanas como adoquines peatonales permeables.

Por otro lado, Mamani y Tipiana [27] analizaron el uso de c.reciclado como fracción gruesa en el diseño de nuevos compuestos cementantes para tránsito peatonal en Lima. Se empleó una metodología experimental donde se fabricaron adoquines con tres proporciones de agregado reciclado (0%, 25% y 50%) en sustitución del árido natural. La res. fuerzas compresivas mostró una reducción moderada de hasta 12% con respecto al control, pero con cumplimiento de la NTP 399.611 para elementos no estructurales, destacando su viabilidad en aplicaciones de bajo impacto estructural.

Estos antecedentes evidencian que la incorporación de residuos reciclados y aditivos alternativos como el grafito pueden mejorar o mantener las propiedades deseadas del concreto, a la vez que permiten una gestión ambientalmente responsable de materiales de desecho, coherente con los principios del desarrollo urbano sostenible.

Adoquines

A. Definición:

Según la N.T.P.399.611 se trata de un elemento moldeado con un compuesto aglomerante de base cementicia, que cumple con los requerimientos indicados en la norma [34].

Otra definición es que las piezas macizas rectangulares de concreto, conocidas como adoquines, se producen a través de la técnica de compactación por vibración. Los materiales de partida para la fabricación de este material cementicio incluyen aglomerante hidráulico, árido fino y agua. Es esencial realizar análisis y ensayos de laboratorio en los agregados para asegurar la calidad del producto. La elaboración de los adoquines se lleva a cabo mediante diversos tipos de moldes [35].

B. Clasificación

Los adoquines de concreto se clasifican en tres tipos conforme lo elabora la N.T.P.399.611 [34]. Son:

- ✓ **Tipo I:** Su uso es para zona peatonal.
- ✓ **Tipo II:** Para pavimentos de tránsito ligero.
- ✓ **Tipo III:** Se fabrican con el propósito de ser utilizados en pavimentos de alto tráfico, áreas de contenedores y patios industriales.

Adoquines – Requisitos
[NTP 399.611]

TIPO	USO
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores

Tabla IV Requisitos del uso de los adoquines según la NTP 399.611

C. Propiedades físicas

✓ Dimensión

La dimensión de los adoquines está en la NTP 399.611 donde se refiere que su espesor nominal está ligado con su esfuerzo ultimo a compresión mínima, de igual modo el control de las dimensiones en tanto la longitud y ancho deben oscilar entre los rangos ± 1.6 mm respectivamente [34].

TABLA 1 - Espesor nominal y resistencia a la compresión

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (Peatonal)	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (Vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

*Véase Norma TH010 del Reglamento Nacional de Edificaciones

Tabla V Espesor nominal y la resistencia a la compresión

TABLA 2 - Tolerancia dimensional

Tolerancia dimensional, máx. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
$\pm 1,6$	$\pm 1,6$	$\pm 3,2$

Tabla VI Tolerancia dimensional del adoquín

✓ Peso

En la normativa, se establece que el peso de los adoquines dependerá de las propiedades especificadas por el comprador [34].

✓ Absorción del agua

Depende de qué tipo de adoquín se va a utilizar, en la normativa muestra la absorción Máx. en una unidad y en 3 und [34].

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

Tabla VII Absorción de agua según la NTP 399.611

D. Propiedades mecánicas

✓ Resistencia a la compresión

Acorde a la NT.P.399.611 refiere a que corresponde a la fuerza máxima que un material puede resistir antes de fallar, dividida entre el área sobre la cual actúa dicha carga, indica que se debe hacer tanto para un adoquín y también para el promedio de 3 adoquines, depende mucho del tipo y del espesor que va a tener el producto.

TABLA 1 - Espesor nominal y resistencia a la compresión

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (Peatonal)	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (Vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

Tabla VIII Espesor nominal y la resistencia a la compresión

✓ Resistencia a la flexión

Se establece que las unidades modulares permeables deben mostrar un comportamiento estructural adecuado frente a sollicitaciones de carga

transversal, permitiendo soportar niveles elevados de tensión sin manifestar fallos materiales según lo establecido en la NTP 399.611.

Tipo	Resistencia mínima a flexión del adoquín Mpa(kg/cm ²)	
	Promedio de 3 adoquines	Mínimo de un adoquín individual
I	5.4(55)	4.6(46.8)
II	4.1(42)	3.5(35.7)
III	4.1(42)	3.5(35.7)

Tabla IX Res.mín a flexión dado por la N.T.P.399.611

✓ Resistencia a la abrasión

Según la N.T.P.399.625 para evaluar las propiedades, se llevará a cabo un ensayo específico que implica someter las muestras al impacto de material granulado silíceo aireada artificialmente. Este procedimiento se selecciona debido a su capacidad para simular el desgaste inducido por materiales de naturaleza abrasiva desplazados a través del medio de por partículas hídricas y abrasivos presentes en áreas de concreto algunas veces a tráfico. Este ensayo incluye una acción de corte que busca desgastar de manera más pronunciada. Ciertas partes del compuesto muestran menor resistencia, por lo que se requiere que las piezas mantengan sus dimensiones sin alteración superior a 15cm³ por cada 50cm³, y la pérdida de espesor no debe superar los 3 mm [36].

Pavimentos especiales

En la normativa C.E.010 aplicable a obras de pavimentación urbana se especifica que existen tres tipos de pavimentos especiales.

- ✓ Ciclovías
- ✓ Veredas
- ✓ Pasajes Peatonales

Ciclovías

Son rutas exclusivas para el tráfico de bicicletas, están diseñadas para separar del tráfico vehicular motorizado impulsando una movilidad urbana activa mediante la incorporación de vehículos de propulsión humana como opción preferente para desplazamientos cotidianos.

Veredas

Acorde a norma CE.010 Pavimentos Urbanos, Las aceras constituyen una parte integral de las vías urbanas y demarcan el límite entre la calzada y la propiedad adyacente. Estas estructuras están destinadas exclusivamente para el tránsito peatonal [36].

Residuos de construcción y demolición (R.C.D)**A. Definición**

Acorde con el [3], la definición de desechos provenientes de actividades constructivas y de desmantelamiento, son todos aquellos sobrantes que resultan después de haber ejecutado una obra civil (construcción, demolición o rehabilitación).

En el contexto de esta investigación, los RCD empleados provienen de obras civiles abandonadas y demoliciones urbanas dentro del distrito de Chiclayo. El proceso de recolección consistió en una clasificación preliminar manual, con el fin de separar los elementos reutilizables de aquellos contaminados o no aptos para reincorporación estructural. Posteriormente, los residuos de concreto fueron triturados mediante maquinaria de mandíbula para obtener un agregado reciclado de tamaño uniforme, compatible con la curva de gradación especificada en la NT.P.400.037 [25].

Los RCD utilizados en esta investigación provienen de restos de concreto recolectado de obras urbanas en abandonadas en la ciudad. Para su utilización, se escogieron escombros que no estén contaminados para que después sean llevados a un centro temporal de almacenamiento. Posteriormente se procedió a llevar el material a una planta donde mediante el uso de una maquina chancadora se pueda triturar el bloque de concreto, finalmente el material fue tamizado con el fin de obtener agregado reciclado con tamaños controlados, con la finalidad de incorporarse como fracción gruesa en la composición.

En referencia al punto de vista físico, el agregado reciclado evaluado mostro una absorción del 5.4 %, una masa específica suelta de aproximadamente 2.3 g/cm³ y un valor que refleja la resistencia media a la compresión de 19 MPa, siendo esta ligeramente menor en comparación a las propiedades propias de los materiales granulares obtenidos de fuentes naturales [27] en los resultados propios se harán ensayos para cuantificar su cap.de absorción, humedad y otros parámetros del R.CD.

En cuanto a su composición química, se identificó una presencia predominante de óxidos de silicio, calcio y aluminio, componentes similares a los encontrados en agregados convencionales, aunque con una porosidad más elevada.

El agregado fue conservado en un ambiente seco, se cuidó de la exposición directa a factores climáticos. En investigaciones previas, este material fue empleado como sustituto parcial del Ag. grueso convencional en ratios del (25, 50 y 75 %), lo que permitió evaluar el efecto sobre las prestaciones físicas y estructurales del elemento permeable [37]. Estos antecedentes sirvieron como base para el presente estudio.

Los agregados reciclados se implementaron como reemplazo parcial de los agregados gruesos tradicionales en la fabricación de adoquines permeables. Esto no solo promueve una gestión sostenible de residuos, sino que permite reducir la demanda de materiales vírgenes, mejorar la infiltración de agua y contribuir al desarrollo de infraestructuras resilientes y ecológicas.

B. Clasificación

Según el Decreto Supremo N.º 002-2022-VIVIENDA en su artículo 7, clasifica a los restos de (R.C.D) Según el procedimiento al que son sometidos, como:

- ✓ No peligrosos
- ✓ Peligrosos

Clasificación de los RCD. Según [3].	
Residuos peligrosos	Restos de madera
	Envases de removedores de grasa
	Envases de removedores de pinturas
	Restos de PVC
	Restos de planchas de fibrocemento con asbelto
	Restos de tubos de fluorescentes, etc
	Envases de solventes
	Restos de cerámico baterías
Residuos no peligrosos	Fachadas puertas, ventanas, elementos prefabricados
	Estructuras (vigas, elemento de hormigón)
	Tejas, tragaluces, soleras prefabricadas
	Mamparas, tabiquería móvil, puertas, barandillas
	Cielo raso, pavimento flotantes
	Mobiliario fijo de cocina

Tabla X Clasificación del RCD según el decreto supremo N°002-2022-VIVIENDA

Conforme a la clasificación contemplada en el programa de manejo de residuos de obras y derribos, estos se separan en aprovechables y desechables [38].

Categoría	Grupo	Clase	Componentes
RCD aprovechables	I. Residuos mezclados	Residuos pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales no pasantes al tamiz #200
		Residuos finos no expansivos	Arcilla, limos y residuos inertes que sobrepasen el tamiz #200
	II. Residuos de material fino	Residuos finos expansivos	Arcillas y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz #200
		Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, papel, siliconas, vidrios, cauchos
	III. Otros residuos	Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, aluminio
		Residuos orgánicos	Residuos de tierra negra
Residuos orgánicos vegetales		Residuos vegetales y otras especies bióticas	
RCD No aprovechable	IV. Residuos peligrosos	Residuos corrosivos, reactivos, radioactivos, explosivos, tóxicos y patógenos	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes
	V. Residuos especiales	No definida	Poliestireno, icopor, cartón, yeso (drywall)
	VI. Residuos contaminados con otros residuos	Residuos contaminados con residuos peligrosos	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos
No definida		Residuos contaminados con otros residuos que hayan perdido las características propias de su aprovechamiento	
Otros	VII. Otros residuos	No definida	Residuos que por requisitos técnicos no es permitido su reúso en obras

Tabla XI Categorías del RCD aprovechable y no aprovechables

Polvo de Grafito (P.grafito)

A. Definición

El grafito figura entre los componentes predominantes presentes en nuestro planeta, manifestándose puede encontrarse en contextos geológicos o producirse artificialmente según necesidades del proceso. Este material desempeña diversas funciones debido a sus propiedades particulares. Se utiliza como lubricante sólido en maquinaria, gracias a su estructura laminar. Además, su capacidad para conducir electricidad lo hace valioso en aplicaciones electrónicas y como material de ánodo en ciertos tipos de baterías. Su resistencia al calor y la oxidación lo hace adecuado para aplicaciones en la fabricación de materiales refractarios, mientras que su presencia en lápices y su uso en la industria metalúrgica y en reactores nucleares añaden a su versatilidad. Estas son solo algunas de las aplicaciones conocidas, ya que el grafito sigue siendo objeto de investigación para descubrir nuevas utilidades y mejorar las tecnologías existentes.

En el contexto de su uso en obras civiles, el grafito [32]. Viene dando un aspecto positivo al incorporarlo como aditivo o sustituto parcial del aglutinante en la mezcla cementicia. También el P.grafito actúa como un gran aporte en la adición del hormigón debido a que este material aumento en la trabajabilidad de un diseño $f'c=210$ kg/cm² mejorando la propiedad mecánica de la Res.compresión [33].

B. Clasificación y Origen

El grafito se clasifica según su origen en:

- **Natural:** extraído directamente de la corteza terrestre en forma de cristales o escamas. Proviene principalmente de yacimientos minerales (Sri Lanka, China, Brasil).
- **Sintético:** producido industrialmente a partir de coque de petróleo mediante procesos de grafitización a alta temperatura.

En investigaciones recientes como la de Tolentino et al. [32], el grafito en polvo utilizado proveniente de subproductos generados en procesos metalúrgicos, que es tamizado y secado antes de ser incorporado a las mezclas de concreto.

C. Propiedades Físico-Químicas

- Eficiencia en la conducción de cargas térmicas y eléctricas.
- Res. a la oxidación y a temperaturas elevadas (>3000 °C en atmósfera inerte).
- Estructura laminar que facilita la lubricación interna en mezclas cementicias.
- Inerte químicamente, no reacciona con el cemento, pero mejora la microestructura.

Estas propiedades han motivado su evaluación como aditivo en concretos, especialmente para reducir fisuras y mejorar cohesión interna [32].

D. Característica

- Se utiliza como componente suplementario en mezclas cementicias para optimizar sus propiedades como la lubricación interna, reducir la fricción entre partículas y mejorar la trabajabilidad del concreto.
- Se integra en materiales de sellado y lubricación, como en juntas y sistemas de rodamientos.
- Se aplica como revestimiento en estructuras de acero para incrementar la res. a la corrosión y minimizar la fricción en conexiones

En la construcción de hornos y estructuras expuestas a altas temperaturas, el grafito puede formar parte de materiales refractarios. Estas son solo algunas características de cómo el grafito, por su versatilidad, contribuye a mejorar propiedades específicas de materiales y componentes utilizados en proyectos constructivos.

E. Resultados de investigaciones con polvo de grafito:

Según un estudio de Miranda Pumacayo [33], se observaron mejoras significativas en la res. a la compresión del elemento $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ mediante la adición progresiva de grafito en niveles de 3 y 5 %, siendo el valor óptimo el 5 %, que generó un refuerzo en la respuesta mecánica del 8 % respecto la muestra convencional.

De manera similar, Tolentino et al. [32] identificaron que el grafito en polvo mejora la densidad, reduce la absorción y mejora la adherencia entre pasta y agregados.

F. Porcentajes de la adición:

Poder tomar los porcentajes del polvo de grafito se basó en la normativa NTP 400.037 y en la forma de poder tomarlo según ella los porcentajes no deben de pasar del 1%.

Requisito	Porcentaje del total de la muestra (máx.)
Terrones de arcilla y partículas friables	5,0
Material más fino que la malla normalizada $75 \mu\text{m}$ (No. 200):	1,0 ^A
Horsteno (menos de 2.40 de densidad)	5,0 ^B
Carbón y lignito:	
• Cuando la apariencia de la superficie del concreto es importante.	0,5
• Otros concretos	1,0
Características químicas ^C :	
• Contenido de sulfatos, expresados como SO_4 % max.	1,0
• Contenido de cloruros, expresados como Cl^- % max.	0,1
^A Este porcentaje podrá ser aumentado a 1,5 % si el material está esencialmente libre de limos y arcillas.	
^B Sólo en casos de intemperización moderada (concreto en servicio a la intemperie continuamente expuesto a congelación y deshielo en presencia de humedad).	
^C Opcionales. Véase Anexo C.	

Tabla XII NTP 400.039

Diseños de mezcla de concreto permeable:

La caracterización física de los materiales es un requisito previo fundamental para desarrollar adecuadamente la dosificación de mezclas con permeabilidad. Estos datos son necesarios para aplicar la técnica de proporción de mezclas con capacidad de drenaje, el cual sigue principios similares a los esquemas clásicos de dosificación en materiales de base cementante. También es crucial considerar requisitos específicos como la capacidad de filtración y Res.compresión del C.poroso. Esto es muy necesario para poder asegurar que el diseño y la mezcla satisfaga los requerimientos funcionales previstos.

I. Ag.grueso

Imprescindible conocer la masa por volumen en estado suelto y compactado, densidad relativa del material, contenido de agua presente y capacidad de retención hídrica de los materiales. Además, para determinar la distribución granulométrica y el coef. $\left(\frac{b}{b_0}\right)$ (común en las técnicas convencionales de formulación de mezclas), se requiere disponer de los datos de granulometría del agregado, los cuales son proporcionados según las directrices de la ACI 522-R.

II. Agregado fino

De manera similar al estudio realizado para el agregado grueso, es necesario llevar a cabo análisis para los finos. Además, la relación $\frac{a}{A}$ (vol. árido fino/volumen de Ag. total) representa el vol. de los finos.

III. Cemento

Al igual que en las formulaciones habituales utilizadas para preparar mezclas cementicias, es fundamental la densidad relativa del aglutinante se utiliza como referencia para estimar el espacio que ocupará en la estructura del material poroso elaborado.

IV. Resistencia a la compresión f'_c

Estimada con el grafico entre la res.a la compresión y el % de aire.

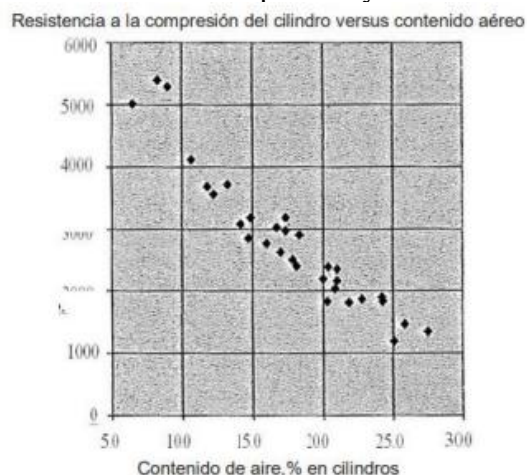


Tabla XIII Resistencia a la compresión vs contenido de aire

Pasos para realizar el diseño de mezcla determinado por el ACI 522-R10

Para calcular los insumos necesarios para este tipo de material poroso requiere tener en cuenta sus características físicas y apoyarse en las tablas de referencia establecidas por la norma A.C.I 522R [37].se debe tener en cuenta:

a) Determinar vol. Del Ag. grueso:

En este paso en el diseño de mezcla de concreto permeable es determinar la dosificación por metro cubico de concreto. Se utiliza la TABLA de valores de $\frac{b}{b_0}$, por porcentaje de $\frac{a}{A}$ lo cual permite determinar la distribución interna entre los componentes granulares menores respecto al total, así como las características predominantes del material pétreo de mayor escala que se incorpora en la formulación.

Con ello, se determina $\frac{b}{b_0}$. Este parámetro permite estimar la masa y el espacio que ocuparán las partículas de mayor granulometría dentro del volumen total de diseño, equivalente a un metro cúbico. Esta información resulta clave para definir la relación entre fracciones sólidas en la mezcla, garantizando un desempeño mecánico y funcional adecuado, especialmente en cuanto a su capacidad estructural y facilidad de paso del agua.

$$P. S_{AG} = P. U. C. S_{AG} \times \frac{b}{b_0} \times V$$

$$V.SAG = \frac{P.SAG}{p.e_{AC} \times 1000}$$

- ✓ P.SA. G: Peso del agregado grueso seco en kg.
- ✓ P.U.C.SA. G: Peso unitario compactado del agregado grueso seco en kg/m³.
- ✓ b/b₀: Volumen seco de agregado grueso compactado por volumen unitario de concreto (adimensional).
- ✓ V: Volumen de diseño en m³. (por lo general se diseña para un 1m³)
- ✓ V.SA. G: Volumen del agregado grueso seco en m³.
- ✓ p.e A. G: Peso específico del agregado grueso seco en g/cm³.

Porcentaje de Agregado fino a/A	b/b ₀	
	Huso N° 8	Huso N°67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Tabla XIV Porcentaje de agregado fino y b/b₀

b) Filtración requerida para el concreto poroso:

Para esto, se requiere la intensidad obtenida de la evaluación del comportamiento hídrico del entorno bajo estudio. Esta intensidad, medida en mm/h, deberá convertirse a $\frac{Cm}{Min}$. Luego, se podrá determinar el contenido de vacíos.

c) Porcentaje de vacíos

Con la cantidad de filtración

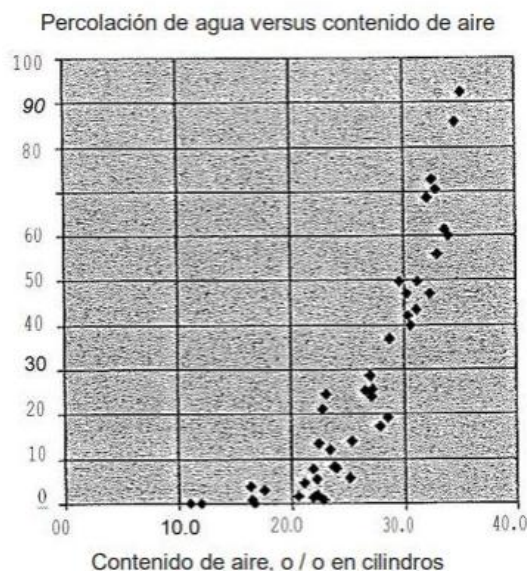


Tabla XV Resistencia a la compresión vs contenido de aire

d) Verificación de la res. a la compresión de diseño:

Mediante un cuadro se utiliza para poder observar con los usos que se ha utilizado a que resistencia va dar y asimismo con el % de vacíos que se requiere.

e) Determinar el vol. de la pasta:

Una vez que se ha determinado el contenido de vacíos, es necesario calcular el volumen de la pasta, el cual dependerá de los datos previamente mencionados.

f) Determinar Masa y vol. del cemento:

Una vez obtenido el cont. de pasta y establecida la relación $\frac{a}{c}$, se puede determinar la cantidad de cemento necesaria para la mezcla.

$$V_p = V_c + V_a$$

$$V_p = \frac{P_c}{p \cdot e_c \times 1000} + \frac{P_a}{D_a}$$

$$V_c = \frac{P_c}{p \cdot e_c \times 1000}$$

$$P_c = \frac{V_p}{\frac{1}{p \cdot e_c} + a/c} \times 1000$$

Donde:

- ✓ V_p : Volumen de la pasta en m³.
- ✓ V_c : Volumen del cemento en m³.
- ✓ V_a : Volumen del agua en m³.
- ✓ P_c : Peso del cemento en kg
- ✓ $p \cdot e_c$: Peso específico del cemento en g/cm³.
- ✓ a/c : Relación agua/cemento (adimensional).
- ✓ D_a : Densidad del agua en kg/m³.
- ✓ P_a : Peso del agua en kg.

g) Determinar peso y volumen del agua:

Con la relación $\frac{a}{c}$ y la masa del aglutinante, se puede calcular el peso del agua. Luego, utilizando el peso específico del agua, se determinará el volumen requerido de líquido para asegurar la trabajabilidad del compuesto.

$$V_a = \frac{Pa}{Da}$$

$$Pa = Pc \times \frac{a}{c}$$

h) Determinar peso y vol. del agregado fino

Para determinar el cont. del Ag.fino, primero se calcula el volumen del agregado grueso establecido en el paso inicial, y luego se utiliza la rel. $\frac{a}{A}$.

$$V.S_{AF} = V.S_{AG} \times \frac{a/A}{1 - a/A}$$

$$P.S_{AF} = V.S_{AF} \times P.U.C.S_{AF}$$

✓ $V.S_{AF}$: Volumen del agregado fino seco en m³.

✓ a/A : Relación entre el volumen de agregado fino y volumen del agregado global (adimensional).

✓ $P.S_{AF}$: Peso del agregado fino seco en kg.

✓ $P.U.C.S_{AF}$: Peso unitario compactado del agregado fino seco en kg/m³.

i) Determinar volúmenes secos y corrección por humedad:

Una vez determinados los pesos de los materiales, es esencial recordar que se calcularon en seco. Por ello, se debe ajustar el contenido de agua considerando la humedad y absorción de los agregados finos y gruesos, usando las ecuaciones correspondientes para hacer estas correcciones.

➤ Pesos húmedos en los agregados:

$$P.W_{AG} = \left(1 + \frac{W_{AG}}{100}\right) \times P.S_{AG}$$

$$P.W_{AF} = \left(1 + \frac{W_{AF}}{100}\right) \times P.S_{AF}$$

➤ Agua superficial en áridos:

$$W.S_{AG} = W_{AG} - A_{AG}$$

$$W.S_{AF} = W_{AF} - A_{AF}$$

➤ Contribución hídrica de los áridos:

$$A.W_{AG} = W.S_{AG} \times P.W_{AG}$$

$$A.W_{AF} = W.S_{AF} \times P.W_{AF}$$

➤ Humedad aportada por los agregados y agua disponible:

$$P_{a.e} = P_a - (A.G.W_{AG} + A.F.W_{AF})$$

$$V_{a.e} = \frac{P_{a.e}}{D_a}$$

➤ Vol. húmedos de los áridos:

$$V.W_{AG} = \frac{P.W_{AG}}{p.e.sss_{AG} \times 1000}$$

$$V.W_{AF} = \frac{P.W_{AF}}{p.e.sss_{AF} \times 1000}$$

Donde:

- ✓ $P.W_{AG}$: Peso del agregado grueso húmedo en kg.
- ✓ W_{AG} : Humedad del agregado grueso en %.
- ✓ $P.W_{AF}$: Peso del agregado fino húmedo en kg.
- ✓ W_{AF} : Humedad del agregado fino en %.
- ✓ $W.S_{AG}$: Humedad superficial del agregado grueso en %.
- ✓ A_{AG} : Absorción del agregado grueso en %.
- ✓ $V.W_{AG}$: Volumen del agregado grueso húmedo en m³.
- ✓ $p.e.sss_{AF}$: Peso específico SSS del agregado fino en g/cm³.
- ✓ $W.S_{AF}$: Humedad superficial del agregado fino en %.
- ✓ A_{AF} : Absorción del agregado fino en %.
- ✓ $A.W_{AG}$: Aporte de humedad del agregado grueso en kg.
- ✓ $A.W_{AF}$: Aporte de humedad del agregado fino en kg.
- ✓ $P_{a.e}$: Peso del agua efectiva en kg.
- ✓ $V.W_{AF}$: Volumen del agregado fino húmedo en m³.
- ✓ $p.e.sss_{AG}$: Peso específico SSS del agregado grueso en g/cm³.
- ✓ $V_{a.e}$: Volumen del agua efectiva en m³.

j) Determinar los volúmenes húmedos y corrección del volumen del concreto

Como etapa final, es fundamental corroborar que el vol. acumulado de los componentes calculados previamente alcance exactamente un metro cúbico de la mezcla formulada. Si se observa un exceso o una carencia en las cantidades estimadas, será necesario realizar los ajustes pertinentes para garantizar la precisión del diseño, la A.C.I.522 R recomienda ajustar el contenido de pasta o reducir el vol. de los áridos para lograr exactamente 1 m³ de concreto. Esto asegura que el diseño cumpla con las especificaciones y se obtenga un concreto de calidad adecuada.

$$V_{e/d} = 1\text{m}^3 - V.W_{AG} + V.W_{AF} + V_C + V_{a.g} + V_{ad}$$

- $V_{e/d}$: Vol. de exceso o déficit del concreto poroso en m³.

