

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



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

AUTOR

Denis Anderson Villalobos Romero

ASESOR

Fidel Ortiz Zapata

<https://orcid.org/0000-0002-1239-7290>

Chiclayo, 2023

**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**

PRESENTADA POR:

Denis Anderson Villalobos Romero

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

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

César Eduardo Cachay Lazo
PRESIDENTE

Segundo Guillermo Carranza Cieza
SECRETARIO

Fidel Ortiz Zapata
VOCAL

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

8%

2

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

1%

5

pt.scribd.com

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

<1%

Índice

Resumen	11
Abstract	12
I- Introducción	13
II- Revisión de literatura	17
Antecedentes del problema	17
Bases Teórico Científicas.....	21
Normativa.....	21
Concreto	24
Definición de términos básicos	31
III- Materiales y métodos	31
Hipótesis.....	31
Tipo y nivel de investigación	31
Diseño de investigación	31
Población, muestra, muestreo.....	32
Criterios de selección	33
Operacionalización de variables.....	33
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
Técnicas.....	34
Instrumentos	34
Procedimientos	34
Plan de procesamiento y análisis de datos	74
Matriz de consistencia.....	75
Consideraciones éticas	76
IV- Resultados y discusión	77
Resultados	77
Cuantificación del volumen de residuos de construcción y demolición.	77
Propiedades físicas de los agregados naturales y reciclados.....	79
Propiedades químicas de los agregados reciclados	81
Ensayo de abrasión para agregados reciclados	81
Precipitación de diseño mediante el Método Dick Peschke.....	82
Tasa de permeabilidad del suelo donde se utilizará el pavimento especial	85
Propiedades del concreto permeable en estado fresco	86
Resistencia a la compresión del concreto.....	86
Elaboración de las probetas a con porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20%.....	88
Tasa de permeabilidad de las muestras de concreto permeable.	88
Resistencia al desgaste del concreto permeable.....	89

Comparación económica de un concreto convencional frente a un especial, utilizando agregados reciclados	90
Discusión.....	93
Cuantificación del volumen de residuos de construcción y demolición	93
Propiedades físicas de los agregados naturales y reciclados.....	93
Propiedades químicas de los agregados reciclados	93
Precipitación de diseño.....	95
Tasa de permeabilidad del suelo donde se utilizará el pavimento especial	96
Propiedades del concreto permeable en estado fresco	96
Resistencia a la compresión del concreto.....	97
Tasa de permeabilidad a los 28 días de ensayo.....	98
Resistencia al desgaste del concreto permeable.....	98
Resistencia al desgaste del agregado reciclado.....	99
Comparación económica de un concreto convencional frente a un especial, utilizando agregados reciclados	99
V- Conclusiones	101
VI- Recomendaciones.....	103
VII- Anexos.....	107

Lista de Figuras

Figura 1: Contenido de aire vs tasa de percolación.	28
Figura 2: Botaderos informales de los residuos de construcción y demolición.....	35
Figura 3: Zona identificada para recolección de residuos de construcción y demolición.	35
Figura 4: Recolección de residuos de construcción y demolición.....	35
Figura 5: Tamizado de agregado triturado proveniente de residuos de concreto.	35
Figura 6: Excavación para ensayo in situ.	37
Figura 7: Colocación de tubería de 4”	37
Figura 8: Colocación del agua a una altura h_1	37
Figura 9: Medición de variación de altura h_2	37
Figura 10: Peso húmedo de la arena más el peso del contenedor.....	38
Figura 11: Peso seco de la arena más el peso del contenedor.....	38
Figura 12: Peso del árido grueso natural en estado húmedo más el peso del contenedor ...	38
Figura 13: Peso del árido grueso natural en estado seco más el peso del contenedor.....	38
Figura 14: Peso del árido grueso reciclado en estado húmedo más el peso del contenedor..	39
Figura 15: Peso del árido grueso reciclado en estado seco más el peso del contenedor.....	39
Figura 16: Conjunto de tamices para pasar el agregado fino.....	40
Figura 17: Conjunto de tamices para pasar el agregado grueso.....	40
Figura 18: Cuarteo para la selección de muestra obtenida a partir de los áridos finos.....	40
Figura 19: Cuarteo para la selección de muestra obtenida a partir de los áridos gruesos naturales.	41
Figura 20: Cuarteo para la selección de muestra obtenida a partir de los áridos gruesos reciclados.....	41
Figura 21: Resultado del proceso de separación de áridos finos naturales por serie de tamices.	41
Figura 22: Resultado del proceso de separación de áridos gruesos naturales por serie de tamices.....	41
Figura 23: Resultado del proceso de separación de áridos gruesos reciclados por serie de tamices.....	41
Figura 24: Muestra de árido grueso totalmente saturada.....	44
Figura 25: Muestra de árido grueso seco.....	44
Figura 26: Peso de la muestra de agregado grueso natural en estado saturado superficialmente seco para ambas muestras etiquetadas como muestra 1 y 2.	44
Figura 27: Peso de la muestra de agregado grueso reciclado en estado saturado superficialmente seco para ambas muestras etiquetadas como muestra 1 y 2.	44
Figura 28: Peso en agua de la muestra de agregado grueso natural más recipiente para ambas muestras etiquetadas como muestras saturadas 1 y 2.....	45
Figura 29: Peso en agua de la muestra de agregado grueso reciclado más recipiente para ambas muestras etiquetadas como muestras saturadas 1 y 2.	45
Figura 30: Peso en agua de la muestra de agregado grueso natural más recipiente para ambas muestras etiquetadas como muestras secas 1 y 2.	45
Figura 31: Peso en agua de la muestra de agregado grueso reciclado más recipiente para ambas muestras etiquetadas como muestras secas 1 y 2.....	45
Figura 32: Muestra de árido fino inmersa en agua.	47
Figura 33: Árido fino expuesto al aire para su secado.....	47
Figura 34: Comprobación de la condición saturada superficialmente seca del árido fino.	47
Figura 35: Pesaje del árido fino en condición saturada superficialmente seca.....	47
Figura 36: Muestras reposando después de la extracción de aire.	47
Figura 37: Muestras después del reposo, listas para ser pesadas.....	47

Figura 38: Peso de la muestra de agregado fino en estado saturado superficialmente seco más peso del matraz más peso del agua para ambas muestras etiquetadas como muestra 1 y 2.....	48
Figura 39: Pesaje de la muestra seca de árido fino más peso del contenedor.....	48
Figura 40: Peso unitario de árido grueso natural uliginoso y suelto, más el contenedor metálico.....	50
Figura 41: Peso unitario de árido grueso reciclado uliginoso y suelto, más el contenedor metálico.....	50
Figura 42: Peso unitario de árido fino uliginoso y suelto, más el contenedor metálico.....	50
Figura 43: Peso unitario compactado de árido grueso natural uliginoso, más el contenedor metálico.....	51
Figura 44: Peso unitario compactado de árido grueso reciclado uliginoso, más el contenedor metálico.....	51
Figura 45: Peso unitario compactado de árido fino uliginoso, más el contenedor metálico.....	51
Figura 46: Muestra de 5000 ± 10 gr para el ensayo de abrasión agregado reciclado 3/4", 3/8", 1/2".....	57
Figura 47: Utilización de la máquina de los Ángeles para ensayos de abrasión del agregado reciclado.....	57
Figura 48: Proceso de lavado del agregado que no pasa el tamiz N°12.....	57
Figura 49: Peso del agregado reciclado posterior al proceso de secado al horno.....	57
Figura 50: Utilización del trompo para el mezclado de los áridos naturales, reciclados más aditivo y agua para fabricación del concreto poroso.....	61
Figura 51: Enumeración de los especímenes de concreto poroso.....	61
Figura 52: Curado de los cilindros moldeados para posteriores ensayos.....	61
Figura 53: Medición del valor del SLUMP de la muestra con 0% de AGR.....	62
Figura 54: Medición del valor del SLUMP de la muestra con 10% de AGR.....	62
Figura 55: Medición del valor del SLUMP de la muestra con 15% de AGR.....	62
Figura 56: Medición del valor del SLUMP de la muestra con 20% de AGR.....	62
Figura 57: Peso unitario del modelo patrón.....	64
Figura 58: Peso unitario del modelo con reemplazo del 10% de AGR.....	64
Figura 59: Peso unitario del modelo con reemplazo del 15% de AGR.....	64
Figura 60: Peso unitario del modelo con reemplazo del 20% de AGR.....	64
Figura 61: Valor de la temperatura de muestra con 0% de AGR.....	65
Figura 62: Valor de la temperatura de muestra con 10% de AGR.....	65
Figura 63: Valor de la temperatura de muestra con 15% de AGR.....	65
Figura 64: Valor de la temperatura de muestra con 20% de AGR.....	65
Figura 65: Medición del diámetro de una probeta de concreto permeable.....	66
Figura 66: Máquina de ensayo que proporciona velocidad de carga.....	66
Figura 67: Rotura de una probeta a los 28 días de curado.....	66
Figura 68: Fractura de lado en las bases.....	67
Figura 69: Fractura diagonal sin grietas en la base.....	67
Figura 70: Grietas columnares verticales.....	67
Figura 71: Permeámetro de cabeza descendente, cuyo instrumento de medición es utilizado para determinar la permeabilidad presente en los especímenes de concreto poroso.....	67
Figura 72: Permeámetro armado para la realización de ensayo de percolación.....	68
Figura 73: Ensayo de percolación a los especímenes de concreto permeable.....	68
Figura 74: Diámetro interno del anillo.....	70
Figura 75: Anillo de infiltración sellado.....	70
Figura 76: Medidas internas de 10 y 15 mm.....	70
Figura 77: Colocación de agua para ensayo de permeabilidad.....	70
Figura 78: Abrasión de la muestra patrón.....	73

Figura 79: Abrasión de la muestra con reemplazo del 15% de AGR.	73
Figura 80: Abrasión de la muestra con reemplazo del 10% de AGR.	73
Figura 81: Abrasión de la muestra con reemplazo del 20% de AGR.	73
Figura 82: Identificación de zonas de recolección de los RCD.	77
Figura 83: Cuantificación del volumen de RCD próximos a la ubicación 1.	78
Figura 84: Cuantificación del volumen de RCD próximos a la ubicación 2.	78
Figura 85: Distribución granulométrica que presenta el árido fino.	79
Figura 86: Distribución granulométrica que presenta el árido grueso natural.	80
Figura 87: Distribución granulométrica que presenta el árido grueso reciclado.	80
Figura 88: Curvas IDF proveniente del análisis de intensidad de lluvia para la Estación Lambayeque durante los años 1996-2021.	83
Figura 89: Periodo de retorno en función del riesgo admisible para la ocurrencia del evento extremo desarrollada en la vida útil de la estructura.	85
Figura 90: Relación de edad en días frente a la resistencia a la compresión obtenidas en los ensayos a los especímenes elaborados.	87
Figura 91: Resultado de la resistencia a la compresión mostrada por los especímenes de concreto permeable tras 28 días de su elaboración.	87
Figura 92: Gráfico que relaciona % AGR vs tasa de percolación del concreto poroso.	88
Figura 93: Gráfico de barras para el porcentaje de desgaste del concreto permeable.	90
Figura 94: División entre agregado inocuos y deletéreos para ensayo de reducción de alcalinidad.	94
Figura 95: Capas en pavimentos poroso apoyados en suelos impermeables.	96
Figura 96: Gráfico de barras de % de AGR vs Costo por m ³ de concreto poroso.	100
Figura 97: Gráfico de barras de comparación entre muestra patrón y sustituciones de AGR.	100

Lista de Tablas

Tabla 1: Tamaño estándar de los agregados procesados.....	25
Tabla 2: Límites químicos opcionales para el agua de mezcla combinada.....	26
Tabla 3: Clasificación de los RCD.....	30
Tabla 4: Número de probetas según tipo de ensayo a realizar.....	32
Tabla 5: Operacionalización de variables.....	33
Tabla 6: Técnica utilizada para recolectar datos.....	34
Tabla 7: Instrumentos de recolección de datos.....	34
Tabla 8: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso para análisis granulométrico ..	39
Tabla 9: Peso mínimo de la muestra de ensayo	42
Tabla 10: Gradación, número de esferas y masa de la carga.....	55
Tabla 11: Gradación de las muestras de ensayo.....	56
Tabla 12: Número de capas requeridas por espécimen.....	59
Tabla 13: Diámetro de varillas y número de varillados al ser usados al moldear especímenes de prueba.....	60
Tabla 14: Tolerancia de tiempo para ensayo de resistencia a la compresión.....	66
Tabla 15: Relación longitud a diámetro del espécimen.....	66
Tabla 16: Matriz de consistencia.....	75
Tabla 17: Cuantificación del RCD encontrado en botaderos informales.....	78
Tabla 18: Propiedades físicas de los agregados naturales.....	79
Tabla 19: Propiedades físicas del agregado grueso reciclado.....	80
Tabla 20: Resultado del ensayo de álcali agregado en el agregado grueso reciclado.....	81
Tabla 21: Resultado de ensayo de cloruros y sulfatos en el agregado grueso reciclado.....	81
Tabla 22: Porcentaje de la muestra que corresponde a cloruros, sulfatos y alcalinidad.....	81
Tabla 23: Intensidad de lluvia en función de la duración y tiempo de retorno para los 2, 5, 10, 15 y 20 años.....	82
Tabla 24: Rangos permisibles para la selección de periodo de retorno en función al tipo de obra a ejecutar.....	84
Tabla 25: Cálculo de la permeabilidad del suelo por ensayo in situ.....	85
Tabla 26: Propiedades del concreto permeable en estado fresco del diseño patrón y los 3 reemplazos de AGR.....	86
Tabla 27: Resistencia promedio a la compresión del diseño patrón.....	86
Tabla 28: Resistencia promedio a la compresión del diseño con reemplazo del 15% AGR..	86
Tabla 29: Resistencia promedio a la compresión del diseño con reemplazo del 10% AGR..	86
Tabla 30: Resistencia promedio a la compresión del diseño con reemplazo del 20% AGR..	86
Tabla 31: Coeficiente de percolación para las probetas de concreto permeable ensayados a los 28 días.....	88
Tabla 32: Cálculo del coeficiente de permeabilidad in situ según norma ASTM 1701.....	89
Tabla 33: Cálculo del porcentaje de desgaste de las probetas de concreto permeable.....	89
Tabla 34: Costo unitario de triturado de agregado reciclado.....	90
Tabla 35: Costo unitario de un concreto permeable convencional.....	91
Tabla 36: Costo unitario de un concreto con reemplazo del 10% de agregado grueso reciclado.....	91
Tabla 37: Costo unitario de un concreto con reemplazo del 15% de agregado grueso reciclado.....	92
Tabla 38: Costo unitario de un concreto con reemplazo del 20% de agregado grueso reciclado.....	92
Tabla 39: Requisitos para características químicas en el agregado grueso.....	94
Tabla 40: Edad vs porcentaje de esfuerzo de compresión alcanzado.....	97

Tabla 41: Comparación entre precio de concreto permeable con agregado natural y reciclado.	100
--	-----

Resumen

El presente trabajo investigativo intenta aportar información de la viabilidad en la utilización de concreto permeable reutilizando residuos de construcción y demolición aportando de esta forma al concepto de la economía circular. Esta investigación además de contribuir con el desarrollo sostenible de las ciudades pretende hacer énfasis en brindar soluciones no convencionales al problema inminente que generan las intensas precipitaciones dadas en la costa peruana durante los primeros meses del año reutilizando los residuos generados en las actividades de construcción para la fabricación de concretos permeables cuya característica más resaltante es su capacidad de filtrar el agua a través de sus poros. Esta implementación representaría una solución a las precipitaciones y a la escasa permeabilidad de las escorrentías en las zonas urbanas. Para el procedimiento se seleccionó aquellos residuos no peligrosos provenientes de las estructuras generadas en el distrito de Pueblo Nuevo, así a través de procesos de trituración se obtuvo el granulado de concreto, al que posteriormente se le realizaron ensayos en laboratorio ya sea tanto a los agregados naturales como a los reciclados obteniéndose posteriormente probetas de concreto poroso. Las muestras fueron sometidas a ensayos de resistencia al desgaste, resistencia a la compresión y permeabilidad con la finalidad de evaluar su comportamiento y que puedan cumplir los requisitos que establece la norma de pavimentos urbanos para que de esta forma puedan ser utilizados en la implementación de pavimentos especiales.

Palabras clave: Concreto permeable, residuos de construcción y demolición, granulado de concreto, agregado reciclado.

Abstract

The present investigative work tries to provide information on the viability in the use of permeable concrete by reusing construction and demolition waste, thus contributing to the concept of the circular economy. This research, in addition to contributing to the sustainable development of cities, aims to emphasize providing unconventional solutions to the imminent problem generated by the intense rainfall on the Peruvian coast during the first months of the year, reusing the waste generated in construction activities for the manufacture of permeable concrete whose most outstanding characteristic is its ability to filter water through its pores. This implementation would represent a solution to rainfall and the low permeability of runoff in urban areas. For the procedure, those non-hazardous residues from the structures produced in the Pueblo Nuevo district were selected, thus, through crushing processes, the granulated concrete was obtained, which was later carried out in laboratory tests either on the natural aggregates as well as recycled ones, subsequently obtaining porous concrete specimens. The samples were subjected to wear resistance, compressive strength and permeability tests in order to evaluate their behavior and that they can meet the requirements established by the urban pavement standard so that they can be used in the implementation of pavements. specials

Keywords: pervious concrete, construction and demolition waste, concrete granulate, recycled aggregate.

I- Introducción

La situación problemática en la actualidad, el tema del crecimiento urbano ha tomado gran importancia, puesto que cada año las cifras de crecimiento son mayores, así lo asegura [1], quien indica que aproximadamente el 55% de los habitantes en el mundo viven en la metrópoli y que crecerá hasta un 68% de caras al año 2050. Según afirma [2] se produce anualmente 2010 millones de toneladas de residuos municipales en el mundo y que se espera para el año 2050 un aumento de los residuos hasta 3400 millones de toneladas generadas por año; de los cuales según [3] el 40% de los residuos de procedencia industrial, les corresponden a las actividades de construcción. Cabe bien recalcar que el progreso de las ciudades trae consigo un aumento en las actividades de construcción, lo que a su vez genera residuos provenientes de dicha actividad, que en muchos casos no son gestionados correctamente.

En España, por ejemplo, [4] afirma que se estima que, por cada habitante en el país, la creación de residuos de construcción y demolición tiene una cifra de aproximadamente 1 tonelada por habitante/año; y que, de esta cantidad, sólo se está gestionando de forma correcta el 25%, quedando un 75% sin gestionar, lo que genera impactos ambientales. Sin embargo, según [5] países como Dinamarca y Países Bajos, empezaron a concientizar el problema que trae consigo una mala gerencia de los residuos de construcción y demolición, es por esto por lo que empezaron a tomar medidas para mitigar esta problemática, en donde se pudo alcanzar cifras superiores al 90% de reciclaje; esto debido a que se incrementó el costo del vertido y también a que las autoridades han insertado prohibiciones estrictas para los depósitos de desechos. También nos afirma que en naciones como Francia y Australia existe una tendencia a incrementar el porcentaje de reciclaje de estos residuos, los cuales fluctúan entre valores de 40% a 60%.

Por otro lado, otro problema que surge producto de esta expansión significativa que tienen las zonas urbanas es que a mayor crecimiento urbano crecen también las áreas de zonas impermeables, lo que genera consigo que las escorrentías difícilmente sean evacuadas produciendo que con los sistemas actuales de drenaje urbanos se vuelvan insuficientes tarde o temprano.

Investigadores como Castro [6], señala que en Chile la carencia de sistemas de drenaje eficientes tiene consecuencias negativas en el progreso de la población, y también disminuye la facultad natural de infiltración de agua en los terrenos generando consigo un aumento del caudal superficial, provocando inundaciones en las ciudades [7]. En países como España, García [8] afirma que el sistema de saneamiento es precario y que en épocas de lluvia las

inundaciones afectan a la ciudad provocando malos olores cuando colapsan dichos sistemas. Al desarrollarse las ciudades se desarrolla también la impermeabilización de sus suelos, problema del cual debe ser analizado y estudiado para poder mitigar los impactos que se ocasionan por estos fenómenos.

En la actualidad se debe de tener en consideración que debido al cambiante clima del Perú, en zonas urbanas donde la naturaleza representa una amenaza y que en cada cierto lapso de periodos ocurre el fenómeno del niño como los que acontecen en las costas del norte del país durante épocas de verano. Se podría empezar por tomar medidas para aminorar los daños devastadores que éstos ocasionan en las regiones, y más en las localidades donde carecen de sistemas de drenaje urbano para las aguas pluviales, estas medidas pueden empezar siendo la de la utilización de concretos permeables que no solo mitigan este problema sino también se presentan como solución para recargar las capas freáticas. Adicional a esto se podría recurrir a nuevas tecnologías en la fabricación de concretos permeables que a su vez sea amigables con el medio ambiente utilizando como agregados aquellos agregados reciclados provenientes de las actividades de construcción que cada vez son mayores en todo el mundo y con esto poder ser tomados como una opción adecuada a la mala gerencia de los residuos de construcción y demolición (RCD) que se le da en el país.

En el distrito de Pueblo Nuevo adicional al problema que representa la nociva gerencia de los RCD, se le suma la ausencia de sistemas de drenajes de las aguas pluviales en sus calles, lo que ocasiona que en épocas de lluvia durante los meses de febrero hasta marzo, las inundaciones en calles y avenidas deterioren la infraestructura de sus pavimentos, generen malestar en los ciudadanos, enfermedades que ponen en peligro la integridad de sus transeúntes y hasta en algunos casos, malos olores cuando las aguas pluviales son persistentes y hacen que los sistemas de alcantarillado colapsen.

Teniendo en consideración lo expuesto anteriormente, se plantea la incorporación de concretos permeables elaborados con porcentajes de residuos de construcción y demolición que puedan ser utilizados en pavimentos especiales y que a su vez respondan a las necesidades de la población.

Justificación económica: Nuestro trabajo de investigación pretende mejorar económicamente el producto final debido a que estamos empleando material reciclado cuyo costo sería menor del agregado natural extraído de cantera.

Justificación técnica-científica: En el Perú existen en la actualidad pocas investigaciones en las cuales se reutiliza los residuos provenientes de las actividades de construcción y demolición para la fabricación de concreto permeable, por lo que al realizar más investigaciones de éste tipo ayuda para poder tener al alcance más información del comportamiento del concreto con distintos porcentajes de agregado reciclado y a su vez que se pueda implementar normativas en el país que regulen su utilización para que su utilización sea frecuente.

Justificación social: En la actualidad el problema del calentamiento global es un tema del cual no se debe de dejar de lado cuando se analizan las actividades que el hombre ejecuta, es por esto que el RCD, al no tener una correcta gestión en el país (por más que existan normas que la regulen), se podrán reutilizar en la fabricación de concretos permeables mitigando la inadecuada gestión de dichos residuos y a su vez facilitar el drenaje de las aguas pluviales en las zonas urbanas que generan focos de enfermedades para los habitantes del distrito. Es por lo último que al darle a los residuos de construcción y demolición una reutilización se estaría solucionando los problemas que generan la acumulación de éstos en las afueras de la ciudad y a su vez al reutilizarlos en la fabricación de concretos permeables se estaría también ayudando a solucionar el problema del deficiente drenaje de las aguas pluviales.

Justificación personal:

El proyecto de investigación que desarrollamos pretende aportar mis conocimientos en beneficio de la población del distrito de Pueblo Nuevo con la finalidad de poder contribuir a la solución de la problemática planteada en la presente investigación.

La formulación del problema es la siguiente: ¿Cómo se verán afectadas las propiedades de un concreto permeable utilizando porcentajes de residuos de construcción y demolición para su utilización en pavimentos especiales en el Distrito de Pueblo Nuevo?

El objetivo general de la presente investigación es determinar el porcentaje óptimo de agregado grueso proveniente de los residuos sólidos de construcción y demolición de edificaciones para el diseño de un concreto permeable utilizado en la construcción de pavimentos especiales.

Los objetivos específicos son:

- Realizar una cuantificación aproximada de los residuos de construcción y demolición del lugar a estudiar.
- Determinar las propiedades físicas de los agregados naturales y reciclados realizando ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico, peso específico y absorción, peso unitario, resistencia al desgaste.
- Analizar las propiedades químicas de los agregados reciclados mediante ensayos químico álcali-agregado y contenido de sales.
- Determinar la precipitación de diseño mediante un estudio hidrológico.
- Determinar el coeficiente de permeabilidad del suelo donde se plantea utilizar el pavimento especial.
- Elaborar muestras de concreto permeable sustituyendo el agregado grueso natural por agregado grueso reciclado en porcentajes de 0% (muestra patrón), 10%, 15% y 20%.
- Evaluar la resistencia a la compresión del concreto permeable a los 7,14 y 28 días.
- Determinar la tasa de permeabilidad de las probetas a los 28 días de su elaboración.
- Evaluar la resistencia al desgaste del concreto permeable mediante ensayos de laboratorio.
- Realizar una comparación económica entre el beneficio de la realización de pavimento especial de concreto convencional y otro de concreto permeable reutilizando los agregados provenientes de las actividades de construcción y demolición.

II- Revisión de literatura

Antecedentes del problema

Antecedentes internacionales

En una investigación realizada en Brasil por los autores Tavares y Kazmierczak [9], proponen mitigar el problema de infiltración de aguas pluviales mediante la utilización de pavimentos permeables, por esta razón se realizaron investigaciones para estudiar las cualidades de un concreto permeable, incluida su trabajabilidad, permeabilidad y resistencia mecánica del material fabricando así distintos concretos con porcentajes de agregados para su composición; preparando mezclas con porcentajes de: 100% agregado natural, cantidades iguales de 50% entre agregado natural y agregado proveniente de actividades de construcción y demolición y otra muestra con 100% de agregado reciclado pero se le adicionó para estos últimos fibras de vidrio que puedan mejorar las propiedades del concreto. Se obtuvo como resultados de la investigación que la trabajabilidad de las mezclas preparadas en su totalidad con agregados de RCD presentan valores bajos, esto posiblemente debido a las microgrietas que se encuentran en la interfase agregado – material cementoso; la acción de adicionar fibras de vidrio ayudó a mejorar las propiedades mecánicas de las mezclas de concreto realizada con agregado reciclado en su totalidad, mientras que en la que se sustituyó el 100% de agregado natural por agregado grueso se obtuvo una disminución en aproximadamente 46% de la resistencia a la compresión para el concreto permeable. Los concretos realizados con porcentajes de adición de agregados provenientes de las actividades de construcción se asemejan a la resistencia mecánica requerida para aquellos al que fue adicionado fibras de vidrio y el coeficiente de permeabilidad de estas mezclas también se consideran aceptables y son más altas que las muestras que se realizaron solo con el concreto permeable elaborados en su totalidad con agregado reciclado.

En Colombia los autores de la investigación [10] realizaron la comparación de muestras elaboradas con agregado grueso natural, agregado grueso de ladrillo cerámico y agregado triturado las cuales fueron estudiadas en las propiedades de densidad, contenido de huecos, resistencia a la compresión, flexión y permeabilidad. En la investigación se presentan como conclusiones que el incremento del agregado reciclado resulta en una reducción de la resistencia a la compresión debido a que el agregado reciclado tiene una resistencia más baja en comparación al agregado natural. Los resultados de la resistencia a la compresión que se obtienen de los concretos permeables se encuentran dentro de los límites permisibles por el Comité ACI 522-R.

Antecedentes nacionales

Saldaña y Caballero [11] hacen una síntesis de la coyuntura que representa el crecimiento del sector construcción para el medio ambiente, señalan que se están produciendo grandes cantidades de residuos a los cuales le urge un tratamiento adecuado, puesto que no están siendo gestionados de manera adecuada. Debido a esto, proponen en su estudio determinar las diferencias en la resistencia a la compresión del concreto que ha sido creado con porcentajes de árido grueso reciclado (AGR) que van del 0% al 25% y del 50% al 100%. Los autores desarrollaron setenta y dos núcleos cilíndricos con una resistencia a la compresión de $f'_c=210$ kgf/cm² y treinta y seis núcleos con una resistencia a la compresión de $f'_c=175$ kgf/cm². La investigación encontró que cuando se usa 25% de agregado reciclado en concreto con una fórmula específica ($f'_c=175$ kgf/cm²), la resistencia a la compresión aumenta uniformemente y de manera ascendente. Sin embargo, después de 28 días, la curva de resistencia a la compresión del hormigón con 25% de árido reciclado muestra un pequeño descenso. Cuando se utiliza el 100% de árido reciclado, la curva no es uniforme y muestra irregularidades, mientras que para el otro concreto de $f'_c=210$ kgf/cm² se tienen como resultados que para el concreto con 25%, 50% y 100% de agregado reciclado se tienen resistencias homogéneas. Cabe señalar que, para todos los casos, la resistencia a la compresión siempre estuvo encima por encima del porcentaje estándar. Por esta razón, los autores llegan a la conclusión de que las variaciones en los porcentajes de agregado reciclado que se utilicen tendrán un efecto directamente proporcional en el grado de distorsión de la resistencia a la compresión; que las mezclas con un aporte de agregado reciclado del 25% y 50% mantienen un incremento en la resistencia y a su vez este crecimiento es homogéneo, por lo que recomiendo utilizar porcentajes de hasta el 50% de agregado reciclado y 50% del agregado natural para su utilización.

Otra investigación realizada en Lima por Esquerre y Silva [12] tuvo como objetivo elaborar una propuesta de concreto permeable como solución para el drenaje de las aguas pluviales, para el cual se desarrolló 11 muestras de concreto permeable, utilizando vacíos de 10%, 13%, 15%, 20%, con relaciones agua cemento de 0.27, 0.30, 0.31, 0.32 y 0.34 con un agregado grueso chancado de TMN ½" y desde 0% hasta 10% de agregados finos. De las cuales se evaluó sus propiedades en estado fresco y endurecido, ensayos como el de permeabilidad, resistencia a la compresión y módulo de rotura de las probetas a ensayar. De esta investigación se obtuvieron como conclusiones que el porcentaje de aditivos que se deben utilizar para garantizar el cumplimiento de la norma del ACI 522-R10 deberá mantenerse entre valores de 0.1% hasta 0.3%, también que la mezcla de concreto permeable no deberá exceder el 5% en agregado fino

puesto a que cantidad superiores disminuirá el contenido de vacíos lo que afectan la tasa de infiltración que tiene como característica principal estos concretos y que la relación agua – cemento de 0.32 y 13% de vacíos se obtiene una resistencia a la compresión mayor que las demás probetas ensayadas.

Tapia y Sánchez [13] realizaron una investigación en Trujillo que partía del concepto que, al incrementar la industria de la construcción, aumentaba también con ella la producción de RCD y que para este crecimiento en el Perú no gestiona correctamente dichos residuos, siendo pocas las municipalidades que cuentan con botaderos. Esto trae consigo un problema medioambiental y también problemas en la salud humana, es por esto por lo que la investigación que realizaron los autores intenta reducir el negativo impacto que genera la mala gestión de dichos residuos reutilizando estos desechos como materia prima de agregados de construcción. Con este concepto es que realizaron probetas de concreto los cuales fueron elaborados con agregado fino reciclado y agregado grueso natural proveniente de canteras. Se realizaron los ensayos posteriores a dichas muestras y se obtuvieron como resultados que el agregado fino reciclado que logró pasar por los tamices N°4, N°8, N°50, N°100 no se encontraban entre los parámetros de la curva granulométrica que deberían cumplir; a pesar de este inconveniente se podría utilizar dicho material con la condición de que pueda cumplir con la resistencia mecánica de resistencia a la compresión con la que se elaboró el diseño. El peso unitario que obtuvieron del agregado reciclado fino fue de 1430 kgf/m^3 , un valor que no se encuentra dentro del rango de $1500 \text{ kgf/m}^3 - 1700 \text{ kgf/m}^3$, su contenido de humedad que presentaba era de 3.4%. Posteriormente a los ensayos de resistencia a la compresión a los que fueron sometidos las probetas que fueron diseñadas para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$ se obtuvieron resultados de resistencia a la compresión de 284.05 kgf/cm^2 , 331 kgf/cm^2 y 357.51 kgf/cm^2 para tiempos de 7, 14 y 28 días respectivamente. Se elaboraron también probetas con una resistencia a la compresión de $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ y se obtuvieron resistencia a la compresión de 314.84 kgf/cm^2 , 339.31 kgf/cm^2 y 366 kgf/cm^2 para tiempos de 7, 14 y 28 días respectivamente. Los investigadores en función a los resultados obtenidos en laboratorio concluyen su trabajo de investigación que los residuos de construcción y demolición pueden ser reutilizados para la fabricación de concretos reciclados.

Para Kelly [14] también evalúa el problema que el RCD representa en su localidad y hace conciencia a que no se tiene la adecuada gestión de los residuos por su municipalidad. Plantea que en la actualidad se adquieren productos con una limitada duración y luego de cumplir esto, simplemente son desechados y se les olvida de todo. El crecimiento en la industria de la construcción que afronta las ciudades genera también gran cantidad de desechos que requieren

un correcto reaprovechamiento para que no terminen en lugares donde representen un peligro ambiental. La investigación que realizó la autora tuvo como objetivo determinar el porcentaje adecuado que se tendría de agregado reciclado provenientes de las actividades de construcción y demolición, y con estos agregados reutilizarlos en adoquines con propiedades mecánicas similares a las que se obtendría si se fabricaran los adoquines con agregados naturales. Para poder llevar a cabo esta investigación se elaboraron adoquines con el RCD de la avenida Los Ciruelos (San Juan de Lurigancho), se realizó una identificación del agregado teniendo del total de 85.98 kgf que se recogieron, unos 64.89 kgf eran aprovechables y el otro 21.08 no lo eran. Se sometió a los agregados a ensayos granulométricos teniéndose como conclusión que éstos cumplen con los requisitos que establece la NTP 400.012. Para la investigación se tomaron porcentajes de 0%, 30%, 50% y 80% de agregado reciclado, los cuales fueron ensayados en la prensa hidráulica y se obtuvieron resistencia a la compresión de 45 Mpa, 46 Mpa, 47 Mpa y 48 Mpa respectivamente ensayados después de 28 días desde su elaboración. Según los resultados obtenidos de la investigación se concluye que es posible darle una reutilización al RCD para poder elaborar adoquines con agregados reciclados, cumpliendo con las NTP 339.611 y la NTP 400.012 para obtener agregados reciclados que tengan similares características a los naturales. Una conclusión también de la investigación fue que con un porcentaje de 50% se cumplió con los requisitos de la NTP 399.611.

La investigación local que se tiene como precedente es la que llevo a cabo Aquino [15], el cual consistió en utilizar diferentes porcentajes de agregado fino como agregado grueso con la adición de aditivo superplastificante SikaCem para la fabricación de concreto permeable. El objetivo de la investigación es obtener una resistencia a la compresión adecuada, pero sin que se vea perjudicado su propiedad de permeabilidad. Se concluye de la investigación que se pueden mejorar las propiedades del concreto permeable utilizando 20% de agregado fino, agregado grueso de TMN ¾” y una relación agua cemento de 0.30, adicionando aditivo superplastificante en cantidades de 500 mL por bolsa de cemento, para la cual se obtuvieron resultados que superaban los requisitos de diseños (175 kgf/cm^2) llegándose a medir resistencias de hasta 213.7 kgf/cm^2 y una tasa de permeabilidad muy superior a la de diseño, con una capacidad de filtración de hasta $19.9 \text{ lt/m}^2/\text{s}$.

Bases Teórico Científicas

Normativa

a) Constitución Política del Perú de 1993

La Carta Magna del Perú hace referencia en el Capítulo I Artículo 2° inciso 22 que toda persona tendrá derecho a poder vivir en un ambiente adecuado, que sea tranquilo y que esté acorde con su vida; es por esto por lo que se debe priorizar salvaguardar el bienestar del ambiente del cual giran el entorno de la vida de las personas para poder contribuir con la tranquilidad que se expresa en este artículo.

Así mismo el Capítulo II Artículo 67 menciona que el Estado es quien es responsable de crear políticas nacionales del ambiente y que a su vez éste pueda promover el sostenible uso de los recursos naturales.

b) Decreto Supremo N° 003-2013-Vivienda “Reglamento para la gestión y manejo de los residuos sólidos de las actividades de construcción y demolición”

Este Decreto Supremo tiene por objetivo regular el plan para gestionar y a su vez realizar el correcto manejo de los residuos sólidos generados durante las actividades de construcción y demolición con la finalidad de mitigar el impacto ambiental que se pueda generar, también prevendría los impactos ambientales negativos y con esto poder garantizar que las personas puedan desarrollarse en un ambiente sostenible.

c) American Concrete Institute – “Report on previous concrete” ACI 522R-10

Este reporte del ACI brinda información para la utilización del concreto permeable, información que refiere al método de diseño de mezcla, la metodología para su construcción, ventajas de su aplicación y los distintos ensayos que se les deben realizar a los especímenes.

d) NTP 334.009 “Cementos Portland. Requisitos”

Indica el requerimiento que deberán cumplirse en la producción de cementos tipo Portland y así poder utilizarlos en la producción de concretos.

e) NTP 334.088 “Aditivos químicos para en pastas, mortero y concreto. Especificaciones”

El objetivo de esta norma es determinar las especificaciones que tendrán los aditivos químicos utilizados en las mezclas de concreto de cemento Portland, se mencionan 8 tipos de aditivos.

f) NTP 334.034 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas”

Mediante esta norma se describe el procedimiento a seguir para determinar la resistencia a compresión bajo una carga axial a los cilindros moldeados, la expresión de resultados de esta norma se obtiene mediante una división de la máxima carga axial que incita a la falla de la muestra entre el área de su sección transversal.

g) NTP 339.035 “Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland”

Se establece el procedimiento a seguir para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland en laboratorio o campo.

h) NTP 339.088 “Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland.”

Esta norma especifica los requisitos que deberá tener el agua utilizado en la producción de concreto.

i) NTP 339.127 “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”

La norma especifica el procedimiento a seguir para determinar el contenido de humedad evaporable en muestras de agregados finos o gruesos. Dicha humedad evaporable está incluyendo la humedad superficial y la que contiene en los poros de los agregados.

j) NTP 400.011 “Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones”

Tiene por objetivo brindar al lector los conceptos de los agregados que podrán ser utilizados en la elaboración de concretos y morteros, así como su clasificación por granulometría y densidad de masa.

k) NTP 400.012 “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”

Se detalla el procedimiento a seguir para obtener la distribución de los tamaños de las partículas de agregado fino, grueso y global.

l) NTP 400.017 “Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado”

Se explica el procedimiento a seguir para obtener el peso unitario compactado y suelto del agregado grueso y fino, no olvidando que esta norma es aplicable para tamaños máximos nominales de 150 mm.

m) NTP 400.042 “Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en agua para agregados en concreto”

Su fin es determinar la cantidad de iones solubles de cloruros y sulfatos presentes en el agregado.

n) NTP 339.239 “Método de ensayos para determinar la resistencia a la degradación del concreto permeable por impacto y por abrasión”

El objetivo de esta norma es determinar cuál será la resistencia que tendrá el concreto permeable frente a la degradación, y para esto la norma indica que se tendrá que medir la pérdida de masa que se genere al someter a los especímenes a la acción en conjunta del impacto y la abrasión.

o) NTP 400.021 “Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso”

Esta norma proporciona la metodología a seguir para realizar los ensayos de peso específico ya sea seco, saturado, aparentemente seco y también el ensayo para hallar la absorción del agregado grueso, importantes para realizar el diseño de mezcla.

p) NTP 400.037 “Especificaciones normalizadas para agregados en concreto”

Se especifica la graduación que deberá cumplir tanto el agregado grueso como el fino y las calidades de estos para su utilización en concreto de pesos normales.

q) Norma Técnica CE. 010 Pavimentos Urbanos

Donde se establecen los requerimientos mínimos que se deben tener en cuenta en la elaboración del diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición que se deberán cumplir para realizar pavimentos urbanos.

r) Norma ASTM C1701/C1701M-09 “Standard Test Method for Infiltration Rate of in – Place Pervious Concrete”

Norma desarrollada por la Sociedad Estadounidense de Pruebas y materiales (ASTM) donde establece la metodología para el cálculo de la tasa de infiltración in situ del concreto permeable.

Concreto

Es la mezcla de cemento Portland o de un cemento hidráulico, agregado grueso, agregado fino, agua y con la adición o no de aditivos [15] .

Rivva [16] define al concreto como el producto artificial compuesto por un medio aglutinante llamado pasta, que contiene partículas incrustadas de un medio aglutinado llamado agregado.

a) Concreto permeable

Según [17] Cemento Portland, árido grueso, aditivos, agua y muy poco o ningún árido fino son los componentes del concreto permeable. Mediante la combinación de estos componentes, se produce un concreto que tiene poros que están unidos entre sí y varían en tamaño de 0.08 a 0.32 pulgadas o de 2 mm a 8 mm, esto permite que el agua atravesase el concreto con relativa facilidad. Su contenido en vacíos oscila entre el 18% y el 35%; su resistencia a la compresión es variable entre valores de 2.8 a 28 MPa. Así también nos indica la velocidad de drenaje entre un rango de 81 a 730 l/min/m².

b) Aplicaciones del concreto permeable

Fernández y Navas [18] nos recomiendan también algunas aplicaciones para el concreto permeable como por ejemplo en:

- Pavimentos de tránsito ligero.
- Calles de urbanizaciones.
- Parqueos, entre otros.

Las aplicaciones que se le da al concreto permeable según [17] son para:

- Pavimentos permeables para estacionamientos.
- Capas de drenaje rígidas en áreas exteriores de centros comerciales.
- Cursos de superficies para estacionamientos.
- Estacionamientos.
- Terraplenes de puente.
- Cubierta de piscina.
- Estructura de playas y malecones.