Normativa:

Se establece en un cuadro la normativa y la descripción de cada una:

MÉTODO DE MEDICIÓN (Instrumento, ensayo, NTP)		DESCRIPCIÓN
Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobada mediante Decreto Legislativo N° 1278 – 2017.		Objetivo principal establecer un marco legal que involucre tanto a Gobiernos Regionales y Locales, en cuanto a la gestión eficiente de los residuos, valorización material y energética
Normativa Técnica CE. 010. Pavimentos Urbanos.		Fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad e inspección de pavimentos urbanos
Normas Técnicas Peruanas (NTP)	Adoquines: NTP 399.611.	Pavimentos de uso peatonal se encuentran estipulados en esta normativa, donde establece los requisitos que deben cumplir.
	Cementos: NTP 334.009, NTP 334.082, NTP 334.090.	Clasifica los tipos de concretos que existen y sus usos
	Agua de mezcla: NTP 334.088.	Según la normativa, el agua utilizada para mezclar y curar el concreto debe carecer de ácidos, sustancias orgánicas, aceites, colorantes y azúcares.
	Agregados: NTP 400.037.	Establece directrices para la gradación, los límites de sustancias dañinas y la resistencia al congelamiento y deshielo en el concreto, considerando tanto el agregado fino como el grueso. Además, establece los criterios para la distribución de tamaños del agregado total.
	Manejo de residuos de la actividad de la construcción: NTP 400.050.	Esta norma orienta el correcto empleo de los residuos ocasionados por la actividad de la construcción, brindando una clasificación y alternativa de reutilización para cada tipo de residuo, así como su adecuada disposición final.
	NTP 339.035. Concreto. Método De Ensayo Para La Medición Del Asentamiento Del Hormigón Con El Cono De Abrams	Establece los lineamientos para realizar el ensayo de medición del slump para determinar el asiento del concreto en su estado fresco, tanto en condiciones de campo (obra) como en condiciones controladas (laboratorio)
	NTP 339.185 Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.	Establece paso a paso cómo se determina el contenido de humedad total que tiene la tendencia a evaporarse (en porcentaje), del agregado fino o grueso por medio del secado.
	NTP 399.604. Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.	Esta norma proporciona los procesos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto para obtener dimensiones (largo, ancho y alto), las propiedades mecánicas y las propiedades físicas.
	NTP 400.012. Agregados. Análisis Granulométrico Del Agregado Fino, Grueso Y Global.	Determinar cuál es la distribución por tamaño de partículas de los distintos agregados, por medio del tamizado
	NTP 400.017. Agregados. Métodos De Ensayo Para Determinar La Masa Por Unidad De Volumen O Densidad ("Peso Unitario") Y Los Vacíos En Los	Esta norma cubre todo el procedimiento para determinar el P.U.S o P.U.C, y el cálculo de la cantidad de vacíos que se encuentran en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos.
	NTP 400.018 Agregados. Determinación De Materiales Más Finos Que Pasan Por El Tamiz Normalizado 75 µm (N.º 200) Por Lavado En Agregados. Método de Ensayo.	Esta normativa incluye todas las etapas necesarias para calcular el contenido de polvo o material fino que puede pasar a través de la malla de 75 µm (N.º 200) mediante el método húmedo, en el agregado destinado a la preparación de concreto y mortero.
	NTP 400.019. Determinación De La Resistencia Al Desgaste En Agregados Gruesos De Tamaños Menores Por Abrasión E Impacto En La Máquina De Los Ángeles. Método de Ensayo.	Esta norma define el método que debe seguirse para evaluar la resistencia al desgaste por abrasión al ensayar agregados gruesos con tamaños inferiores a 37,5 mm (1 ½ ") mediante el uso de la máquina de Los Angeles.
	NTP 400.021. Agregados. Densidad Relativa (Peso Específico) Y Absorción Del Agregado Grueso. Método De Ensayo	El propósito de esta normativa es proporcionar las directrices para calcular el peso específico seco, el peso específico superficialmente seco saturado, el peso específico aparente y el porcentaje de absorción del agregado grueso. Para determinar el peso específico saturado superficialmente seco y la absorción, se lleva a cabo la inmersión de los agregados en agua durante un periodo de 24 horas.
	NTP 400.022 Agregados. Método De Ensayo Normalizado Para La Densidad, La Densidad Relativa (Peso Específico) Y Absorción Del Agregado Fino.	Define el proceso para determinar la densidad promedio de un agregado fino, excluyendo los espacios entre las partículas, así como la densidad relativa (gravedad específica) y el porcentaje de absorción.

Tabla XVI Normativa utilizada

Materiales y métodos

Hipótesis

La fabricación de mezclas permeables empleando áridos procedentes de desechos de obras civiles y demolición (R.C.D) y añadiendo a la mezcla el P.grafito en porcentajes nos permitirá tener un concreto con mejores propiedades al del concreto permeable tradicional.

Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación

El tipo es cuantitativo debido a que se llevará a cabo mediciones numéricas de los resultados y posteriormente se utilizará herramientas estadísticas.

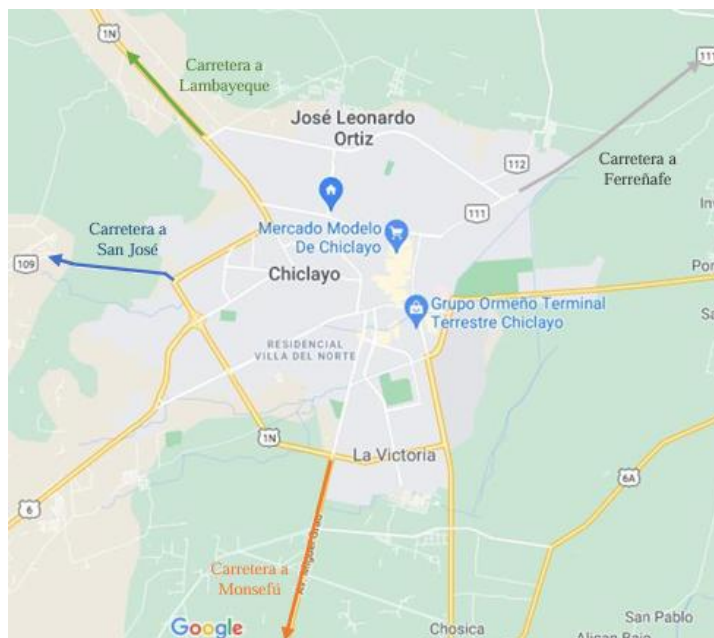
Diseño de la investigación

El diseño es de tipo experimental porque se van a realizar ensayos mecánicos de laboratorio, con el fin de analizar el rendimiento del conglomerado hidráulico añadiendo los porcentajes establecidos de R.C.D y Polvo de grafito

Población, muestra, muestreo

Población

Esta investigación toma como base los desechos provenientes de obras y desmontes estructurales (RCD), ubicados en distintas vías que enlazan con la ciudad de Chiclayo. Por ello, se eligieron cuatro puntos de disposición informal de estos residuos, debido a la considerable acumulación de material en dichos lugares, dentro de ellos se escogió la carretera que va a Ferreñafe.



- ✓ Por E: Carretera a Ferreñafe.
- ✓ Por O: Carretera a San José.
- ✓ Por N: Carretera Lambayeque
- ✓ Por S: Av. M. Grau (carretera Monsefú)

Para esta investigación se tiene una población compuesta de 168 probetas de adoquines entre los 4 ensayos a ejecutar, estas se dividen entre la muestra patrón y el C. poroso con diferentes % RCD en reemplazo al agregado grueso del 50% y 100% y adición de P. grafito de 0.5%, 0.75%, 1% respectivamente.

Muestra

Para la selección de la muestra esta se relaciona con la normativa N.T.P.399.611: Bloques prefabricados destinados a superficies transitables; para ello se fabricarán unidades porosas estándar y otras con incorporación de árido grueso RCD y polvo de grafito basándose en la normativa A.C.I 522-10R.

Por lo tanto, para los adoquines con RCD y polvo de grafito, se añadirá en porcentajes de 50%, 100% de RCD estos debido a que también influyen en la res.a esfuerzos compresivos y tienden a disminuirla se propuso adicionar un material capaz de otorgar mayor resistencia o ayudar a que no disminuya considerablemente este material es el polvo de grafito y a esos porcentajes se le añadirá 0.50%, 0.75%, 1% para poder verificar si se afianza y ayuda a que la

resistencia alcance para su uso óptimo, se escogerá el mayor elemento de adoquín con la mayor resistencia y ella se utilizara para el método de prueba.

Muestreo

De acuerdo a lo investigado es de tipo no probabilístico, esto permitirá elegir de manera libre la muestra que se deseará examinar.

Se realizará 9 muestras de cada uno de los diseños con sus respectivos porcentajes de RCD y adición de P.grafito que serán sometidos en un tiempo de 7, 14 , 28 días para determinar el F'c, la toma de muestras se seleccionó según lo que estipula la normativa NTP339.034 que indica que se requieren al menos 3 probetas para cada ensayo, razón por la cual, en este estudio, se produjeron tres unidades de muestra específicamente.

De manera similar, la NTP 399.611 respalda la necesidad de utilizar al menos 3 probetas para realizar análisis y ensayos mecánicos en adoquines.

Ensayos de Resistencia a la Compresión para adoquines e=60 mm						
Tipo de adoquin	Muestra	Agregado de RCD	Polvo de grafito	7 días	14 días	28 días
Tipo I (uso peatonal)	Concreto patrón	0%	0%	3 und	3 und	3 und
	Concreto P. con diferente % de agregado RCD y polvo de grafito	50%	0.50%	3 und	3 und	3 und
		100%		3 und	3 und	3 und
		50%	0.75%	3 und	3 und	3 und
		100%		3 und	3 und	3 und
		50%	1%	3 und	3 und	3 und
		100%		3 und	3 und	3 und
	unidades de adoquin permeable				21	21
Total				63 und de adoquines con y sin agregado de RCD y polvo de grafito		

Tabla XVII Cantidad de probetas para la resistencia a la compresión

Ensayos de Resistencia a la Flexion				
Tipo de adoquin	Muestra	Agregado de RCD	Polvo de grafito	28 días
Tipo I (uso peatonal)	Concreto patrón	0%	0%	3 und
	Concreto P. con diferente % de agregado RCD y polvo de grafito	50%	0.50%	3 und
		100%		3 und
		50%	0.75%	3 und
		100%		3 und
		50%	1%	3 und
		100%		3 und
	unidades de adoquin permeable			
Total				21 und de adoquines con y sin agregado de RCD y polvo de grafito

Tabla XVIII Cantidad de probetas a la resistencia a la flexión

Ensayos de Resistencia a la Abrasión				
Tipo de adoquin	Muestra	Agregado de RCD	Polvo de grafito	28 días
Tipo I (uso peatonal)	concreto patrón	0%	0%	3 und
	Concreto P. con diferente	50%	0.50%	3 und
		100%		3 und
	% de agregado	50%	0.75%	3 und
		100%		3 und
	RCD y polvo de grafito	50%	1%	3 und
		100%		3 und
unidades de adoquin permeable				21
Total				21 und de adoquines con y sin agregado de RCD y polvo de grafito

Tabla XIX Cantidad de probetas a la resistencia a la abrasión

Ensayos de Resistencia a la Absorción				
Tipo de adoquin	Muestra	Agregado de RCD	Polvo de grafito	28 días
Tipo I (uso peatonal)	concreto patrón	0%	0%	3 und
	Concreto P. con diferente	50%	0.50%	3 und
		100%		3 und
	% de agregado	50%	0.75%	3 und
		100%		3 und
	RCD y polvo de grafito	50%	1%	3 und
		100%		3 und
unidades de adoquin permeable				21
Total				21 und de adoquines con y sin agregado de RCD y polvo de grafito

Tabla XX Cantidad de probetas a la resistencia a la absorción

Ensayos de Permeabilidad del adoquin				
Tipo de adoquin	Muestra	Agregado de RCD	Polvo de grafito	28 días
Tipo I (uso peatonal)	Concreto patrón	0%	0%	3 und
	Concreto P. con diferente % de agregado RCD y polvo de grafito	50%	0.50%	3 und
		100%		3 und
	50%	0.75%	3 und	
			100%	3 und
	50%	1%	3 und	
			100%	3 und
unidades de adoquin permeable				21
Total				21 und de adoquines con y sin agregado de RCD y polvo de grafito

Tabla XXI: Cantidad de probetas para el ensayo de permeabilidad

Operación de variables

	VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	UND. DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN (Instrumento, ensayo, NTP)
VARIABLE INDEPENDIENTE	RESIDUO DE DEMOLICION	Propiedades físicas	Absorción del agregado	%	NTP 400.21/ Registro de % absorción
			Contenido de humedad	%	NTP 339.185/ Registro de % humedad
			Granulometría	%	NTP 400.012/ Curva granulométrica
			Peso específico	kg/m ³	NTP 400.021/ Registro de peso
			Peso unitario suelto	kg/m ³	NTP 400.017/ Registro de peso unitario
			Peso unitario compactado	kg/m ³	NTP 400.017/ Registro de peso unitario
	Dosificación de agregado de RCD	50%, 100%	%	BALANZA (ADICIONAR EL AGREGADO DE RCD EN LA MEZCLA)	
Polvo de grafito	Dosificación de polvo de grafito	0.5%, 0.75%, 1%	%	BALANZA (POLVO DE GRAFITO EN LA MEZCLA)	
VARIABLE DEPENDIENTE	Propiedades Físicas-mecánicas. De adoquín permeable	Concreto en estado endurecido	Compresión	kg/cm ²	ASTM C 140
			Flexión	Kg/cm ²	NTP 339 078/ ASTM C-78
			Absorción	%	ASTM C140
			Abración	%	ASTM C944
VARIABLES INTERMITENTES					
	Diseño de mezcla		F'c de diseño	Kg/cm ²	elaboración propia

Tabla XXII Operación de variables

Técnicas y recolección de datos

Técnicas

El enfoque utilizado implica observar directamente el fenómeno, registrando y recopilando minuciosamente toda la información relevante.

Instrumento de recolección de datos

Herramientas empleadas para obtener información relevante tenemos lo siguiente:

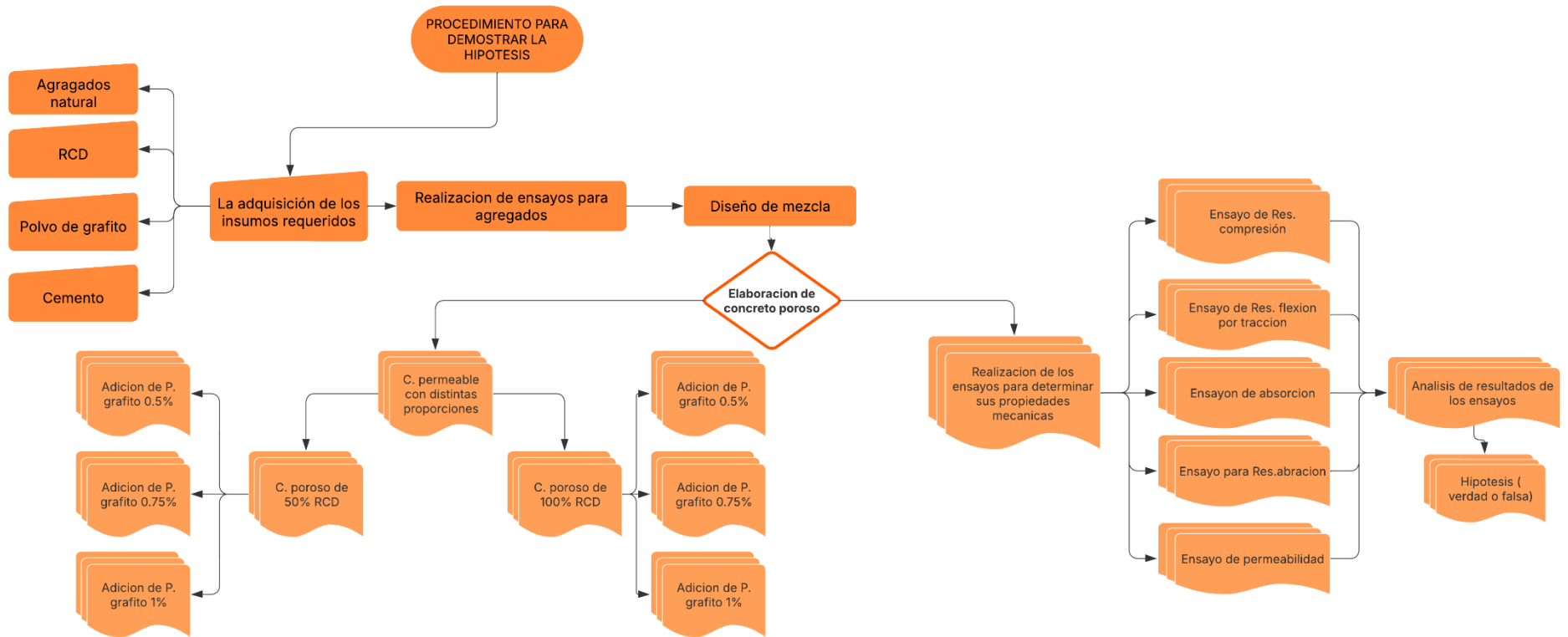
N°	FUENTES DE RECOLECCION DE DATOS
1	Reglamento Nacional de Edificaciones
2	Normas tecnicas peruanas
3	Normas internacionales
4	American Society for Testing and Materials. ASTM
5	Tesis y articulos de investigacion que complementan con la investigacion

Tabla XXIII Fuentes de recolección de datos

Proceso para demostrar la Hipotesis:

- Aseguramiento de los materiales (P. grafito, Agregados naturales, RCD, material cementante)
- Ensayos aplicados a los Áridos con la norma N.T.P.400.012.
- Elaboración de la formula de mezcla para un C. permeable $f'c = 290 \frac{kg}{cm^2}$ según la A.C.I.
- Dosificación y mezcla del material cementoso que será 50% RCD (0.5, 0.75, 1 %) P. grafito y RCD 100% (0.5, 0.75, 1 %) P. grafito.
- Se efectuará los ensayos pertinentes a cada probeta dosificada para evaluar sus prop. mecánicas.
- Ya realizados los ensayos se comparará con la M. patron.
- Al finalizar se llegará a una conclusión demostrando la Hipotesis si es verdaderas

Diagrama de flujo



Procedimientos

A. Diseño de adoquines de concreto permeable

En la ejecución de esta investigación se comenzó con una formulación del conjunto de materiales inicial y se elaboraron ajustes sucesivos hasta alcanzar los criterios de diseño deseados. Esta dosificación fue diseñada con ayuda de la norma A.C.I.522R-10.

B. Dimensiones de adoquines

En el presente, las regulaciones nacionales no contemplan las pautas específicas para la configuración de unidades porosas. Sin embargo, para la determinación de las dimensiones, se adoptó la normativa CE.010 pavimentos Urbanos, la cual define las tipologías de los adoquines según su aplicación, esta clasificación también se encuentra en la NTP 399.611.

TIPO	USO
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores

Se empezó reconociendo el tipo de adoquín que se emplea en la investigación, en este caso se tomó el tipo I para la producción de un adoquín poroso, con ello la norma C.E.010 Pavimentos urbanos nos brinda espesores de medidas nominales y estas se ven relacionadas con la resistencia a la compresión.

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (Patonal)	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (Vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

*Véase Norma TH010 del Reglamento Nacional de Edificaciones

Se escogió el espesor nominal de 6 cm, en lo que respecta a las dimensiones en términos de ancho y largo, se ha optado por emplear medidas convencionales, por lo que estas serán de 10 centímetros y 20 centímetros, respectivamente.

Ensayos

A. N.T.P.339.185. Ensayo de humedad del agregado

Mediante esta evaluación, obtendremos el contenido de agua actual en elementos granulares, expresándose en forma de porcentaje. Este valor se incorporará en el diseño del concreto.

Se usa la fórmula descrita en la normativa Para analizar el % de agua en la muestra:

Para poder realizar el ensayo se necesita:

- Recipiente
- Balanza
- Horno

Paso para la realización del ensayo:

1. Se requiere pesar una porción representativa del material.
2. Se procede a colocar la muestra en cámara de secado que mantiene una temperatura cte. de 110 °C, dejándola secar por un lapso de 24 horas
3. Después del tiempo se retira la muestra del horno para dejarlo enfriar en el ambiente.
4. Se procede a pesar el material y se registra para poder proceder a hallar el % de humedad de la porción escogida.

Fórmula a emplear es:

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

Donde:

- P= Contenido de humedad.
- W= Peso de la muestra húmeda
- D= Peso de la muestra seca

a. Ensayo de humedad del agregado fino y grueso:

Para el caso del Ag.fino se utilizó una tara para pesar 600.17 gramos para poder Cuantificar la presencia de agua en el material y se pesó para el árido grueso 500.07 gramos, luego se procedió a pesar las taras que se utilizaran para que valla el material este peso es esencial para poder restarlo en el peso final , a lo siguiente se procedió a trasladar ya con el material puesto en las taras a que inicie su secado, se utilizó para ello un horno, y pasadas las 24 horas se saca el horno las muestras para pesarlas y sacar el contenido de humedad correspondientes.



Tabla XXIV contenido de humedad agregado fino



Tabla XXV Contenido de humedad de agregado grueso

b. Ensayo de humedad del árido de RCD 50%, RCD 100%

Para el caso del agregado grueso se utilizó el RCD 50% una tara para pesar 500 gramos para poder medir el nivel de contenido hídrico y se pesó para el Ag.grueso RCD 100% se registró 500 gramos.



Tabla XXVII Contenido de humedad del RCD 50%



Tabla XXVI Contenido de humedad del RCD 100%

B. NTP 400.012. Ensayo de granulometría de agregado

El propósito de este análisis consiste en comprender las variaciones en los tamaños de partículas, estos tamaños de partículas están directamente vinculados a las propiedades del concreto, destacando su relevancia en el conjunto del estudio.

Materiales a necesitar:

- Agregado grueso
- Tamices
- Brocha
- Balanza
- Tazón

Procedimiento para el Ag.grueso es:

Nº	Procedimiento para el agregado grueso
1	El peso mínimo para la muestra debe ser de 5 kg
2	Se usan los tamices 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4 y fondo
3	La muestra seca será vaciada y tamizada en todos los tamices
4	Se pasará en la balanza previamente cada muestra retenida por tamiz
5	Se realizan cálculos para la obtención del porcentaje de acumulado como el de que pasa
6	Con los resultados se grafica la curva granulométrica

a. Ensayo de granulometría de agregado fino y grueso:

En el caso del árido fino se utilizaron 1247.4 gramos para determinar su granulometría, de la misma forma haciéndolo pasar por los tamices correspondientes para agregado fino.

En el caso del Ag.grueso se utilizaron 2kg 884 gramos para poder determinar su granulometría, haciéndolo pasar por las mallas correspondientes para Ag.grueso



Tabla XXVIII Ensayo de granulometría ag. grueso



Tabla XXIX Ensayo de granulometría de ag. fino

b. Ensayo de granulometría de agregado del RCD 50% y 100%

Para el caso del Árido grueso se utilizó el RCD 50% una tara para pesar 500 gramos para poder identificar la humedad incorporada en el espécimen y se pesó para el Ag. grueso RCD 100% se registró 684 gramos.



Tabla XXXI Ensayo de granulometría del RCD 100%



Tabla XXX Ensayo de granulometría del RCD50%

C. NTP 400.021 Ensayo de peso específico y absorción de los agregados

Para determinar la densidad relativa en esta prueba, es fundamental disponer de los valores de masa del material tanto en estado húmedo como completamente seco.

Los instrumentos a utilizar son:

- Balanza electrónica
- Franela
- Horno
- Canastilla

Como procedimiento tenemos que:

1. Es esencial eliminar cualquier sustancia no deseada mediante el lavado minucioso del agregado.
2. Después del lavado, mantenido bajo inmersión acuosa durante 24 horas consecutivas.
3. Tras retirar el material del recipiente y secarlo cuidadosamente con una franela, se obtiene el agregado completamente saturado.
4. Se procede a pesar el material ya saturado.

5. La porción extraída es llevada a un ambiente de calor constante de 105 °C durante 24 horas, seguido de un periodo de enfriamiento antes de realizar una nueva medición de peso.

La fórmula a emplear es:

a) **P. esp. de masa:**
$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

b) **P. esp. de masa saturada:**
$$P_{esss} = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

c) **P. esp. aparente**
$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

d) **Cálculo % de absorción**
$$A_B \% = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

Donde:

A= Peso de la muestra seca al aire en gramos

B= Peso de la muestra saturada superficialmente seca

C= Peso en el agua de la muestra saturada

a. Ensayo de peso específico de sólidos particulados fino y grueso:

En el caso de las partículas granulares finas se utilizó 500 gramos para determinar su masa específica y absorción, además se utilizó una fiola con un peso de 192.09 gramos.

En el caso del Ag.grueso se utilizó 500 gramos para hallar su densidad relativa del material y absorción, además de utilizar un matraz con un peso de 185.67 gramos.

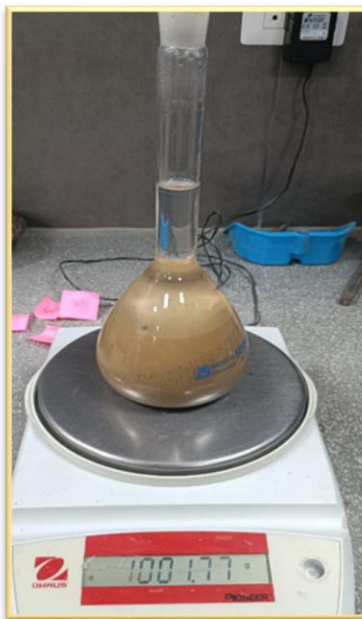


Tabla XXXII Peso específico del agregado

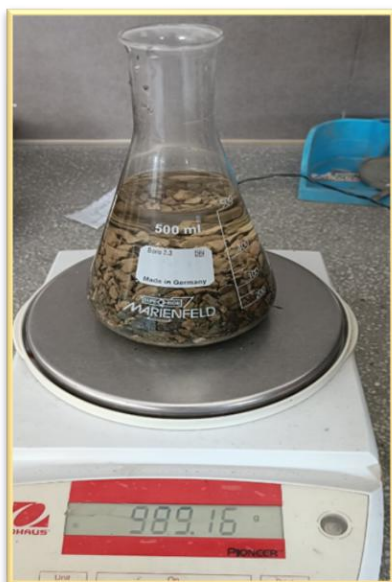


Tabla XXXIII Peso específico del agregado grueso

b. Ensayo de peso específico de RCD 50% y RCD 100%:

Para el caso del Ag.grueso se utilizó el RCD 50% una tara para pesar 500 gramos para poder detectar el remanente hídrico tras secado y se pesó para el agregado grueso RCD 100% se registró 500 gramos.



Tabla XXXIV Peso específico del RCD 50%



Tabla XXXV Peso específico del RCD 100%

D. NTP 400.017 Ensayo de peso unitario

Se determina la masa volumétrica en estado natural y densificado del material según la normativa establecida, siendo esta NTP 400.017

Material a utilizar:

- ✓ Balanza
- ✓ Brocha
- ✓ Varilla apisonadora
- ✓ Moldes de probetas
- ✓ Mazo de goma

I. Peso unitario suelto para fracciones mayores y menores del árido

Se calcula el peso volumétrico cuando los áridos se encuentra en estado seco.

Procedimiento:

1. Se pesa el recipiente vacío
2. El recipiente se colma con el material, permitiendo su descenso desde una altura controlada que no supera los cinco centímetros
3. Se ajusta la superficie con ayuda de la varilla metálica y se limpia todo exceso
4. Se pesa el molde con el material, manteniendo un margen de error del 1%.

Fórmula

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

A= Peso de muestra + molde

B= Peso del molde

V= Volumen del molde

II. Peso unitario compactado fracciones mayores y menores del árido

Se calcula el peso unitario compactado del agregado

Procedimiento:

1. Se pesa el recipiente vacío.
2. El recipiente se colma con el material, permitiendo su descenso desde una altura controlada que no supera los cinco centímetros
3. Se llena el molde con capas de 1/3 completándolos con la varilla 25 veces en cada capa.
4. Se golpea con un mazo de goma al molde después de cada 1/3 de llenado.
5. Se ajusta la superficie con ayuda de la varilla metálica y se procede a eliminar el exceso.
6. Pesamos el molde con el árido y registramos los datos, con un margen de error máximo del 1%.

Fórmula a emplear:

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

A= Peso de muestra + molde

B= Peso del molde

V= Volumen del molde

a) Ensayo de peso unitario de agregado fino y grueso:

Para determinar los Pu sueltos y compactados de los elementos granulares, se utilizó un recipiente que pesa 9 kg con 980 gramos. Primero, para obtener los pesos unitarios sueltos, se llenó el recipiente simplemente vertiendo el material hasta llenarlo se soltaba a una altura de 1/3 el material. En el caso de los pesos unitarios compactados, se compactó el material en tres capas varillándolos 15 veces por capa, llenando el recipiente por completo.

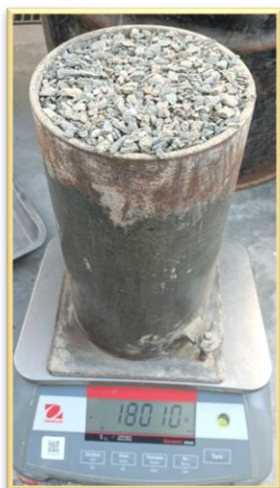


Tabla XXXVI Peso unitario del agregado grueso



Tabla XXXVII Peso unitario del agregado fino

b) Ensayo de peso unitario de RCD 50% y RCD 100%:

Para determinar los pesos unitarios sueltos y compactados del RCD 50% Y EL RCD 100%, se empleó un recipiente con un peso de 10 kg y 110 gramos. Para obtener los pesos unitarios sueltos, el material se vertió en el recipiente soltándolo desde una altura de 1/3 de su contenido. Para los Pu compactados, se compactó el material en tres capas, varillándolo 15 veces por capa, llenando así completamente el recipiente.



Tabla XXXVIII Peso unitario del RCD 50%



Tabla XXXIX Peso unitario del RCD 100%

E. NTP 399.604. Resistencia a la compresión

Para el ensayo de soporte estructural frente a presiones aplicadas en adoquines se emplea:

- ✓ Máquina de resistencia a la compresión

Procedimiento:

1. Aplicamos el ensayo de compresión al adoquín, ejerciendo carga perpendicular sobre su sección más extensa.
2. Si la máquina carece de la capacidad necesaria para lograr una ruptura total, cortamos se divide la pieza por su parte media, siguiendo el eje transversal, y se procede a realizar la prueba sobre una de las fracciones obtenidas.
3. El espécimen debe exhibir simetría alrededor de ambos ejes.

Fórmula de cálculo:

$$R_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

R_c = resistencia a la compresión (MPa).

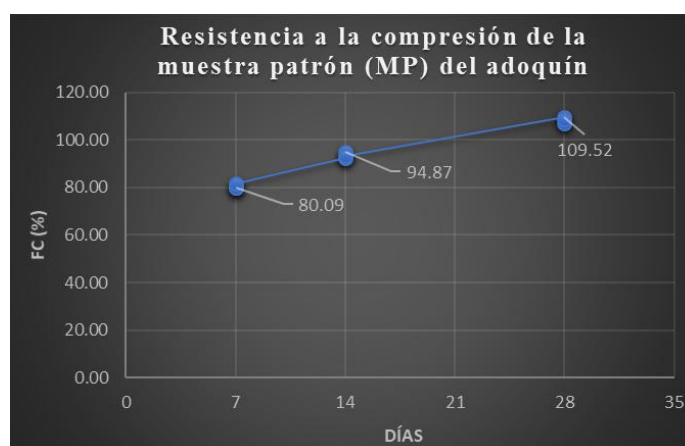
P = carga de rotura del espécimen (N).

A = área del espécimen, normal a la carga (mm²).

En el sgte. cuadro, se presentan los valores registrados en la prueba de resistencia mecánica para la muestra base fueron tomados a los 7, 14 y 28 días de curado, estos resultados cumplen con los requisitos establecidos en la N.T.P.399.611

N°	ELEMENTO	DIMENSIONES			EDAD (Días)	AREA (cm2)	LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm2)	F'c DISEÑO (Kg/cm2)	% F'c	F'c PROMEDIO (Kg/cm2)	F'c PROMEDIO	PESO (gr)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)									
Patron	MP-1	20.15	10.11	6.15	7	203.7165	47201	231.699445	290	79.90	233.593442	80.55	2280
Patron	MP-2	20.18	10.12	6.13	7	204.2216	47434	232.267302	290	80.09			2146
Patron	MP-3	20.16	10.14	6.18	7	204.4224	48410	236.813578	290	81.66			2176
Patron	MP-1	20.19	10.15	6.13	14	204.9285	54960	268.191101	290	92.48	271.404226	93.59	2298
Patron	MP-2	20.12	10.11	6.15	14	203.4132	55963	275.119805	290	94.87			2240
Patron	MP-3	20.11	10.16	6.21	14	204.3176	55350	270.901773	290	93.41			2186
Patron	MP-1	20.15	10.11	6.16	28	203.7165	64700	317.598231	290	109.52	314.57533	108.47	2390
Patron	MP-2	20.17	10.18	6.18	28	205.3306	63800	310.718422	290	107.14			2346
Patron	MP-3	20.19	10.13	6.16	28	204.5247	64509	315.409337	290	108.76			2279

Tabla XL Resultados de la resistencia a la compresión C. patrón



Gráfica 1: Curva edad vs f'c de la muestra patrón

En el sgte. cuadro, se presentan los datos derivados del análisis de carga máxima aplicada sobre las probetas endurecidas con RCD 50% y adición de polvo de grafito del 0.5% en los 7,14 y 28 días, estos resultados cumplen con los requisitos establecidos en la N.T.P.399.611

N°	ELEMENTO	DIMENSIONES			EDAD (Días)	AREA (cm2)	LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm2)	F'c DISEÑO (Kg/cm2)	% F'c	F'c PROMEDIO (Kg/cm2)	F'c PROMEDIO	PESO (gr)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)									
1	MRCD 50%-0.5 % PG	20.12	10.12	6.11	7	203.6144	47700	234.266339	290	80.78	231.430364	79.80	2352
2	MRCD 50%-0.5 % PG	20.11	10.13	6.12	7	203.7143	47490	233.120601	290	80.39			2258
3	MRCD 50%-0.5 % PG	20.17	10.11	6.13	7	203.9187	46270	226.904153	290	78.24			2110
1	MRCD 50%-0.5 % PG	20.11	10.12	6.12	14	203.5132	55360	272.021667	290	93.80	273.031757	94.15	2350
2	MRCD 50%-0.5 % PG	20.11	10.12	6.13	14	203.5132	55753	273.952746	290	94.47			2120
3	MRCD 50%-0.5 % PG	20.13	10.11	6.1	14	203.5143	55584	273.120857	290	94.18			2320
1	MRCD 50%-0.5 % PG	20.16	10.15	6	28	204.624	62547	305.667957	290	105.40	302.897037	104.45	2280
2	MRCD 50%-0.5 % PG	20.15	10.14	6.12	28	204.321	61953	303.21406	290	104.56			2150
3	MRCD 50%-0.5 % PG	20.18	10.17	6.14	28	205.2306	61530	299.809093	290	103.38			2028

Tabla XLI Resultados de la resistencia a la compresión RCD 50% y 0.5 % de polvo de grafito

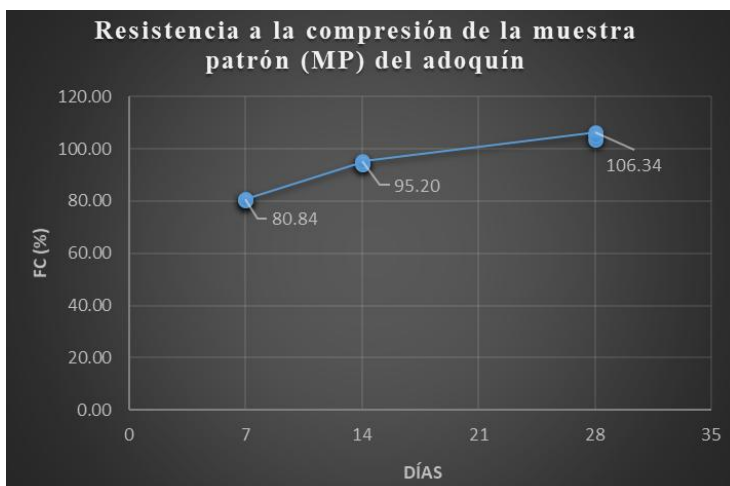


Grafica 2: Curva edad vs f'c % de la muestra RCD 50%-0.5% polvo de grafito

En el sgte. cuadro, se presentan los registros experimentales correspondientes a la prueba de compresión axial en las muestras con RCD 50% y adición de polvo de grafito del 0.75% en los 7,14 y 28 días, estos resultados cumplen con los requisitos establecidos en la NT.P.399.611

N°	ELEMENTO	DIMENSIONES			EDAD (Días)	AREA (cm ²)	LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	F'c DISEÑO (Kg/cm ²)	% F'c	F'c PROMEDIO (Kg/cm ²)	F'c PROMEDIO	PESO (gr)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)									
1	MRCd 50%-0.75 % PG	20.11	10.11	6	7	203.3121	47360	232.942358	290	80.32	233.90819	80.66	2232
2	MRCd 50%-0.75 % PG	20.13	10.13	6	7	203.9169	47790	234.360173	290	80.81			2381
3	MRCd 50%-0.75 % PG	20.14	10.16	6	7	204.6224	47968	234.422038	290	80.84			2365
1	MRCd 50%-0.75 % PG	20.18	10.13	6.1	14	204.4234	56260	275.213112	290	94.90	274.834421	94.77	2227
2	MRCd 50%-0.75 % PG	20.15	10.21	6.1	14	205.7315	56210	273.220192	290	94.21			2180
3	MRCd 50%-0.75 % PG	20.12	10.16	6.11	14	204.4192	56434	276.069958	290	95.20			2324
1	MRCd 50%-0.75 % PG	20.11	10.12	6	28	203.5132	62760	308.382945	290	106.34	304.746267	105.08	2250
2	MRCd 50%-0.75 % PG	20.11	10.12	6	28	203.5132	61170	300.570184	290	103.64			2276
3	MRCd 50%-0.75 % PG	20.13	10.11	6	28	203.5143	62130	305.285673	290	105.27			2193

Tabla XLII Resultados de la resistencia a la compresión RCD 50% y 0.75 % de polvo de grafito

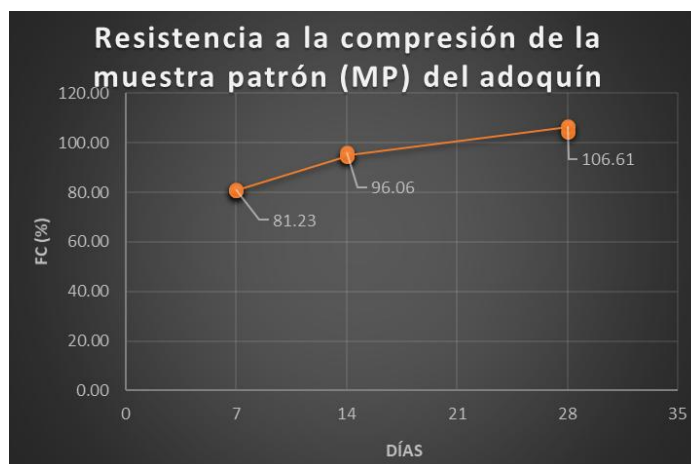


Gráfica 3: Curva edad vs $f'c$ % de la muestra RCD 50%- 0.75% polvo de grafito

En el sgte. tabla, se presentan los resultados que emergen del test de resistencia bajo carga vertical en las unidades moldeadas con RCD 50% y adición de polvo de grafito del 1% en los 7,14 y 28 días, estos resultados cumplen con los requisitos establecidos en la N.TP.399.611.

N°	ELEMENTO	DIMENSIONES			EDAD (Días)	AREA (cm ²)	LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	F'c DISEÑO (Kg/cm ²)	% F'c	F'c PROMEDIO (Kg/cm ²)	F'c PROMEDIO	PESO (gr)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)									
1	MRCD 50%-1 % PG	20.16	10.15	6.11	7	204.624	47980	234.478849	290	80.85	234.852082	80.98	2578
2	MRCD 50%-1 % PG	20.15	10.14	6.12	7	204.321	48130	235.560711	290	81.23			2621
3	MRCD 50%-1 % PG	20.18	10.17	6.13	7	205.2306	48130	234.516685	290	80.87			2638
1	MRCD 50%-1 % PG	20.16	10.18	6.12	14	205.2288	56320	274.425422	290	94.63	276.21732	95.25	2580
2	MRCD 50%-1 % PG	20.1	10.21	6.13	14	205.221	57170	278.577728	290	96.06			2615
3	MRCD 50%-1 % PG	20.2	10.19	6.1	14	205.838	56739	275.648811	290	95.05			2550
1	MRCD 50%-1 % PG	20.1	10.15	6	28	204.015	63050	309.045903	290	106.57	306.955837	105.85	2678
2	MRCD 50%-1 % PG	20.12	10.21	6.12	28	205.4252	62170	302.640572	290	104.36			2615
3	MRCD 50%-1 % PG	20.13	10.12	6.14	28	203.7156	62985	309.181035	290	106.61			2560

Tabla XLIII Resultados de la resistencia a la compresión del RCD 50% y 1% de polvo de grafito



Gráfica 4: Curva edad vs $f'c$ % de la muestra RCD 50%- 1% polvo de grafito

En el sgte. tabla, se presentan las cifras registradas al aplicar presión creciente sobre las piezas curadas con RCD 100% y adición de polvo de grafito del 0.5% en los días establecidos, estos resultados cumplen con los requisitos establecidos en la normativa.

N°	ELEMENTO	DIMENSIONES			EDAD (Días)	AREA (cm ²)	LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	F'c DISEÑO (Kg/cm ²)	% F'c	F'c PROMEDIO (Kg/cm ²)	F'c PROMEDIO	PESO (gr)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)									
1	MRCd 100%-0.5 % PG	20.12	10.11	6	7	203.4132	44253	217.552253	290	75.02	214.637216	74.01	2226
2	MRCd 100%-0.5 % PG	20.11	10.12	6	7	203.5132	43260	212.566065	290	73.30			2305
3	MRCd 100%-0.5 % PG	20.13	10.11	6	7	203.5143	43510	213.79333	290	73.72			2280
1	MRCd 100%-0.5 % PG	20.11	10.12	6.1	14	203.5132	54680	268.680361	290	92.65	259.917162	89.63	2350
2	MRCd 100%-0.5 % PG	20.11	10.12	6.1	14	203.5132	52200	256.494419	290	88.45			2260
3	MRCd 100%-0.5 % PG	20.13	10.11	6.11	14	203.5143	51810	254.576705	290	87.79			2336
1	MRCd 100%-0.5 % PG	20.13	10.12	6	28	203.7156	60150	295.264575	290	101.82	294.103206	101.41	2250
2	MRCd 100%-0.5 % PG	20.14	10.12	6	28	203.8168	59950	294.136695	290	101.43			2345
3	MRCd 100%-0.5 % PG	20.13	10.12	6	28	203.7156	59670	292.908349	290	101.00			2273

Tabla XLIV Resultados de la resistencia a la compresión RCD 100% y 0.5 % de polvo de grafito

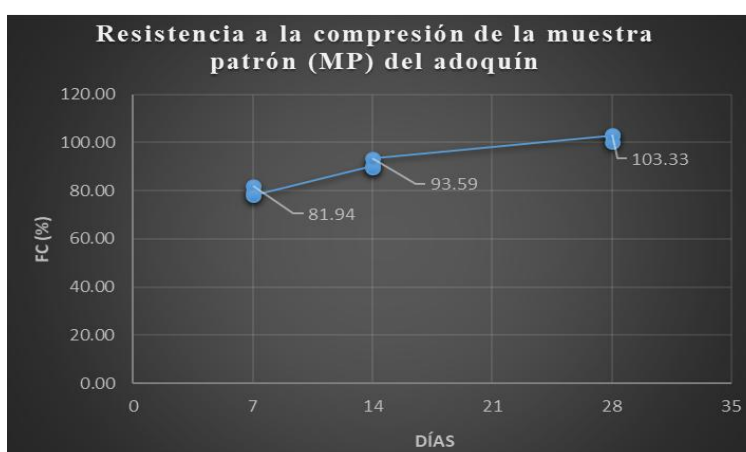


Grafica 5: Curva edad vs f'c % de la muestra RCD 100%-0.5% polvo de grafito

Se presentan las cifras registradas al aplicar presión creciente sobre las piezas curadas con RCD 100% y adición de polvo de grafito del 0.75% en los 7,14 y 28 días, estos resultados cumplen con los requisitos establecidos en la N.T.P.

N°	ELEMENTO	DIMENSIONES			EDAD (Días)	AREA (cm ²)	LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	F'c DISEÑO (Kg/cm ²)	% F'c	F'c PROMEDIO (Kg/cm ²)	F'c PROMEDIO	PESO (gr)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)									
1	MRCD 100%-0.75 % PG	20.11	10.11	6.11	7	203.3121	46852	230.443737	290	79.46	231.698849	79.90	2581
2	MRCD 100%-0.75 % PG	20.13	10.12	6.12	7	203.7156	48410	237.635213	290	81.94			2554
3	MRCD 100%-0.75 % PG	20.14	10.12	6.13	7	203.8168	46270	227.017596	290	78.28			2592
1	MRCD 100%-0.75 % PG	20.14	10.11	6.12	14	203.6154	53390	262.210029	290	90.42	264.233254	91.11	2480
2	MRCD 100%-0.75 % PG	20.15	10.11	6.13	14	203.7165	52780	259.085543	290	89.34			2415
3	MRCD 100%-0.75 % PG	20.13	10.1	6.1	14	203.313	55180	271.40419	290	93.59			2380
1	MRCD 100%-0.75 % PG	20.11	10.12	6	28	203.5132	60840	298.948668	290	103.09	296.496198	102.24	2550
2	MRCD 100%-0.75 % PG	20.11	10.12	6.12	28	203.5132	59200	290.890222	290	100.31			2496
3	MRCD 100%-0.75 % PG	20.13	10.11	6.14	28	203.5143	60983	299.649705	290	103.33			2476

Tabla XLV Resultados de la resistencia a la compresión RCD 100% y 0.75 % de polvo de grafito

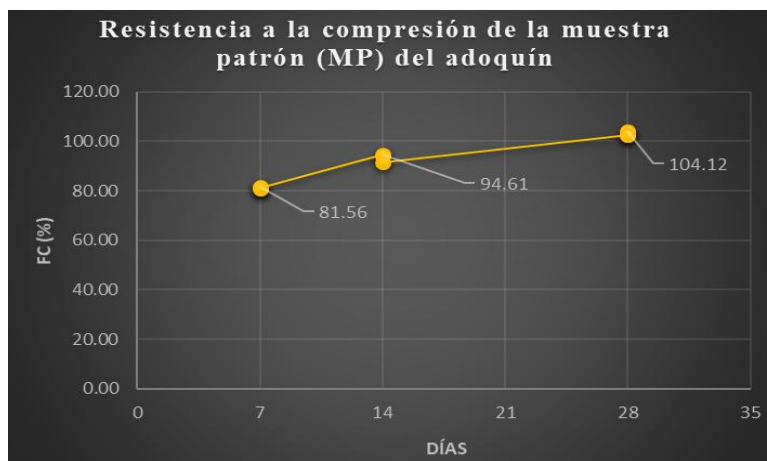


Gráfica 6: Curva edad vs f'c % de la muestra RCD 100%- 0.75% polvo de grafito

Se presentan las mediciones obtenidas tras someter los especímenes a fuerzas compresivas controladas de la muestra de adoquín con RCD 100% y adición de polvo de grafito del 1% en los intervalos de días, estos resultados cumplen con los requisitos establecidos en la norma técnica.

N°	ELEMENTO	DIMENSIONES			EDAD (Días)	AREA (cm ²)	LECTURA	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	F'c DISEÑO (Kg/cm ²)	% F'c	F'c PROMEDIO (Kg/cm ²)	F'c PROMEDIO	PESO (gr)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)									
1	MRCD 100%-1 % PG	20.16	10.12	6.12	7	204.0192	48256	236.526758	290	81.56	235.352019	81.16	2380
2	MRCD 100%-1 % PG	20.15	10.12	6.13	7	203.918	47700	233.917555	290	80.66			2392
3	MRCD 100%-1 % PG	20.15	10.11	6.13	7	203.7165	47998	235.611745	290	81.25			2450
1	MRCD 100%-1 % PG	20.13	10.12	6.13	14	203.7156	55892	274.362886	290	94.61	270.952656	93.43	2463
2	MRCD 100%-1 % PG	20.1	10.12	6.12	14	203.412	55630	273.484357	290	94.30			2363
3	MRCD 100%-1 % PG	20.12	10.12	6.1	14	203.6144	53960	265.010726	290	91.38			2426
1	MRCD 100%-1 % PG	20.1	10.1	6.13	28	203.01	60250	296.78341	290	102.34	298.784341	103.03	2297
2	MRCD 100%-1 % PG	20.13	10.1	6.11	28	203.313	61390	301.948228	290	104.12			2190
3	MRCD 100%-1 % PG	20.12	10.12	6.13	28	203.6144	60600	297.621386	290	102.63			2047

Tabla XLVI Resultados de la resistencia a la compresión del RCD 100% y 1% de polvo de grafito



Grafica 7: Curva edad vs $f'c$ % de la muestra RCD 100%-1% polvo de grafito

F. Ensayo para la permeabilidad en concreto poroso ACI 522-R

El ensayo de permeabilidad tiene como finalidad medir la cap. del concreto poroso con el fin de facilitar la infiltración del agua a través de la matriz del material, siendo este uno de los principales atributos que caracteriza su uso en pavimentos sostenibles.

Materiales:

- Muestra cilíndrica o prismática de concreto poroso.
- Tubo o cilindro impermeable (de PVC u otro material similar).
- Sellador (silicona o cera fundida).
- Cronómetro.
- Agua limpia.

Procedimiento

1. Se selecciona un espécimen de concreto previamente curado (de 7 o 28 días), asegurándose de que sus caras estén limpias y niveladas.
2. Se adhiere firmemente el tubo impermeable sobre la cara superior del espécimen utilizando un sellador resistente al agua, de modo que no existan filtraciones laterales.
3. Se procede a completar el volumen del tubo utilizando agua, formando una columna hidráulica de altura constante.

4. Se activa el cronómetro y se mide el tiempo que tarda el agua en atravesar toda la muestra hasta emerger por la parte inferior.
5. Se calcula la velocidad de permeabilidad (k) dividiendo el volumen infiltrado entre el área de la sección y el tiempo transcurrido.
6. Se registran los resultados para su posterior análisis comparativo entre diferentes mezclas.

Fórmula:

$$K = \frac{L \times a}{t \times A} \times \log\left(\frac{h_2}{h_1}\right)$$

Donde:

- K: Coeficiente de Permeabilidad o Conductividad Hidráulica (cm/s)
- L: Longitud una muestra (cm)
- a: Área de la tubería de carga o tubería de ensayo (cm²)
- t: Tiempo de transición de h1 a h2 (seg)
- A: Área de la muestra (cm²)
- h1: Altura de tubería de menor longitud (cm)
- h2: Altura de tubería de mayor longitud (cm)

% de reemplazo	Nº	Elemento	L: Longitud de la Muestra (cm)	Radio de la muestra (cm)	A: Área de la muestra (cm ²)	a: Área de la tubería de ensayo (cm ²)	t: Tiempo calculado de filtración de la muestra (seg)	h1: Tubería de menor longitud (cm)	h2: Tubería de mayor longitud (cm)	Permeabilidad (cm/s)
Muestra patrón	1	MP-1	19.88	5	78.54	81.71	5.7	11.5	45	2.15
	2	MP-2	19.85	5	78.84	81.71	6.1	11.5	45	2.00
	3	MP-3	19.8	5	78.54	81.71	5.78	11.5	45	2.11
50% RCD + 0.5% Polvo Grafito	1	MRCD 50%-0.5 % PG	19.4	5	78.54	81.71	6.09	11.5	45	1.96
	2	MRCD 50%-0.5 % PG	19.45	5	78.84	81.71	5.84	11.5	45	2.05
	3	MRCD 50%-5% PG	19.47	5	78.54	81.71	5.77	11.5	45	2.08
50% RCD + 0.75% Polvo Grafito	1	MRCD 50%-0.75 % PG	19.77	5	78.54	81.71	8.23	11.5	45	1.48
	2	MRCD 50%-0.75 % PG	19.78	5	78.84	81.71	7.82	11.5	45	1.55
	3	MRCD 50%-75% PG	19.82	5	78.54	81.71	7.12	11.5	45	1.72
50% RCD + 1% Polvo Grafito	1	MRCD 50%-1 % PG	19.75	5	78.54	81.71	9.82	11.5	45	1.24
	2	MRCD 50%-1 % PG	19.79	5	78.84	81.71	8.63	11.5	45	1.41
	3	MRCD 50%-1% PG	19.8	5	78.54	81.71	8.12	11.5	45	1.50
100% RCD + 0.5% Polvo Grafito	1	MRCD 100%-0.5 % PG	19.58	5	78.54	81.71	7.5	11.5	45	1.61
	2	MRCD 100%-0.5 % PG	19.5	5	78.84	81.71	6.8	11.5	45	1.76
	3	MRCD 100%-0.5 % PG	19.48	5	78.54	81.71	6.45	11.5	45	1.86
100% RCD + 0.75% Polvo Grafito	1	MRCD 100%-0.75 % PG	19.83	5	78.54	81.71	8.57	11.5	45	1.43
	2	MRCD 100%-0.75 % PG	19.8	5	78.84	81.71	8.31	11.5	45	1.46
	3	MRCD 100%-0.75 % PG	19.76	5	78.54	81.71	7.37	11.5	45	1.65
100% RCD +	1	MRCD 100%-1 % PG	19.83	5	78.54	81.71	9.89	11.5	45	1.24

Tabla XLVII: Resultado de ensayo de permeabilidad de adoquín permeable

G. Ensayo para la absorción NTP 339.604

En la normativa se estipula que, para un adoquín tipo I, su abs. La máxima es de 7.5 % y el promedio de 6 por ciento.