- Sistema de almacenamiento de energía solar.
- Bases permeables y drenajes de borde.
- Pisos de invernaderos.
- Cancha de tenis.
- Barreras de ruido.
- Paredes de edificios.

c) Agregados

Según la NTP400.011 [19] El término "agregado" se refiere a un conjunto de partículas, ya sean de origen natural o artificial, que son susceptibles de ser manipuladas o procesadas mediante diversos métodos. También se conocen con la denominación de áridos.

El tamaño estándar de los agregados procesados está regulado por el ATSM D448.

Tabla 1: Tamaño estándar de los agregados procesados.

Size Number	Nominal Size, Square Openings	Amounts Finer than Each Laboratory Sieve (Square Openings), mass percent															
		100-mm (4-in.)	90-mm (3½-in.)	75-mm (3-in.)	63-mm (2½-in.)	50-mm (2-in.)	37.5-mm (1½-in.)	25.0-mm (1-in.)	19.0-mm (¾-in.)	12.5-mm (½-in.)	9.5-mm (¾-in.)	4.75-mm (No. 4)	2.36-mm (No. 8)	1.18-mm (No. 16)	300-µm (No. 50)	150-µm (No. 100)	
1	90 to 37.5-mm (3½ to 1½-in.)	100	90 to 100	---	25 to 60	---	0 to 15	---	0 to 5	---	---	---	---	---	---	---	
2	63 to 37.5-mm (2½ to 1½-in.)	---	---	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	---	0 to 5	---	---	---	---	---	---	---	
24	63 to 19.0-mm (2½ to ¾-in.)	---	---	100	90 to 100	---	25 to 60	---	0 to 10	0 to 5	---	---	---	---	---	---	
3	50 to 25.0-mm (2 to 1-in.)	---	---	---	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	---	0 to 5	---	---	---	---	---	---	
357	50 to 4.75-mm (2-in. to No. 4)	---	---	---	100	95 to 100	---	35 to 70	---	10 to 30	---	0 to 5	---	---	---	---	
4	37.5 to 19.0-mm (1½ to ¾-in.)	---	---	---	---	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	---	0 to 5	---	---	---	---	---	
467	37.5 to 4.75-mm (1½-in. to No. 4)	---	---	---	---	100	95 to 100	---	35 to 70	---	10 to 30	0 to 5	---	---	---	---	
5	25.0 to 12.5-mm (1 to ½-in.)	---	---	---	---	---	100	90 to 100	20 to 55	0 to 10	0 to 5	---	---	---	---	---	
56	25.0 to 9.5-mm (1 to ¾-in.)	---	---	---	---	---	100	90 to 100	40 to 85	10 to 40	0 to 15	0 to 5	---	---	---	---	
57	25.0 to 4.75-mm (1-in. to No. 4)	---	---	---	---	---	100	95 to 100	---	25 to 60	---	0 to 10	0 to 5	---	---	---	
6	19.0 to 9.5-mm (¾ to ½-in.)	---	---	---	---	---	---	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	0 to 5	---	---	---	---	
67	19.0 to 4.75-mm (¾-in. to No. 4)	---	---	---	---	---	---	100	90 to 100	---	20 to 55	0 to 10	0 to 5	---	---	---	
68	19.0 to 2.36-mm (¾-in. to No. 8)	---	---	---	---	---	---	100	90 to 100	---	30 to 65	5 to 25	0 to 10	0 to 5	---	---	
7	12.5 to 4.75-mm (½-in. to No. 4)	---	---	---	---	---	---	---	100	90 to 100	40 to 70	0 to 15	0 to 5	---	---	---	
78	12.5 to 2.36-mm (½-in. to No. 8)	---	---	---	---	---	---	---	100	90 to 100	40 to 75	5 to 25	0 to 10	0 to 5	---	---	
8	9.5 to 2.36-mm (¾-in. to No. 8)	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 to 100	10 to 30	0 to 10	0 to 5	---	---	
89	9.5 to 1.18-mm (¾-in. to No. 16)	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 to 100	20 to 55	5 to 30	0 to 10	0 to 5	---	
9	4.75 to 1.18-mm (No. 4 to No. 16)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 to 100	10 to 40	0 to 10	0 to 5	---	
10	4.75-mm (No. 4 to 0*)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 to 100	---	---	---	10 to 30

Fuente: Extraído de [19]

c.1) Agregado grueso

La Norma Técnica Peruana [19] menciona el concepto de árido grueso como el material retenido en el tamiz normalizado N°4 (4,75mm) y que se ajusta a las limitaciones estipuladas en la NTP 400.037. Este material se compone de roca disgregada de forma natural o artificial.

c.2) Agregado fino

La Norma Técnica Peruana [19] menciona el concepto de árido fino como el material natural o artificial proveniente de roca disgregada y que además debe pasar el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg.) y que se ajusta a las limitaciones estipuladas por la NTP 400.037.

d) Cemento Portland

Rivva [16] nos brinda el término "cemento" haciendo referencia al material que ha sido triturado, pulverizado y luego combinado con agua para producir una pasta conglomerante que es capaz de endurecerse tanto en condiciones de aire como de agua, generando así un compuesto que es estable.

Según ACI 522R-10 [17] el Cemento Portland cumple los requisitos del ASTM C150/C150M, C595/C595M o C1157/C1157M en donde se utiliza como aglutinante principal. También existe la posibilidad de utilizar cenizas volantes, escoria granulada molida de alto horno y humo de sílice, todos los cuales deben ser aceptables según las normas establecidas por ASTM C618, C989 y C1240, respectivamente.

e) Agua para el concreto

Según Rivva [16], el agua que se utiliza en la producción de concreto es agua que no debe contener ninguna sustancia que pueda tener un efecto perjudicial en el proceso de fraguado. Esta agua se utiliza en la reacción química con el material cementante para lograr la formación del gel, y también se utiliza para que la masa adquiera propiedades tanto en estado fresco como endurecido. La NTP 339.088 señala las normas para la calidad del agua que se utiliza en la producción de concreto.

Tabla 2: Límites químicos opcionales para el agua de mezcla combinada.

	Límite	Métodos de Ensayo
Concentración máxima en el agua de mezcla combinada, ppm ^A		
A. Cloruro como Cl ⁻ , ppm		
1. En concreto pretensado, tableros de puentes, o designados de otra manera.	500 ^B	NTP 339.076
2. Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes	1 000 ^B	NTP 339.076
B. Sulfatos como SO ₄ , ppm	3000	NTP 339.074
C. Alcalis como (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O), ppm	600	ASTM C 114
D. Sólidos totales por masa, ppm	50 000	ASTM C 1603

Fuente: Extraído de NTP 339.088.

La American Concrete Institute (ACI) [17] especifica que la calidad del agua para un concreto poroso debe cumplir las mismas normas que las del concreto convencional, pero teniendo en consideración que, al hacerlo, la relación agua/cemento debe fluctuar entre valores de 0.26 a 0.40. Esto se debe a que valores superiores a los sugeridos producirían la obstrucción de los poros.

f) Aditivos

La utilización de aditivos para concretos permeables pueden ser reductores de agua de conformidad con los criterios de aceptación de la norma ASTM C494/C494M; en función de la proporción agua-cemento, la utilización de estos aditivos podrá ser de rango alto o medio. Además, podrían utilizarse retardadores, que se añaden al cemento para estabilizar y regular su hidratación. Por lo general se utiliza los aditivos retardadores para climas cálidos y para facilitar la descarga del concreto de un mezclador sirviendo (lubricantes); mientras que para climas fríos se utiliza aditivos aceleradores para extender el tiempo de trabajo de la mezcla. Sin embargo, también se puede utilizar aditivos modificadores de viscosidad para conseguir que la mezcla sea más fácil de manejar. Se podría tener en cuenta también el uso de aditivos incorporadores de aire que cumplan con los requisitos ASTM C260, para zonas expuestas a procesos de congelación y descongelación [17].

g) Propiedades del concreto en estado fresco

g.1) Peso unitario

El autor [20] en su investigación señala que el peso unitario en concretos para estado fresco se encuentra entre valores del 70% y 85% del peso que se obtendrían con pastas realizadas con concreto convencional y que se necesitaría saber el porcentaje de vacíos de las probetas pero que los valores están entre 1600 a 2000 kgf/m³.

g.2) Asentamiento

Según la norma ASTM C143 [21] indica que a mayores valores de asentamiento significa que existe mayor cantidad de agua en la mezcla. Para el caso de concretos permeables se tendrán “cero asentamientos” y que, al ser calculados, se obtendrán valores entre 0 a 1 cm.

Para el cálculo de este asentamiento según Rivva [16] indica que el método para conocer este asentamiento se conoce como el cono de Abrams y se mide el asentamiento de una mezcla de concreto recién preparada que fue colocado y posteriormente debidamente compactado en un molde metálico con dimensiones estandarizadas.

h) Propiedades del concreto en estado endurecido

h.1) Resistencia a la compresión

Para Rivva [16, p. 232] el mayor esfuerzo que el concreto es capaz de soportar sin romperse se conoce como su resistencia a la compresión, y se utiliza como una indicación de la calidad de cualquier concreto.

Tanto el diseño de mezcla como la fuerza de compactación en el momento de la colocación tienen un impacto directo en la resistencia a la compresión del concreto poroso en mayor o menor grado [17].

h.2) Contenido de vacíos y densidad

Según el ACI [17] la densidad en estado fresco del concreto permeable se puede encontrar utilizando la norma ASTM C1688/C1688M, que es proporcional al contenido de vacíos de la mezcla.

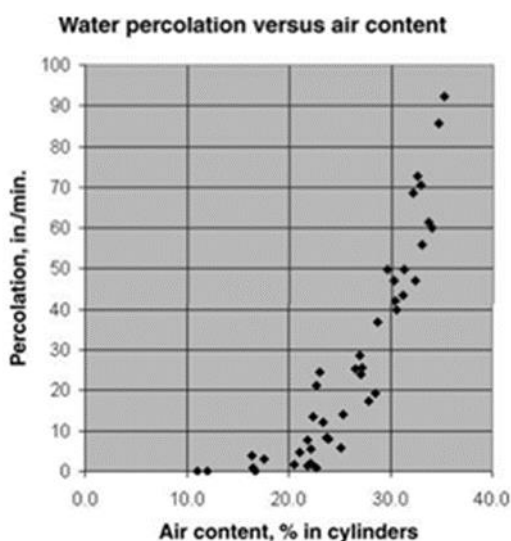
Según una investigación por los autores [22], un concreto permeable será considerado poroso siempre y cuando se obtengan como porcentaje mínimo 15% de vacíos. Siendo este porcentaje afectado por el tamaño del agregado que se utilizará para la mezcla; teniéndose como conclusiones de la investigación que para tamaños de agregados de 10 mm se obtendrán porcentajes de vacíos de 15% hasta 25%, con agregados de 12 mm producen de 30% hasta 40% de vacíos en las mezclas con superficies más ásperas del concreto.

h.3) Tasa de percolación

Según el ACI-522R [17] la tasa de percolación es la característica más crucial del concreto poroso. Se indica también en la norma antes mencionada que el índice de percolación de este concreto es directamente proporcional al porcentaje de vacíos presentes; normalmente, se requiere de al menos el 15% de vacíos para obtener tasas de percolación considerables.

Se puede determinar la capacidad para filtrar el agua de un concreto permeable utilizando la gráfica tasa de percolación (in./min) vs contenido de aire (%).

Figura 1: Contenido de aire vs tasa de percolación.



Fuente: Extraído de [17]

Hay que tener en cuenta que un aumento de la infiltración provoca una disminución de la resistencia a la compresión y viceversa, son dos propiedades inversamente proporcionales [17].

i) Concreto reciclado

Se le define así a las fracciones de concretos resultantes por el asolamiento de estructuras o fresado de las construcciones civiles de concreto simple, armado o tensado mediante el uso de técnicas como la demolición manual o mecánica [23].

j) Agregado reciclado

Conocido también con el nombre de granulado de concreto y según la NTP 400.053 [23] es el material de construcción secundario que se produce al reducir la granulometría del concreto y del mortero de demolición a un nivel comparable al de los áridos.

k) Residuos de construcción y demolición

Según los autores [24] [25] se les denomina residuos de construcción y demolición a aquellos residuos que cuyo origen se tiene en la ejecución de un proyecto civil durante procesos de reparación, demolición, remoción, reforzamiento o de adecuación de cambios de uso. A causa del crecimiento desmesurado de las civilizaciones, se presentarán más cantidades de residuos de construcción cuyo principal residuo será el concreto, maderas, cerámicos, entre otros según [26]. El Decreto Supremo N°003-2013 [27] distingue entre residuos peligrosos y no peligrosos cuando se trata de residuos procedentes de la construcción y la demolición.

Tabla 3: Clasificación de los RCD.

RESIDUOS PELIGROSOS	RESIDUOS NO PELIGROSOS
<ul style="list-style-type: none"> - Restos de madera tratada. - Envases de removedores de pinturas, aerosoles. - Envases de removedores de grasa, adhesivos, líquidos para remover pinturas. - Envases de pintura, pesticidas, contrachapados de maderas, colas, lacas. - Restos de tubos fluorescentes, transformadores, condensadores, etc. - Restos de PVC (solo luego de ser sometidos a temperaturas mayores a 40° C) - Restos de planchas de fibrocemento con asbesto, pisos de vinilo asbesto, paneles divisores de asbesto. - Envases de solventes. - Envases de preservantes de madera. - Restos de cerámicos, baterías. - Filtro de aceite, envases de lubricantes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones: Mobiliario fijo de cocina Mobiliario fijo de cuartos de baño. - Fachadas: Puertas. Ventanas. Revestimientos de piedra. Elementos prefabricados de hormigón. - Estructura: Vigas y pilares. Elementos prefabricados de hormigón. - Cubiertas: Tejas. Tragaluces y claraboyas. Soleras prefabricadas. Tableros. Placas sándwich. - Participantes interiores: Mamparas. Tabiquerías móviles o fijas. Barandillas. Puertas. Ventanas.

Fuente: Adaptado de [27].

1) Aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición

Según [25] el reaprovechamiento que se les da a los RCD son básicamente mediante el reciclaje, que hace referencia a la extracción de materiales de los residuos y que son transformados para ser reincorporados como insumos y la reutilización donde consiste en la utilización directa de los materiales residuos.

Definición de términos básicos

Concreto

Es el compuesto resultante de la interacción entre cemento Portland o cemento hidráulico, árido grueso, árido fino, agua, con o sin inclusión de aditivos.

Concreto permeable

Es aquel concreto que resulta de la combinación de cemento Portland o hidráulico, árido fino, poco o ningún árido fino, aditivo más la adición de agua.

Residuos de construcción y demolición

Son aquellos residuos sólidos resultantes de los escombros y fracciones de elementos provenientes de la construcción, restauración o asolamiento de infraestructuras civiles o estructuras semejantes.

III- Materiales y métodos

Hipótesis

La sustitución de porcentajes de residuos de construcción y demolición para la elaboración de un concreto permeable cumplirán con los requisitos para su utilización en zonas de tráfico ligero en el distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Ferreñafe.

Tipo y nivel de investigación

Tipo: Básica

Nivel: Descriptiva

El tipo de investigación es básica porque se pretende obtener conocimiento nuevo de la influencia en el concreto permeable adicionándole porcentajes de RCD, pudiendo aportar de esta forma a la comunidad científica. El nivel de investigación es una investigación descriptiva porque estudia cómo se va a manifestar el fenómeno de reutilizar el RCD en las propiedades mecánicas e hidráulicas en el concreto permeable.

Diseño de investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental puro, porque se adicionó RCD en la producción de un concreto permeable manipulándose intencionalmente la variable independiente mediante ensayos.

Población, muestra, muestreo

Población

Expuesto lo anterior se tomará como población total 60 probetas, de los cuales se investigaron y tuvieron en cuenta la resistencia a la compresión, la tasa de percolación y la resistencia a la degradación del concreto permeable.

Muestra

Se realizaron 60 probetas, basándose en la NTP 339.183 [28] que menciona en su inciso 5.5 que podrán ser elaboradas como mínimo 3 probetas por cada edad y condiciones de pruebas a ensayar, por lo que para el presente trabajo se utilizaron 3 especímenes por cada edad ensayada. De esta manera se elaboraron probetas de concreto permeable utilizando 3 distintos porcentajes (10%, 15%, 20%) de adiciones de agregado reciclado y un porcentaje para el espécimen con 0% de agregado reciclado que se tomará como muestra patrón.

Una vez realizados los núcleos a ensayar se esperó 7, 14 y 28 días para empezar con el ensayo de resistencia a la compresión, ensayos de permeabilidad a los 28 días como lo indica el ACI 522R – 10 [17] y ensayo para evaluar su resistencia a la degradación a los 7 días según la NTP 339.239.

Tabla 4: Número de probetas según tipo de ensayo a realizar.

Ensayos	Porcentaje de RCD (%)	Edad de ensayo (días)	N° de especímenes
Resistencia a la compresión	0	7	3
		14	3
		28	3
	10	7	3
		14	3
		28	3
	15	7	3
		14	3
		28	3
	20	7	3
		14	3
		28	3
Ensayo de permeabilidad	0	28	3
	10	28	3
	15	28	3
	20	28	3
Ensayo de resistencia a la degradación	0	7	3
	10	7	3
	15	7	3
	20	7	3
Total			60

Muestreo

Durante el proceso de muestreo, se tendrán en cuenta los requisitos del Manual del MTC en donde menciona su Capítulo 5.3.3 – Muestreo, especifica que se llevarán a cabo un mínimo de cinco investigaciones por cada superficie equivalente o inferior a una hectárea, con los puntos situados a distancias aproximadamente iguales entre sí. Se tomará las muestras tal que estas sean lo suficiente para poder realizar los ensayos de laboratorio que son presentados en la siguiente investigación.

Se tomaron los RCD de 4 botaderos informales ubicados en el distrito de Pueblo Nuevo.

Criterios de selección

Para el criterio de selección de las muestras, se tomó en cuenta el Decreto Supremo N° 003-2013-Vivienda [27] donde según el tipo de residuos, serán captados aquellos RCD de tipo reutilizables o reciclables, en forma específica los provenientes de estructuras (vigas, pilares y elementos prefabricados de concreto) para poder ser un sustituyente en porcentaje del peso del agregado grueso en la composición del concreto permeable.

Operacionalización de variables

Tabla 5: Operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES		INDICADORES
Independientes	Agregado reciclado	Propiedades físicas	Análisis granulométrico
			Contenido de humedad
			Porcentaje de absorción
			Ensayo de peso unitario
			Resistencia a la abrasión
	Agregados naturales	Propiedades físicas	Ensayo de reactividad álcali - sílice
			Ensayo de cloruros y sulfatos
			Análisis granulométrico
			Contenido de humedad
			Porcentaje de absorción
Dependientes	Concreto permeable	Resistencia a la compresión	Ensayo de peso unitario
			Relación agua/cemento
			Granulometría del agregado
			Porcentaje de vacíos
			Curado del concreto
	Concreto permeable	Tasa de permeabilidad	Contenido de vacíos
			Relación agua/cemento
			Tamaño máximo del agregado
			Dureza del agregado
			Resistencia a la abrasión
Concreto permeable	Resistencia a la abrasión	Dosificación de la mezcla	
		Superficie de contacto	

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

A efectos de esta investigación se hará uso del método de observación directa, donde según los autores [29] se tiene que realizar una descripción de lo observado mediante el fenómeno acontecido.

Tabla 6: Técnica utilizada para recolectar datos.

Técnica de recolección de datos	
Observación directa	Técnica mediante el cual se observará el comportamiento del concreto permeable mediante los ensayos realizados

Según [29], un instrumento de recolección de datos debe reunir las tres características siguientes para poder ser utilizado:

- Confiabilidad.
- Objetividad.
- Validez.

Para la presente investigación se utilizó la ficha de recolección de datos.

Tabla 7: Instrumentos de recolección de datos.

Instrumentos de recolección de datos	
Ficha de recolección de datos	Para registrar la información obtenida en laboratorio y para el procesamiento de la información requerida

Instrumentos

- Formatos y equipos de laboratorio.
- Formato Excel para procesar los datos obtenidos en las pruebas de laboratorio.

Procedimientos

Para la demostración de la hipótesis se siguió el procedimiento para los ensayos enmarcado en cada una de las Normas Técnicas Peruanas utilizadas para la elaboración de la presente investigación.

Reconocimiento de los residuos de construcción y demolición

Se reconocieron los puntos críticos donde se encontraron la mayor cantidad de residuos procedentes de la construcción y la demolición, posteriormente se realizó una cuantificación aproximada de los desechos.

Para la presente investigación se utilizarán los residuos reciclables no peligrosos provenientes de estructuras.

Proceso de trituración del agregado

Para reducir el tamaño de las partículas del agregado obtenido durante los procesos de construcción y demolición se realizó el chancado de la materia prima de forma manual buscando tener una distribución uniforme de las partículas.