Materiales:

- ✓ Horno
- ✓ Balanza con cap. Min de 8 kg
- ✓ Recipiente

Procedimiento:

1. Se sumerge en agua al adoquín en un recipiente con la temperatura requerida por 24 horas
2. Después del tiempo, se retira y se seca con una franela, para finalmente pesarlo
3. Calculamos el peso después que el adoquín se enfríe en el ambiente y se vuelva a pesar.

Fórmula:

$$A = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Donde:

- A= abs. del agua %
- Ph= peso del espécimen luego de haber estado sumergido en agua
- Ps= peso del adoquín seco.

La capacidad de absorción de agua constituye una de las propiedades más relevantes del concreto permeable, debido a la presencia de una estructura porosa con espacios conectados entre sí que favorecen la infiltración del líquido a través de la estructura. En los siguientes cuadros se obtuvieron valores de absorción comprendidos entre el 8% y el 9%, los cuales se consideran adecuados dentro de los márgenes operativos para la clase de mezcla cementicia. Según lo indicado en el reglamento A.C.I.522R, no se establecen límites estrictos en cuanto a la absorción,

ya que el comportamiento hidráulico y mecánico del C. permeable depende principalmente de la proporción $\frac{a}{c}$ y de la proporción de espacios vacantes dentro del compuesto cementicio.

N°	Elemento	Peso seco (gr)	Peso saturado (%)	Absorción individual (%)	Absorción promedio (%)	Absorción max ind.(%)	Absorción max (%) -Según Norma
1	MP-1	2404.8	2640.10	9.8	9.8	9.8	10
2	MP-2	2360.3	2590.20	9.7			
3	MP-3	2456.72	2696.38	9.8			

Tabla XLVIII: Resultado de ensayo de absorción C.patron

N°	Elemento	Peso seco (gr)	Peso saturado (%)	Absorción individual (%)	Absorción promedio (%)	Absorción max ind.(%)	Absorción max (%) -Según Norma
1	MRCO 50%-0.5 % PG	2348.68	2558.30	8.9	8.7	8.9	10
2	MRCO 50%-0.5 % PG	2260.7	2453.40	8.5			
3	MRCO 50%-0.5 % PG	2278.3	2476.60	8.7			

Tabla XLIX: Resultado de ensayo de absorción de M.RCO 50% - 0.5% Polvo de grafito

N°	Elemento	Peso seco (gr)	Peso saturado (%)	Absorción individual (%)	Absorción promedio (%)	Absorción max ind.(%)	Absorción max (%) -Según Norma
1	MRCO 50%-0.75 % PG	2250.78	2462.30	9.4	8.9	9.4	10
2	MRCO 50%-0.75 % PG	2145.3	2330.10	8.6			
3	MRCO 50%-0.75 % PG	2195.3	2386.70	8.7			

Tabla L: Resultado de ensayo de absorción de M.RCO 50% -0.75% Polvo de grafito

N°	Elemento	Peso seco (gr)	Peso saturado (%)	Absorción individual (%)	Absorción promedio (%)	Absorción max ind.(%)	Absorción max (%) -Según Norma
1	MRCO 50%-1 % PG	2404.5	2612.90	8.7	8.3	8.7	10
2	MRCO 50%-1 % PG	2250.1	2430.60	8.0			
3	MRCO 50%-1 % PG	2375.6	2572.30	8.3			

Tabla LI: Resultado de ensayo de absorción en M.RCO 50%- 1% Polvo de grafito

N°	Elemento	Peso seco (gr)	Peso saturado (%)	Absorción individual (%)	Absorción promedio (%)	Absorción max ind.(%)	Absorción max (%) -Según Norma
1	MRCO 100%-0.5 % PG	2204.87	2412.26	9.4	9.0	9.6	10
2	MRCO 100%-0.5 % PG	2164.6	2337.77	8.0			
3	MRCO 100%-0.5% PG	2035.3	2230.12	9.6			

Tabla LII: Resultado de ensayo de absorción de M.RCO 100%- 0.5%Polvo de grafito

N°	Elemento	Peso seco (gr)	Peso saturado (%)	Absorción individual (%)	Absorción promedio (%)	Absorción max ind.(%)	Absorción max (%) -Según Norma
1	MRCO 100%-0.75 % PG	2139.48	2310.63	8.0	8.5	9.0	10
2	MRCO 100%-0.75 % PG	2015.3	2196.30	9.0			
3	MRCO 100%-0.75% PG	2053.8	2230.00	8.6			

Tabla LIII: Resultado de ensayo de absorción de M.RCO 100% - 0.75% Polvo de grafito

N°	Elemento	Peso seco (gr)	Peso saturado (%)	Absorción individual (%)	Absorción promedio (%)	Absorción max ind.(%)	Absorción max (%) -Según Norma
1	MRCO 100%-1 % PG	2138.97	2329.29	8.9	9.2	9.6	10
2	MRCO 100%-1 % PG	2078.69	2270.14	9.2			
3	MRCO 100%-1% PG	2180.3	2390.20	9.6			

Tabla LIV: Resultado de ensayo de absorción de M.RCO100%- 1%Polvo de grafito

H. Ensayo de a flexo-tracción del concreto:

Se utiliza esta prueba para determinar la res.a la tracción mediante flexión, se aplica una carga que se distribuye de manera uniforme en el punto medio del tramo sin apoyo, en sentido transversal del adoquín, incrementando de manera continua hasta que se llega al punto de rotura.

Materiales:

- Máquina de resistencia a la flexión

Procedimiento:

1. Al transcurrir las 24 h después desde su retirada del almto. húmedo, se procederá a realizar a cada espécimen curado una evaluación bajo carga de flexión.
2. Colocamos el adoquín sobre la plataforma de la máquina, asegurándonos de que esté equidistante a su centro.
3. De las barras de apoyo del adoquín se disponen de manera paralela, con una separación "l" igual al largo del espécimen menos 50 mm
4. Aplicamos gradualmente una carga en la tercera barra, ubicada de forma paralela y equidistante a los puntos de apoyo sobre el adoquín, hasta obtener la rotura.
5. Determinamos el área de rotura del adoquín mediante la medición milimétrica de su ancho y el promedio de su espesor.

Fórmula a utilizar:

$$\text{Donde: } R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

- ✓ R= resistencia a la rotura expresada en megapascales.
- ✓ P= carga máxima
- ✓ L= distancia entre los apoyos
- ✓ b=ancho del adoquín
- ✓ d=espesor del adoquín

Para evaluar el comportamiento a la flexión del C. permeable, se llevó a cabo un ensayo de flexo-tracción en muestras con geometría cilíndrica de 199 mm de longitud y 100 mm de diámetro. Las muestras se colocaron en posición horizontal sobre dos apoyos, y la carga fue aplicada en el centro

hasta alcanzar la rotura. Durante el ensayo, se registró la carga máxima soportada por cada probeta en kilogramos, la cual fue posteriormente convertida a Newtons. Con estos valores, y mediante la fórmula correspondiente para cuerpos cilíndricos sometidas, se calculó indicador de ruptura por flexión en megapascuales (MPa). Los resultados son los siguientes:

N°	Elemento	Dimensiones			Edad	Lectura (P)		Modulo de rotura (Mpa)	Promedio
		Longitud (mm)	Diametro (mm)	Radio (mm)		(Kg)	(N)		
1	MP-1	199	100	50	28	1000	9810	4.97	5.48
2	MP-2	199	100	50	28	1240	12164.4	6.16	
3	MP-3	199	100	50	28	1070	10496.7	5.32	

Tabla LV: Resultados de ensayo a flexotraccion en C. patron

N°	Elemento	Dimensiones			Edad	Lectura (P)		Modulo de rotura (Mpa)	Promedio
		Longitud (mm)	Diametro (mm)	Radio (mm)		(Kg)	(N)		
1	MRCd 50%-0.5 % PG	199	100	50	28	1280	12556.8	6.36	6.61
2	MRCd 50%-0.5 % PG	199	100	50	28	1640	16088.4	8.15	
3	MRCd 50%-0.5% PG	199	100	50	28	1070	10496.7	5.32	

Tabla LVI: Resultado de ensayo a flexotraccion en M.RCD 50%- 0.5 Polvo de Grafito

N°	Elemento	Dimensiones			Edad	Lectura (P)		Modulo de rotura (Mpa)	Promedio
		Longitud (mm)	Diametro (mm)	Radio (mm)		(Kg)	(N)		
1	MRCd 50%-0.75 % PG	199	100	50	28	1250	12262.5	6.21	6.15
2	MRCd 50%-0.75 % PG	199	100	50	28	1320	12949.2	6.56	
3	MRCd 50%-0.75% PG	199	100	50	28	1140	11183.4	5.67	

Tabla LVII: Resultados de ensayo a flexotraccion en M.RCD 50%- 0.75% Polvo de grafito.

N°	Elemento	Dimensiones			Edad	Lectura (P)		Modulo de rotura (Mpa)	Promedio
		Longitud (mm)	Diametro (mm)	Radio (mm)		(Kg)	(N)		
1	MRCd 50%-1 % PG	199	100	50	28	1200	11772	5.97	7.36
2	MRCd 50%-1 % PG	199	100	50	28	1700	16677	8.45	
3	MRCd 50%-1% PG	199	100	50	28	1540	15107.4	7.66	

Tabla LVIII: Resultado del ensayo de flexotraccion M.RCD 50% - 1% Polvo de grafito

N°	Elemento	Dimensiones			Edad	Lectura (P)		Modulo de rotura (Mpa)	Promedio
		Longitud (mm)	Diametro (mm)	Radio (mm)		(Kg)	(N)		
1	MRCO 100%-0.5 % PG	199	100	50	28	750	7357.5	3.73	5.09
2	MRCO 100%-0.5 % PG	199	100	50	28	1240	12164.4	6.16	
3	MRCO 100%-0.5% PG	199	100	50	28	1080	10594.8	5.37	

Tabla LIX: Resultado del ensayo a flexotraccion M.RCO100% - 0.5% polvo de grafito

N°	Elemento	Dimensiones			Edad	Lectura (P)		Modulo de rotura (Mpa)	Promedio
		Longitud (mm)	Diametro (mm)	Radio (mm)		(Kg)	(N)		
1	MRCO 100%-0.75 % PG	199	100	50	28	1140	11183.4	5.67	5.20
2	MRCO 100%-0.75 % PG	199	100	50	28	1070	10496.7	5.32	
3	MRCO 100%-0.75% PG	199	100	50	28	930	9123.3	4.62	

Tabla LX: Resultado del ensayo a flexotraccion M.RCO 100% - 0.75% Polvo de grafito

N°	Elemento	Dimensiones			Edad	Lectura (P)		Modulo de rotura (Mpa)	Promedio
		Longitud (mm)	Diametro (mm)	Radio (mm)		(Kg)	(N)		
1	MRCO 100%-1 % PG	199	100	50	28	860	8436.6	4.28	5.24
2	MRCO 100%-1 % PG	199	100	50	28	1200	11772	5.97	
3	MRCO 100%-1% PG	199	100	50	28	1100	10791	5.47	

Tabla LXI: Resultados del ensayo a flexotraccion M.RCO 100%- 1% Polvo de grafito

I. NTP 339.133-Ensayo para la abrasión del adoquín. (método de martillo rebote)

Determinar de manera indirecta y no destructiva la resistencia superficial del concreto endurecido, haciendo uso del martillo de rebote. Es útil para obtener una estimación rápida del estado del material en estructuras o elementos moldeados, como en el caso de adoquines.

Materiales a emplear:

- Martillo de rebote mecánico (esclerómetro)
- Superficie de concreto completamente seca
- Elementos de limpieza (cepillo o paño)

Procedimiento:

1. Se selecciona una parte representativa del elemento de concreto. Esta debe estar seca, libre de partículas sueltas y sin irregularidades significativas.
2. El martillo se ubica perpendicular a la superficie a ensayar. Se presiona hasta que el mecanismo interno libere el percutor, el cual impactará contra el concreto. Luego, se registra el valor reflejado en la escala del equipo (índice de rebote).
3. Se realizan al menos diez mediciones sobre la misma zona del concreto, procurando mantener una separación adecuada entre puntos (no menor a 25 mm). Si existen lecturas que difieren considerablemente del resto, estas deben ser descartadas.
4. Se obtiene un promedio de los valores válidos, el cual puede ser interpretado mediante curvas de correlación previamente calibradas, lo que permite estimar la resistencia del concreto sin afectar la integridad del elemento.

El ensayo de desgaste se llevó a cabo conforme a los criterios técnicos especificados en la normativa ASTM C944 – 99. Para ello, se utilizó un dispositivo rotatorio que aplicó una carga de un newton (1 N) durante tres ciclos de dos minutos cada uno, sobre tres zonas representativas del espécimen analizado. A partir de este procedimiento, se obtuvieron:

% de reemplazo	N°	Elemento	Peso de muestra				Desgaste (%)	Promedio (%)
			Masa inicial (gr)	Masa del Primer ciclo	Masa del Segundo ciclo	Masa del Tercer ciclo		
Muestra patrón	1	MP-1	2350	2346	2343	2342	0.34	0.376
	2	MP-2	2260	2255	2252	2250	0.44	
	3	MP-3	2320	2317	2314	2312	0.34	
50% RCD + 0.5% Polvo Grafito	1	MRCDD 50%-0.5 % PG	2352	2348	2345	2344	0.34	0.387
	2	MRCDD 50%-0.5 % PG	2258	2253	2249	2248	0.44	
	3	MRCDD 50%-5% PG	2113	2110	2107	2105	0.38	
50% RCD + 0.75% Polvo Grafito	1	MRCDD 50%-0.75 % PG	2232	2229	2227	2226	0.27	0.357
	2	MRCDD 50%-0.75 % PG	2381	2376	2374	2372	0.38	
	3	MRCDD 50%-75% PG	2365	2360	2357	2355	0.42	
50% RCD + 1% Polvo Grafito	1	MRCDD 50%-1 % PG	2578	2576	2575	2573	0.19	0.153
	2	MRCDD 50%-1 % PG	2621	2620	2619	2618	0.11	
	3	MRCDD 50%-1% PG	2638	2636	2635	2634	0.15	
100% RCD + 0.5% Polvo Grafito	1	MRCDD 100%-0.5 % PG	2260	2257	2255	2253	0.31	0.322
	2	MRCDD 100%-0.5 % PG	2376	2374	2370	2368	0.34	
	3	MRCDD 100%-0.5 % PG	2193	2190	2187	2186	0.32	
100% RCD + 0.75% Polvo Grafito	1	MRCDD 100%-0.75 % PG	2581	2576	2574	2571	0.39	0.272
	2	MRCDD 100%-0.75 % PG	2554	2551	2550	2549	0.20	
	3	MRCDD 100%-0.75 % PG	2592	2590	2589	2586	0.23	
100% RCD + 1% Polvo Grafito	1	MRCDD 100%-1 % PG	2103	2100	2099	2097	0.29	0.260
	2	MRCDD 100%-1 % PG	2196	2190	2192	2190	0.27	
	3	MRCDD 100%-1 % PG	2252	2250	2248	2247	0.22	

Tabla LXII Ensayo de resistencia a la abrasión en el adoquín permeable

J. Ensayo químico para hallar el contenido de sales para el RCD

(N.T.P.399.152)

Este ensayo tiene como finalidad determinar la presencia de sales solubles en agregados utilizados para mezclas de concreto. Para ello, se toma una muestra del material y se realiza un lavado con agua destilada. El líquido resultante se analiza para verificar si hay presencia de sales como cloruros o sulfatos. Este análisis es importante, ya que un alto contenido de sales puede generar problemas como corrosión en las armaduras o reducir la durabilidad de la mezcla. Se obtuvo de la muestra 2810 ppm y representa 0.28% de sales.

		M-1
Sales solubles	ppm	2810
Totales	%	0.28

Tabla LXIII: Resultado de sales solubles totales en RCD

K. Estudio químico para el contenido de sulfatos para el RCD (N.T.P.399.177)

Este método mide específicamente los iones sulfato en una muestra, que pueden ser dañinos para el concreto si están en exceso. Se obtuvo como resultado 1120 ppm y representa 0.11%, lo cual da indicio a que este árido es idóneo para la producción de adoquines permeables.

		M-1
Cloruro Cl	ppm	1120
	%	0.11

Tabla LXIV: Resultados del ensayo de Cloruros en RCD

L. Análisis químico para determinar la concentración de cloruros solubles para el RCD (N.T.P 399.178)

Esta norma técnica describe cómo identificar la cant. de cloruros presentes en una muestra, especialmente en materiales que se usan en el concreto. El método consiste en disolver los cloruros en agua y luego analizarlos mediante técnicas químicas, obteniendo así su concentración, la cual se expresa en ppm o porcentaje. En los resultados se obtuvieron.

		M-1
Sulfatos SO_4^{-2}	ppm	1380
	%	0.14

Tabla LXV: Resultados de ensayo de Sulfatos en RCD

Resultados y Discusión:

Resultados

A. Resultados de los ensayos de agregados:

Seguidamente se muestran los resultados obtenidos de las pruebas ejecutadas a los áridos. Estos datos serán utilizados para diseñar la mezcla necesaria para preparar varios testigos de concreto, a los cuales se les realizarán los ensayos correspondientes.

a. Estudio granulométrico del Ag. grueso

El material granular grueso usado proviene de Pimentel y se obtuvieron los resultados siguientes con respecto a la granulometría:

Malla		Peso Seco 2884				Especificaciones	
Pulg.	(mm.)	Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	USO 56	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100.0	90.0	100.0
3/4"	19.0	0.0	0.0	0.0	100.0	40.0	85.0
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0	10.0	40.0
3/8"	9.5	9.1	0.3	0.3	99.7	0.0	15.0
Nº 04	4.8	2145.7	74.4	74.7	25.3	0.0	5.0
Nº 08	2.4	531.3	18.4	93.1	6.9	0.0	0.0
Nº 16	1.2	189.5	6.6	99.7	0.3	0.0	0.0
Fondo		107.7	3.7	103.4	-3.4		
Tamaño Maximo		2983.3	1/2"	38.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/8"	25.00			

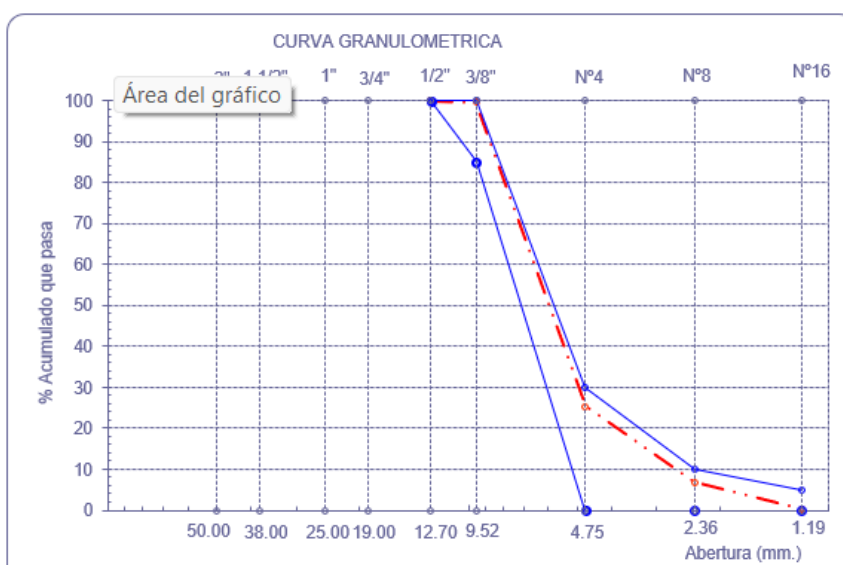


Tabla LXVI Granulometría del agregado grueso

b. Análisis granulométrico del material fino

El árido fino se obtuvo el material proveniente a la cantera “La Victoria - Pátapo” y se consiguieron los siguientes resultados

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.01	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	59.04	4.7	4.7	95.3	95	100
Nº 08	2.360	179.33	14.4	19.1	80.9	80	100
Nº 16	1.180	245.15	19.6	38.7	61.3	50	85
Nº 30	0.600	298.47	23.9	62.6	37.4	25	60
Nº 50	0.300	249.07	20.0	82.6	17.4	10	30
Nº 100	0.150	87.4	7.0	89.6	10.4	2	10
Fondo		129.86	10.4	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.974			
Abertura de malla de referencia				9.500			

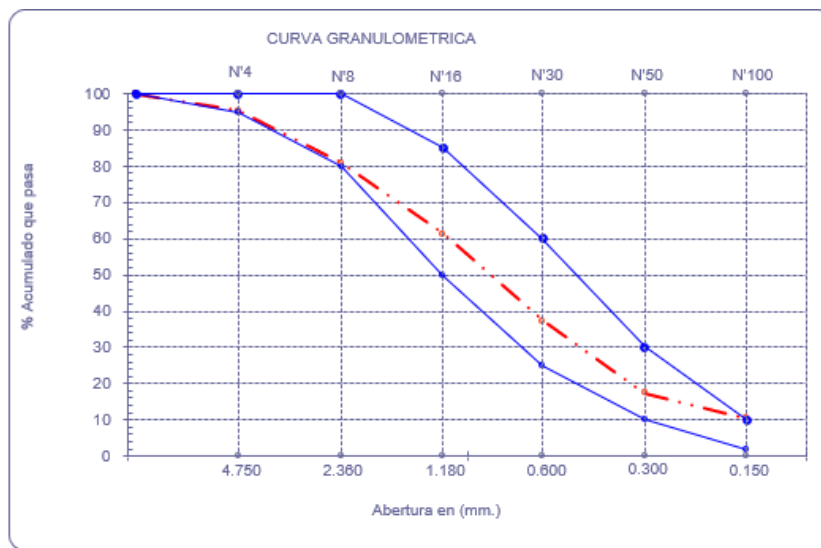


Tabla LXVII Granulometría del agregado fino

B. Resultados del contenido de humedad del agregado grueso y fino natural:

Se realizó la prueba respectiva para medir la proporción de agua contenida en el material grueso, alcanzando un resultado de 0.16%. De manera similar, se realizó el ensayo correspondiente para el Ag. fino, dando como resultado un cont. de humedad de 0.85%.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	600.17	600.17
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	595.1	595.1
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.85	0.85
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.85	

Tabla LXVIII Resultados del contenido de humedad de Ag. Fino

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	500.07	500.07
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	499.25	499.25
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.2	0.2
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.16	

Tabla LXIX Resultados del contenido de humedad del Ag. grueso

C. Resultados del peso específico y absorción del material granular grueso y fino natural:

En primer lugar, se llevó a cabo el estudio correspondiente con el fin de calcular la densidad relativa del árido grueso, resultando en 2.164 gr/cm³. Para el ag. fino, el ensayo arrojó un p. específico de 2.607 gr/cm³. Posteriormente, se realizó el estudio para comprobar el porcentaje de absorción de los áridos, obteniéndose un 0.72% para el ag. grueso y un 0.76% para el fino.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	1001.8	1001.8
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	692.09	692.09
3.- Peso del Agua	(g)	309.68	309.68
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	688.33	688.33
5.- Peso del Frasco	(g)	192.09	192.09
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	496	496
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.607
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.627
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.660
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.76

Tabla LXX Resultados del Ag. Fino

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	571	571
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	575	575
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	989	989
4.- Peso de la canastilla	(g)	678	678
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	311	311

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.164
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.180
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.198
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.72

Tabla LXXI Resultados del Ag. grueso

D. Resultados del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y fino:

Se hizo el ensayo para determinar la cantidad de materia por volumen antes y después de la compactación, obteniéndolos como resultados:

- Para el agregado grueso su Pu. suelto es de 1472.663kg/m³ y un Pu. compactado de 1552.257kg/m³

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18010	18000	18020
2.- Peso del recipiente	(gr.)	9980	9980	9980
3.- Peso del material		8030	8020	8040
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1475.082	1473.245	1476.919
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1472.663		

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18510	18500	18520
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10046	10046	10046
3.- Peso del material		8464	8454	8474
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1554.806	1552.969	1556.643
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1552.257		

Tabla LXXII Peso unitario y compactado del Ag. grueso

- Para el agregado fino su Pu. suelto es de 1585.020kg/m³ y un Pu. compactado de 1747.865kg/m³

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18730	18750	18740
2.- Peso del recipiente	(gr.)	9980	9980	9980
3.- Peso del material		8750	8770	8760
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1596.699	1600.349	1598.524
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1585.020		

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	19640	19650	19630
2.- Peso del recipiente	(gr.)	9980	9980	9980
3.- Peso del material		9660	9670	9650
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1762.756	1764.580	1760.931
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1747.865		

Tabla LXXIII Peso unitario y compactado del Ag. fino

Diseño de mezcla de la mezcla patrón:

Se utilizó una resistencia teórica de 290 kg/cm², se considera un contenido de aire del 16% asimismo también se consideró que en la proporción del diseño solo tenga un 10% de agregado fino, también se ha considerado una relación $\frac{a}{c}$ de 0.40, el módulo de fineza del Ag. fino fue de 2.974 y 0.6771 m³

Con los datos logrados se realizó todos los cálculos proporcionados dando una cantidad de material por m³ de concreto en condiciones secas:

- Cemento = 5.67 kg/m³
- Agua = 1.8 Lt/m³
- Arena = 4.22 kg/m³
- Grava = 35.06 kg/m³

E. Ensayo de análisis granulométrico del RCD 50% y RCD 100%

El agregado grueso usado proviene de Pimentel y se obtuvieron los resultados siguientes con respecto a la granulometría:

Malla		Peso Seco 684				Especificaciones	
Pulg.	(mm.)	Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	USO 56	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100.0	90.0	100.0
3/4"	19.0	0.0	0.0	0.0	100.0	40.0	85.0
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0	10.0	40.0
3/8"	9.5	14.0	2.0	2.0	98.0	0.0	15.0
Nº 04	4.8	480.0	70.2	72.2	27.8	0.0	5.0
Nº 08	2.4	150.0	21.9	94.2	5.8	0.0	0.0
Nº 16	1.2	15.0	2.2	96.3	3.7	0.0	0.0
Fondo		25.0	3.7	100.0	0.0		
Tamaño Maximo		684.0	1/2"	38.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/8"	25.00			

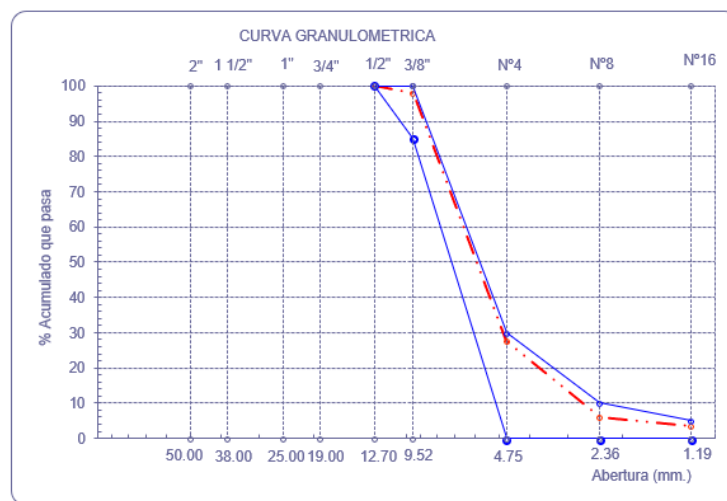


Tabla LXXIV Granulometría del RCD 50%

F. Resultados del peso específico y absorción del RCD 50% y RCD 100%

En primer lugar, se llevó a cabo el estudio correspondiente para establecer la densidad relativa del material pétreo de mayor tamaño del RCD 100%, resultando en 1.929 gr/cm³. Para el ag. grueso de RCD 50% el ensayo arrojó una densidad relativa de 2.678 gr/cm³. Posteriormente, se realizó el ensayo a fin de establecer la capacidad de retención hídrica de los áridos utilizados, obteniéndose un 5.68% para el agregado grueso RCD 100% y un 0.73% para el agregado grueso de RCD 50%

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	474	474
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	501	501
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	959	959
4.- Peso de la canastilla	(g)	704	704
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	255	255

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	1.929
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.038
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.166
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	5.68

Tabla LXXV Resultados del RCD 50%

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g):	528	528
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g):	532	532
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g):	1030	1030
4.- Peso de la canastilla	(g):	696	696
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g):	335	335

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³):	2.678
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³):	2.697
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³):	2.731
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%):	0.73

Tabla LXXVI Resultados del RCD 100%

G. Resultados del contenido de humedad del RCD 50% y RCD 100%

Se realizó el estudio correspondiente para determinar el cont. de humedad del Ag. grueso RCD 50%, consiguiendo un resultado de 0.62%. De manera similar, se realizó el ensayo correspondiente para el ag. grueso RCD 100%, dando como resultado un contenido de humedad de 1.43%.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.):	500.07	500.07
B.- Peso de muestra seca	(gr.):	497	497
C.- Peso de recipiente	(gr.):	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.6	0.6

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.):	500.07	500.07
<i>Tabla LXXVII Resultado del contenido de humedad del RCD 50%</i>			
C.- Peso de recipiente	(gr.):	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.4	1.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.43	

Tabla LXXVIII Resultado del contenido de humedad del RCD 100%

H. Resultados del peso unitario suelto y compactado del RCD 50% y RCD 100%

Se hizo el ensayo para determinar la carga volumétrica bruta y posterior al apisonado de los agregados obteniéndolos como resultados:

- Para el agregado grueso de RCD 50% su pu. suelto es de 1423.147 kg/m³ y un pu. compactado de 1516.678 kg/m³.

A.- PESO UNITARIO SUELTO				
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	17870	17860	17880
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110	10110	10110
3.- Peso del material		7760	7750	7770
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1425.484	1423.647	1427.321
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1423.147		
B.- PESO UNITARIO COMPACTADO				
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18380	18370	18390
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110	10110	10110
3.- Peso del material		8270	8260	8280
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1519.169	1517.332	1521.006
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1516.678		

Tabla LXXIX RCD 50%

- Para el agregado grueso de RCD 100% su Pu. suelto es de 1370.922 kg/m³ y un Pu. compactado de 1461.471kg/m³.

A.- PESO UNITARIO SUELTO				
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	17680	17670	17690
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110	10110	10110
3.- Peso del material		7570	7560	7580
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1390.582	1388.745	1392.419
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1370.922		
B.- PESO UNITARIO COMPACTADO				
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18190	18180	18170
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110	10110	10110
3.- Peso del material		8080	8070	8060
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1484.267	1482.430	1480.593
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1461.471		

Tabla LXXX RCD 100%

I. Diseño de mezcla de RCD 50% y polvo de grafito 0.5 %:

Se utilizó una resistencia teórica de 290 kg/cm², se considera un contenido de aire del 16% asimismo también se consideró que en la proporción del diseño solo tenga un 10% de agregado fino, también se ha considerado una relación $\frac{a}{c}$ de 0.40, el módulo de fineza del ag. fino fue de 2.974 y 0.6771 m³

Los valores obtenidos sirvieron como base para efectuar las operaciones necesarias dando una cantidad de material por m³ de concreto en condiciones secas:

- Cemento = 11.34 kg/m³
- Agua = 3.6 Lt/m³
- Arena = 3.29 kg/m³
- Grava = 33.74 kg/m³

Con todos los datos calculados, se determina la cant. de material por m³ de concreto en condiciones húmedas, se aumenta la adición del polvo de grafito del 0.5 % esta se realiza teniendo en cuenta cemento, porcentaje de aditivo y su densidad

- Aditivo = 22.67 g/m³
- Cemento = 11.34 kg/m³
- Agua = 3.6 Lt/m³
- Arena = 3.29 kg/m³
- Grava = 33.74 kg/m³

J. Diseño de mezcla de RCD 50% y polvo de grafito 0.75 %:

Se utilizó una resistencia teórica de 290 kg/cm², se considera un contenido de aire del 16% asimismo también se consideró que en la proporción del diseño solo tenga un 10% de agregado fino, también se ha considerado una relación $\frac{a}{c}$ de 0.40, el módulo de fineza del agregado fino fue de 2.974 y 0.6771 m³

Los datos recopilados facilitaron el procesamiento de las operaciones pertinentes al análisis dando una cantidad de material por m³ de concreto en condiciones secas:

- Cemento = 11.34 kg/m³
- Agua = 3.6 Lt/m³

- Arena = 3.29 kg/m³
- Grava = 33.74 kg/m³

Con todos los datos calculados, se determina la cantd. de material por m³ de concreto en condiciones húmedas, se aumenta la adición del polvo de grafito del 0.75% esta se realiza teniendo en cuenta cemento, porcentaje de aditivo y su densidad

- Aditivo = 33.64 g/m³
- Cemento = 11.34 kg/m³
- Agua = 3.6 Lt/m³
- Arena = 3.29 kg/m³
- Grava = 33.74 kg/m³

K. Diseño de mezcla de RCD 50% y polvo de grafito 1 %:

Se utilizo una resistencia teórica de 290 kg/ cm², se considera un contenido de aire del 16% asimismo también se consideró que en la proporción del diseño solo tenga un 10% de agregado fino, también se ha considerado una relación $\frac{a}{c}$ de 0.40, el módulo de fineza del agregado fino fue de 2.974 y 0.6771 m³

Una vez recogida la información, se resolvieron los cálculos inherentes al procedimiento dando una cantidad de material por m³ de concreto en condiciones secas:

- Cemento = 11.34 kg/m³
- Agua = 3.6 Lt/m³
- Arena = 3.29 kg/m³
- Grava = 33.74 kg/m³

Con todos los datos calculados, se determina la cantd. de material por m³ de concreto en condiciones húmedas, se aumenta la adición del polvo de grafito del 1% esta se realiza teniendo en cuenta cemento, porcentaje de aditivo y su densidad

- Aditivo = 44.48 g/m³
- Cemento = 11.34 kg/m³
- Agua = 3.6 Lt/m³

- Arena = 3.29 kg/m³
- Grava = 33.74 kg/m³

L. Diseño de mezcla de RCD 100% y polvo de grafito 0.5 %:

Se utilizó una resistencia teórica de 290 kg/cm², se considera un contenido de aire del 16% asimismo también se consideró que en la proporción del diseño solo tenga un 10% de agregado fino, también se ha considerado una relación $\frac{a}{c}$ de 0.40, el módulo de fineza del agregado fino fue de 2.974 y 0.6771 m³

Con base en las mediciones, se efectuaron los cálculos técnicos establecidos para el estudio dando una cantidad de material por m³ de concreto en condiciones secas:

- Cemento = 11.34 kg/m³
- Agua = 3.6 Lt/m³
- Arena = 4.69 kg/m³
- Grava = 35.30 kg/m³

Con todos los datos calculados, se determina la cantd. de material por m³ de concreto en condiciones húmedas, se aumenta la adición del polvo de grafito del 0.5 % esta se realiza teniendo en cuenta cemento, porcentaje de aditivo y su densidad

- Aditivo = 19.76 g/m³
- Cemento = 11.34 kg/m³
- Agua = 3.6 Lt/m³
- Arena = 4.69 kg/m³
- Grava = 35.30 kg/m³

M. Diseño de mezcla de RCD 100% y polvo de grafito 0.75 %:

Se utilizó una resistencia teórica de 290 kg/cm², se considera un contenido de aire del 16% asimismo también se consideró que en la proporción del diseño solo tenga un 10% de agregado fino, también se ha considerado una relación $\frac{a}{c}$ de 0.40, el módulo de fineza del agregado fino fue de 2.974 y 0.6771 m³

Los datos recopilados facilitaron el procesamiento de las operaciones pertinentes al análisis dando una cantidad de material por m³ de concreto en condiciones secas:

- Cemento = 11.34 kg/m³
- Agua = 3.6 Lt/m³
- Arena = 4.69 kg/m³
- Grava = 35.30 kg/m³

Con todos los datos calculados, se determina la cantd. de material por m³ de concreto en condiciones húmedas, se aumenta la adición del polvo de grafito del 0.75 % esta se realiza teniendo en cuenta cemento, porcentaje de aditivo y su densidad

- Aditivo = 29.63 g/m³
- Cemento = 11.34 kg/m³
- Agua = 3.6 Lt/m³
- Arena = 4.69 kg/m³
- Grava = 35.30 kg/m³

N. Diseño de mezcla de RCD 100% y polvo de grafito 1 %:

Se utilizo una resistencia teórica de 290 kg/ cm², se considera un contenido de aire del 16% asimismo también se consideró que en la proporción del diseño solo tenga un 10% de agregado fino, también se ha considerado una relación $\frac{a}{c}$ de 0.40, el módulo de fineza del agregado fino fue de 2.974 y 0.6771 m³.

Con los resultados obtenidos, se llevaron a cabo las estimaciones respectivas dando una cantidad de material por m³ de concreto en condiciones secas:

- Cemento = 11.34 kg/m³
- Agua = 3.6 Lt/m³
- Arena = 4.69 kg/m³
- Grava = 35.30 kg/m³

Con todos los datos calculados, se determina la cantd. de material por m³ de concreto en condiciones húmedas, se aumenta la adición del polvo de grafito del 1% esta se realiza teniendo en cuenta cemento, porcentaje de aditivo y su densidad

- Aditivo = 39.43 g/m³
- Cemento = 11.34 kg/m³

- Agua = 3.6 Lt/m³
- Arena = 4.69 kg/m³
- Grava = 35.30 kg/m³

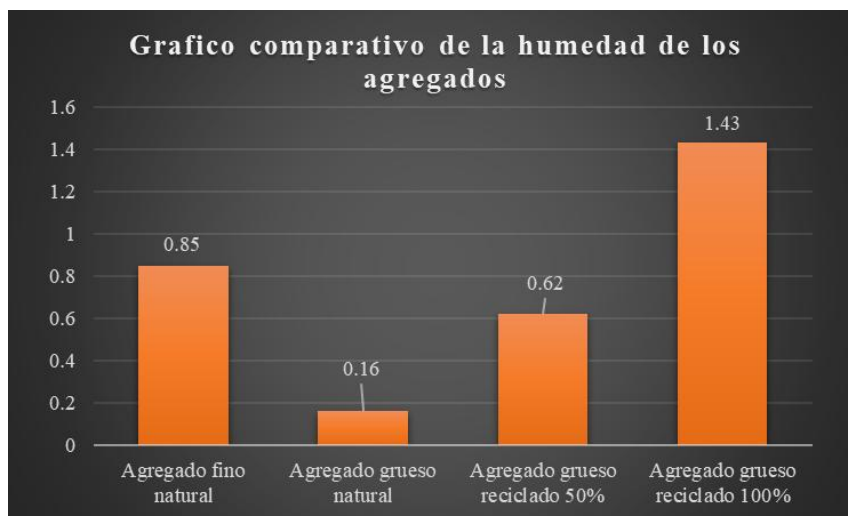
Discusión

A. Análisis de resultados

a. Ensayo de agregados (naturales y reciclados)

a) Ensayo de humedad de agregados

Se efectuó la prueba pertinente en los agregados grueso y fino en laboratorio, obteniéndose para el agregado grueso un valor de contd. de humedad 0.16% AG. Natural, un 0.62% en AG. Reciclado 50% y un 1.43% en un AG. Reciclado 100%, lo cual es coherente con lo reportado por López [14], quien al trabajar con agregados reciclados también encontró un incremento en la retención de humedad en relación con los agregados vírgenes. Esta diferencia se acusa a la porosidad inherente de los RCD, producto de su proceso previo de uso y trituración. Para el ag. fino se alcanzó un resultado de 0.85%. Existe una variación en los agregados pues influyen también el ambiente a la que se enfrenta al estar almacenadas y su exposición. Este comportamiento también fue mencionado en los resultados de López [14], donde se advierte que el manejo de los RCD puede alterar sus propiedades higroscópicas, afectando su desempeño en mezclas cementicias. A diferencia de estudios anteriores enfocados en elementos estructurales, el presente trabajo se orienta hacia la evaluación del contenido de humedad de los R.C.D en la fabricación de adoquines con capacidad de infiltración, donde la porosidad no representa una limitación, sino una propiedad que puede aprovecharse para mejorar el desempeño hidráulico. Esto permite ajustar mejor la dosificación y optimizar su aplicación en zonas urbanas con alta generación de residuos.

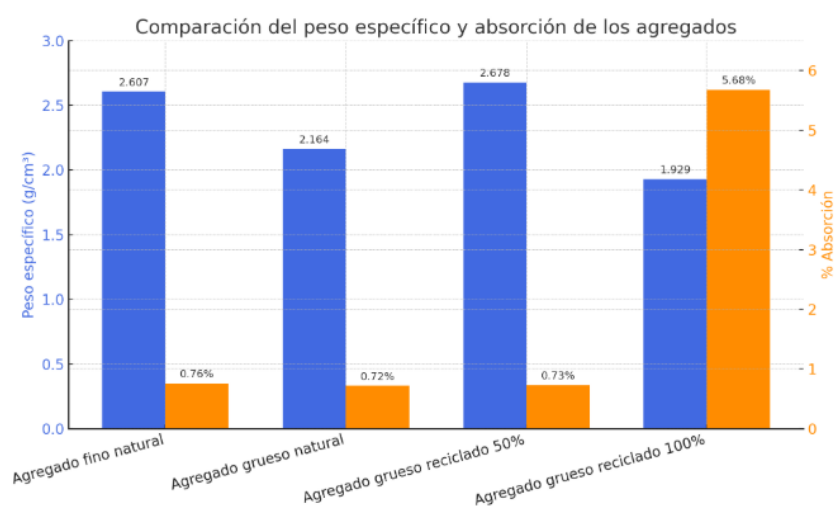


Grafica 8: Ensayo de humedad de los agregados

b) Ensayo de peso específico y absorción de agregados

Los datos derivados en el estudio de absorción evidencian una diferencia significativa entre los distintos tipos de agregados utilizados. El agregado grueso natural presentó una absorción del 0.72 %, mientras que el agregado reciclado al 50 % mostró un valor muy cercano, de 0.73 %. Sin embargo, al utilizar 100 % de agregado reciclado, la absorción aumentó considerablemente a 5.68 %. Esto refleja una mayor porosidad en los agregados reciclados, especialmente cuando se emplean sin mezclarse con agregados naturales, lo cual no representa una desventaja directa, sino una propiedad que puede ser aprovechada en elementos como los adoquines permeables, donde la capacidad de absorción contribuye al control del flujo hídrico superficial. En cuanto al P. específico, se analizó que el árido fino alcanzó un valor de 2.607 g/cm³. Para el ag. grueso, los valores fueron de 2.164 g/cm³ (natural), 2.678 g/cm³ (50 % reciclado) y 1.929 g/cm³ (100 % reciclado). Los hallazgos revelan que, al crecer la proporción de agregado reciclado, la densidad del material tiende a disminuir. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Monja Rojas [19], quien también incorporó sobrantes de obras (RCD) en mezclas de concreto permeable destinadas a pavimentos especiales. En su investigación, se evidenció que los materiales granulares reutilizados presentaban una mayor absorción de agua que los agregados naturales, atribuida a su estructura interna más porosa. Además, se

observó que al aumentar el porcentaje de RCD en la mezcla, la densidad del concreto tendía a disminuir, lo cual coincide con lo registrado en el presente estudio. Esta correspondencia entre ambos trabajos respalda el aprovechamiento de materiales reciclados en la producción de adoquines permeables, promoviendo alternativas sostenibles sin afectar su funcionalidad. A diferencia del enfoque tradicional en concretos convencionales, este estudio evalúa la densidad y absorción en adoquines permeables, destacando cómo la porosidad mejora el flujo de agua. Los resultados, según el porcentaje de sustitución, ofrecen criterios técnicos para emplear RCD en pavimentos sostenibles sin afectar su desempeño.

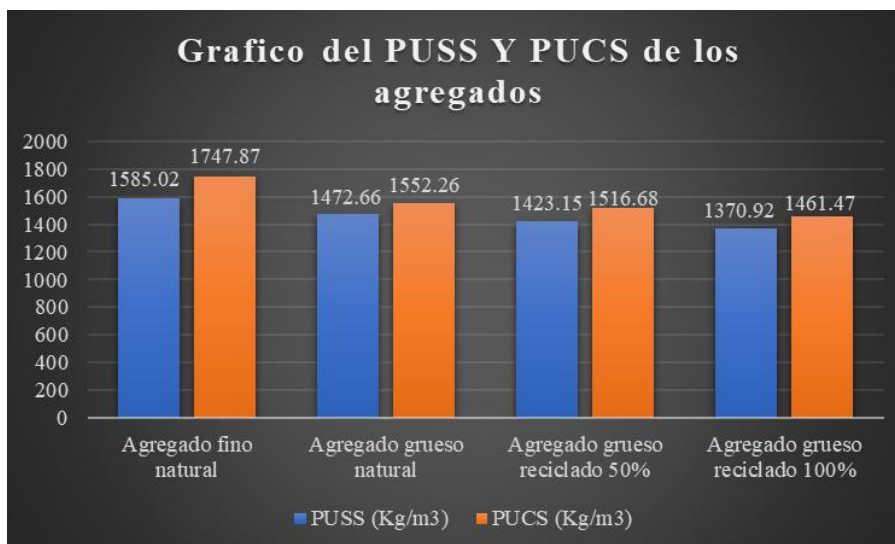


Grafica 9: Ensayo de peso específico y absorción de los agregados

c) Ensayo de peso unitario y compactado de agregados

Los resultados del ensayo de valor de carga por volumen sin compactación y tras asentamiento evidencian una diferencia significativa entre los agregados extraídos del ambiente y aquellos recuperados, tanto en su estado natural y densificado. En el caso del ag. grueso natural, se obtuvo un Pu. suelto de 1472.66 kg/m³ y un Pu. compactado de 1552.26 kg/m³. Estos valores se reducen conforme se incrementa el uso del R.C.D: con un 50 % de reemplazo, el peso suelto fue de 1423.15 kg/m³ y el pu. compactado de 1516.68 kg/m³; mientras que con el 100 % de reemplazo, disminuyeron a 1370.92 kg/m³ y 1461.47 kg/m³, respectivamente. Esta reducción está relacionada con la porosidad y menor densidad del agregado

reciclado, debido a la presencia de vacíos y partículas fracturadas. En el caso del agregado fino, los valores fueron 1585.02 kg/m^3 en estado suelto y 1747.87 kg/m^3 compactado, indicando una buena capacidad de compactación por su granulometría. Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Monja Rojas [19], quien evaluó concretos permeables fabricados con diferentes proporciones de RCD. En su estudio, también se identificó una reducción progresiva en la densidad de los materiales conforme aumentaba el porcentaje de reemplazo, llegando a registrar disminuciones cercanas al 7% en mezclas con 100% de RCD respecto a los valores de referencia. Al igual que en el presente trabajo, se concluyó que esta reducción no compromete la funcionalidad estructural del elemento, especialmente en aplicaciones donde se requiere menor densidad y mayor permeabilidad, como en el caso de los pavimentos con función drenante. Por tanto, la similitud en los resultados corrobora la idoneidad técnica del uso de RCD en soluciones constructivas sostenibles. Mientras que investigaciones anteriores han abordado principalmente mezclas convencionales, esta propuesta se orienta a evaluar el comportamiento del peso unitario de agregados reciclados en la producción de adoquines con capacidad drenante. En este contexto, la menor densidad registrada no supone una limitación técnica, sino que puede contribuir a optimizar la estructura interna del material para favorecer la infiltración del agua. Estos resultados fortalecen el enfoque de incorporar RCD como una alternativa viable para pavimentos urbanos más sostenibles.



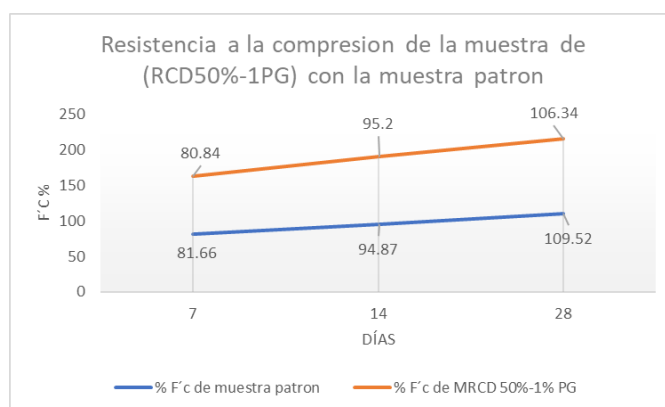
Grafica 10: Ensayo de peso unitario suelto y compactado de los agregados

b. Concreto en estado endurecido

a) Ensayo de resistencia a la compresión

En el caso del diseño que incorpora un 50% de material granular recuperado de residuos constructivos (RCD) y un 1% de P. grafito, se observó un desarrollo de capacidad de soporte ante cargas de compresión con un comportamiento muy cercano al de la mezcla patrón, cuyo $f'c$ es de 314 kg/cm². A los 7 días, esta combinación logró el 80.98% de su resistencia de diseño, incrementándose al 95.25% a los 14 días, y culminando con un 105.85% a los 28 días. Si bien la resistencia final obtenida (306 kg/cm²) es apenas inferior a la de la muestra patrón (que alcanzó un 108.47% a la misma edad), la diferencia registrada, de aproximadamente 2.62%, indica que la mezcla modificada mantiene un desempeño estructural favorable, lo que la posiciona como una opción técnicamente consistente en términos estructurales. Este comportamiento es similar al reportado en el estudio de Cornejo Ramos [17], quien elaboró adoquines permeables empleando agregados reciclados. En dicha investigación, se obtuvo una res. compresión de 298.5 kg/cm² a los 28 días cuando se empleó un 50 % de RCD sin adición de grafito, lo cual representa un 95.03 % respecto a su mezcla patrón (314.1 kg/cm²). Esta diferencia porcentual fue de aproximadamente 4.97 %,

valor ligeramente mayor al del presente estudio. Sin embargo, ambas experiencias coinciden en que los adoquines fabricados con agregados reciclados logran resistencias mecánicas dentro de los márgenes estructurales requeridos, reafirmando así la viabilidad técnica del uso de estos materiales en pavimentos. Lo innovador de esta propuesta es la combinación de RCD con polvo de grafito como aditivo, aspecto poco explorado en estudios similares. La mejora en la resistencia a compresión respecto a trabajos previos demuestra que esta adición puede optimizar las propiedades mecánicas del adoquín sin comprometer su integridad estructural. Esto representa una alternativa viable y replicable en contextos urbanos, donde se requiere no solo sostenibilidad, sino también eficiencia en el desempeño de materiales prefabricados.

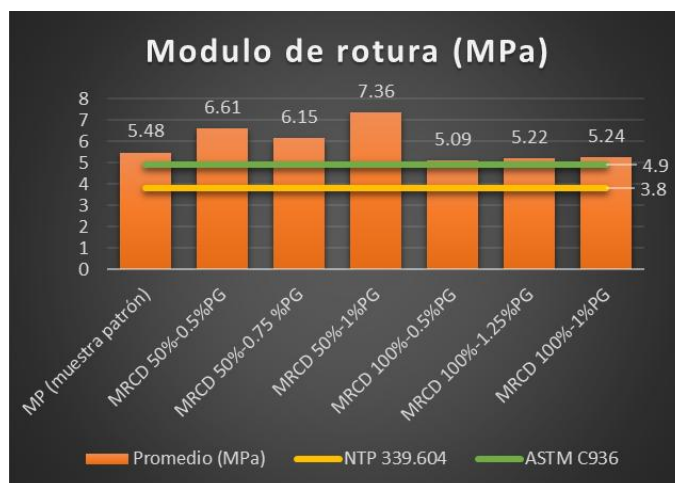


Grafica 11: Resistencia a la compresión del MRCD 50% - 1%PG con la M. Patron

b) Ensayo de resistencia a la flexión por tracción

Cada grupo sometido a ensayo mostró un desempeño satisfactorio en cuanto a resistencia a la flexión, rebasando los niveles de referencia, los valores mínimos exigidos por las normas técnicas. Según la N.T.P. 399.604, el módulo de ruptura debe ser al menos de 3.8 MPa, mientras que la norma ASTM C936 establece un mínimo de 4.9 MPa. En este estudio, los promedios obtenidos para todos los diseños, incluyendo aquellos con hasta un 100 % de reemplazo por agregado reciclado grueso, se encuentran por encima de ambos umbrales. El valor más alto registrado fue de 7.36 MPa, y el más bajo fue de 5.09 MPa, lo cual confirma que el uso de agregados recuperados de residuos

no compromete la res. del adoquín, permitiendo que cumpla satisfactoriamente con las exigencias normativas. Estos resultados se alinean con los obtenidos por Cornejo Ramos [17], quien evaluó adoquines de C. permeable con reemplazo de árido grueso por RCD hasta en un 100 %. En su investigación, los módulos de ruptura oscilaron entre 4.28 MPa y 6.91 MPa, mostrando también cumplimiento con la NTP 399.604 y la ASTM C936. En comparación, el presente estudio reportó un módulo mínimo de 5.09 MPa y un máximo de 7.36 MPa, evidenciando un incremento promedio del 10.8 % respecto a los resultados más altos del estudio de Cornejo. Esta similitud confirma que el uso de R.C.D no afecta negativamente el desempeño mecánico de los elementos de concreto sometidos a flexión y tracción simultánea, y que incluso puede superarse el desempeño reportado en investigaciones previas, reforzando así su aplicabilidad en soluciones peatonales sostenibles. A diferencia de otros trabajos que solo se enfocan en cumplir con los mínimos normativos, este estudio evidencia que la incorporación de R.C.D en conjunto con aditivos como el polvo de grafito no solo mantiene, sino que mejora el rendimiento frente a esfuerzos de flexión. Al alcanzar niveles superiores de resistencia, se demuestra que los materiales reciclados no deben ser vistos solo como alternativa, sino como una opción competitiva para infraestructuras ligeras, especialmente en vías peatonales donde se requiere durabilidad con menor carga estructural.