Figura 2: Botaderos informales de los residuos de construcción y demolición.



Figura 4: Recolección de residuos de construcción y demolición.



Figura 3: Zona identificada para recolección de residuos de construcción y demolición.



Figura 5: Tamizado de agregado triturado proveniente de residuos de concreto.



Estudio de mecánica de suelos

Es necesario conocer las características del suelo donde se desea implementar el concreto permeable, las características de este suelo deberán tener como mínimo una tasa de permeabilidad que permita el correcto drenado para la precipitación de diseño tomada en la fabricación del concreto poroso.

Ensayo in situ para obtener el coeficiente de permeabilidad- Ensayos Lefranc.

a) Aparatos

- Wincha.
- Tubo de diámetro conocido.
- Palana.

b) Procedimiento

- Se realiza una excavación en el suelo donde se pretende conocer el coeficiente de permeabilidad una profundidad conocida.
- Se introduce la tubería de diámetro conocido en la perforación antes realizada.
- Se coloca dentro de la tubería de diámetro conocido un volumen de agua.
- Se mide el tiempo en el cual varía el nivel de agua dentro del sondeo realizado.

c) Expresión de resultados

- Se puede obtener el valor del coeficiente de permeabilidad mediante la toma de los tiempos tardados en el cual el nivel de agua varía utilizando la siguiente expresión:

$$K = d_e^2 * \frac{\ln\left(\frac{2L}{d}\right)}{8Lt} * \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

Donde:

K= Coeficiente de permeabilidad del suelo.

t= Tiempo que tarda el volumen de agua de estar desde una altura h_2 hasta una altura h_1 .

L= Longitud de la tubería.

D= Diámetro de la tubería.

De= Diámetro de la entubación.

d) Panel Fotográfico

Figura 6: Excavación para ensayo in situ.



Figura 7: Colocación de tubería de 4"



Figura 8: Colocación del agua a una altura h_1 .



Figura 9: Medición de variación de altura h_2 .



Estudio hidrológico

Determinar mediante un estudio hidrológico utilizando el método de curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) las precipitaciones utilizadas para el diseño de mezcla del concreto permeable.

Ensayo a los agregados

Ensayo de humedad de los agregados – NTP 339.185

a) Aparatos

- Balanza con un nivel de sensibilidad de 0.1%.
- Horno con ventilación que funcione a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Envase con capacidad de soportar muestras bajo temperaturas calientes.

b) Muestreo

- Efectuado acorde con las disposiciones de la NTP 400.010
- En función con el tamaño nominal máximo, debe contarse la masa mínima de la muestra del agregado.

c) Procedimiento

- Se pesa la muestra en su recipiente para obtener el valor de la masa.
- La muestra es introducida al horno el cual deberá tener como temperatura valores de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo de 24 horas.
- Se procede a pesar nuevamente la muestra en estado seco y se determina la masa.

d) Expresión de resultados

- La siguiente expresión relaciona el peso de la masa seca y húmeda presente en la muestra escogida para obtener el contenido de humedad:

$$P = 100 (W - D)/D$$

Donde:

P = Contenido de humedad de la muestra expresado en porcentaje

W = Masa de la muestra húmeda inicial

D = Masa de la muestra seca

e) Panel fotográfico

Figura 10: Peso húmedo de la arena más el peso del contenedor.



Figura 11: Peso seco de la arena más el peso del contenedor.



Figura 12: Peso del árido grueso natural en estado húmedo más el peso del contenedor.



Figura 13: Peso del árido grueso natural en estado seco más el peso del contenedor.



Figura 14: Peso del árido grueso reciclado en estado húmedo más el peso del contenedor.



Figura 15: Peso del árido grueso reciclado en estado seco más el peso del contenedor.



Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global – NTP 400.012

a) Aparatos

- Balanza con un nivel de sensibilidad de 0.1% ó 0.5g de la masa muestreada.
- Tamices, que cumplan los requisitos estipulados por la NTP 350.001.
- Horno con capacidad de poder mantener constante una temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

b) Muestreo

- Realizado acorde con las disposiciones de la NTP 400.010
- En función del tamaño máximo nominal del árido grueso se determinará la masa mínima que se precisará para realizar el ensayo.

Tabla 8: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso para análisis granulométrico

Tamaño máximo nominal del agregado ^A	Masa mínima aproximada para la muestra de campo kg ^B
Agregado fino	
2,36 mm	10
4,76 mm	10
Agregado grueso	
9,5 mm	10
12,5 mm	15
19,0 mm	25
25,0 mm	50
37,5 mm	75
50,00 mm	100
63,00 mm	125
75,00 mm	150
90,00 mm	175

Fuente: Extraída de NTP 400.010

c) Procedimiento

- Se seca la muestra seleccionada en el paso anterior, y se la lleva al horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas para su secado.
- Colocar en forma decreciente y ordenada los tamices desde la tapa hasta el fondo.
- Colocar la muestra del agregado en el tamiz superior y agitar manualmente priorizando la firmeza de la tapa y la buena sujeción del fondo con un cierto grado de inclinación.

d) Expresión de resultados

- Calcular la diferencia entre la masa pesada inicialmente y el total de la masa pesada por cada retenido en los tamices, deberá garantizarse que esta cantidad no difiera más de 0.3%, de lo contrario repetir el procedimiento para cumplir dicha disposición.
- Determinar los porcentajes que logran pasar, los retenidos totales y graficar dichos resultados en la curva granulométrica.

e) Panel fotográfico

Figura 16: Conjunto de tamices para pasar el agregado fino.



Figura 17: Conjunto de tamices para pasar el agregado grueso.



Figura 18: Cuarteo para la selección de muestra obtenida a partir de los áridos finos.



Figura 19: Cuarteo para la selección de muestra obtenida a partir de los áridos gruesos naturales.



Figura 20: Cuarteo para la selección de muestra obtenida a partir de los áridos gruesos reciclados.



Figura 21: Resultado del proceso de separación de áridos finos naturales por serie de tamices.



Figura 22: Resultado del proceso de separación de áridos gruesos naturales por serie de tamices.



Figura 23: Resultado del proceso de separación de áridos gruesos reciclados por serie de tamices.



Ensayo para determinar el porcentaje de absorción y peso específico del agregado grueso - NTP 400.021

a) Aparatos

- Balanza, que presente un nivel de sensibilidad de 0.5g y en cuyo interior pueda retener muestras con capacidad de 5000g o superior.
- Cesta de alambre, con capacidades necesarias para almacenar las partículas de los agregados en función a su tamaño máximo nominal.
- Recipiente de agua
- Tamices, normalizado N°4.
- Estufa, con la cualidad de que pueda ser capaz de controlar uniformemente temperaturas de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Horno con temperatura a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

b) Muestreo

- La muestra por utilizar en el ensayo es seleccionada de tal manera que cumpla con los requisitos de la NTP 400.010.
- De la muestra seleccionada, se elimina aquella que logre pasar el tamiz 4.75 mm (N°4) por el procedimiento del tamizado seco y se procede a lavar el agregado grueso con la intención de remover las partículas de polvo u otras impurezas que puedan estar presentes en el material.
- El peso mínimo que se utilizará para este ensayo viene siendo guiado por la siguiente tabla:

Tabla 9: Peso mínimo de la muestra de ensayo

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg (lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 1/2)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 1/2)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 1/2)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
112 (4 1/2)	50 (110)
125 (5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

Fuente: Extraída de NTP 400.021

c) Procedimiento

- Asegúrese de que la muestra sea secada al horno bajo una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Proceder a retirar la muestra y ventilar de 1h a 3h hasta que el agregado se sienta cómoda al tacto.
- La muestra deberá ser sumergida inmediatamente en agua durante 24 horas con una desviación estándar de ± 4 h.
- Una vez transcurrido este tiempo, se extrae la muestra del agua y con la ayuda de un paño absorbente se elimina la película de agua visible. Cuando la muestra está saturada superficialmente seca, se pesa registrando dicho valor.
- Luego del pesado, se colocará de forma inmediata en la cesta de alambre la muestra en estado saturado superficialmente seco. A continuación, se tendrá que medir el peso de la muestra en agua bajo una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 1.7^{\circ}\text{C}$. Se debe tener en consideración que mientras se está realizando dicho paso se tiene que eliminar el aire atrapado antes de que sea pesado con sacudidas mientras se está sumergiendo.
- Inicialmente, la muestra se deja secar en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, se dejará enfriar la muestra a temperatura ambiente entre una y tres horas.

d) Expresión de resultados

- Peso específico de masa (Pem)

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

- Peso específico de masa saturada superficialmente seca (PeSS)

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

- Peso específico aparente (Pea)

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

- Absorción

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

Donde:

A = Peso de la muestra en condiciones secas (g).

B = Peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca (g).

C = Peso de la muestra saturada bajo agua (g).

e) Panel fotográfico

Figura 24: Muestra de árido grueso totalmente saturada.



Figura 26: Peso de la muestra de agregado grueso natural en estado saturado superficialmente seco para ambas muestras etiquetadas como muestra 1 y 2.



Figura 25: Muestra de árido grueso seco.



Figura 27: Peso de la muestra de agregado grueso reciclado en estado saturado superficialmente seco para ambas muestras etiquetadas como muestra 1 y 2.



Figura 28: *Peso en agua de la muestra de agregado grueso natural más recipiente para ambas muestras etiquetadas como muestras saturadas 1 y 2.*



Figura 29: *Peso en agua de la muestra de agregado grueso reciclado más recipiente para ambas muestras etiquetadas como muestras saturadas 1 y 2.*



Figura 30: *Peso en agua de la muestra de agregado grueso natural más recipiente para ambas muestras etiquetadas como muestras secas 1 y 2.*



Figura 31: *Peso en agua de la muestra de agregado grueso reciclado más recipiente para ambas muestras etiquetadas como muestras secas 1 y 2.*



Ensayo para determinar del porcentaje de absorción y peso específico del agregado fino - NTP 400.022

a) Aparatos

- Balanza con capacidad de 1000g y con sensibilidad a 0.1g.
- Recipiente metálico.
- Matraz o fiola de 500 cm³ de capacidad.
- Pisón y cono de absorción de arenas.
- Horno con temperatura a 110°C ± 5°C.

b) Muestreo

- Usaremos 300g como mínimo, pero para el cuarteo, optaremos por 100 g aproximadamente.

c) Procedimiento

- Al aire libre sumergimos la muestra en agua durante 24 horas, con una desviación estándar de ± 4 horas.

- Para evitar la pérdida de partículas finas, retiramos primero el agua sobrante y, a continuación, extendemos la muestra sobre una superficie plana mientras circula por ella una ligera corriente de aire.
- Primeramente, se tendrá que verificar que la muestra se encuentra o no en un estado saturado superficialmente seco. Para ello se utilizan el cono de absorción y el pisón, llenando el cono y dejando caer el pisón un total de 25 veces. En caso de que el agregado fino moldeado experimente un pequeño descenso, indicará que se ha alcanzado la condición deseada.
- Procedemos a realizar el peso de 500 gramos en la balanza de la muestra saturada superficialmente seca y también del matraz de 500 cm³.
- Una vez hecho esto, introducimos la muestra en el matraz cuando se haya llenado parcialmente de agua. Seguimos añadiendo agua hasta que alcance aproximadamente el 90% de su capacidad.
- Sacudimos el matraz hasta que se hayan eliminado todas las burbujas de aires que se observen con facilidad. Una vez logrado esto, se deja reposar el matraz durante 24 horas tras lo cual se le llenará al 100% de su capacidad para después proceder a pesar.
- Paso siguiente, es sacar el material junto con el agua del recipiente metálico, esperamos a que se asiente y retiramos el agua sobrante que pueda haber contenido.
- Por último, introducimos el recipiente que contiene el material en el horno a una temperatura de 110°C ± 5°C durante 24 horas. Después de 24 horas, dejamos que se enfríe durante 1 hora con una desviación estándar de ± 30 minutos y a continuación, pesamos la muestra seca.

d) Expresión de resultados

- Peso específico de masa

$$P_{em} = \frac{PS}{PSSS - P_{ams}}$$

- Absorción

$$A = \frac{PSSS - PS}{PS} \times 100$$

Donde:

P_{em} = Peso específico de masa.

P_S = Peso de la muestra seca (g).

P_{SSS} = Peso de la muestra en estado saturada superficialmente seca (g).

P_{ams} = Peso del volumen de agua en el matraz (g).

P_m = Peso del matraz.

A = Absorción (%).

e) Panel fotográfico

Figura 32: Muestra de árido fino inmersa en agua.



Figura 34: Comprobación de la condición saturada superficialmente seca del árido fino.



Figura 36: Muestras reposando después de la extracción de aire.



Figura 33: Árido fino expuesto al aire para su secado.



Figura 35: Pesaje del árido fino en condición saturada superficialmente seca.



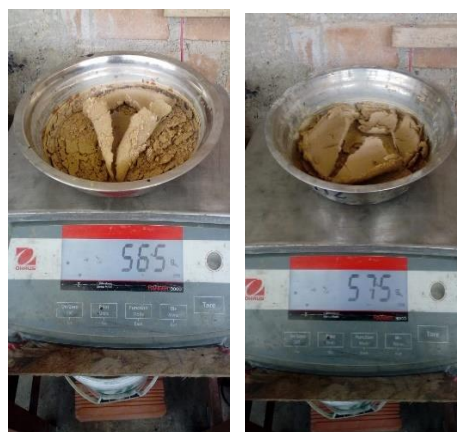
Figura 37: Muestras después del reposo, listas para ser pesadas.



Figura 38: *Peso de la muestra de agregado fino en estado saturado superficialmente seco más peso del matraz más peso del agua para ambas muestras etiquetadas como muestra 1 y 2.*



Figura 39: *Pesaje de la muestra seca de árido fino más peso del contenedor.*



Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado – NTP 400.017

a) Aparatos

- Báscula, con característica de precisión para lecturas de peso de la muestra del 0.1% y aproximación en cifras de 0.05 kg.
- Barra compactadora, de una superficie recta y lisa de unos 60 centímetros de longitud y 16 milímetros de diámetro (5/8”).
- Molde cilíndrico.
- Cuchara grande.
- Regla.
- Equipo de calibración.

b) Muestreo

- Realizado acorde con las disposiciones de la NTP 400.010.
- La muestra que se examinará estará comprendida entre el 125% y el 200% de la cantidad necesaria para llenar la medida y se deberá hacer énfasis en el cuidado de su manipulación para evitar la segregación.
- La muestra tendrá que secarse a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

c) Procedimiento

- Se realizó el pesado del molde cilíndrico.
- Utilizando la pala de mano o la cuchara grande, el molde cilíndrico se rellenará a 3 capas, las cuales tendrán que ser debidamente apisonadas mediante 25 golpes por cada capa llenada, distribuidos de forma uniforme sobre su superficie. Es importante tener en cuenta que, al compactar la primera capa, la barra

compactadora no debe golpear con fuerza el fondo del molde. Además, al compactar las dos capas restantes, es importante asegurarse de que la barra compactadora sólo penetra la última capa en compactación.

- El llenado de la última capa se realiza hasta que rebose el agregado, se tendrá en consideración que la altura máxima de descarga del agregado no puede exceder los 50 mm (2").
- El agregado que sobra del procedimiento anterior se retira con la regla.
- Se procede al pesado del molde más el agregado ensayado.

d) Expresión de resultados

- Peso unitario del agregado

$$M = \frac{G - T}{V}$$

- Peso unitario en condición Saturado Superficialmente Seco

$$M_{SSS} = M \left[1 + \frac{A}{100} \right]$$

- Contenido de vacíos

$$\% \text{ vacíos} = 100 \frac{[(S \times W) - M]}{(S \times W)}$$

Donde:

M = Peso unitario del árido expresado en unidades de kg/m³.

G = Peso del recipiente de medición más el árido grueso en unidades de kg.

T = Peso del recipiente de medición en unidades de kg.

V = Volumen de la medida en m³.

A = Porcentaje de absorción del agregado de acuerdo con los criterios establecidos en la NTP 400.021.

S = Peso específico de la masa.

W = Densidad del agua (998 kg/m³).

e) Panel fotográfico*Figura 40: Peso unitario de árido grueso natural uliginoso y suelto, más el contenedor metálico.**Figura 41: Peso unitario de árido grueso reciclado uliginoso y suelto, más el contenedor metálico.**Figura 42: Peso unitario de árido fino uliginoso y suelto, más el contenedor metálico.*

Figura 43: Peso unitario compactado de árido grueso natural uliginoso, más el contenedor metálico.



Figura 44: Peso unitario compactado de árido grueso reciclado uliginoso, más el contenedor metálico.



Figura 45: Peso unitario compactado de árido fino uliginoso, más el contenedor metálico.



Método de ensayo para determinar la reactividad álcali-sílice de los agregados. NTP

334.099. Ensayo químico

a) Aparatos

- Balanza analítica y pesas, para poder cuantificar la cantidad de sílice disuelta mediante el método gravimétrico.
- Trituradora de quijada y disco pulverizador para moler el agregado.
- Tamices, utilizados los tamices N° 50 (300 μm), N° 100 (150 μm) y tamiz N° 4 (175mm).
- Recipientes de reacción, con capacidades entre 50mL y 70mL fabricados con aceros resistentes a la corrosión y que tengan tapa de cierre hermético.
- Baño de temperatura, que pueda mantener temperatura constante de $80^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 24h.
- Fotómetro, que mida la transmisión de la luz.
- Material de vidrio.

b) Reactivos

- Solución de molibdato de amonio, disuelto 10g de molibdato de amonio en 100mL de agua.
- Ácido clorhídrico, concentrado (HCl)
- Solución estándar de ácido clorhídrico (0.05N)
- Ácido clorhídrico (1+1), mezclando volúmenes iguales de agua y ácido clorhídrico concentrado.
- Ácido fluorhídrico.
- Solución de ácido oxálico, disuelto 10g en 100mL de agua.
- Solución indicadora de fenolftaleína, disuelta 1g en 100mL de alcohol etílico.
- Solución estándar de sílice.
- Solución estándar de hidróxido de sodio.
- Ácido sulfúrico concentrado.

c) Selección y preparación de muestra de ensayo

- Se obtiene la muestra adecuada con la NTP 400.010.
- Se muele la muestra con ayuda del triturador de quijada, se retiene las fracciones hasta que puedan pasar por el tamiz N° 4 (4.75 mm). Se tiene que aminorar la muestra a $300\text{g} \pm 5\text{g}$ con divisiones como lo estipula la NTP 400.043.

- Se procede a tamizar los 300g de la muestra descartando aquella que pase por el tamiz N° 100 (150 μm).
- Se muele la muestra utilizando el disco pulverizador.
- Se lavará la muestra sobre el tamiz N° 100 (150 μm) para asegurar que las partículas más finas de 150 μm hayan sido removidas.

d) Procedimiento de la reacción

- Preparar 3 muestras del procedimiento anterior de peso de $25\text{g} \pm 5\text{g}$.
- Colocar las muestras en 4 recipientes y adicionar 25mL de la solución de hidróxido de sodio. Sellar los recipientes y liberar el aire agitando levemente.
- Llevar los recipientes a un baño a una temperatura de $80^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$. Pasado $24\text{h} \pm \frac{1}{4}\text{h}$ retirar del baño los recipientes y esperar que se enfríen en el lapso aproximado de 15 minutos bajo corriente de agua a una temperatura que sea menor de los 30°C .
- Terminado el proceso de enfriamiento, se abre le abre y se filtra la solución de los residuos de los agregados.
- Se procede a agitar la solución filtrada para tomar una muestra de 10 mL para posteriormente diluirla en 200mL de agua. La solución diluida servirá para determinar la cantidad de SiO_2 disuelta y la reducción en alcalinidad.
- Se recomienda poner la solución filtrada en un recipiente de polietileno limpio y seco y cerrar herméticamente la tapa si no se va a evaluar en las cuatro horas siguientes de haber completado el procedimiento de filtrado.
- Se procede a medir el sílice disuelto utilizando el método gravimétrico o el fotométrico.

e) Expresión de resultados

Se utilizarán las siguientes expresiones:

- Concentración de SiO_2 de la solución de NaOH filtrada del material.

$$Sc = 20 \times \left(\frac{100}{V}\right) \times C$$

Donde:

Sc = Concentración de SiO_2 en mili mol por litro del filtrado inicial.

C = Concentración de sílice en la solución medida en mili mol por litro.

V = Mililitros de solución diluida.

- Expresión para determinar la reducción de alcalinidad:

$$Rc = \left(\frac{20 \times N}{V_1} \right) \times (V_3 - V_2) \times 1000$$

Donde:

Rc = Reducción en alcalinidad, mmol/L.

N = Normalidad de HCl usado para la titulación.

V₁ = Milímetros de solución diluida.

V₂ = Milímetros de HCl utilizado para alcanzar el punto final de la fenolftaleína en la muestra de ensayo.

V₃ = Milímetros de HCl usado para alcanzar el punto final de la fenolftaleína en el blanco.

Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en agua para agregados en concreto

a) Aparatos

- Muestra del agregado a ensayar.
- Balanza conforme a los parámetros de la NTP 334.079.
- Aparatos para el proceso de secado a temperatura de 60°C ± 3°C.
- Tamices de aberturas 1/4", N°4, N°10, y fondo.
- Aparato de pulverización con la capacidad de disgregar el agregado.
- Divisor de muestras para el proceso de cuarteo.
- Centrifuga.
- Vaso Erlenmeyer.
- Agua.
- Filtrador de papel o membrana.

b) Procedimiento de la reacción

- Realizar el secado de la muestra a ensayar a temperatura que no supere los 60°C.
- El objetivo es llevar a cabo el cuarteo de la muestra y de este procedimiento poder obtener una muestra representativa.
- Disgregar el material aglomerado del agregado.
- Separar las muestras mediante el proceso de tamizado hasta obtener aproximadamente 250 gramos de muestra pasante por el tamiz N°10.
- Realizado el pesado de la muestra en 100 gramos utilizando el frasco de Erlenmeyer y adicionar al mismo una cantidad de 300 mL de agua destilada.

- Tapar y agitar durante aproximadamente 20 segundos y repetir el proceso después de 1 hora.
- Realizar el proceso de centrifugado de la muestra y conservar el material filtrado para analizarlo posteriormente.

c) Expresión de resultados

Se utilizarán las siguientes expresiones:

- Concentración de ión sulfato mediante:

$$\text{Sulfato } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}, \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ ó ppm} \right) = \frac{W \times 411 \times 500}{M}$$

Donde:

W = Gramos de BaSO₄.

M = Gramos de muestra ajustada por la dilución.

Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

a) Aparatos

- Máquina de los Ángeles.
- Tamices, de acuerdo con la NTP 350.001.
- Balanza.
- Horno con capacidad de poder mantener constante una temperatura 110°C ± 5°C.
- Cargar la máquina de los ángeles con esferas de acero de 46 a 48 milímetros de diámetro y 390 a 445 gramos de peso. Como se muestra en la tabla siguiente, la carga vendrá determinada por la gradación de la muestra que se va a ensayar:

Tabla 10: Gradación, número de esferas y masa de la carga.

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 580 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

- La gradación de las muestras de ensayos debe cumplir los siguientes requisitos.

Tabla 11: Gradación de las muestras de ensayo.

Tamaño de Tamiz mm (aberturas cuadradas)		Masa de tamaño Indicados, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2 pulg)	25.0 mm (1 pulg)	1 250 ± 25	-	-	-
25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (3/4 pulg)	1 250 ± 25	-	-	-
19.0 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-	-
12.5 mm (1/2 pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-	-
9.5 mm (3/8 pulg)	6.3 (1/4 pulg)	-	-	2 500 ± 10	-
6.3 (1/4 pulg)	4.75 mm (No. 4)	-	-	2 500 ± 10	-
4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	-	-	-	5 000 ± 10
Total		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: Extraído de NTP 339.152

b) Muestreo

- Se deberá obtener una muestra de campo que esté de acuerdo con lo que se estipula en la NTP 400.010 y posteriormente reducirla a un tamaño que cumpla con la NTP 400.043.

c) Procedimiento

- Tanto la muestra como la carga se introducirán en la máquina de los Ángeles, y el proceso de rotación comenzará a una velocidad de 30 a 33 revoluciones por minuto (rpm) hasta alcanzar las 500 revoluciones.
- Una vez culminada el proceso de rotación, el material resultante de la máquina de los Ángeles es descargado y separado sobre el tamiz N°12 (1.70 mm) y se tamiza la muestra que atraviesa dicho tamiz.
- Se procede a realizar el tamizado, por lo cual el material que resulta ser más grueso que la malla N°12 se somete a lavado y secado en el horno a una temperatura de 110°C ± 5°C hasta alcanzar un peso constante. Se calcula la masa con aproximación a 1g.

d) Expresión de resultados

$$\% \text{ de pérdida} = \frac{(C - Y)}{C} \times 100$$

Donde:

C = Masa original de la muestra de ensayo (g).

Y = Masa final de la muestra de ensayo (g).

e) Panel fotográfico

Figura 46: Muestra de 5000 ± 10 gr para el ensayo de abrasión agregado reciclado 3/4", 3/8", 1/2".



Figura 48: Proceso de lavado del agregado que no pasa el tamiz N°12.



Figura 47: Utilización de la máquina de los Ángeles para ensayos de abrasión del agregado reciclado.



Figura 49: Peso del agregado reciclado posterior al proceso de secado al horno.



Ensayos al concreto en estado fresco

Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto el laboratorio. NTP 339.183

a) Aparatos

- Moldes de forma cilíndrica, hechos en material de acero, fierro fundido u otro material que no sea capaz de absorber ni de reaccionar con el cemento Portland o cementos hidráulicos.
- Varillas compactadoras, hechas de acero con sección circular y redondeadas en una o ambos extremos.
- Martillo de goma, que pese $0.6 \text{ kg} \pm 0.20 \text{ kg}$, pudiendo ser de cuero.
- Vibradores, pudiendo ser externos o internos.

- Herramientas pequeñas, en la cuales se encuentran herramientas como baldes, planchas, frotachos, escuadra, reglas, cucharas, lampas, guantes de goma, tazones de metal.
- Cono de Abrams, para poder realizar la medición del asentamiento conforme a lo criterios establecidos en la NTP 339.035.
- Recipiente de muestreo y mezclado.
- Tamices, que cumplan lo que se establece en la NTP 339.036.
- Aparato que mida el contenido de aire, como lo estipula la NTP 339.081 o la NTP 339.080.
- Balanzas.
- Dispositivos que midan la temperatura.
- Mezclador de concreto a motor.

b) Especímenes

- Especímenes cilíndricos, de diámetro que sea al menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso como se define en la NTP 339.047. Para casos donde el valor del tamaño máximo nominal sea superior a las 2" (50mm) se tendrá que proceder con el tamizado de la muestra a través de un tamiz de 2" (50mm) como se describe en la NTP 339.036.
- Dependiendo de la prueba que se haya desarrollado, se determinará la cantidad de especímenes. Normalmente se recogen un mínimo de 3 especímenes para cada grupo de edad y condición de ensayo, a menos que se indique específicamente lo contrario.

c) Preparación de los materiales

- Temperatura, normalmente entre un rango de 20°C y 30°C a menos que en las especificaciones se requiera otra temperatura.
- Cemento, almacenado en un lugar donde se garantice que permanecerá seco.
- Agregados, con el objetivo de evitar la segregación se separan los agregados en porciones individuales de tamaños convenientes.
- Aditivos, que sean insolubles o altamente insolubles y no incluyan sales de alta solubilidad antes de ser añadidos a la mezcla deberán ser mezclados con una cierta cantidad de cemento. En el caso de que los aditivos sean líquidos y solubles en agua, se añadirán en disolución al agua que se utilice para la mezcla, y para los aditivos insolubles que en su composición tengan sales higroscópicas

se tendrá en cuenta que podrían causar grumos en la mezcla de concreto por lo cual debería ser mezclado con la arena para su utilización.

d) Procedimiento

- Mezclado del concreto, que puede hacerse a mano o a máquina; en el caso de este estudio, el mezclado se hará a máquina, en la que se depositarán previamente el árido grueso, una parte del agua de mezcla y el aditivo. El árido fino, el cemento y el agua se introducirán en la mezcladora mientras está en movimiento, y la mezcla se combinará durante tres minutos. Después, habrá un período de descanso de tres minutos, y luego habrá dos minutos finales. Durante el tiempo de reposo, se cubrirá la parte superior de la mezcladora para evitar la evaporación.
- Se colocará en los moldes el concreto con ayuda del cucharón o lampa, posteriormente el asentamiento se medirá de acuerdo con la NTP 339.035.
- Se elaborarán los especímenes necesarios de concreto cerca al lugar de almacenamiento durante las primeras 24h.
- Los especímenes elaborados tendrán las capas que lo determina la siguiente tabla:

Tabla 12: Número de capas requeridas por espécimen.

Tipo y tamaño de espécimen mm (pulg)	Modo de consolidación	Número de capas de aproximadamente igual profundidad
Cilindros		
Diámetro en mm (pulg)		
75 a 100 (3 o 4)	varillado	2
150 (6)	varillado	3
225 (9)	varillado	4
Hasta de 225 (9)	vibración	2
Prismas y cilindros horizontales para escurrimiento plástico:		
Profundidad en mm (pulg)		
Hasta 200 (8)	varillado	2
Más de 200 (8)	varillado	3 o más
Hasta 200 (8)	vibración	1
Más de 200 (8)	vibración	2 o más

Fuente: Extraído de [28]

- Se procede el procedimiento de consolidación varillando cada capa como lo determina la siguiente tabla:

Tabla 13: Diámetro de varillas y número de varillados al ser usados al moldear especímenes de prueba.

CILINDRO		
Diámetro del cilindro mm (pulg)	Diámetro de la varilla mm (pulg)	Número de golpes/capa
75 (3) a < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75
VIGAS YPRISMAS		
Área Superficial superior del especimen cm²(pulg²)	Diámetro de la varilla mm (pulg)	Número de golpes/capa
160 (25) o menos	10 (3/8)	25
165 a 310 (26 a 49)	10 (3/8)	Una por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de superficie
320 (50) a más	16 (5/8)	una por cada 14 cm ² (2pulg ²) de superficie
CILINDROS HORIZONTALES PARA ESCURRIMIENTO PLASTICO		
Diámetro del cilindro mm (pulg)	Diámetro de la varilla mm (pulg)	Número de golpes/capa
150 (6)	16 (5/8)	50 total, 25 a lo largo de ambos lados del eje

Fuente: Extraído de [28].

- El proceso siguiente es el del acabado, que consiste en enrasar la superficie emparejándolo, esperando que la superficie sea plana al nivel del borde del molde y que no presente depresiones.
- Para evitar que el agua del concreto recién elaborado se evapore, las muestras deberán recubrirse inmediatamente con algún material que no sea absorbente ni reactivo, o con un plástico que sea resistente, duradero e impermeable. Esto se hace poco después de terminar el proceso de moldeado.
- Se desmoldarán los especímenes pasada las 24h ± 8h después del proceso de vaciado y el curado deberá ser con agua a temperatura de 23°C ± 2°C desde el tiempo de moldeo hasta el momento en que la probeta será ensayada, es importante que las probetas se mantengan en entornos libres de vibraciones durante las primeras 48 horas del proceso de curado.
- Los criterios establecidos en las normas de la NTP 334.077 mencionan que se ha alcanzado la condición de curado cuando los cuartos o tanques de almacenamiento de las probetas cumplan con sus requerimientos.

e) Panel fotográfico

Figura 50: Utilización del trompo para el mezclado de los áridos naturales, reciclados más aditivo y agua para fabricación del concreto poroso.



Figura 51: Enumeración de los especímenes de concreto poroso.



Figura 52: Curado de los cilindros moldeados para posteriores ensayos.



Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.

NTP 339.035

a) Aparatos

- Un molde metálico en forma de cono, con una altura de 300 milímetros, un diámetro inferior de la base de 200 milímetros y un diámetro superior de 100 milímetros.
- Barra compactadora, recta de superficie lisa con diámetro de 16 mm (5/8") y de longitud 60 cm aproximadamente.
- Cucharón.
- Instrumento de medición, pudiendo ser una regla o una cinta métrica.

b) Procedimiento

- Una vez humedecido el molde metálico y colocado sobre una superficie nivelada, resistente, no absorbente y húmeda, se utiliza el cucharón para comenzar a llenar el molde en tres capas, cada una de las cuales representa un tercio del molde metálico.
- Mientras se realiza el proceso de vaciado se tendrá que pisar firmemente las aletas del molde o asegurar las abrazaderas a la placa de superficie plana y rígida.
- Para comprimir cada capa, será necesario utilizar la barra compactadora para dar 25 golpes al material. Para la primera capa se procurará dar la mitad de los golpes en su perímetro y acercarse de forma progresiva hacia el centro, la segunda y

tercera capa se compacta en todo su espesor, es importante asegurarse de que la barra de compactación llegue ligeramente hasta la capa que está justo por debajo.

- El molde tendrá que ser llenado por exceso añadiendo material en el caso que debido al varillado existiría deficiencia del material para posteriormente garantizar un enrasado con la ayuda de la barra compactadora.
- Para retirar el molde, se tendrá que levantarlo en posición vertical y abstenerse de realizar movimientos bruscos laterales o de torsión. Se requiere que el periodo de operación, que comienza con el llenado del molde y termina con su retirada, no supere los 2.5 minutos.
- Se medirá la diferencia entre la altura del molde y el centro de la cara superior del cono deformado para determinar el valor de asentamiento que se ha producido.

c) Informe

- Se informa de la medida en milímetros con una aproximación a los 5 mm del asentamiento que tuvo la muestra ensayada.

d) Panel fotográfico

Figura 53: Medición del valor del SLUMP de la muestra con 0% de AGR.



Figura 54: Medición del valor del SLUMP de la muestra con 10% de AGR.



Figura 55: Medición del valor del SLUMP de la muestra con 15% de AGR.



Figura 56: Medición del valor del SLUMP de la muestra con 20% de AGR.



Método de ensayo para determinar la densidad y el contenido de vacíos del concreto permeable fresco - NTP 339.230

a) Equipos de laboratorio

- Balanza con precisión de 50g.
- Martillo Proctor Estándar.
- Olla Washington.
- Varilla lisa de 5/8'' con una longitud de 60 cm.
- Cuchara grande.
- Plancha niveladora.

b) Muestreo

- Se usará una muestra del concreto permeable fresco mezclado en el laboratorio de ensayo de acuerdo con la NTP 339.183.

c) Procedimiento

- Antes de empezar el ensayo se tendrá que colocar la olla Washington sobre una superficie plana y humedecida.
- Se llena el molde en 2 capas mientras se mueve el cucharón por el perímetro del molde con la finalidad de prevenir la segregación de los áridos.
- Para el procedimiento A, el martillo Proctor estándar se deja caer 20 veces desde una altura de caída completa de 305 milímetros para comprimir cada capa.
- Para el procedimiento B, el martillo Proctor estándar se deja caer 10 veces desde una altura de caída completa de 305 milímetros para comprimir cada capa.
- La segunda capa se llena en exceso, luego se deja caer el martillo Proctor estándar el número de veces según el procedimiento escogido y por último se nivela la superficie superior.
- Finalmente, pesamos la olla de Washington.

d) Expresión de resultados

Densidad o peso unitario del concreto permeable (D)

$$D = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

Donde:

Mc: Peso del concreto permeable + olla

Mm: Peso de la olla de Washington

Vm: Volumen de la olla de Washington

e) Panel fotográfico

Figura 57: Peso unitario del modelo patrón.



Figura 59: Peso unitario del modelo con reemplazo del 15% de AGR.



Figura 58: Peso unitario del modelo con reemplazo del 10% de AGR.



Figura 60: Peso unitario del modelo con reemplazo del 20% de AGR.



Determinación de la temperatura del concreto – NTP 339.184

a) Aparatos

- Termómetro con capacidad de lecturas de 0°C hasta 50°C, teniendo una variación de 0.5 °C.

b) Procedimiento

- La temperatura se deberá registrar después de introducir la sonda del termómetro en la mezcla a una profundidad de 7.5 centímetros hasta que la lectura sea estable, lo que debería llevar aproximadamente dos minutos.

c) Expresión de resultados

El valor que muestre el termómetro luego de tener en cuenta los criterios antes mencionados, será el valor de la temperatura a la cual se encuentre el concreto en su estado fresco.

d) Panel fotográfico del proceso de ensayo

Figura 61: Valor de la temperatura de muestra con 0% de AGR.



Figura 62: Valor de la temperatura de muestra con 10% de AGR.



Figura 63: Valor de la temperatura de muestra con 15% de AGR.



Figura 64: Valor de la temperatura de muestra con 20% de AGR.



Ensayos al concreto en estado endurecido

Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. NTP 339.034

a) Aparatos

- Máquina para el ensayo.
- Especímenes de concreto.
- Almohadillas de neopreno

b) Procedimiento

- Inmediatamente después de retirar las probetas del lugar de curado, se empezará las mediciones de la resistencia a la compresión de los especímenes. Estas probetas tienen que ser protegidas de la pérdida de humedad entre el lapso de retirarlas del almacenaje y ensayarlas.
- Se establecen tolerancias de tiempos permisibles para el ensayo de las probetas.

Tabla 14: Tolerancia de tiempo para ensayo de resistencia a la compresión.

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0.5 h ó 2.1 %
3 d	± 2 h ó 2.8 %
7 d	± 6 h ó 3.6 %
28 d	± 20 h ó 3.0 %
90 d	± 48 h ó 2.2 %

Fuente: Extraída de [30].

- Se coloca la probeta sobre la máquina de ensayo limpiando las caras que estén en contacto y también se limpiará la superficie de cojinete de la almohadilla.
- La probeta es sometida a una aplicación de carga con una velocidad de esfuerzo de 0.25 ± 0.05 Mpa/s.
- Se toma nota de la carga máxima que se alcanzó el espécimen.

c) Expresión de resultados

- La resistencia a la compresión de un cilindro puede determinarse dividiendo la carga máxima que la probeta es capaz de soportar entre el área de la sección transversal del espécimen.
- Si la relación entre la longitud y el diámetro de la probeta es igual o inferior a 1.75, se tendrá en cuenta el factor de corrección que muestra la tabla siguiente.

Tabla 15: Relación longitud a diámetro del espécimen.

L/D ^A	A	1.5	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87
^A Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.				

Fuente: Extraído de NTP 339.034.

d) Panel fotográfico

Figura 65: Medición del diámetro de una probeta de concreto permeable.



Figura 66: Máquina de ensayo que proporciona velocidad de carga.



Figura 67: Rotura de una probeta a los 28 días de curado.



Figura 68: Fractura de lado en las bases.



Figura 69: Fractura diagonal sin grietas en la base.



Figura 70: Grietas columnares verticales.

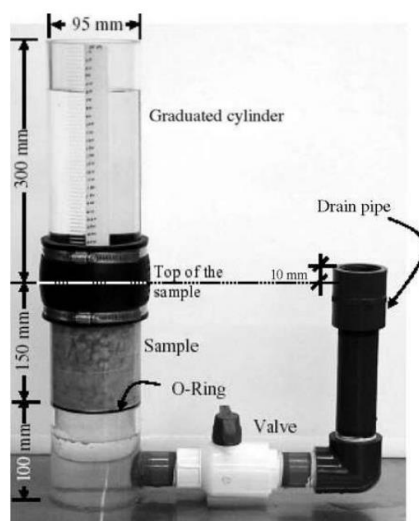


Ensayo de permeabilidad del concreto permeable según el ACI-522R-10

a) Aparatos

- La permeabilidad del concreto poroso podrá ser medida agenciándose de un permeámetro simple de cabeza descendente.

Figura 71: Permeámetro de cabeza descendente, cuyo instrumento de medición es utilizado para determinar la permeabilidad presente en los especímenes de concreto poroso.



Fuente: Extraído de Neithalath et al. 2003

b) Procedimiento

- Se asegura que la muestra con dimensiones en función al permeámetro deberá estar cuidadosamente confinada por una membrana de látex.
- Agregar agua al cilindro llenando la celda y el tubo de drenaje.
- El espécimen debe pre acondicionarse de tal manera que el agua pueda drenar por la tubería hasta que el nivel de la probeta graduada corresponda con el nivel en la parte superior de la tubería de drenaje. Esto garantizará que haya una cantidad mínima de aire presente y que la muestra esté completamente saturada.

- Se vierte agua en el tubo de ensayo teniéndose la válvula completamente cerrada. El siguiente paso es abrir la válvula que controla el paso del agua y se cronometrará el tiempo que debe transcurrir para que el agua pase de una altura inicial h_1 a una altura final en el extremo del permeámetro h_2 .
- La calibración del permeámetro debe realizarse con una altura inicial de 290 milímetros (11.6 pulgadas) y una altura final de 70 milímetros (2.8 pulgadas).

c) Expresión de resultados

Se determinará la tasa de permeabilidad bajo la ecuación de Darcy para carga variable.

$$K = \frac{L \times A_1}{T \times A_2} \times \ln \left(\frac{H_1}{H_2} \right)$$

Donde:

- K: Coeficiente de permeabilidad del concreto. (cm/s)
- L: Longitud de la muestra. (cm)
- T: Tiempo estimado que tarda el agua en descender desde una altura inicial h_1 hasta una altura final h_2 . (s)
- A1: Área del tubo de ensayo. (cm²)
- A2: Área del espécimen ensayado. (cm²)
- H₁: Altura inicial del agua. (cm)
- H₂: Altura final del agua. (cm)

d) Panel fotográfico

Figura 72: Permeámetro armado para la realización de ensayo de percolación.



Figura 73: Ensayo de percolación a los especímenes de concreto permeable.