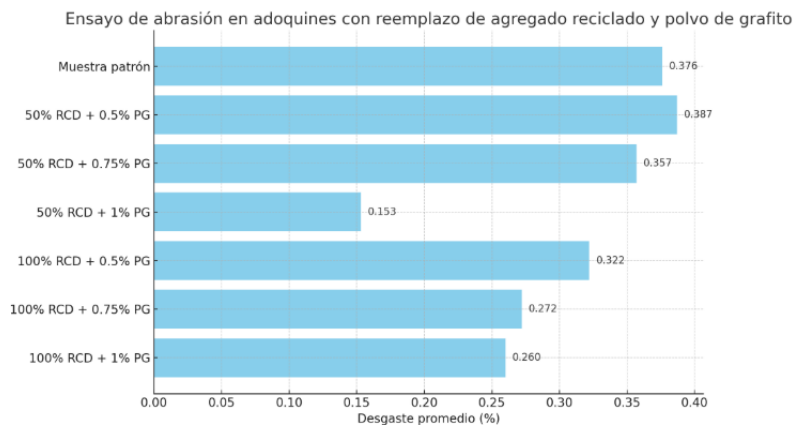


Grafica 12: Promedio del Módulo de Ruptura en Adoquines Permeable con Agregado Reciclado y Polvo de grafito

c) Ensayo de resistencia a la abrasión:

El ensayo de abrasión fue desarrollado conforme a la norma A.S.T.M C.944 – 99, empleando un cortador giratorio con una carga de 1N aplicado sobre tres zonas distintas de cada espécimen. La prueba se realizó en tres ciclos de dos minutos. Los valores obtenidos reflejan el nivel de pérdida de masa debido al desgaste superficial de los bloques prefabricados de mezcla cementicia. En lo referente a los valores registrados, la muestra patrón demostró un desgaste promedio del 0.376%, manteniéndose dentro de los límites recomendados por la N.T.P.339.614:2014 y la especificación A.S.T.M, que no permiten que la pérdida exceda el 0.50%.

Todos los valores se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por las normas A.S.T.M y NTP, lo que sugiere una resistencia adecuada al desgaste por abrasión en los adoquines fabricados, incluso con altos niveles de sustitución de árido natural por reciclado y adición de P. grafito. Estos resultados coinciden con lo reportado por Cornejo Ramos [17], quien encontró que adoquines elaborados con materiales alternativos en la región de Lambayeque mostraron pérdidas por abrasión inferiores a 0.45 %, demostrando así una resistencia adecuada para aplicaciones en pavimentos peatonales y vehiculares ligeros. Tal congruencia en los resultados confirma que el uso de agregado derivado de material reutilizado de demolición, junto con aditivos como el polvo de grafito, no compromete la durabilidad de los adoquines, validando su uso en soluciones sostenibles. Los resultados obtenidos demuestran que la incorporación de materiales reciclados y aditivos como el grafito permite conservar una resistencia al desgaste adecuada, incluso bajo condiciones exigentes de ensayo. A diferencia de otras propuestas que limitan el uso de RCD por su posible fragilidad, esta investigación evidencia que es posible mantener niveles bajos de pérdida por abrasión, abriendo la posibilidad de su aplicación en entornos urbanos con tránsito moderado y alta exposición al roce superficial.



Grafica 13: Resistencia a la Abrasión en Adoquines Permeables con Diferentes Porcentajes de Agregado Reciclado y Polvo de grafito

d) Ensayo para la permeabilidad en concreto poroso A.C.I.522-R

Los resultados muestran una tendencia clara: al incrementar la añadidura de P . grafito en mezclas con 50 % y 100 % R.C.D, la permeabilidad de los adoquines disminuye notablemente. La muestra patrón presenta una permeabilidad promedio cercana a 2.09 cm/s, mientras que con 1 % de polvo de grafito y 50 % RCD, la permeabilidad disminuye hasta aproximadamente 1.24 cm/s, lo que representa una reducción cercana al 40 %. Para el caso del 100 % RCD, los valores de permeabilidad oscilan entre 1.24 y 1.86 cm/s, evidenciando un efecto similar pero menos marcado.

Estos efectos están en línea con los hallazgos de Guisado Barrios y Curi Grados [18], quienes indicaron que concretos permeables con agregados reciclados y aditivos presentan permeabilidades en el rango de 1.5 a 2.0 cm/s. La inclusión del polvo de grafito, además de contribuir a la reducción de la permeabilidad, mantiene la funcionalidad hidráulica necesaria para aplicaciones en pavimentos permeables, favoreciendo la gestión sostenible del agua. Más allá de confirmar el comportamiento esperado en mezclas con RCD, esta investigación explora el efecto específico del polvo de grafito sobre la capacidad de infiltración. La reducción gradual de la permeabilidad no compromete el desempeño hidráulico del adoquín, sino que permite un mayor control del flujo en zonas urbanas. Esta adaptación fina en el diseño de mezcla representa un avance frente a estudios anteriores, al demostrar que es posible

ajustar la porosidad sin perder eficiencia funcional, lo cual es clave para pavimentos que buscan un balance entre resistencia mecánica y drenaje superficial.

e) Ensayos químicos (sales, cloruros y sulfatos)

Los compuestos solubles en los agregados reciclados evidenciaron la presencia de sales totales equivalentes al 0.28 %, cloruros en un 0.11 % y sulfatos en un 0.14 % del peso del material. Estos porcentajes se ubican por debajo de los límites estipulados por las normativas A.S.TM C94 y N.T.P 334.090, que regulan la calidad de los componentes destinados a elementos prefabricados. En consecuencia, no se prevén riesgos significativos de corrosión de armaduras ni formación de compuestos expansivos en los elementos producidos. En comparación con lo reportado por Jiménez Bolaños et al. [15], quienes analizaron residuos reciclados en mezclas cementicias y detectaron niveles de cloruros hasta del 0.13 % y sulfatos en torno al 0.18 %, los resultados actuales muestran valores ligeramente menores. Esta diferencia se puede atribuir al proceso de selección y pretratamiento aplicado a los RCD utilizados, el cual redujo la concentración de compuestos indeseables. Además, ambos estudios coinciden en que, al mantenerse en rangos aceptables, estos residuos pueden ser incorporados sin comprometer el comportamiento químico de los elementos fabricados. A diferencia de otros estudios centrados exclusivamente en aspectos físicos o mecánicos, esta investigación incorpora una valoración química que amplía los criterios técnicos para el uso de agregados reciclados. La verificación de que los niveles de cloruros y sulfatos están dentro de los márgenes permitidos respalda el uso del RCD no solo como una medida sostenible, sino también como una opción técnicamente confiable en obras de infraestructura urbana.

i. Evaluación económica

Con el propósito de validar la viabilidad técnica y económica del diseño con una resistencia objetivo de 290 kg/cm² se efectuó un análisis detallado de Costos.unit. entre el C. poroso patron y el C.poroso de 50%R.C.D-1% P. grafito, tomando en cuenta los precios reales de adquisición de insumos como cemento, agregado grueso tipo confitillo y arena fina, todos empleados durante la ejecución del estudio experimental. Se consideró el valor de la mano de obra especializada y el uso de maquinaria auxiliar, según lo reportado en el S. técnico (abril de 2025).

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PARTIDA:	RECOLECCION Y TRANSPORTE DE RCD					
RENDIMIENTO:	1	m3 /día				Total S/. 138.00
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.00
Peón	hh	1.00	1.0000	0	0.00	
MATERIALES						57.80
R.C.D Triturado	m3		1.0000	57.80	57.80	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						80.20
Desgaste de herramientas	%M.O		2%	10.00	0.20	
Moto carguera	uso	1.00	1.0000	80.00	80.00	

Tabla LXXXI:A.P.U del R.C.D

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PARTIDA:	ELABORACION DE ADOQUIN RCD					
RENDIMIENTO:	250	und/día				Total S/. 325.93
						Total unit. S/. 1.30
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						65.00
Operario	hh	1.00	1.0000	35	35.00	
Peón	hh	1.00	3.0000	10	30.00	
MATERIALES						140.72
Cemento Cemex Hs	bls		3.0000	31	93.00	
R.C.D + Ag grueso	m3		0.3090	57.8	17.86	
Ag. Fino	m3		0.0285	63	1.80	
Agua	m3		0.0500	5	0.25	
Polvo de grafito.	kg		0.6180	45	27.81	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						120.21
Desgaste de herramientas	%M.O		2%	10.68	0.21	
Mezcladora	glb	1.00	100%	60.00	60.00	
Mesa vibro-compactadora	hm	1.00	1.0000	60.00	60.00	

Tabla LXXXII: Análisis para la elaboración de Adoquín poroso

COSTO DE LA MUESTRA PATRON					
Insumo	und	Costo(S/.)	Peso Kg	Parcial	Total (S/.)
Cemento nacional Hs	bls	31	630	0.7294	S/ 459.53
Ag. Confitillo	m3	63	1947.73	0.0403	S/ 78.44
AG. Fino	m3	55	234.67	0.0315	S/ 7.38
Agua	m3	5	215.7	0.0050	S/ 1.08
Costo del adoquin de concreto mill.					S/ 600.00
TOTAL					S/ 1,146.43

Tabla LXXXIII: Costo de la M. porosa

COSTO DEL ADOQUIN 50%RCD + 1% P.grafito					
Insumo	und	Costo(S/.)	Peso Kg	Parcial	Total (S/.)
Cemento nacional Hs	bls	31	630	0.7294	S/ 459.53
Ag. Confitillo	m3	63	937.24	0.0403	S/ 37.74
Ag. RCD	m3	57.8	937.24	0.0395	S/ 37.07
P. grafito	kg	45	2.5	0.0450	S/ 0.11
AG. Fino	m3	55	182.52	0.0315	S/ 5.74
Agua	m3	5	215.7	0.0050	S/ 1.08
Costo del adoquin de concreto mill.					S/ 600.00
TOTAL					S/ 1,141.28

Tabla LXXXIV: Costo del C. permeable con 50% R.C.D+1% P.grafito

En la evaluación de costos de producción del adoquín de concreto, la mezcla convencional costó S/ 1,146.43, mientras que la alternativa con 50% de RCD y 1% de polvo de grafito fue ligeramente más económica, con S/ 1,141.28. La inclusión del RCD permitió reducir en más de un 50% la cantidad utilizada de confitillo, lo cual influyó directamente en la disminución del costo global. A pesar de la adición del polvo de grafito como insumo externo, el gasto generado por este material no elevó de forma significativa el presupuesto total. Esto demuestra que, desde una perspectiva de inversión en materiales, la sustitución parcial de áridos naturales por materiales reciclados no representa una desventaja económica.

Conclusiones:

1. El desarrollo del ensayo de abrasión permitió evaluar con claridad el comportamiento superficial de los adoquines ante el desgaste, empleando el método del rodillo según lo establecido en la norma ASTM C944 – 99. A partir de los resultados obtenidos, se comprobó que la muestra patrón presentó un desgaste promedio de 0.376%, lo cual sirvió como base comparativa frente a las demás combinaciones evaluadas. En particular, la combinación con 50% de RCD y 1% de polvo de grafito mostró el menor porcentaje de desgaste (0.153%), confirmando su resistencia frente al desgaste superficial. Esto demuestra que el uso de materiales reciclados, correctamente dosificados, no solo es técnicamente viable, sino que además aporta beneficios en términos de sostenibilidad, sin comprometer la calidad del producto final.
2. Los resultados obtenidos en el ensayo a compresión permiten establecer que la incorporación de agregados reciclados tanto el 50% y 100% y polvo de grafito en diferentes porcentajes y tipos, tiene un efecto notable sobre la resistencia final de los adoquines. Si bien la muestra patrón presentaron los valores más altos de resistencia (314 kg/cm²), se observó que ciertos porcentajes de reemplazo con agregado reciclado y polvo de grafito, especialmente el grueso al 50%, lograron mantener una resistencia aceptable (306 kg/cm²) dentro de los márgenes establecidos por la norma (290 kg/cm²). Esto demuestra que es viable el uso de agregados reciclados en aplicaciones estructurales no críticas, fomentando así una construcción más sostenible sin comprometer de forma significativa el desempeño mecánico del material.
3. El ensayo de flexotracción permitió evaluar la resistencia de los adoquines frente a esfuerzos de flexión, cumpliendo con uno de los objetivos planteados en esta investigación. Los resultados obtenidos muestran que, aunque el uso de agregados reciclados reduce ligeramente la resistencia en comparación con los materiales tradicionales, los valores alcanzados se mantienen dentro de rangos aceptables. Esto indica que es posible incorporar estos materiales reciclados sin comprometer de forma significativa el desempeño estructural del adoquín, aportando además una alternativa más sostenible para su fabricación.

4. Los ensayos realizados permitieron cumplir con el objetivo de esta investigación, que fue evaluar la influencia del uso de agregados reciclados en las propiedades mecánicas de los adoquines de concreto. A través de las pruebas de compresión, abrasión y flexotracción, se pudo comprobar que, aunque el uso de agregados reciclados genera una ligera reducción en algunas propiedades resistentes, estas se mantienen dentro de rangos adecuados para su aplicación. Los resultados muestran que el uso de agregado reciclado, especialmente en porcentajes moderados, puede ser una alternativa viable tanto técnica como ambientalmente. Esto demuestra que es posible reutilizar materiales sin comprometer de manera significativa la calidad del producto final, contribuyendo así a una construcción más sostenible.
5. El porcentaje que es más óptimo en usar y se acerca a la muestra patrón es el adoquín permeable con 50% de árido grueso reciclado - 1% de polvo de grafito, demostrando que se ajusta a las condiciones de al adoquín permeable patrón de diseño de esta investigación.
6. Los ensayos de permeabilidad demostraron que todas las mezclas, incluso aquellas con RCD y polvo de grafito, permiten un buen paso del agua. Según la norma ACI 522, que establece valores típicos entre 0.2 y 1.2 cm/s, e incluso hasta 2.0 cm/s en mezclas porosas, los resultados obtenidos (de 1.24 a 2.15 cm/s) se encuentran dentro del rango adecuado, confirmando que el diseño cumple con los requisitos para un buen drenaje.
7. Los valores obtenidos para la muestra analizada indican la presencia de sales solubles en una proporción del 0.28%, mientras que los contenidos específicos de cloruros y sulfatos corresponden a 0.11% y 0.14%, respectivamente. Estas cifras se mantienen dentro de los márgenes establecidos por las normas técnicas vigentes, lo cual sugiere que los componentes evaluados no representan un riesgo potencial para la durabilidad del concreto. Por tanto, el material empleado cumple con los requisitos químicos necesarios para ser utilizado sin comprometer la integridad estructural ni acelerar procesos de deterioro prematuro.

Recomendaciones:

1. Con base en los resultados obtenidos del análisis de flexotracción, se propone ampliar las investigaciones incorporando distintas proporciones de materiales reutilizados y aditivos, con el fin de mejorar la respuesta mecánica del concreto. Es aconsejable efectuar ensayos complementarios que incluyan condiciones reales de uso, como variaciones térmicas o cargas repetitivas, para evaluar su desempeño en escenarios más exigentes.
2. Sería prudente comprobar la interacción entre los residuos seleccionados y el resto de componentes de la mezcla, garantizando su homogeneidad y estabilidad. Por último, se plantea aplicar estos desarrollos en pequeñas obras piloto, lo cual permitiría verificar su funcionalidad práctica y contribuir a una construcción más responsable con el entorno.
3. Se sugiere continuar explorando mezclas con residuos de construcción y demolición (RCD) y adición de polvo de grafito, especialmente en proporciones que mantengan niveles de permeabilidad aceptables conforme a los parámetros establecidos por la ACI 522. Es recomendable verificar cómo influye cada dosificación en el flujo del agua a través del concreto, especialmente cuando se busca un equilibrio entre resistencia mecánica y capacidad de drenaje.
4. Sería útil implementar pruebas a largo plazo, considerando el desgaste por el uso y las condiciones ambientales, para validar la durabilidad del concreto permeable elaborado con materiales alternativos. De igual forma, la aplicación práctica en zonas donde se requiere gestionar escorrentías podría ser una vía para comprobar la efectividad de estas soluciones en situaciones reales.
5. Durante la colocación del concreto permeable, se sugiere emplear una técnica de compactación cuidadosa y controlada. En lugar de usar vibración intensa, es preferible optar por una compactación ligera, como el uso de varillas o vibradores de baja frecuencia, solo para garantizar el asentamiento sin obstruir los canales porosos.
6. Para reducir el desgaste del concreto permeable, se sugiere emplear agregados resistentes y bien seleccionados, además de controlar adecuadamente la dosificación de aditivos como el polvo de grafito. Un buen curado también ayuda a mejorar la resistencia superficial sin afectar la permeabilidad.

Referencia bibliográfica

- [1] A. L. Sánchez Luyo, Análisis de residuos de construcción y demolición para su reutilización como materia prima de agregados de construcción, Lima - 2018, Lima, 2019.
- [2]. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), «Lambayeque, compendio estadístico 2017,» Lambayeque, 2022.
- [3]. Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento, «Decreto Supremo que modifica el Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición, aprobado por Decreto Supremo N°002-2022 VIVIENDA,» Diario Oficial El Peruano, 2022.
- [4]. Pacheco Bustos, C.A., Sánchez Cotte, E.H. y Páez, C. (2020). Una visión de ciudad sostenible desde el modelo de gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) caso de estudio: barranquilla. *Tecnura*, 24(63) 57-72. DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.15359>
- [5]. República de Colombia, “Decreto 1784 de 2017: Por el cual se establece el reglamento técnico para RCD,» Diario Oficial, Bogotá, 2017.
- [6]. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN), «Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción., San José, 2011.,» UICN/Oficina Regional para Mesoamérica y la Iniciativa Caribe, San José, 2011.
- [7]. S. R. J. Carlo, Caracterización De Residuos De Residuos De Construcción Y Demolición Para Su Uso En La Construcción, Cajamarca 2021, Cajamarca, 2021.
- [8] «dossier Lambayeque dic 22.pdf». Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/dossier_lambayeque_dic22.pdf
- [9] Ministerio del Ambiente del Perú, *Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos de la construcción y demolición en el Perú*. Lima: MINAM, 2021.
- [10] A. R. Gómez y J. C. Mendoza, “Gestión de residuos de construcción y demolición en Colombia: problemática y perspectivas,» *Revista Ingeniería y Región*, vol. 19, no. 2, pp. 45–58, 2020.
- [11] Ministerio de Salud de Costa Rica, *Informe Nacional sobre Manejo de Residuos de Construcción y Demolición*, San José, 2020.
- [12] A. Valdivia, J. Núñez y R. Morales, “Aprovechamiento de residuos de construcción en la

elaboración de materiales sostenibles en el Perú,” *Revista de Ingeniería Civil*, vol. 12, no. 1, pp. 88–96, 2022.

[13] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), *Estadísticas del medio ambiente 2022: Generación de residuos sólidos municipales*, Lima: INEI, 2023.

[14]. L. A. M. López, fabricación de bloques de cemento con agregados de residuos de construcción y demolición (rcd) provenientes de mamposterías de ladrillo, azogues, 2022.

[15]. L. Jiménez Bolaños, N. Trochez Sánchez y Y. Díaz Rosero, «Estudio para aprovechamiento de RCD en Santiago de Cali como agregado en materiales de construcción,» *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, vol. 17, nº 1, pp. 87-93, 2019.

[16]. «pakbal-37 diciembre 2016.pdf». Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.ingenieria.unach.mx/images/Articulos_revista/pakbal-37_diciembre2016.pdf

[17] R. D. Cornejo Ramos, Elaboración de adoquín de concreto permeable para facilitar el drenaje de aguas pluviales en la región de Lambayeque, Tesis de Ingeniería, Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú, 2023. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/6946>

[18]. «PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ - PDF Descargar libre». Accedido: 15 de noviembre de 2023. <https://docplayer.es/96440333-Pontificia-universidad-catolica-del-peru.html>

[19] A. M. Monja Rojas, Evaluación de las propiedades de un concreto permeable utilizando residuos de construcción y demolición para su utilización en pavimentos especiales en el distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, tesis de ingeniería, Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/6946>

[20]. «ACI 522R Traducido PDF | PDF | Hormigón | Cemento», Scribd. Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/405513984/ACI-522R-traducido-pdf>

[21].S. ARANGO, «CONCRETO PERMEABLE: DESARROLLO URBANO DE BAJO IMPACTO», 360 EN CONCRETO. Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/concreto-permeable-desarrollo-urbano-de-bajo-impacto>

- [22]. P. F. Ballvé, J. L. P. Palomino, y R. S. Palomino, «Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General », 2022.
- [23]. «¿Qué es el cemento y cuáles son sus componentes?», Cementos Tequendama, 31 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <http://www.cetesa.com.co/que-es-el-cemento-y-cual-es-su-composicion/>.
- [24].«NORMA TECNICA PERUANA 334.082-2000». Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/saraaltamirano501/334082>
- [25].«Ntp 400 037 2014-especificaciones-agregados». Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/hersacs/ntp-400-037-2014especificacionesagregados>
- [26]«NTP 399.611 2017», pdfcoffee.com. Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/ntp-399611-2017-2-pdf-free.html>
- [27].J. A. Mamani Quispe y L. E. Tipiana Contreras, «Uso del concreto reciclado como agregado y su comportamiento en la resistencia, en adoquines de uso peatonal, Lima 2019», *Repositorio Institucional - UCV*, 2019, Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46518>
- [28].NTP 399.624-2006 | PDF | Hormigón | Acero», Scribd. Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/404048287/NTP-399-624-2006>
- [29].«Pavimentos Urbanos Ce.010.pdf». Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos_Urbanos.pdf
- [30].«NTP 339.035_2009.pdf», pdfcoffee.com. Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/ntp-3390352009pdf-pdf-free.html>
- [31].«Astm c1688 | PDF», Scribd. Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/202508809/Astm-c1688>
- [32].J. Tolentino, J. Carlos, V. Huaman, y J. Alexandra, «Adición de polvo de grafito para mejorar las propiedades físico-mecánicas del hormigón ».
- [33].«Miranda Pumacayo, J." "Influencia Del 3% Y 5% Del Grafito En La Resistencia A La Compresión Del Concreto 210kg/Cm2.”

[34].«Norma Técnica NTP 339.230 Peruana 2010: 2010-09-08 1 Edición | PDF | Densidad | Hormigón». Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/430623670/NT>

[35].«Ntp 339.034 2008». Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/ERICKSA2/ntp-339034-2008>


[36].«NTP 339 078 Ensayo de Flexion pdf | uDocz». Accedido: 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible <https://www.udocz.com/apuntes/108486/ntp-339-078-ensayo-de-flexion-pdf>

[37]«ACI 522R Traducido PDF | PDF | Hormigón | Cemento», Scribd. Accedido: 15 de noviembre de 2023. <https://es.scribd.com/document/405513984/ACI-522R-traducido-pdf>

[38].Secretaría de ambiente de Bogotá (2014, Enero 01) “Guia ambiental para la elaboración del plan de gestion integral de construccion y demolicion-RCD en la obra”

Anexos:

Anexo 1: Validación de ensayo de laboratorio



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

- LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS
- CONCRETO Y ASFALTO

INFORME N° LEM USAT 029-2025-1

FECHA: 21 de Mayo 2025

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Pupuche Mena Vicente Jhardel


TITULO DE LA TESIS: Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Contenido de humedad.
- Análisis granulométrico del agregado grueso, RCD y fino.
- Peso específico y absorción del agregado grueso, RCD y fino.
- Peso unitario del agregado grueso, RCD y fino.
- Ensayo de sulfatos, cloruros y sales del agregado de RCD.
- Resistencia a la Compresión del concreto permeable con proporciones de 50%, 100% de RCD como agregado grueso y Adición de Polvo de grafito del 0.5 %, 0.75% y 1%.
- Resistencia a flexión por tracción del concreto permeable con proporciones de 50%, 100% de RCD como agregado grueso y Adición de Polvo de grafito del 0.5 %, 0.75% y 1%.
- Ensayo de Permeabilidad del concreto permeable con proporciones de 50%, 100% de RCD como agregado grueso y Adición de P. grafito del 0.5 %, 0.75% y 1%.
- Ensayo de Abrasion del concreto permeable con proporciones de 50%, 100% de RCD como agregado grueso y Adición de P. grafito del 0.5 %, 0.75% y 1%.
- Ensayo de absorción del concreto permeable con proporciones de 50%, 100% de RCD como agregado grueso y Adición de P. grafito del 0.5 %, 0.75% y 1%.


Se alcanza al interesado para los fines correspondientes

Observación: Adjunto



Henry Rivadeneyra Oblitas
Responsable de Lab Ing. Civil

TÉCNICO DE LABORATORIO



Anexo 2: Carta de conformidad del asesor

CONFORMIDAD DE ASESOR
SEMINARIO DE TESIS II

Chiclayo, __19__ de _____ mayo__ del 2025.

Señores

DOCENTE DE LA ASIGNATURA DE SEMINARIO DE TESIS II
DOCENTE COORDINADOR DE TESIS
Escuela Profesional de Ingeniería Civil-USAT
Presente.

Le expreso mi saludo y en mi condición de asesor doy mi **CONFORMIDAD** a la tesis titulada: "Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal" presentado por el estudiante Vicente jhardel Pupuche Mena de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de esta manera se cumple con uno de los requisitos para su pase a sustentación del informe de tesis de acuerdo con el art.32 de reglamento de elaboración y sustentación del trabajo de investigación para optar el título profesional.

Atentamente.



Ms. Roberto Carlos Castillo Velarde
INGENIERO CIVIL
REG. C.P. N° 87640

Ing.
Castillo Velarde Roberto Carlos

Anexo 3: Ensayo de distribución de partículas del Ag.fino de la muestra patron



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



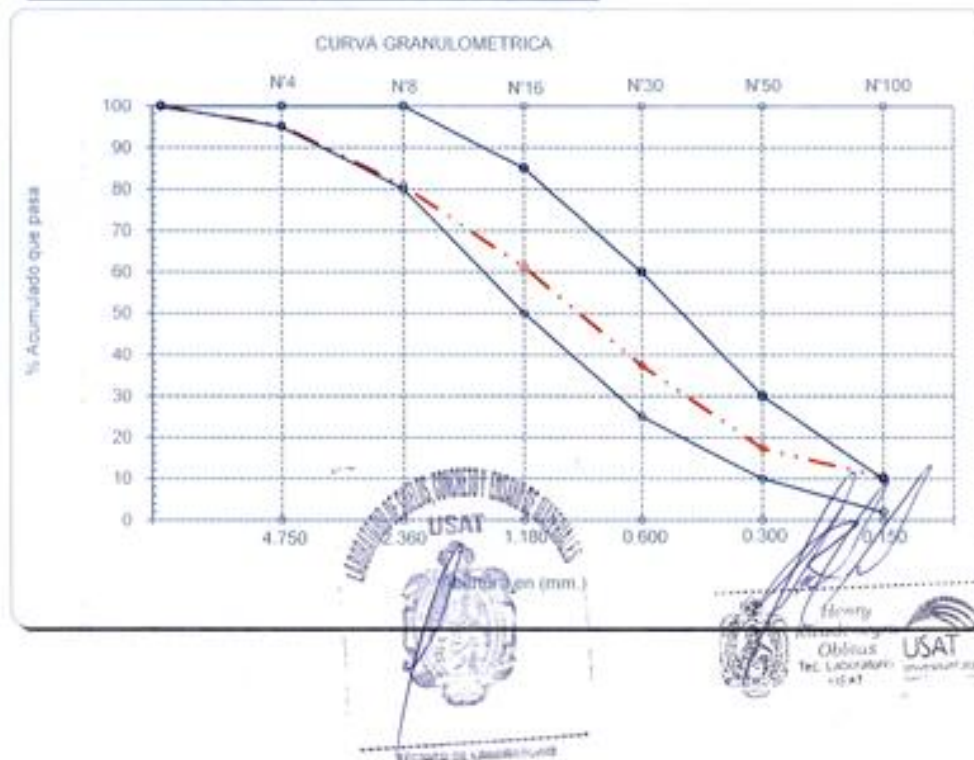
Tesista : Papuche Mena Vicente (harden)
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov.Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-136-0 N.T.P. 400.012

Cantera : Cantera La Victoria-
Pátapo.

Peso Seco 1248.4

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)					Ret.	Ret.
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.01	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	59.04	4.7	4.7	95.3	95	100
Nº 08	2.360	179.33	14.4	19.1	80.9	80	100
Nº 16	1.180	245.15	19.6	38.7	61.3	50	85
Nº 30	0.600	298.47	23.9	62.6	37.4	25	60
Nº 50	0.300	249.07	20.0	82.6	17.4	10	30
Nº 100	0.150	87.4	7.0	89.6	10.4	2	10
Fondo		129.86	10.4	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.974			
Abertura de malla de referencia				9.500			



Anexo 4: Ensayo de distribucin de particulas del Ag.grueso de la muestra patron



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERILES



Tesista : Pupuche Mena Vicente (harden)
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov.Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136.4 N.T.P. 400.012

Cantera : Confitillo-Pimentel

Peso Seco 2884

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones ISO 56	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100.0	90.0	100.0
3/4"	19.0	0.0	0.0	0.0	100.0	80.0	85.0
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0	10.0	40.0
3/8"	9.5	9.1	0.3	0.3	99.7	0.0	15.0
N° 04	4.8	2145.7	74.4	74.7	25.3	0.0	5.0
N° 08	2.4	531.3	18.4	93.1	6.9	0.0	0.0
N° 16	1.2	189.5	6.6	99.7	0.3	0.0	0.0
Fondo		107.7	3.7	103.4	-3.4		
Tamaño Maximo		2983.3	1/2"	38.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/8"	25.00			



Henry
 [Signature]
 Ing. Civil
 No. Laboratorio
 10744
 USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 5: Ensayo de P. u del Ag. grueso de la M. patron



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jharden
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rc4 y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Confitillo- Pimentel

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18010	18000	18020
2.- Peso del recipiente	(gr.)	9980	9980	9980
3.- Peso del material		8030	8020	8040
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1475.082	1473.245	1476.919
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1472.663		

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18510	18500	18520
2.- Peso del recipiente	(gr.)	9980	9980	9980
3.- Peso del material		8530	8520	8540
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1566.930	1565.093	1568.767
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1564.361		

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	500.07		500.07
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	499.25		499.25
C.- Peso de recipiente	(gr.)	61.3		61.29
D.- Contenido de humedad	(%)	0.164		0.164
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.164		



Anexo 6: Ensayo de P. u del Ag. fino de la M.patron



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jharden
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov.Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Canetra : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18730	18750	18740
2.- Peso del recipiente	(gr.)	9980	9980	9980
3.- Peso del material		8750	8770	8760
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1596.699	1600.349	1598.524
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1585.020		

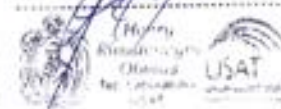
2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	19640	19650	19630
2.- Peso del recipiente	(gr.)	9980	9980	9980
3.- Peso del material		9660	9670	9650
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1762.756	1764.580	1760.931
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1747.865		

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	600.17		600.17
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	595.10		595.10
C.- Peso de recipiente	(gr.)	77.9		77.9
D.- Contenido de humedad (%)	(%)	0.852		0.852
E.- Contenido de humedad (promedio)		0.852		



Anexo 7: Ensayo de P. específico y abs. de los Ag. de la M. Patron



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jharden
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rod y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	1001.8	1001.8
2.- Pest Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	692.09	692.09
3.- Peso del Agua	(g)	309.68	309.68
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	688.33	688.33
5.- Peso del Frasco	(g)	192.09	192.09
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	496	496
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	2.607
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.627
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.660
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.76

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

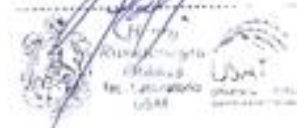
Cantera : Confitillo- Pimentel

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	571	571
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	575	575
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	989	989
4.- Peso de la canastilla	(g)	678	678
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	311	311

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	2.164
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.180
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.196
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.72



Anexo 8: Ensayo de cont. Humedad de los Ag. de la M. Patron



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jharel
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rccl y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	600.17	600.17
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	595.1	595.1
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.85	0.85
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.85	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Confitillo- Pimentel

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	500.07	500.07
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	499.25	499.25
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.2	0.2
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.16	

Observaciones :



Anexo 9: Ensayo de distribución de partículas del Ag.fino de la muestra RCD 50%



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pepuche Mena Vicente (hardel)
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov.Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

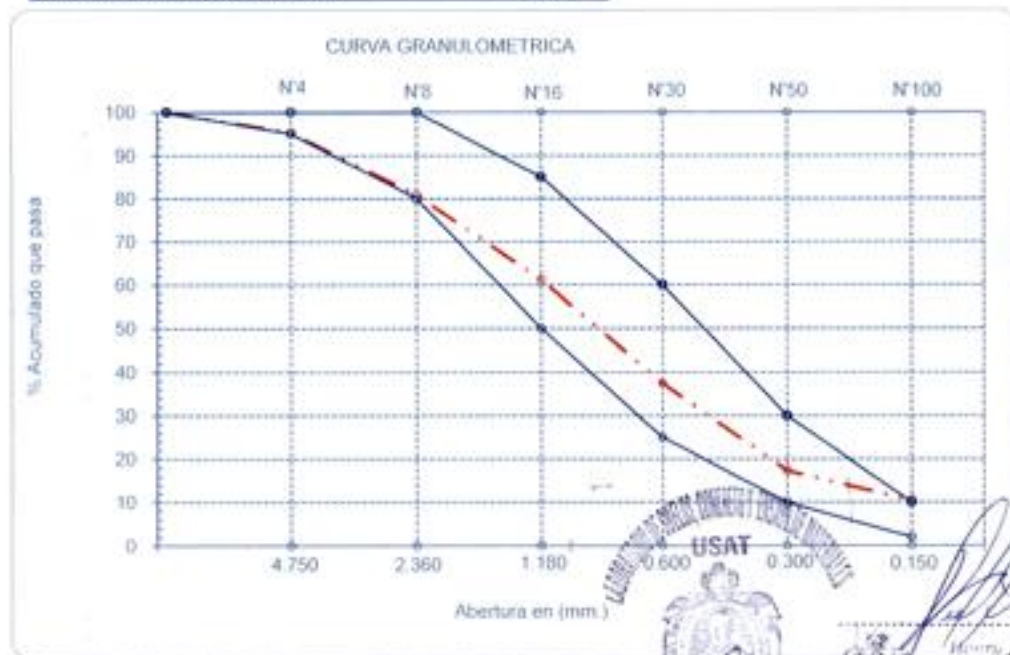
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
 Referencia : Norma ASTM C-136 A N.T.P. 400.012

Cantera : Cantera La Victoria-
 Pátapo.

Peso Seco 12484

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.01	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	59.04	4.7	4.7	95.3	95	100
Nº 08	2.360	179.33	14.4	19.1	80.9	80	100
Nº 16	1.180	245.15	19.6	38.7	61.3	50	85
Nº 30	0.600	298.47	23.9	62.6	37.4	25	60
Nº 50	0.300	249.07	20.0	82.6	17.4	10	30
Nº 100	0.150	87.4	7.0	89.6	10.4	2	10
Fondo		129.86	10.4	100.0	0.0		

Módulo de Fineza 2.974
 Abertura de malla de referencia 9.500



USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 [Signatures and stamps]

Anexo 10: Ensayo de distribución de partículas del Ag. grueso de la muestra RCD 50%



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

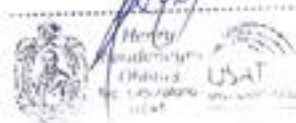
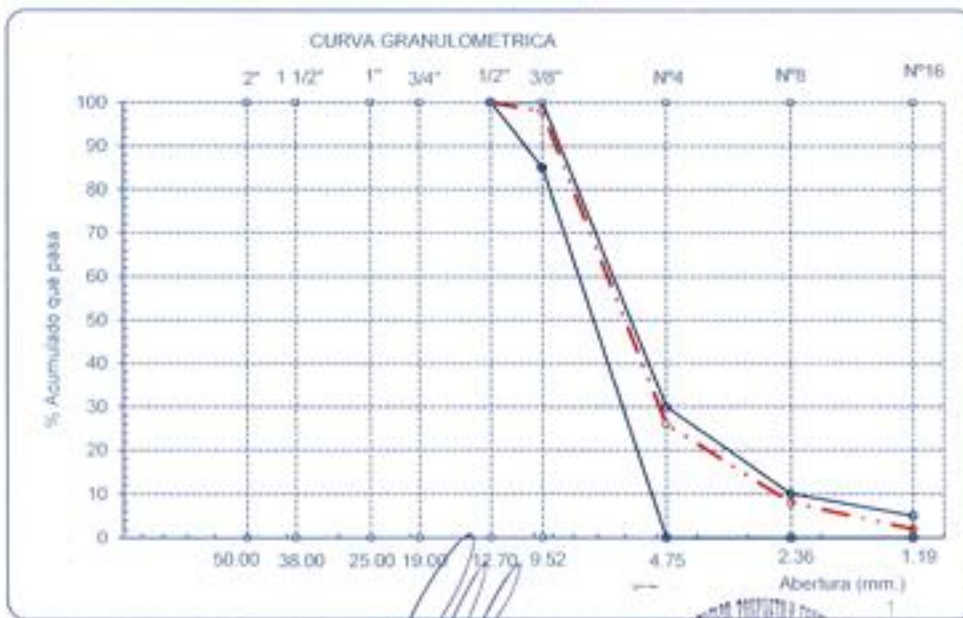


Testista : Pupuche Mena Vicente [hardel]
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
 Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por red y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
 Referencia : Norma ASTM C-136 o N.T.F. 400.012

Cantera : Conditillo- Pimentel

Malla		Peso Ret.	[%] Ret.	[%] Acum. Ret.	[%] Acum. Que Pasa	Especificaciones ISO 56	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100.0	90.0	100.0
3/4"	19.0	0.0	0.0	0.0	100.0	40.0	85.0
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0	10.0	40.0
3/8"	9.5	10.0	2.0	2.0	98.0	0.0	15.0
Nº 04	4.8	360.0	72.0	74.0	26.0	0.0	5.0
Nº 08	2.4	90.0	18.0	92.0	8.0	0.0	0.0
Nº 16	1.2	30.0	6.0	98.0	2.0	0.0	0.0
Fondo		10.0	2.0	100.0	0.0		
Tamaño Máximo		500.0		1/2"	38.00		
Tamaño Máximo Nominal				3/8"	25.00		



Anexo 11: Ensayo de P. u del Ag. fino de la M. RCD 50%



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jharden
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rod y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Confitillo- Pimentel

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	17870	17860	17880
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110	10110	10110
3.- Peso del material		7760	7750	7770
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1425.484	1423.647	1427.321
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1423.147		

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18380	18370	18390
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110	10110	10110
3.- Peso del material		8270	8260	8280
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1519.169	1517.332	1521.006
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1516.678		

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	500.07		500.07
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	499.25		499.25
C.- Peso de recipiente	(gr.)	61.3		61.29
D.- Contenido de humedad	(%)	0.164		0.164
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.164		

Henry
Mendoza y
Oblitas
Fac. Laboratorio
USAT



Anexo 12: Ensayo de P. u del Ag. gruesa de la M. RCD 50%



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jhardel
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov.Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Canetra : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18730	18750	18740
2.- Peso del recipiente	(gr.)	9980	9980	9980
3.- Peso del material		8750	8770	8760
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1596.699	1600.349	1598.524
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1585.020		

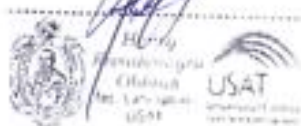
2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	19640	19650	19630
2.- Peso del recipiente	(gr.)	9980	9980	9980
3.- Peso del material		9660	9670	9650
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1762.756	1764.580	1760.931
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1747.865		

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	600.17		600.17
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	595.10		595.10
C.- Peso de recipiente	(gr.)	77.9		77.9
D.- Contenido de humedad	(%)	0.852		0.852
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.852		



Anexo 13: Ensayo de P. específico y abs. de los Ag. de la M. RCD 50%



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jharel
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	1001.8	1001.8
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	692.09	692.09
3.- Peso del Agua	(g)	309.68	309.68
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	688.33	688.33
5.- Peso del Frasco	(g)	192.09	192.09
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	496	496
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.607
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.627
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.660
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.76

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Cantera : Confitillo- Pimentel

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	528	528
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	532	532
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	1030	1030
4.- Peso de la canastilla	(g)	696	696
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	335	335

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.678
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.697
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.731
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.73

Henry
Rivadeneira
Obtuvo
del Laboratorio
USAT

USAT
RECTOR DE LA INSTITUCIÓN

Anexo 14: Ensayo de cont. Humedad de los Ag. de la M. RCD 50%



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jharel
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	600.17	600.17
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	595.1	595.1
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.85	0.85
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.85	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Confitillo- Pimentel

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	500.07	500.07
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	497	497
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.6	0.6
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.62	

Observaciones :


 Henry Rivas
 Obispo
 Reg. 1.000.000
 USAT


 TÉCNICO DE INSTRUCCIÓN
 0

Anexo 15: Ensayo de distribución de partículas del Ag.fino de la muestra RCD 100%



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



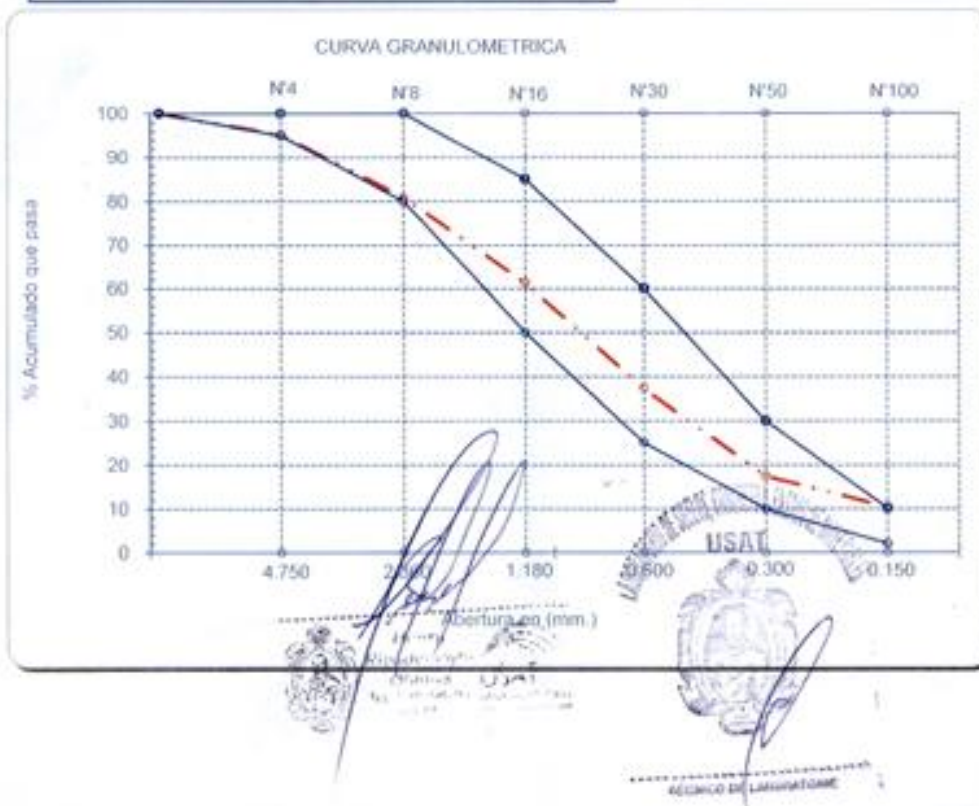
Tesista : Papuche Mena Vicente Jhardel
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov.Chiclayo . Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Cantera La Victoria-
Pátapo.

Peso Seco 1248.4

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)					100	100
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.01	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	59.04	4.7	4.7	95.3	95	100
Nº 08	2.360	179.33	14.4	19.1	80.9	80	100
Nº 16	1.180	245.15	19.6	38.7	61.3	50	85
Nº 30	0.600	298.47	23.9	62.6	37.4	25	60
Nº 50	0.300	249.07	20.0	82.6	17.4	10	30
Nº 100	0.150	87.4	7.0	89.6	10.4	2	10
Fondo		129.86	10.4	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.974			
Abertura de malla de referencia				9.500			



Anexo 16: Ensayo de distribución de partículas del Ag.grueso de la muestra RCD 100%



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERILES



Tesista : Pupoche Mena Vicente [bardel]
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov.Chiclayo : Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 & N.T.P. 400.012

Cantera : Confitillo- Pimentel

Peso Seco 684

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones USO 56	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100.0	90.0	100.0
3/4"	19.0	0.0	0.0	0.0	100.0	40.0	85.0
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0	10.0	40.0
3/8"	9.5	14.0	2.0	2.0	98.0	0.0	15.0
Nº 04	4.8	480.0	70.2	72.2	27.8	0.0	5.0
Nº 08	2.4	150.0	21.9	94.2	5.8	0.0	0.0
Nº 16	1.2	15.0	2.2	96.3	3.7	0.0	0.0
Fondo		25.0	3.7	100.0	0.0		
Tamaño Maximo		684.0	1/2"	38.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/8"	25.00			



[Signature]
 Henry Roldán Obitos
 Ing. Civil
 USAT

[Signature]
 USAT
 RECTOR DE LAMBAEQUE

Anexo 17: Ensayo de P. u del Ag. grueso de la M. RCD 100%



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jharden
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Confitillo- Pimentel

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	17680	17670	17690
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110	10110	10110
3.- Peso del material		7570	7560	7580
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1390.582	1388.745	1392.419
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1370.922		

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18190	18180	18170
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110	10110	10110
3.- Peso del material		8080	8070	8060
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1484.267	1482.430	1480.593
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1461.471		

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	500.07		500.07
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	493.00		493
C.- Peso de recipiente	(gr.)	61.3		61.29
D.- Contenido de humedad	(%)	1.434		1.434
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.434		


Henry Arellano
Código
del Laboratorio
USAT


USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 18: Ensayo de P. u del Ag. fino de la M. RCD 100%



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jharel
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Canetra : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18730	18750	18740
2.- Peso del recipiente	(gr.)	9980	9980	9980
3.- Peso del material		8750	8770	8760
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1596.699	1600.349	1598.524
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1585.020		

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	19640	19650	19630
2.- Peso del recipiente	(gr.)	9980	9980	9980
3.- Peso del material		9660	9670	9650
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.005	0.005	0.005
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1762.756	1764.580	1760.931
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1747.865		

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	600.17		600.17
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	595.10		595.10
C.- Peso de recipiente	(gr.)	77.9		77.9
D.- Contenido de humedad	(%)	0.852		0.852
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.852		


Henry Rivas
Rivas, Henry
Obreros
Tec. Laboratorio
USAT


USAT
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Anexo 19: Ensayo de P. específico y abs. de los Ag. de la M. RCD 100%



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jharden
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chidayo, Prov. Chidayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chidayo, 2025

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	1001.8	1001.8
2.- Pesi Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	692.09	692.09
3.- Peso del Agua	(g)	309.68	309.68
4.- Peso de la Arena Secada al Homo + Peso del Frasco	(g)	688.33	688.33
5.- Peso del Frasco	(g)	192.09	192.09
6.- Peso de la Arena Secada al Homo	(g)	496	496
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.607
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.627
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.660
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.76

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Cantera : Confitillo- Pimentel

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	474	474
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	501	501
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	959	959
4.- Peso de la canastilla	(g)	704	704
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	255	255

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	1.929
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.038
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.166
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	5.68


 Henry Rodríguez Olivos
 Ing. Civil
 USAT


 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 20: Ensayo de cont. Humedad de los Ag. de la M. RCD 100%



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jhardel
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2025

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	600.17	600.17
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	595.1	595.1
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.85	0.85
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.85	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Confitillo- Pimentel

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	500.07	500.07
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	493	493
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.4	1.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.43	

Observaciones :



Henry Obispo Obispo
 Ing. Civil
 USAT



Anexo 21: Resultado de res. a la compresión de la M. patron



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jhardel
 Atención : Escuela de Ingeniería Civil
 Tesis : "Influencia de reemplazo de agregado grueso por rod y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 19 de mayo 2025

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f'c kg/cm ²
01	CONCRETO 290 kg/cm ² +0% DE POLVO DE GRAFITO	14/04/2024	21/04/2024	7	233
02	CONCRETO 290 kg/cm ² +0% DE POLVO DE GRAFITO	14/04/2024	21/04/2024	7	234
03	CONCRETO 290 kg/cm ² +0% DE POLVO DE GRAFITO	14/04/2024	21/04/2024	7	238
04	CONCRETO 290 kg/cm ² +0% DE POLVO DE GRAFITO	14/04/2024	28/04/2024	14	271
05	CONCRETO 290 kg/cm ² +0% DE POLVO DE GRAFITO	14/04/2024	28/04/2024	14	276
06	CONCRETO 290 kg/cm ² +0% DE POLVO DE GRAFITO	14/04/2024	28/04/2024	14	273
07	CONCRETO 290 kg/cm ² +0% DE POLVO DE GRAFITO	14/04/2024	12/05/2024	28	319
08	CONCRETO 290 kg/cm ² +0% DE POLVO DE GRAFITO	14/04/2024	12/05/2024	28	314
09	CONCRETO 290 kg/cm ² +0% DE POLVO DE GRAFITO	14/04/2024	12/05/2024	28	318

P

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



[Handwritten Signature]
 Henry Rivas Obispo
 T.C. Laboratorio USAT

Anexo 22: Resultados de Res.compresión del A. Permeable de RCD 50%+ 0.5 % P. grafito



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Pupuche Mena Vicente Jhardel
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de la Influencia del Polvo de Grafito en las Propiedades Mecánicas del Concreto "

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 24 de Mayo del 2024

Código : N.T.P. 339.034 - 2006 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.50% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	2/11/2023	9/11/2023	7	235
02	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.50% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	2/11/2023	9/11/2023	7	234
03	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.50% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	2/11/2023	9/11/2023	7	228
04	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.50% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	2/11/2023	16/11/2023	14	273
05	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.50% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	2/11/2023	16/11/2023	14	275
06	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.50% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	2/11/2023	16/11/2023	14	274
07	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.50% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	2/11/2023	30/11/2023	28	308
08	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.50% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	2/11/2023	30/11/2023	28	305
09	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.50% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	2/11/2023	30/11/2023	28	303

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Anexo 23: Resultados de Res.compresión del A. Permeable de RCD 50%+ 0.75 % P. grafito



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jhardel
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de la Influencia del Polvo de Grafito en las Propiedades Mecánicas del Concreto"

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 24 de Mayo del 2024

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	8/11/2023	15/11/2023	7	233
02	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	8/11/2023	15/11/2023	7	235
03	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	8/11/2023	15/11/2023	7	236
04	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	8/11/2023	22/11/2023	14	277
05	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	8/11/2023	22/11/2023	14	277
06	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	8/11/2023	22/11/2023	14	278
07	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	8/11/2023	6/12/2023	28	309
08	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	8/11/2023	6/12/2023	28	301
09	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 50% RCD	8/11/2023	6/12/2023	28	306

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.



Anexo 24: Resultados de Res.compresión del A. Permeable de RCD 50%+ 1 % P. grafito



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pupucho Mena Vicente Jharel
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de la Influencia del Polvo de Grafito en las Propiedades Mecánicas del Concreto"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 24 de Mayo del 2024

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 50%RCD	10/11/2023	17/11/2023	7	236
02	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 50%RCD	10/11/2023	17/11/2023	7	237
03	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 50%RCD	10/11/2023	17/11/2023	7	237
04	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 50%RCD	10/11/2023	24/11/2023	14	277
05	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 50%RCD	10/11/2023	24/11/2023	14	282
06	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 50%RCD	10/11/2023	24/11/2023	14	280
07	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 50%RCD	10/11/2023	8/12/2023	28	311
08	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 50%RCD	10/11/2023	8/12/2023	28	306
09	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 50%RCD	10/11/2023	8/12/2023	28	310

OBSERVACIONES

- Muestreo realizados por el solicitante.