Método de prueba para el cálculo de la tasa de infiltración in situ del concreto permeable.

ASTM C1701/C1701M-09

a) Aparatos

- Anillo de infiltración de diámetro de 300 ± 10 mm (12 ± 0.5 in), con altura mínima de 50 mm (2.0 in).
- Material que permita el sello del anillo.
- Wincha.
- Agua.
- Cronómetro con precisión de 0.1 segundos.

b) Muestra

- La norma establece como mínimo 3 lugares de muestra para la realización de la prueba para áreas de hasta 2500 m². Para áreas mayores agregar 1 prueba por cada 1000 m² adicionales.

c) Procedimiento

- Limpiar la superficie del concreto poroso en la zona a trabajar evitando la acumulación de suciedad, escombros o vegetación.
- Colocar el anillo de infiltración en el área a trabajar de forma que se encuentre completamente sellado y sin infiltraciones alrededor.
- Marcar en el anillo alturas de 10 mm y 15 mm (0.4 in y 0.6 in) medidos desde su base.
- Realizar una etapa de pre-humedecimiento donde se coloca una masa de agua entre las alturas del anillo antes marcadas utilizando 3.60 ± 0.05 kg (8.0 ± 0.1 lb) cronometrando el tiempo en el que transcurre la infiltración desde el momento que el agua toca con la superficie del concreto hasta que haya sido infiltrada en su totalidad.
- La prueba comenzará 2 minutos después de realizada la etapa de pre-humedecimiento, en donde en función al tiempo cronometrado en dicha etapa se dispondrá de una masa de agua de $18.00 \text{ kg} \pm 0.05 \text{ kg}$ ($40.00 \pm 0.1 \text{ lb}$) para lecturas inferiores a los 30 segundos y $3.60 \text{ kg} \pm 0.05 \text{ kg}$ ($8.0 \pm 0.1 \text{ lb}$) para lecturas superiores a los 30 segundos.
- Verter el agua en el anillo manteniendo una altura constante entre las alturas marcadas.

- Cronometrar el tiempo que transcurre entre el impacto del agua con la superficie del concreto hasta la infiltración total de este.

d) Expresión de resultados

- La fórmula para determinar el coeficiente de permeabilidad in situ del concreto permeable es la siguiente:

$$I = \frac{KM}{D^2 * t}$$

Donde:

I= Tasa de infiltración, mm/hr (in/h).

M= Masa de agua infiltrada, kg (lb).

D= Diámetro interno del anillo, mm (in).

T= Tiempo requerido para la infiltración (s).

K= Constante 4 583 666 000 en SI o 126 870 para sistema inglés.

e) Panel fotográfico

Figura 74: Diámetro interno del anillo.



Figura 76: Medidas internas de 10 y 15 mm.



Figura 75: Anillo de infiltración sellado.



Figura 77: Colocación de agua para ensayo de permeabilidad.



Método de ensayo para determinar la resistencia a la degradación del concreto permeable por impacto y abrasión. NTP 339.239

a) Aparatos

- Balanza, con exactitud a 1 g y con capacidad de pesar hasta 2.5 kg.
- Martillo Marshall, utilizado para la compactación del concreto permeable.
- Molde cilíndrico, conforme a la NTP 339.209.
- Dispositivo de medición, pudiendo ser una cinta métrica metálica, una regla o cualquier instrumento de características similares que midan longitudes y con incrementos de 1 mm o más pequeños.
- Máquina Los Ángeles.
- Tamices, que cumplan los requisitos de la NTP 334.170.
- Pala o cucharón.

b) Muestra

- Se determina la muestra representativa de concreto permeable fresco con las indicaciones de la NTP 339.183.
- El proceso de moldeo se iniciará 5 minutos después que se obtenga la muestra.

c) Procedimiento

- Se hace el cálculo del concreto permeable fresco que se va a requerir para hacer el llenado de un molde con una altura hasta 100 mm.
- Se tara el peso del molde y se le colocará el concreto ajustando la masa a $\pm 5g$ de la masa fresca que se calculó inicialmente.
- Soltar el molde desde una altura de $25 \text{ mm} \pm 12 \text{ mm}$ diez veces hasta conseguir una superficie correctamente nivelada.
- Consolidar el espécimen de concreto hasta una altura de $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ con la ayuda de un martillo Marshall. La altura para soltar la masa del martillo será afectada por el tipo de mezcla. Cuando se tengan mezclas rígidas, se dejará caer la masa del martillo desde una altura máxima para cada uno de los golpes manteniendo la perpendicularidad entre la base del molde y el eje del martillo usado para compactar. En caso fuese una mezcla altamente trabajable se usará entre la mitad y la tercera parte de la altura máxima de caída no olvidando realizar la medición de la altura de los especímenes por cada compactación producto de cada golpe para ambas mezclas.

- Se proporcionará golpes de martillo adicionales para poder alcanzar la altura que se especificó. Se descartarán del ensayo todos los especímenes sobre compactados. En caso utilizar golpes completos, estos deberán ser registrados con la finalidad de utilizar este número de golpes con los moldes restantes.
- Terminado el proceso de moldeo, es necesario colocar bolsas herméticas en el extremo expuesto del molde para evitar que el concreto permeable pierda humedad.
- Es necesario resaltar que la norma específica la preparación de 3 especímenes para determinar un único resultado.
- El curado inicial será durante 48 horas inmediatamente después de terminado el proceso del moldeo. Una vez concluido el tiempo del curado inicial se curarán los especímenes a temperaturas de $23^{\circ}\text{C} \pm 2$ durante 7 días que son contados desde el día inicio del moldeado.
- Terminado el proceso del curado se retiran los moldes y se procede a dar limpieza a los especímenes secos para posteriormente colocar los 3 moldes en conjunto y tomar la medición de la masa de los especímenes registrando este valor como masa original.
- Una vez retirado los moldes, tendrán que pasar 30 minutos y ser llevados a la máquina de los Ángeles y sin la adición de las esferas de hacer, se rota la maquina a revoluciones entre 30 a 33 rpm por 500 revoluciones.
- Terminado las 500 revoluciones, se extrae el material ensayado en la máquina de los Ángeles y a continuación se procede con el tamizado a mano del material sobre una malla de 25 mm. En caso lo amerite, se deberá a rotar las partículas para determinar si es que pueden pasar la malla de 25 mm procurando no forzar las partículas.

d) Expresión de resultados

- Se calcula cuanta masa se perdió entre la diferencia de la masa original de los 3 especímenes y la masa final que se retiene en el tamiz de 25 mm.
- Efectuar la división entre la masa perdida y la masa original, multiplicando el resultado por 100.
- Se registra en porcentaje la pérdida de masa, con una aproximación del 1%.

e) Panel fotográfico

Figura 78: Abrasión de la muestra patrón.



Figura 80: Abrasión de la muestra con reemplazo del 10% de AGR.



Figura 79: Abrasión de la muestra con reemplazo del 15% de AGR.



Figura 81: Abrasión de la muestra con reemplazo del 20% de AGR.



Plan de procesamiento y análisis de datos

Primera fase: Recolección de datos

- Revisión de la bibliografía.
Realizamos una evaluación bibliográfica exhaustiva de las investigaciones más actuales que se han llevado a cabo sobre el tema.
- Redacción de los antecedentes del problema.
Se tomó la información brindada a nivel nacional e internacional que describen una problemática congruente con la investigación.
- Redacción bases teóricas científicas.
Tomando en consideración las bases teóricas que respaldan el presente trabajo.
- Selección de métodos e instrumentos de recolección de datos.
Utilizando los imprescindibles que permitan tomar los datos que se adquirieron en laboratorio.

Segunda fase: Trabajo en campo

- Obtención y selección del agregado reciclado.
- Cuantificación del RCD encontrado en campo.
- Triturado del material aprovechable de RCD para su reutilización.
- Ensayo de permeabilidad in situ del suelo.
- Análisis de precipitaciones en el lugar de estudio.

Tercera fase: Trabajo en laboratorio

- Ensayos físicos y químicos de los áridos naturales y áridos reciclados.
- Diseño de mezcla para el concreto permeable.
- Elaboración de los especímenes de concreto permeable.
- Ensayo de resistencia a la compresión de los especímenes de concreto permeable.
- Ensayo de permeabilidad de los especímenes de concreto permeable.
- Ensayo de determinación de resistencia al desgaste del concreto permeable.

Cuarta fase: Análisis y procesamiento de datos

- Resultados de los ensayos realizados.
- Discusión de los resultados.
- Conclusiones y recomendaciones.

Quinta fase: Presentación y sustentación final

- Presentación y sustentación final de tesis.

Matriz de consistencia

Tabla 16: Matriz de consistencia.

TITULO	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU UTILIZACIÓN EN PAVIMENTOS ESPECIALES EN EL DISTRITO DE PUELO NUEVO, PROVINCIA DE FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2020							
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	POBLACIÓN Y MUESTRA	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
¿Cómo se verán afectadas las propiedades de un concreto permeable utilizando porcentajes de residuos de construcción y demolición para su utilización en pavimentos especiales en el Distrito de Pueblo Nuevo?	<p>GENERAL: Determinar el porcentaje óptimo de agregado grueso proveniente de los residuos sólidos de construcción y demolición de edificaciones para el diseño de un concreto permeable utilizado en la construcción de pavimentos especiales.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar una cuantificación aproximada de los residuos de construcción y demolición del lugar a estudiar. - Determinar las propiedades físicas de los agregados naturales y reciclados realizando ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico, peso específico y absorción, peso unitario, resistencia al desgaste. - Analizar las propiedades químicas de los agregados reciclados mediante ensayos químico álcali-agregado y contenido de sales. - Determinar la precipitación de diseño mediante un estudio hidrológico. - Determinar el coeficiente de permeabilidad del suelo donde se plantea utilizar el pavimento especial. - Evaluar la resistencia a la compresión del concreto permeable a los 7,14 y 28 días. - Determinar la tasa de permeabilidad de las probetas a los 28 días de su elaboración. - Evaluar la resistencia al desgaste del concreto permeable mediante ensayos de laboratorio. - Realizar una comparación económica entre el beneficio de la realización de pavimento especial de concreto convencional y otro de concreto permeable reutilizando los agregados provenientes de las actividades de construcción y demolición. 	La sustitución de porcentajes de residuos de construcción y demolición para la elaboración de un concreto permeable cumplirán con los requisitos para su utilización en zonas de tráfico ligero en el distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Ferreñafe.	VARIABLE INDEPENDIENTE Agregado natural	Propiedades físicas	Análisis granulométrico	Técnica: Observación directa Instrumento: Ficha de recolección de datos	POBLACIÓN: 60 probetas de concreto permeable con sustitución de agregado grueso reciclado en porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20%	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Investigación básica descriptiva
					Contenido de humedad			
					Porcentaje de absorción			
			Agregado reciclado	Propiedades físicas	Análisis granulométrico	Técnica: Observación directa Instrumento: Ficha de recolección de datos		
					Contenido de humedad			
					Porcentaje de absorción			
	Propiedades químicas	Resistencia a la abrasión	Ensayo de peso unitario	Técnica: Observación directa Instrumento: Ficha de recolección de datos				
			Resistencia a la abrasión					
			Resistencia a la abrasión					
	VARIABLE DEPENDIENTE Concreto permeable	Resistencia a la compresión	Tasa de permeabilidad	Ensayo de reactividad álcali - sílice	Técnica: Observación directa Instrumento: Ficha de recolección de datos	Técnica: Observación directa Instrumento: Ficha de recolección de datos	MUESTRA: 60 probetas de concreto permeable para evaluar su comportamiento frente a los ensayos de resistencia a la compresión, permeabilidad y resistencia a la abrasión	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Diseño experimental puro
				Ensayo de cloruros y sulfatos				
				Relación agua/cemento				
Granulometría del agregado								
Porcentaje de vacíos								
Curado del concreto								
Resistencia a la abrasión	Dureza del agregado	Superficie de contacto	Contenido de vacíos	Técnica: Observación directa Instrumento: Ficha de recolección de datos				
			Relación agua/cemento					
			Tamaño máximo del agregado					
Superficie de contacto	Dureza del agregado	Superficie de contacto	Dosificación de la mezcla	Técnica: Observación directa Instrumento: Ficha de recolección de datos				
			Superficie de contacto					

Consideraciones éticas

Las consideraciones éticas de la presente investigación se basan en el sistema de autorregulación profesional inherente cuando se menciona la deontología profesional. Esta autorregulación en la conducta del desarrollo del trabajo investigativo presentado se guía en los principios fundamentales que según el Código de ética del colegio de ingenieros del Perú son:

- Lealtad profesional.
- Honestidad.
- Honor profesional.
- Responsabilidad.
- Solidaridad.
- Respeto.
- Justicia.
- Inclusión social.

Donde estos principios se ven reflejados en el citado de la fuente de donde se extrajo la información bibliográfica, la autenticidad en presentar los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio y la responsabilidad de cumplir los correctos procedimientos descritos por las normas utilizadas en el presente trabajo de investigación.

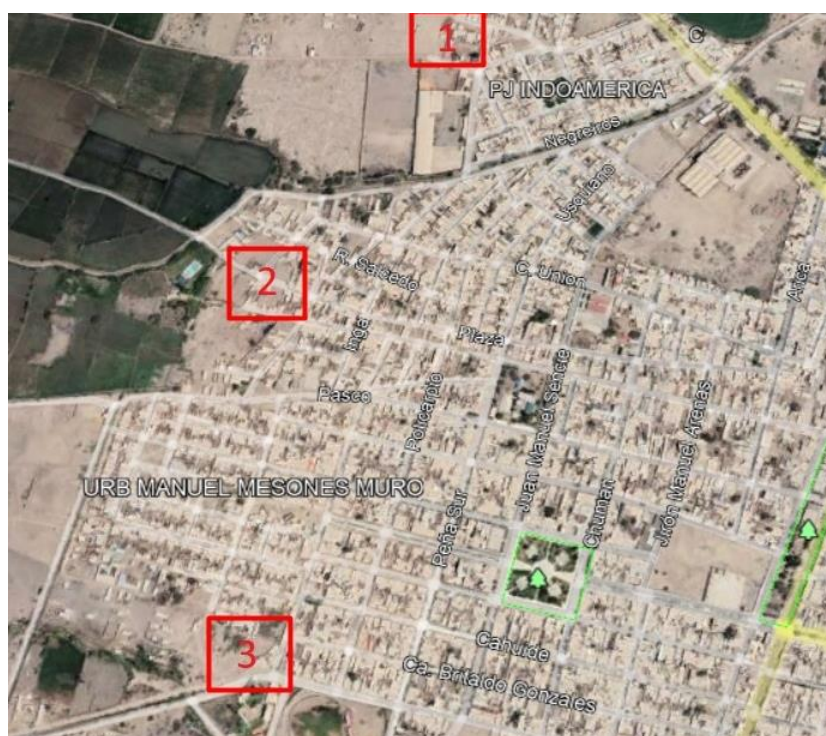
IV- Resultados y discusión

Resultados

Cuantificación del volumen de residuos de construcción y demolición.

En el presente trabajo investigativo se tomaron 3 puntos representativos del distrito, los cuales son utilizados como botaderos informales. Esta utilización genera que la población siga tomando dichas zonas para acumular sus residuos de construcción, los cuales hasta la fecha de realizada la investigación no tenían una correcta gestión de disposición final. Las calles utilizadas son: la calle Andrés Avelino Cáceres, prolongación Unión y calle Alberto Exebio intersección con la Calle Santa Lucía identificadas con la numeración 1,2 y 3 respectivamente.

Figura 82: Identificación de zonas de recolección de los RCD.



Fuente: Google Maps.

Por consiguiente, se detallará la cuantificación aproximada del RCD asemejando las pilas de desmontes más grandes encontrados en campo a figuras conocidas. Para el caso en particular se asemejaron con pirámides triangulares y paralelepípedos, tal y como se muestra en la figura 83,84; obteniéndose así el valor aproximado del volumen expuestos en la tabla N°17.

Se presenta en el anexo 01 la cantidad de RCD encontrado en las zonas críticas antes identificadas utilizadas como disposición final de los residuos.

Figura 83: Cuantificación del volumen de RCD próximos a la ubicación 1.

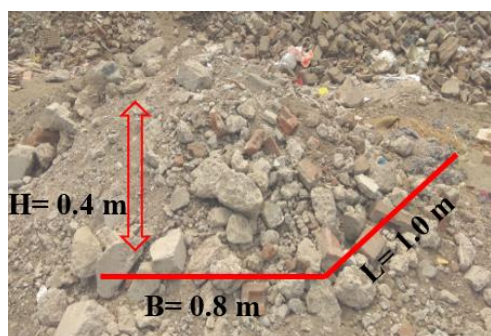


Figura 84: Cuantificación del volumen de RCD próximos a la ubicación 2.



Tabla 17: Cuantificación del RCD encontrado en botaderos informales.

Muestra	Altura (m)	Base (m)	Largo (m)	Volumen (m ³)
1	0.40	0.80	1.00	0.32
2	1.30	2.00	2.00	5.20
3	0.50	2.00	2.00	2.00
4	1.00	2.00	1.50	3.00
5	1.50	3.00	2.00	9.00
6	0.80	2.00	2.00	3.20
7	1.10	2.50	3.00	8.25
8	1.20	1.50	1.50	0.90
9	1.50	2.50	2.00	7.50
10	1.60	2.50	2.50	10.00
11	1.50	2.00	1.50	4.50
12	1.00	1.50	2.50	1.25
13	1.60	3.00	3.00	14.40
14	1.20	2.50	2.00	6.00
15	1.10	3.00	2.50	8.25
16	1.30	2.00	2.00	5.20
17	1.00	2.50	3.00	7.50

Volumen total = 96.47 m³

Propiedades físicas de los agregados naturales y reciclados.

Se presenta a continuación la Tabla N°18 la cual expone las singularidades físicas de los áridos ensayados.

Tabla 18: Propiedades físicas de los agregados naturales.

Propiedades de los agregados	Agregados naturales	
	Fino	Grueso
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.509	2.660
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1486.57	1335.14
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1633.87	1455.48
Absorción (%)	1.42	1.08
Contenido de humedad (%)	0.55	0.35
Módulo de fineza	3.09	7.00
Tamaño máximo (pulg)	-	1"
Tamaño máximo nominal (pulg)	-	3/4"

Figura 85: Distribución granulométrica que presenta el árido fino.

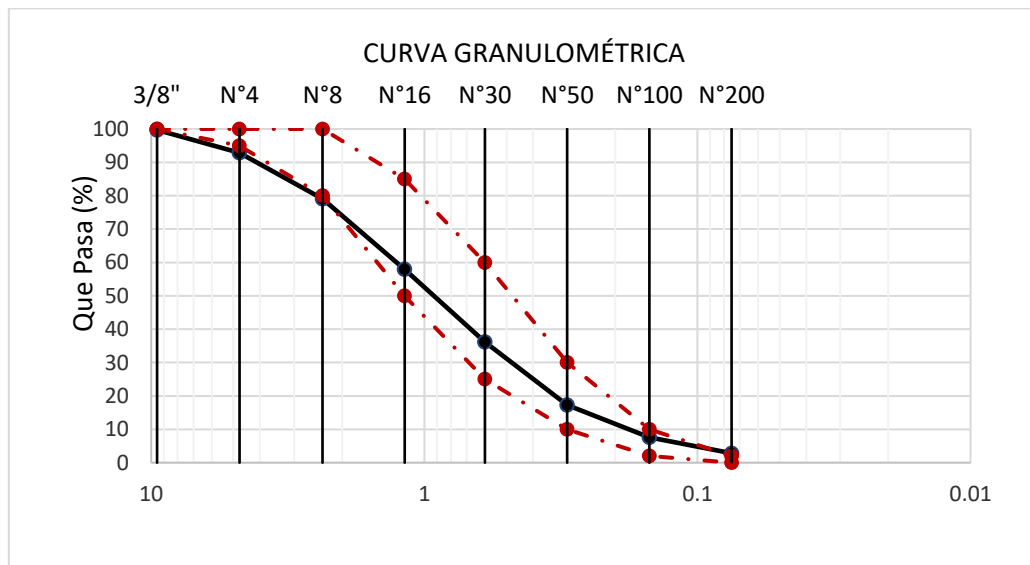


Figura 86: Distribución granulométrica que presenta el árido grueso natural.