Anexo 25: Resultados de Res.compresión del A. Permeable de RCD 100%+ 0.5 % P. grafito



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jhardenel
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de la Influencia del Polvo de Grafito en las Propiedades Mecánicas del Concreto"

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de emisión : Chiclayo, 24 de Mayo del 2024

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f'c kg/cm ²
01	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.5% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	2/11/2023	9/11/2023	7	218
02	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.5% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	2/11/2023	9/11/2023	7	213
03	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.5% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	2/11/2023	9/11/2023	7	214
04	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.5% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	2/11/2023	16/11/2023	14	255
05	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.5% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	2/11/2023	16/11/2023	14	257
06	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.5% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	2/11/2023	16/11/2023	14	269
07	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.5% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	2/11/2023	30/11/2023	28	296
08	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.5% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	2/11/2023	30/11/2023	28	295
09	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.5% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	2/11/2023	30/11/2023	28	294

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jharel
 Atención : Escuela de Ingeniería Civil
 Tesis : "Análisis de la Influencia del Polvo de Grafito en las Propiedades Mecánicas del Concreto"

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de emisión : Chiclayo, 24 de Mayo del 2024

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f'c kg/cm ²
01	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	8/11/2023	15/11/2023	7	231
02	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	8/11/2023	15/11/2023	7	238
03	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	8/11/2023	15/11/2023	7	228
04	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	8/11/2023	22/11/2023	14	263
05	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	8/11/2023	22/11/2023	14	260
06	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	8/11/2023	22/11/2023	14	272
07	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	8/11/2023	6/12/2023	28	300
08	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	8/11/2023	6/12/2023	28	292
09	CONCRETO 290 kg/cm ² +0.75% DE POLVO DE GRAFITO+ 100% RCD	8/11/2023	6/12/2023	28	300

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.



Henry
 Rueda
 Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT

Anexo 27: Resultados de Res.compresión del A. Permeable de RCD 100%+ 1 % P. grafito



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pupuche Mena Vicente Jharden
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de la Influencia del Polvo de Grafito en las Propiedades Mecánicas del Concreto "

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 24 de Mayo del 2024

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO) Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Fc kg/cm ²
01	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 100%RCD	10/11/2023	17/11/2023	7	238
02	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 100%RCD	10/11/2023	17/11/2023	7	235
03	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 100%RCD	10/11/2023	17/11/2023	7	236
04	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 100%RCD	10/11/2023	24/11/2023	14	275
05	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 100%RCD	10/11/2023	24/11/2023	14	274
06	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 100%RCD	10/11/2023	24/11/2023	14	266
07	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 100%RCD	10/11/2023	8/12/2023	28	297
08	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 100%RCD	10/11/2023	8/12/2023	28	302
09	CONCRETO 290 kg/cm ² +1% DE POLVO DE GRAFITO+ 100%RCD	10/11/2023	8/12/2023	28	299

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.



[Signature]
 Tercera Autoridad
 Obispa
 Tec. Laboratorio
 USAT

Anexo 28: Resultado del ensayo a Flexión por tracción de A. Poroso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE NOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Testistas : Pupoche Mesa Vicente Jharden
Atención : Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto : "Influencia de reemplazo de agregado grueso por rol y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal"
Lugar : Del. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque
Fecha de presentación : Chiclayo 2025
Norma : N.T.P. 399.078 - 2012
Título : Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

Muestra N°	Denominación de Espécimen	Fecha de Curado	Fecha de Ensayo	Carga (N)	Antigüedad del Espécimen	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura (Mpa) Promedio
01	MP-1	10/04/2025	8/05/2025	9810	28	4.97	5.48
02	MP-2	10/04/2025	8/05/2025	12164	28	6.16	
03	MP-3	10/04/2025	8/05/2025	10497	28	5.32	
04	MRCD 50%-0.5 % PG	10/04/2025	8/05/2025	12557	28	6.36	6.61
05	MRCD 50%-0.5 % PG	10/04/2025	8/05/2025	16088	28	8.15	
06	MRCD 50%-0.5 % PG	10/04/2025	8/05/2025	10497	28	5.32	
07	MRCD 50%-0.75 % PG	10/04/2025	8/05/2025	12263	28	6.21	6.15
08	MRCD 50%-0.75 % PG	10/04/2025	8/05/2025	12949	28	6.56	
09	MRCD 50%-0.75 % PG	10/04/2025	8/05/2025	11183	28	5.67	
10	MRCD 50%-1 % PG	10/04/2025	8/05/2025	11772	28	5.97	7.36
11	MRCD 50%-1 % PG	10/04/2025	8/05/2025	16677	28	8.45	
12	MRCD 50%-1 % PG	10/04/2025	8/05/2025	15107.4	28	7.66	
13	MRCD 100%-0.5 % PG	10/04/2025	8/05/2025	7357.5	28	3.73	5.09
14	MRCD 100%-0.5 % PG	10/04/2025	8/05/2025	12164.4	28	6.16	
15	MRCD 100%-0.5 % PG	10/04/2025	8/05/2025	10594.8	28	5.37	
16	MRCD 100%-0.75 % PG	10/04/2025	8/05/2025	11183.4	28	5.67	5.20
17	MRCD 100%-0.75 % PG	10/04/2025	8/05/2025	10496.7	28	5.32	
18	MRCD 100%-0.75 % PG	10/04/2025	8/05/2025	9123.3	28	4.62	
19	MRCD 100%-1 % PG	10/04/2025	8/05/2025	8436.6	28	4.28	5.24
20	MRCD 100%-1 % PG	10/04/2025	8/05/2025	11772.0	28	5.97	
21	MRCD 100%-1 % PG	10/04/2025	8/05/2025	10791.0	28	5.47	

OBSERVACIONES:

- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que su reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECAPI G004 - 1993)



Anexo 29: Carta de Autorización para ensayos externos



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswyc@r@gmail.com

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 07 de mayo del 2025

Quien suscribe:

Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar

Representante Legal – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS
W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado "Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal".

Por el presente, el que suscribe, Wilson Arturo Olaya Aguilar representante legal de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** al estudiante Vicente Jhardel Pupuche Mena identificado con DNI N° 72515618 estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO y autor del trabajo de investigación denominado "Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal" para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Ensayos realizados:

- Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento portland. N.T.P. 334.005-2011
- Método para determinar el coeficiente de permeabilidad en concreto porosos. ACI 522-R
- Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio - ASTM C944-12 (10)

Atentamente.



WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 GERENTE GENERAL


 USAT
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 VICENTE JHARDEL PUPUCHE MENA
 TESIS


 Henry
 Rivas
 Obispo
 T.C. LABORATORIO
 LEMSAE

Anexo 30: Certificado de calibración del equipo externo



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO
N° LC -071



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0176-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0644	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E I R L - LEMS W & C E I R L.	
3. Dirección	CAL LA FE NRO. 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento calibrado	BALANZA ELECTRÓNICA	
Marca	AMPUT	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Modelo	NO INDICA	
N° de serie	457	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	NO INDICA	
Capacidad máxima:	2000 g	
División de escala (d)	0,01 g	
Div. de verificación (e)	0,1 g	
Capacidad mínima	5 g	
Clase de exactitud	II	
5. Fecha de calibración	2024-05-18	

Fecha de Emisión

2024-05-24



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817545 hard
Motivo: Soy el autor del documento...
Fecha: 24/05/2024 17:50:18-0500

USAT
Jefe de Laboratorio



Henry
Núñez
Obispo
Téc. Laboratorio
USAT

RT03-F01

Revisión 00

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 60 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0176-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indiciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI

7. Lugar de calibración

Laboratorio de LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. ubicado en Cal. La Fe Nro. 0167 Upi Señor de los Milagros Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,7 °C
Humedad relativa	73 %	73 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	Juego de pesas de 1 mg a 2 kg de clase M1	1254-MPES-C-2023

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 2000 g la balanza indicaba 2000,84 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud han sido determinados por el fabricante.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 12 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C" según el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.
- El laboratorio de CALIBRATEC S.A.C. no se hace responsable de los datos suministrados por el cliente.

Revisión 00

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☉ Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☉ comercial@calibratec.com.pe
☑ CALIBRATEC SAC



RT03-F01
Henry Rivas
Obrera
Tec. Laboratorio
USAT

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-LM-0176-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	No tiene		

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,6 °C	Humedad	73,0 %	72,0 %

Carga L1			
1 000,003 g			
I	ΔL	E	
g	g	g	
999,98	0,010	-0,028	
999,96	0,009	-0,047	
999,98	0,010	-0,028	
999,97	0,009	-0,037	
999,98	0,011	-0,029	
999,97	0,010	-0,038	
999,96	0,008	-0,046	
999,98	0,010	-0,028	
999,97	0,012	-0,040	
999,96	0,011	-0,049	
Dif Máx. Encontrada		0,021	
EMP		0,20	

Carga L2			
2 000,004 g			
I	ΔL	E	
g	g	g	
2 000,00	0,011	-0,010	
2 000,05	0,008	0,043	
2 000,01	0,010	0,001	
2 000,02	0,011	0,010	
2 000,01	0,011	0,000	
1 999,99	0,010	-0,019	
2 000,00	0,011	-0,010	
1 999,98	0,012	-0,031	
1 999,99	0,009	-0,018	
2 000,00	0,011	-0,010	
Dif Máx. Encontrada		0,074	
EMP		0,20	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,6 °C	Humedad	73,0 %	73,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c				
	C. mínima g	I g	ΔL g	E ₀ g	Carga L g	I g	ΔL g	E g	E _c g
1	1,000	1,00	0,011	-0,006	650,001	649,99	0,010	-0,016	-0,009
2		0,99	0,010	-0,015		650,01	0,008	0,006	0,021
3		0,99	0,011	-0,016		649,97	-0,009	-0,035	-0,018
4		1,00	0,010	-0,005		649,97	0,011	-0,037	-0,031
5		0,99	0,008	-0,013		650,00	0,010	-0,006	0,008
					Error máximo permitido (±)				
					0,20				

Revisión 00

RT03-F01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-LM-0176-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,7 °C	Humedad	73,0 %	73,0 %

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
E ₀ 1,000	1,00	0,009	-0,004						
5,000	4,99	0,010	-0,015	-0,011	5,01	0,012	0,003	0,007	0,10
200,001	199,99	0,008	-0,014	-0,010	200,02	0,011	0,013	0,017	0,10
400,001	399,99	0,011	-0,017	-0,013	399,98	0,008	-0,024	-0,020	0,10
650,001	649,98	0,010	-0,026	-0,021	649,98	0,010	-0,026	-0,021	0,20
800,002	799,98	0,009	-0,026	-0,022	799,96	0,008	-0,045	-0,041	0,20
1 000,003	999,96	0,009	-0,047	-0,043	999,91	0,008	-0,096	-0,092	0,20
1 200,004	1 200,04	0,012	0,029	0,033	1 200,00	0,009	-0,008	-0,004	0,20
1 400,004	1 400,04	0,010	0,031	0,035	1 400,00	0,009	-0,008	-0,004	0,20
1 600,005	1 600,04	0,011	0,029	0,034	1 599,99	0,010	-0,020	-0,015	0,20
2 000,004	2 000,00	0,010	-0,009	-0,005	2 000,00	0,010	-0,009	-0,005	0,20

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza

I: Lectura de indicación de la balanza

E: Error encontrado

EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero

Ec: Error corregido

ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_{it} = 2 \times \sqrt{0,00063 \text{ g}^2 + 0,0000000015 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,0000043 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g


13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.



 FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00


 Henry
 Rivadeneyra
 Obislas
 Tec. Laboratorio
 USAT

☎ 977 997 385 - 913 028 621

☎ 913 028 623 - 913 028 624


 ☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

☎ comercial@calibratec.com.pe


 ☎ CALIBRATEC SAC

Anexo 31: Ensayo de Res. Abrasion de los adoquines



Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemsgpccf.com

Solicitud de Ensayo : 0904B_25/ LEMS W&C
Solicitante : Vicente Jharden Pupuche Mena
Proyecto / Obra : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Miércoles, 09 de abril del 2025

Inicio de Ensayo : Miércoles, 09 de abril del 2025

Fin de Ensayo : Miércoles, 07 de mayo del 2025

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	ADOQUIN TIPO I 50%RCD + 0.50%P.GRAFITO	09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2352.0	2344.0	8.00	0.34
M-2		09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2258.0	2248.0	10.00	0.44
M-3		09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2113.0	2105.0	8.00	0.38
M-1	ADOQUIN TIPO I 50%RCD + 0.75%P.GRAFITO	09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2232.0	2226.0	6.00	0.27
M-2		09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2381.0	2372.0	9.00	0.38
M-3		09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2365.0	2355.0	10.00	0.42
M-1	ADOQUIN TIPO I 50%RCD + 1.0%P.GRAFITO	09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2578.0	2573.0	5.00	0.19
M-2		09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2621.0	2618.0	3.00	0.11
M-3		09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2638.0	2634.0	4.00	0.15

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

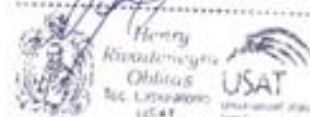
OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL

Elferéz Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531



Solicitud de Ensayo : 0904B_25/ LEMS W&C
Solicitante : Vicente Jharel Pupuche Mena
Proyecto / Obra : Influencia de reemplazo de agregado grueso por rcd y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso peatonal

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Miércoles, 09 de abril del 2025

Inicio de Ensayo : Miércoles, 09 de abril del 2025

Fin de Ensayo : Miércoles, 07 de mayo del 2025

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

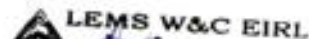
NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	ADOQUIN TIPO I 100%RCD + 0.50%P.GRAFITO	09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2260.0	2253.0	7.00	0.31
M-2		09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2376.0	2368.0	8.00	0.34
M-3		09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2193.0	2186.0	7.00	0.32
M-1	ADOQUIN TIPO I 100%RCD + 0.75%P.GRAFITO	09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2581.0	2571.0	10.00	0.39
M-2		09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2554.0	2549.0	5.00	0.20
M-3		09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2592.0	2586.0	6.00	0.23
M-1	ADOQUIN TIPO I 100%RCD + 1.0%P.GRAFITO	09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2103.0	2097.0	6.00	0.29
M-2		09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2196.0	2190.0	6.00	0.27
M-3		09/04/2025	07/05/2025	28	2	3	98	2252.0	2247.0	5.00	0.22

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

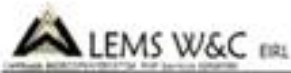
- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



Ejferéz Méndez Medina
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 324531



Anexo 32: Ensayo de permeabilidad del adoquín



Solicitud de Ensayo:
Solicitante: 09048_25/ LEMS W&C
Proyecto / Obra: Vicente Jhondel Pupuche Mesa
Utilización: Influencia de reemplazo de agregado grueso por rol y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso vial
Fecha de Apertura: Dist. Pimental, Prov. Chiloé, Depart. Lambayeque
Fecha de elaboración: Miércoles, 09 de abril del 2025
Fecha de Ensayo: Miércoles, 07 de mayo del 2025

Ensayo: MÉTODO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD EN CONCRETO POROSOS
Referencia: ACI 522-R

Dimensiones de las muestras *	4' x 8'	10.00 cm - ancho	19.90 cm - altura
h1 (tubería de menor longitud) *	11.50	cm	
h2 (tubería de mayor longitud) *	45.00	cm	
Diámetros de tuberías de ensayo *	19.20	cm	
Diámetro promedio de las muestras *	19.00	cm	
Radio de la muestra *	5.00	cm	
Diámetros de tuberías de ensayo *	19.20	cm	
Radio de tuberías de ensayo *	5.10	cm	
Área de la muestra *	$\pi \times r^2$	78.54	cm ²
Área de la tubería de ensayo *	$\pi \times r^2$	81.71	cm ²

USAT
 Calle 104031304
 Tel: 1 800 000 000



Muestra	Código	L: Longitud de la Muestra (cm)	Radio de la muestra (cm)	A: Área de la muestra (cm ²)	a: Área de la tubería de ensayo (cm ²)	t: Tiempo calculado de filtración de la muestra (seg)	h1: Tubería de menor longitud (cm)	h2: Tubería de mayor longitud (cm)	Permeabilidad (cm/s)
Concreto permeable TIPO I 50%RCD + 0.50%P.GRAFITO	Probeta N°01	19.40	5	78.54	81.71	6.09	11.50	45.00	1.96
	Probeta N°02	19.45	5	78.54	81.71	5.84	11.50	45.00	2.05
	Probeta N°03	19.47	5	78.54	81.71	5.77	11.50	45.00	2.08
Concreto permeable TIPO I 50%RCD + 0.75%P.GRAFITO	Probeta N°01	19.77	5	78.54	81.71	8.23	11.50	45.00	1.48
	Probeta N°02	19.78	5	78.54	81.71	7.82	11.50	45.00	1.56
	Probeta N°03	19.82	5	78.54	81.71	7.12	11.50	45.00	1.72
Concreto permeable TIPO I 50%RCD + 1.00%P.GRAFITO	Probeta N°01	19.75	5	78.54	81.71	9.82	11.50	45.00	1.24
	Probeta N°02	19.79	5	78.54	81.71	8.63	11.50	45.00	1.41
	Probeta N°03	19.80	5	78.54	81.71	8.12	11.50	45.00	1.50

Coefficiente de Permeabilidad = Conductividad Hidráulica

Donde:

- K: Coeficiente de Permeabilidad = Conductividad Hidráulica (cm/s)
- L: Longitud una muestra (cm)
- a: Área de la tubería de carga o tubería de ensayo (cm²)
- t: Tiempo de transición de h1 a h2 (seg)
- A: Área de la muestra (cm²)
- h1: Altura de tubería de menor longitud (cm)
- h2: Altura de tubería de mayor longitud (cm)

$$K = \frac{L \times a}{t \times A} \times \log \left(\frac{h_2}{h_1} \right)$$



LEMS W&C EIRL
 Elfez Mendoza Medina
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 324531



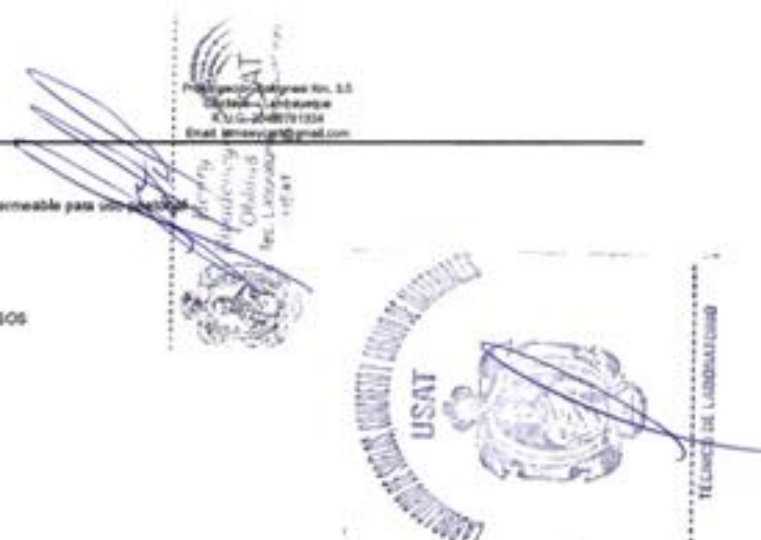
Solicitud de Ensayo
 Solicitante
 Proyecto / Obra
 Ubicación
 Fecha de Apertura
 Fecha de elaboración
 Fecha de Ensayo

99048_25/ LEMS W&C
 Vicente Jhordel Pupoche Mesa
 Influencia de reemplazo de agregado grueso por río y polvo de grafito en adoquines de concreto permeable para uso en zonas
 Dist. Pimentel, Prov. Chidley, Depart. Lambayeque
 Miércoles, 09 de abril del 2025
 Jueves, 10 de abril del 2025
 Jueves, 08 de mayo del 2025

Ensayo
 Referencia

MÉTODO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD EN CONCRETO POROSOS
 ACI 522-R

Dimensiones de las muestras *	4' x 8'	10.00 cm - ancho	19.90 cm - altura
h1 (tubería de menor longitud) *	11.50	cm	
h2 (tubería de mayor longitud) *	45.00	cm	
Diámetros de tuberías de ensayo *	19.20	cm	
Diámetro promedio de las muestras *	19.00	cm	
Radio de la muestra *	5.00	cm	
Diámetros de tuberías de ensayo *	19.20	cm	
Radio de tuberías de ensayo *	5.10	cm	
Área de la muestra *	πr^2	78.54	cm ²
Área de la tubería de ensayo *	πr^2	81.71	cm ²

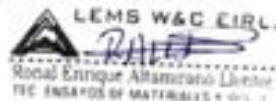


Muestra	Código	L: Longitud de la Muestra (cm)	Radio de la muestra (cm)	A: Área de la muestra (cm ²)	a: Área de la tubería de ensayo (cm ²)	t: Tiempo calculado de filtración de la muestra (seg)	h1: Tubería de menor longitud (cm)	h2: Tubería de mayor longitud (cm)	Permeabilidad (cm/s)
Concreto permeable TIPO I 100%RCD + 0.80%P.GRAFITO	Probeta N°01	19.58	5	78.54	81.71	7.50	11.50	45.00	1.61
	Probeta N°02	19.50	5	78.54	81.71	6.80	11.50	45.00	1.77
	Probeta N°03	19.48	5	78.54	81.71	6.45	11.50	45.00	1.86
Concreto permeable TIPO I 100%RCD + 0.75%P.GRAFITO	Probeta N°01	19.83	5	78.54	81.71	6.57	11.50	45.00	1.43
	Probeta N°02	19.80	5	78.54	81.71	6.31	11.50	45.00	1.47
	Probeta N°03	19.78	5	78.54	81.71	7.37	11.50	45.00	1.65
Concreto permeable TIPO I 100%RCD + 1.0%P.GRAFITO	Probeta N°01	19.83	5	78.54	81.71	9.89	11.50	45.00	1.24
	Probeta N°02	19.80	5	78.54	81.71	9.75	11.50	45.00	1.25
	Probeta N°03	19.79	5	78.54	81.71	9.34	11.50	45.00	1.31

Coefficiente de Permeabilidad o Conductividad Hidráulica
 Donde:

- K: Coeficiente de Permeabilidad o Conductividad Hidráulica (cm/s)
- L: Longitud una muestra (cm)
- a: Área de la tubería de carga o tubería de ensayo (cm²)
- t: Tiempo de transición de h1 a h2 (seg.)
- A: Área de la muestra (cm²)
- h1: Altura de tubería de menor longitud (cm)
- h2: Altura de tubería de mayor longitud (cm)

$$K = \frac{L \times a}{t \times A} \times \log \left(\frac{h_2}{h_1} \right)$$



Anexo 33: Ficha tec. del P.grafito



GRAFITO

HOJA TÉCNICA

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Producto de gran calidad con un alto porcentaje de carbón fijo. Se utiliza en sistema de puesta a tierra, en la fabricación de lápices, electrodos, etc. su uso es principalmente para las industrias de la construcción y eléctricas.

- Apariencia : Polvo
- Color : Oscuro, negro

ANÁLISIS INMEDIATO

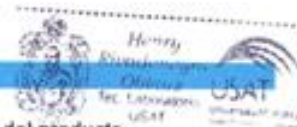
	Método	Típico	Rango	Unidad
CARBÓN FIJO	LAB-PR-034	70.23	65.0 a 75.0	%
CENIZAS	LAB-PR-034	26.92	20.0 a 32.0	%
VOLÁTILES	LAB-PR-034	2.24	1.0 a 3.5	%
HUMEDAD	LAB-PR-034	0.61	0.1 a 1.5	%

PROPIEDADES FÍSICAS

	Método	Típico	Rango	Unidad
Residuo en Tamiz N° 325 (45 µm)	LAB-PR-018	7.57	15.00 max	%

ALMACENAJE

- Almacenar en lugares frescos y secos, para garantizar el rendimiento y propiedades del producto.




Anexo 34: Resultado de dens. del P. grafito



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
 Pimentel – Lambayeque
 R.U.C. 20480781334
 Email: servicios@lemawyceirl.com

INFORME

Solicitud de Ensayo : **1306A_24/ LEMS W&C**
 Solicitante : Vicente Jhardel Pupuche Mena

Proyecto / Obra : Aprovechamiento de mezcla entre RCD y adición de Polvo de grafito para adoquín concreto permeable de uso peatonal, Chiclayo 2024

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
 Fecha de Apertura : Jueves, 13 de junio del 2024
 Inicio de ensayo : Viernes, 14 de junio del 2024
 Fin de ensayo : Viernes, 14 de junio del 2024

NORMA : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : N.T.P. 334.005-2011

INSTRUMENTOS : Botella de Le Chatelier
 Termómetro digital
 Balanza digital

MATERIAL : GRAFITO EN POLVO

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.21
-----------------------------	-----------------------	------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- El líquido utilizado es Kerosene.
- Se realizó ciclos de baño maría con agua regulada a temperatura de 20°C .
- La lectura inicial se tomó luego de estabilizar el volumen del líquido .

LEMS W&C
RHP
 Ronald Enrique Alvarado Llanos
 TIC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Miguel Angel Ruiz Perales
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL

RHP
 Ronald Enrique Alvarado Llanos
 Obtuvo
 T.C. LABORATORIO
 USAT

USAT
 INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS Y ESTÁNDARES
 TÉCNICO DE LABORATORIO

**INFORME DE ENSAYO N° 1552**

EXPEDIENTE N° 1447 - 2024 L.E.M. AMAZING S.A.C

DATOS DEL CLIENTE

SOLICITANTE : VICENTE JHARDEL PUPUCHE MENA
ATENCION : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
PROYECTO : "APROVECHAMIENTO DE MEZCLA ENTRE RCD Y ADICIÓN DE POLVO DE GRAFITO PARA ADOQUÍN CONCRETO PERMEABLE DE USO PEATONAL, CHICLAYO 2024 "
UBICACIÓN : Distrito de Chiclayo– Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque

Referencia:

NTP 399.152 :2002 - Ensayo normalizado para la determinación del contenido de sst de suelo y agua subterránea.
 NTP 339.177 :2002 - Ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea
 NTP 339.178 :2003 - Ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea

Tipo de Análisis : Analisis Químico

	CALICATA	C-1		
		MUESTRA		
Sales Solubles Totales	ppm	445		
	%	0.28		
Cloruros Cl	ppm	278		
	%	0.11		
Sulfatos SO ²	ppm	112		
	%	0.14		

Observaciones:

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 German Oscar Gastelo Chirinos
 TIT. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




 Juan Carlos Forno Ojeda Agesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351




 Henry Rosendo Obledo
 TIT. LABORATORIO
 USAT