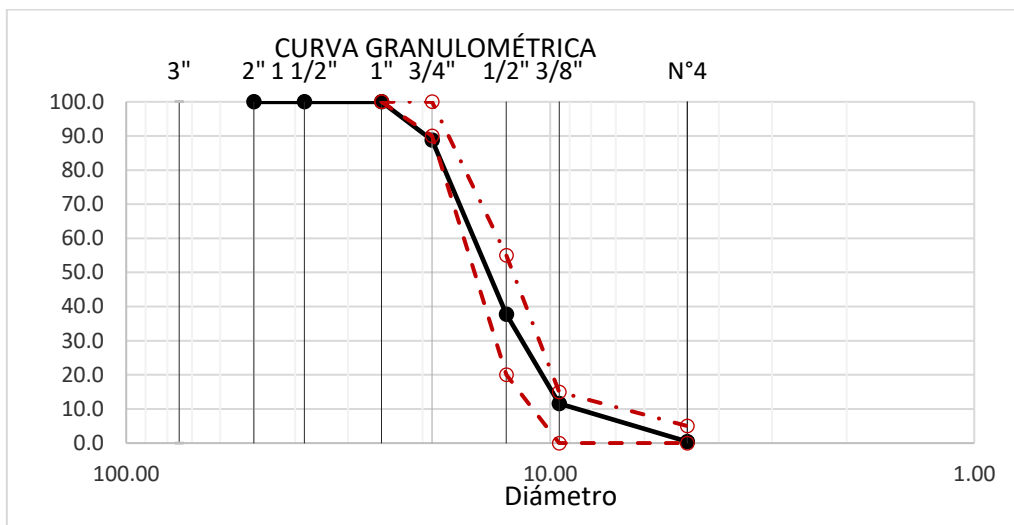
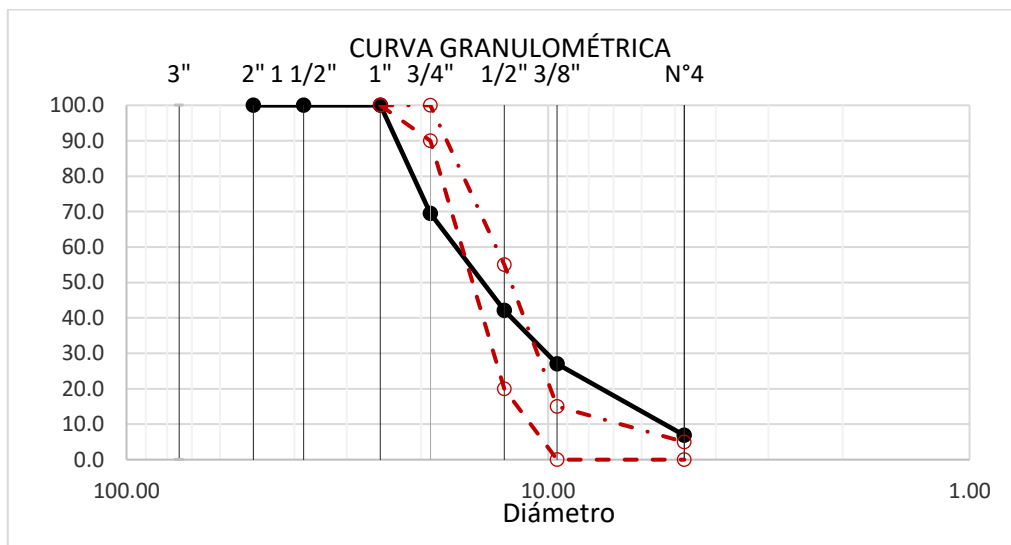


Tabla 19: Propiedades físicas del agregado grueso reciclado.

Propiedades de los agregados	Agregado Reciclado
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.140
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1152.90
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1285.50
Absorción (%)	9.56
Contenido de humedad (%)	1.39
Módulo de fineza	-
Tamaño máximo (pulg)	1"
Tamaño máximo nominal (pulg)	3/4"

Figura 87: Distribución granulométrica que presenta el árido grueso reciclado.



Propiedades químicas de los agregados reciclados

Álcali agregado

Tabla 20: Resultado del ensayo de álcali agregado en el agregado grueso reciclado.

TIPO DE ANALISIS	RESULTADO (mmol/L)
Silice Disuelta (Sc)	6.993
Reducción en Alcalinidad (Rc)	440

Contenido de cloruros y sulfatos

Tabla 21: Resultado de ensayo de cloruros y sulfatos en el agregado grueso reciclado.

DETERMINACIÓN	RESULTADO
Cloruros (mg Cl ⁻¹ /Kg)	267.66
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /Kg)	646.04
Alcalinidad (mg/Kg)	215.2

Tabla 22: Porcentaje de la muestra que corresponde a cloruros, sulfatos y alcalinidad.

ELEMENTO	% EN MUESTRA
Cloruros (mg Cl ⁻¹ /Kg)	0.027
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /Kg)	0.065
Alcalinidad (mg/Kg)	0.022

Ensayo de abrasión para agregados reciclados

Se utiliza la fórmula siguiente para poder determinar la fracción del árido grueso reciclado que se desgasta:

$$\% \text{ de pérdida} = \frac{(C - Y)}{C} \times 100$$

Donde:

C = Masa inicial de la muestra sometida a ensayo (g) = 5000g.

Y = Masa final de la muestra sometida a ensayo (g) = 2888g.

$$\% \text{ de pérdida} = \frac{(5000 - 2888)}{5000} \times 100 = 42.24\%$$

Precipitación de diseño mediante el Método Dick Peschke

En el Perú, los registros que se obtienen del Senamhi son en su mayoría mediante los pluviómetros, los cuales registran las precipitaciones acumuladas por día; por lo cual, de los datos obtenidos estos instrumentos de medición, se tendrá que realizar un procedimiento para encontrar la tormenta de diseño que delimitará el alcance de la investigación.

El MTC en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje [31] señala que se puede hacer uso del Método de Dick Peschke para poder calcular el total de la precipitación de diseño, en dicho manual se presenta la siguiente ecuación:

$$Pd = P_{24h} \times \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde:

Pd = Precipitación de diseño (mm).

P_{24h} = Precipitación máxima en 24 horas (mm).

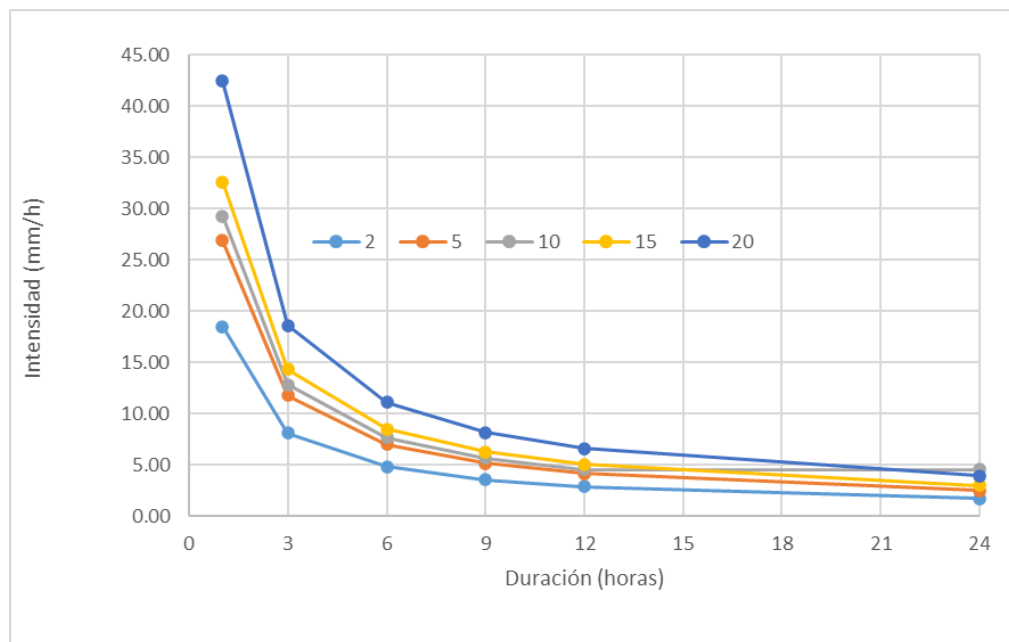
D = Duración de la tormenta. (minutos).

Este método es aplicable debido a la limitada cantidad de información pluviográfica que se tiene en el país; es por esto, por lo cual se recomienda este método para poder relacionar la duración de una tormenta con las intensidades de precipitaciones máximas en 24 horas.

Tabla 23: Intensidad de lluvia en función de la duración y tiempo de retorno para los 2, 5, 10, 15 y 20 años.

Duración		Tiempo de Retorno				
min	horas	2	5	10	15	20
60	1	18.49	26.86	29.26	32.63	42.43
180	3	8.11	11.78	12.84	14.31	18.61
360	6	4.82	7.01	7.63	8.51	11.07
540	9	3.56	5.17	5.63	6.28	8.17
720	12	2.87	4.17	4.54	5.06	6.58
1440	24	1.70	2.48	4.54	3.01	3.91

Figura 88: Curvas IDF proveniente del análisis de intensidad de lluvia para la Estación Lambayeque durante los años 1996-2021.



Las curvas Intensidad, duración y frecuencia permite establecer una precipitación de diseño aplicable al proyecto a ejecutar. Por tal fin, se tiene que determinar la duración y frecuencia de la tormenta para poder encontrar el valor de la intensidad.

Para determinar la duración de la precipitación de diseño, el presente estudio se basará en la mayor precipitación registrada en la Provincia de Ferreñafe, la cual se dio durante el 14 de febrero del año 1998, donde la precipitación empezó a presentarse aproximadamente a las 4:00 pm terminando el día 15 de febrero de 1998 aproximadamente a las 6:00 am; teniendo en total una duración de tormenta de 10 horas, dato que servirá para la utilización de las curvas IDF.

Para la selección del periodo de retorno, la presente investigación se basa en los datos que brinda el Manual del MTC [31], donde se propone valores máximos recomendables en obras de drenaje como lo son los pavimentos especiales de concreto permeable. El Manual del MTC [31] permite obtener el valor del periodo de retorno mediante la ecuación:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Donde:

n= Tiempo útil de vida de la estructura expresada en años.

T= Periodo de retorno.

R=Riesgo de falla admisible.

De la misma forma nos agenciamos de la tabla N°24 de valores recomendados para tomar el riesgo admisible según el tipo de obra a ejecutar presentada por el MTC en su manual [31].

Tabla 24: Rangos permisibles para la selección de periodo de retorno en función al tipo de obra a ejecutar.

**TABLA N° 02: VALORES MAXIMOS RECOMENDADOS
DE RIESGO ADMISIBLE DE OBRAS DE DRENAJE**

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

(*) - Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias.
- Se recomienda un periodo de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación.

(**) - **Vida Útil considerado (n)**

- Puentes y Defensas Ribereñas n= 40 años.
- Alcantarillas de quebradas importantes n= 25 años.
- Alcantarillas de quebradas menores n= 15 años.
- **Drenaje de plataforma y Sub-drenes n= 15 años.**

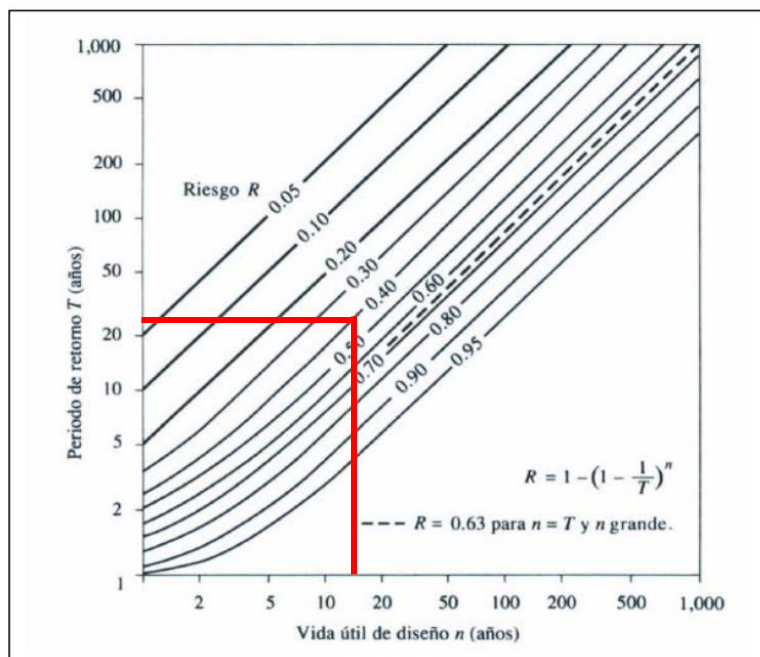
- Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse.
- El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.

Fuente: Extraído de [31]

Se tomará el valor de riesgo admisible de 40% para las obras de tipo subdrenes y una vida útil de la estructura de al menos 15 años.

Con los valores determinados anteriormente, se utiliza la Figura 01 del Manual del MTC [31] donde se obtendrá el valor de T.

Figura 89: Periodo de retorno en función del riesgo admisible para la ocurrencia del evento extremo desarrollada en la vida útil de la estructura.



Para el presente caso de concreto permeable utilizado en estructuras de tránsito ligero, se elegirá como Periodo de Retorno el valor conservador de 20 años.

Conociéndose el valor de la duración y el periodo de retorno se procede a obtener el valor de la precipitación de diseño agenciándose de la tabla N°23. El valor de la precipitación de diseño para un periodo de retorno de 20 años y una duración de 10 horas, será de 7.64 mm/hr.

Tasa de permeabilidad del suelo donde se utilizará el pavimento especial

Se presenta a continuación los valores obtenidos correspondientes al ensayo realizado sobre el coeficiente de permeabilidad del suelo.

$$K = d_e^2 * \frac{\text{Ln}\left(\frac{2L}{d}\right)}{8Lt} * \text{Ln}\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

Tabla 25: Cálculo de la permeabilidad del suelo por ensayo in situ.

L (cm)	50
D (cm)	10.16
De (cm)	10.16
H1 (cm)	50
H2 (cm)	1.8
T (s)	3600
K (cm/s)	0.00054

Propiedades del concreto permeable en estado fresco

Se presenta a continuación las características obtenidas del concreto poroso en ensayado en estado fresco.

Tabla 26: Propiedades del concreto permeable en estado fresco del diseño patrón y los 3 reemplazos de AGR.

PROBETAS	AGUA ADICIONADA (mL/0.064605m ³)	AGUA ADICIONADA (L/m ³)	SLUMP OBTENIDO (pulg)	PESO CONCRETO + RECIPIENTE (gr)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	DENSIDAD TEÓRICA (kg/m ³)	% VACÍOS	T (°C)
0% AGR	0.00	0.00	0.00	16140	1948.62	2481.45	21.47	23.5
10% AGR	0.00	0.00	0.00	14556	1724.42	2481.45	30.51	25.0
15% AGR	700.00	10.84	0.00	14138	1665.25	2481.45	32.89	25.5
20% AGR	1200.00	18.57	0.00	14826	1762.63	2481.45	28.97	28.0

En la tabla anterior podemos ver en los reemplazos de 15%AGR y 20%AGR requieren mayor cantidad de agua que las muestras anteriores, esto se debe a que el árido grueso reciclado tiene elevada porosidad que se ve reflejada en el grado de absorción presentado en el cuadro de propiedades físicas de este agregado.

Resistencia a la compresión del concreto

En la Tabla N°27, N°28, N°29 y N°30 se muestran los esfuerzos a compresión adquiridos de las probetas a las edades de 7,14 y 28 días de curado; así mismo, se presenta el porcentaje ganado para dichas edades en función a la resistencia de diseño (175 kg/cm²).

Tabla 27: Resistencia promedio a la compresión del diseño patrón.

0%AGR (Patrón)		
Días	f'c (kg/cm2)	%
0	0	0
7	121.23	69.27
14	134.76	77.00
28	190.00	108.57

Tabla 28: Resistencia promedio a la compresión del diseño con reemplazo del 15% AGR.

15%AGR		
Días	f'c (kg/cm2)	%
0	0	0
7	90.26	51.58
14	110.12	62.93
28	164.56	94.03

Tabla 29: Resistencia promedio a la compresión del diseño con reemplazo del 10% AGR.

10%AGR		
Días	f'c (kg/cm2)	%
0	0	0
7	116.31	66.46
14	124.63	71.22
28	179.23	102.42

Tabla 30: Resistencia promedio a la compresión del diseño con reemplazo del 20% AGR.

20%AGR		
Días	f'c (kg/cm2)	%
0	0	0
7	87.83	50.19
14	104.73	59.84
28	139.98	79.99

A continuación, se muestra la curva de edad en función de la resistencia a la compresión, obtenida a partir de los datos de las tablas anteriores.

Figura 90: Relación de edad en días frente a la resistencia a la compresión obtenidas en los ensayos a los especímenes elaborados.

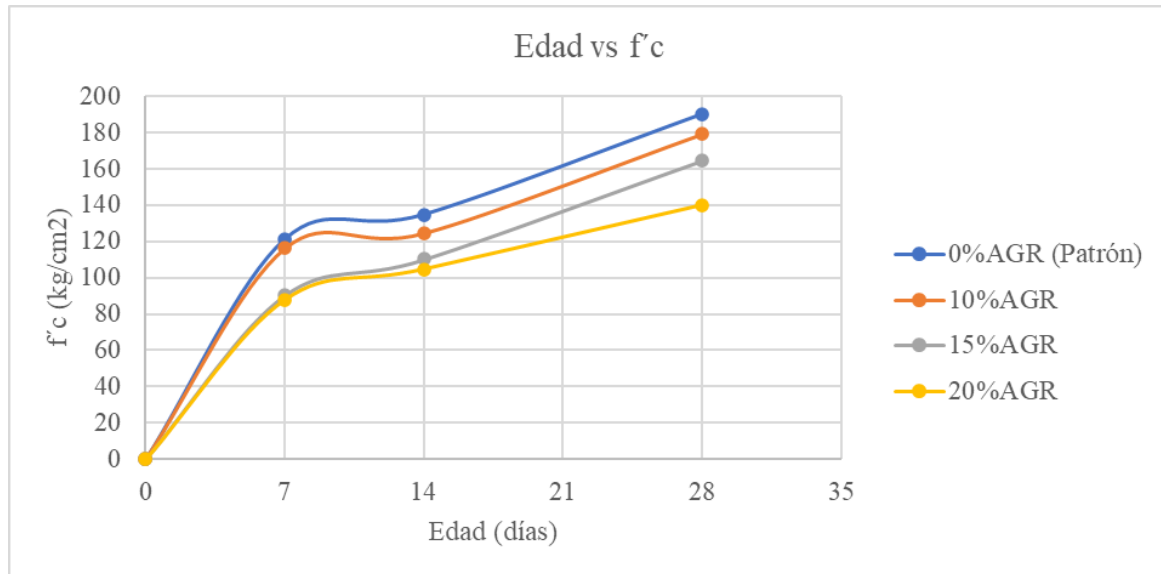
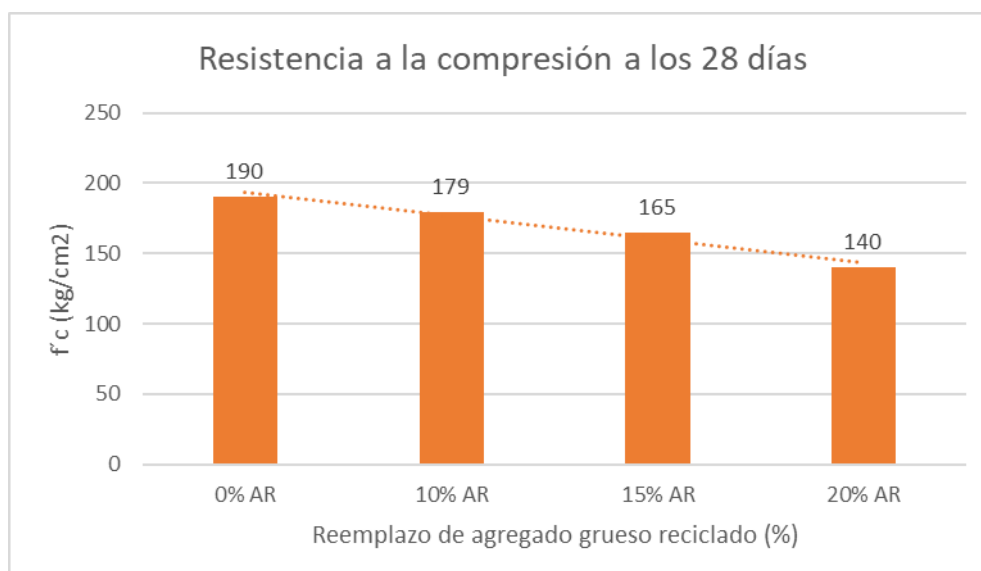


Figura 91: Resultado de la resistencia a la compresión mostrada por los especímenes de concreto permeable tras 28 días de su elaboración.



Elaboración de las probetas a con porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20%.

Los especímenes se elaboraron sustituyendo el árido grueso natural por el árido grueso reciclado procedente de operaciones de construcción y demolición de la ciudad. El resultado fue un total de 60 especímenes, que se sometieron a pruebas para determinar su resistencia a la compresión, permeabilidad y resistencia a la abrasión.

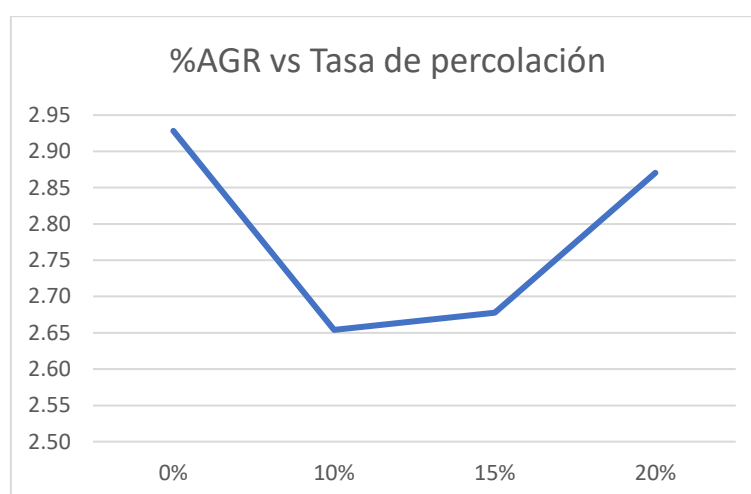
Tasa de permeabilidad de las muestras de concreto permeable.

Según las pruebas realizadas a los especímenes de concreto poroso conforme a la norma ACI-522 R10, se tiene la siguiente tabla que describe la tasa de percolación de las muestras investigadas:

Tabla 31: Coeficiente de percolación para las probetas de concreto permeable ensayados a los 28 días.

Muestra	L (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	T (s)	K (cm/s)	K prom
Muestra Patrón	20.32	63	18	8.56	3.03	2.93
	20.32	63	18	9.32	2.79	
	20.32	63	18	8.75	2.97	
Muestra 10% Agregado Reciclado	20.32	63	18	9.72	2.67	2.65
	20.32	63	18	10.1	2.57	
	20.32	63	18	9.54	2.72	
Muestra 15% Agregado Reciclado	20.32	63	18	9.72	2.67	2.68
	20.32	63	18	9.04	2.87	
	20.32	63	18	10.42	2.49	
Muestra 20% Agregado Reciclado	20.32	63	18	10.56	2.46	2.87
	20.32	63	18	8.2	3.17	
	20.32	63	18	8.69	2.99	

Figura 92: Gráfico que relaciona %AGR vs tasa de percolación del concreto poroso.



Una vez obtenidos los resultados de la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto permeable, se realizó una losa de concreto poroso utilizando el porcentaje que produjo los mejores resultados en comparación con sus semejantes, que fue el 10% de RCD. La losa fue de características de 1 m. de ancho x 1 m. de largo y un espesor mínimo de pavimento de 10 cm tal y como lo estipula la norma CE 0.10 de Pavimentos Urbanos al cual se le realizó el ensayo según la norma ASTM C1701 para medir la tasa de permeabilidad in situ del pavimento especial de concreto poroso, de donde se obtuvieron los siguientes resultados:

$$I = \frac{KM}{D^2 * t}$$

Tabla 32: Cálculo del coeficiente de permeabilidad in situ según norma ASTM 1701.

Masa=	18	kg
K=	458366000	mm ³ .s/(kg.h)
D=	303.00	mm
T=	126	s
I=	713.229	mm/hr
I=	0.01981192	cm/s

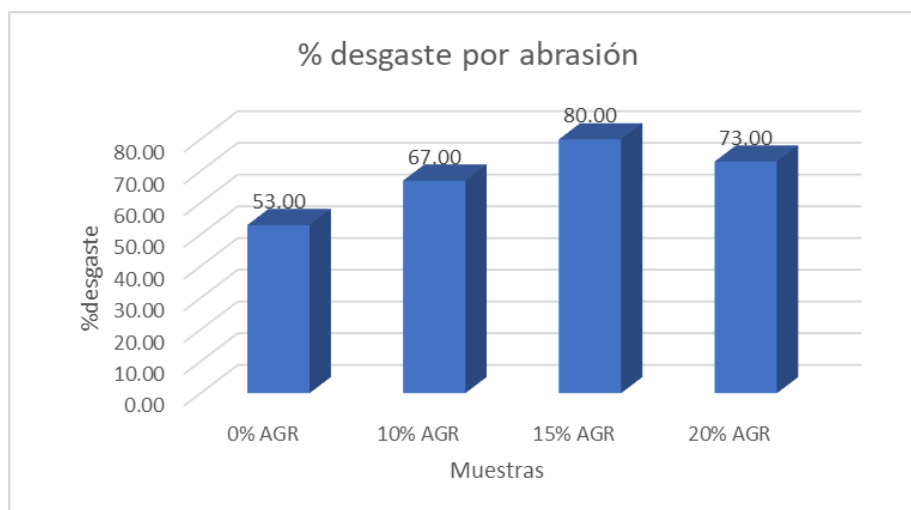
Resistencia al desgaste del concreto permeable.

A continuación, se exponen una muestra de los resultados sobre la resistencia al desgaste del concreto permeable.

Tabla 33: Cálculo del porcentaje de desgaste de las probetas de concreto permeable.

Muestra	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	% de desgaste
0% AGR	9.590	4.528	53.00
10% AGR	9.024	2.978	67.00
15% AGR	8.472	1.712	80.00
20% AGR	8.048	2.180	73.00

Figura 93: Gráfico de barras para el porcentaje de desgaste del concreto permeable.



Comparación económica de un concreto convencional frente a un especial, utilizando agregados reciclados

Para poder llevar a cabo un análisis económico de un concreto permeable que se fabrica con áridos naturales y otro que se fabrica con porcentajes de áridos reciclados, es necesario tener en cuenta todos los factores que intervienen en la producción de estos. Estos factores incluyen la mano de obra, los materiales y los equipos que se utilizarán en el proceso de fabricación.

Tabla 34: Costo unitario de triturado de agregado reciclado.

PRECIO UNITARIO AGR							
			Rendimiento:		120 m ³ /día		
Mano de obra							
	Cantidad	Unidades	Cantidad	P.U.	Parcial	Total	
Operario	1	hh	0.067	24.230	1.615	S/ 30.09	
Peones	2	hh	0.133	17.290	2.305		
Herramientas							
Trituradora	1	hm	0.067	100.000	6.667		
Transporte							
Transporte del material a obra		m ³	1.30	15	19.5		

Ahora, se muestra el análisis de precios unitarios de un concreto poroso convencional $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, frente a un concreto con reemplazo de AGR en 10%, 15% y 20%.

Tabla 35: Costo unitario de un concreto permeable convencional.

COSTO UNITARIO DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ (0%AGR Muestra patrón)						
		Rdmtó:		12.00 m ³ /día	Unidad: m ³	
Descripción del recurso	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	P. Unit.	Subtotal	Total S/
Mano de obra						
Operario	2	hh	1.333	24.23	32.31	
Peón	4	hh	2.667	17.29	46.11	
Materiales						
Cemento Portland Tipo I		bls	10.600	24.58	260.51	
Agregado fino natural		m ³	0.199	46.61	9.29	
Agregado grueso natural		m ³	0.941	72.03	67.77	
Agregado grueso reciclado		m ³	0.000	30.09	0.00	
Agua		m ³	0.114	5.00	0.57	
Aditivo Sika CEM Plastificante		L	5.138	8.90	45.72	
Gasolina		gal	0.560	19.31	10.81	
Equipo						
Mezcladora de concreto de 18HP 11-12p3	1	hm	0.667	12.38	8.25	
Desgaste de herramientas		%MO	0.030	78.41	2.35	
					483.68	
COSTO DIRECTO:					483.68	

Tabla 36: Costo unitario de un concreto con reemplazo del 10% de agregado grueso reciclado.

COSTO UNITARIO DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ (10 %AGR)						
		Rdmtó:		12.00 m ³ /día	Unidad: m ³	
Descripción del recurso	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	P. Unit.	Subtotal	Total S/
Mano de obra						
Operario	2	hh	1.333	24.23	32.31	
Peón	4	hh	2.667	17.29	46.11	
Materiales						
Cemento Portland Tipo I		bls	10.600	24.58	260.51	
Agregado fino natural		m ³	0.199	46.61	9.29	
Agregado grueso natural		m ³	0.847	72.03	60.99	
Agregado grueso reciclado		m ³	0.094	30.09	2.83	
Agua		m ³	0.114	5.00	0.57	
Aditivo Sika CEM Plastificante		L	5.138	8.90	45.72	
Gasolina		gal	0.560	19.31	10.81	
Equipo						
Mezcladora de concreto de 18HP 11-12p3	1	hm	0.667	12.38	8.25	
Desgaste de herramientas		%MO	0.030	78.41	2.35	
					479.74	
COSTO DIRECTO:					479.74	

Tabla 37: Costo unitario de un concreto con reemplazo del 15% de agregado grueso reciclado.

COSTO UNITARIO DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=175$ kg/cm² (15 %AGR)						
			Rdmtó:	12.00 m ³ /día	Unidad:	m ³
Descripción del recurso	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	P. Unit.	Subtotal	Total S/
Mano de obra						
Operario	2	hh	1.333	24.23	32.31	
Peón	4	hh	2.667	17.29	46.11	
Materiales						
Cemento Portland Tipo I		bls	10.600	24.58	260.51	
Agregado fino natural		m ³	0.199	46.61	9.29	
Agregado grueso natural		m ³	0.800	72.03	57.60	
Agregado grueso reciclado		m ³	0.141	30.09	4.25	
Agua		m ³	0.114	5.00	0.57	
Aditivo Sika CEM Plastificante		L	5.138	8.90	45.72	
Gasolina		gal	0.560	19.31	10.81	
Equipo						
Mezcladora de concreto de 18HP 11-12p3	1	hm	0.667	12.38	8.25	
Desgaste de herramientas		%MO	0.030	78.41	2.35	
					477.76	
COSTO DIRECTO:					477.76	

Tabla 38: Costo unitario de un concreto con reemplazo del 20% de agregado grueso reciclado.

COSTO UNITARIO DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=175$ kg/cm² (20 %AGR)						
			Rdmtó:	12.00 m ³ /día	Unidad:	m ³
Descripción del recurso	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	P. Unit.	Subtotal	Total S/
Mano de obra						
Operario	2	hh	1.333	24.23	32.31	
Peón	4	hh	2.667	17.29	46.11	
Materiales						
Cemento Portland Tipo I		bls	10.600	24.58	260.51	
Agregado fino natural		m ³	0.199	46.61	9.29	
Agregado grueso natural		m ³	0.753	72.03	54.21	
Agregado grueso reciclado		m ³	0.188	30.09	5.66	
Agua		m ³	0.114	5.00	0.57	
Aditivo Sika CEM Plastificante		L	5.138	8.90	45.72	
Gasolina		gal	0.560	19.31	10.81	
Equipo						
Mezcladora de concreto de 18HP 11-12p3	1	hm	0.667	12.38	8.25	
Desgaste de herramientas		%MO	0.030	78.41	2.35	
					475.79	
COSTO DIRECTO:					475.79	

Discusión

Cuantificación del volumen de residuos de construcción y demolición

La cuantificación en volumen encontrado en las zonas críticas del Distrito de Pueblo suma aproximadamente 100 m^3 ; considerándose éste un volumen de RCD elevado que hasta la fecha no cuenta con una gestión. Dicho volumen se ve incrementado día a día debido a las actividades de construcción presentes en la localidad, lo que ocasiona que día a día empiecen a extenderse áreas mucho mayores utilizadas como botaderos informales generando un impacto ambiental en el medio, el suelo y paisaje, dañando la imagen de la localidad.

Propiedades físicas de los agregados naturales y reciclados

Primero, en la tabla 18 se aprecia el resultado en cuanto a los parámetros físicos del árido fino, donde vemos que el módulo de fineza se encuentra en el límite de lo estipulado por la NTP 400.037 (2.3 a 3.1). También, vemos que la distribución de las partículas está dentro de los límites del huso granulométrico. Respecto al agregado grueso natural, observamos que su distribución granulométrica está de igual forma dentro de lo contemplado en la NTP 400.037 con un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ "; de ambos resultados se puede llegar a inferir que los agregados naturales presentan una distribución uniforme de sus partículas, lo cual es óptimo para su utilización en la elaboración de concreto.

En cuanto a las propiedades físicas del árido grueso reciclado, es evidente al observar la tabla 19 que no cumple los requisitos de granulometría que se indican en la NTP 400.037. No obstante, este árido puede utilizarse siempre que pueda demostrarse que satisface la resistencia de diseño evaluando las muestras en compresión después de 28 días de curado. Además, podemos ver que cuenta con un porcentaje de absorción elevado lo que conlleva a pensar que tiene un alto nivel de porosidad y por ende precisará de una mayor cantidad de agua en la mezcla de concreto.

Ahora bien, si comparamos los pesos unitarios entre agregado grueso natural y reciclado, vemos que el primero es mayor. Numéricamente, esto equivaldría a decir que en 1.16 m^3 de agregado reciclado entra el mismo el mismo peso de agregado que en 1 m^3 de agregado natural.

Propiedades químicas de los agregados reciclados

La tabla 22 presenta los valores del contenido de iones sulfatos y cloruros presentes en el agregado reciclado, del cual podemos verificar que tanto el contenido de sulfatos como de cloruros presentes, cumplen con los valores establecidos en la tabla 5 que presenta la NTP 400.037 [31], el cual indica que el límite máximo de contenido de sulfatos presentes en

agregados deberá ser del 1.0% total de la muestra ensayada, mientras que para los cloruros el límite se vuelve menor hasta un 0.1%.

Tabla 39: Requisitos para características químicas en el agregado grueso.

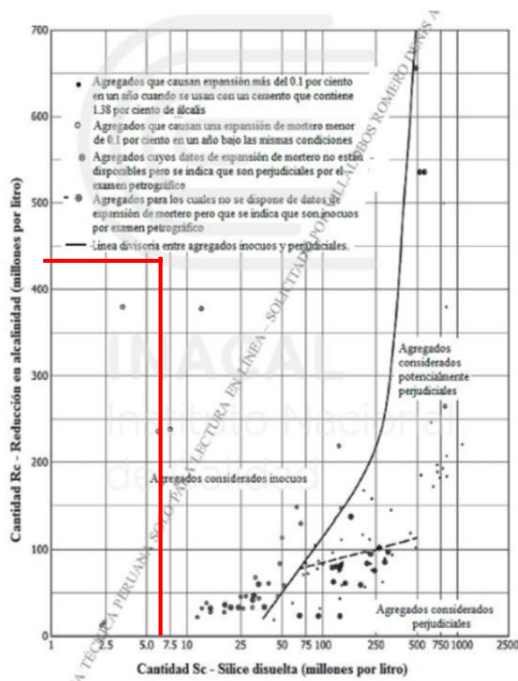
Requisitos	Porcentaje total de la muestra (%)
Características químicas:	
- Contenido de sulfatos como SO_4^{2-} % max	-1.0
- Contenido de Cloruros expresados como Cl^- % max	- 0.1

Fuente: Adaptado de [32].

Por lo cual, al tener un porcentaje de sulfatos de 0.065% y un porcentaje de 0.027%, se cumple los parámetros establecidos de sustancias deleznales presentes en el árido grueso reciclado para su utilización en la fabricación de concreto poroso.

Así mismo para el ensayo álcali agregado, los ensayos en laboratorio dieron como resultado para el valor Sílice Disuelta (Sc) de 6.993 mmol/L y para Reducción en alcalinidad (Rc) un valor de 440 mmol/L. Consiguientemente, los resultados de laboratorio son contrastados con la figura B.1.1 de la NTP 334.099 [33], donde se ingresa en el eje de las abscisas el valor obtenido para Sc y en las ordenadas Rc.

Figura 94: División entre agregado inocuos y deletéreos para ensayo de reducción de alcalinidad.



Fuente: Extraído de [33].

Se aprecia que la intersección en la gráfica da como resultado unos agregados reciclados químicamente inocuos; se puede decir entonces que el agregado reciclado no es químicamente reactivo.

Precipitación de diseño

El producto del estudio hidrológico realizado brinda como resultado que la precipitación de diseño es de 7.64 mm/hr. Sin embargo el magister Eduardo García [8] en su investigación menciona que la capacidad de filtración de los pavimentos permeables no suelen tener el mismo coeficiente de permeabilidad a lo largo de su vida útil, sino más bien por el fenómeno de colmatación ocurren obstrucciones en sus poros, por lo que se deberá tener en consideración dicho fenómeno para tomar factores de seguridad que ayuden a controlar la percolación en la estructura a lo largo del desempeño de su vida útil. En su investigación propone la utilización de un factor de seguridad de 10 como un valor que incluye el fenómeno de colmatación en la estructura porosa. Por lo mismo, para la presente investigación se utilizará un factor de seguridad de 10, lo que ascenderá la precipitación de diseño de 7.64 mm/hr a 76.40 mm/hr.

No obstante, es importante tener en consideración la información que brinda el Senamhi con respecto a la máxima precipitación alcanzada en el departamento de Lambayeque durante el fenómeno del niño costero por los años 1997 y 1998 [34]. En dicho informe se menciona que la precipitación máxima en 24 horas en la Provincia de Ferreñafe fue de 182.8 mm, con cuyo valor se procede a calcular la intensidad en mm/hr utilizando la fórmula de Dick Peschke y considerando una duración de tormenta de 10 horas, se tiene:

$$Pd = 182.8 \times \left(\frac{60 \times 10}{1440} \right)^{0.25} = 146.9 \text{ mm}$$

Sabiendo que la precipitación de diseño es una medida de la altura de la lámina de agua a lo largo de un determinado periodo de tiempo, la precipitación de diseño sería:

$$\frac{146.9 \text{ mm}}{10 \text{ hr}} = 14.69 \text{ mm/hr}$$

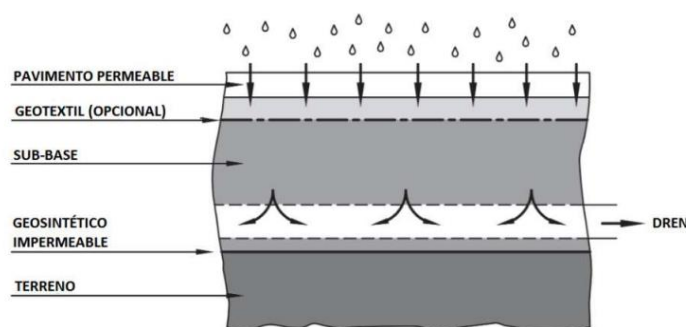
Pero teniendo en consideración el fenómeno de colmatación mencionado por García [8] se aplicará un coeficiente de seguridad de 10, ascendiendo la precipitación de diseño a 146.9 mm/hr.

Para el diseño de mezcla se utilizará de forma conservadora la precipitación más crítica de valor 146.9 mm/hr.

Tasa de permeabilidad del suelo donde se utilizará el pavimento especial

El ensayo realizado en campo muestra que el coeficiente de permeabilidad del suelo en el lugar de estudio fue de aproximadamente 0.00054 cm/s, lo cual representa un coeficiente bajo de permeabilidad en comparación a la capacidad filtrante del concreto poroso. El Manual The SuDS presentada por Woods Ballard [35], propone una clasificación de las capas donde se pretende utilizar pavimentos porosos, es así como recomienda para el caso en que se tengan pavimentos permeables apoyados en suelos impermeables, utilizar drenes longitudinales que puedan evacuar el excedente drenaje que pase a través del pavimento hacia sistemas de redes de evacuación cercanos. Esta evacuación se dará por capas compuesta por base y subbase granular apoyadas sobre geo sintético impermeable para que de esta forma la escorrentía pueda ser aprovechada mediante sistema de drenajes.

Figura 95: Capas en pavimentos poroso apoyados en suelos impermeables.



Fuente: Extraído de [8]

Propiedades del concreto permeable en estado fresco

La Norma ACI 522R-10 [17] nos menciona que, según ensayos de laboratorio, el peso unitario del concreto poroso se encuentra dentro del rango de 1680 a 1920 kg/m³. En los valores mostrado en la Tabla 26 se puede advertir que todos los reemplazos se encuentran en ese rango; solo la muestra patrón se encuentra ligeramente por encima del límite superior, aunque la variación no difiere en forma considerable con el límite. Cabe recalcar que la norma trabaja con agregados de granulometría 3/8", por lo cual se podría aceptar el valor de la muestra patrón.

Respecto al porcentaje de vacíos, la norma citada nos refiere que este depende del tamaño de las partículas de los áridos, siendo mayor cuando éstas son más grandes, ya que dejan vacíos entre la pasta. En este sentido, el porcentaje de vacíos presentado se encuentran en el rango de 21.47% hasta 32.89%; se puede inferir de los resultados obtenidos del porcentaje de vacíos se encuentran conforme a lo mencionado en el ACI 522R-10, quien señala que la cantidad de vacíos oscila entre 20% y 35% para poder tener una percolación significativa.

Resistencia a la compresión del concreto

La resistencia a la compresión de la muestra patrón sometida a ensayo tras 28 días de curado, sí cumple con el requerimiento inicial de esfuerzo a compresión de 175 kg/cm^2 , tal cual se puede apreciar en la tabla N°27. Se aprecia también que la relación edad vs resistencia a la compresión tiene un porcentaje de desarrollo de resistencia en los primeros 7 días de 69.27%, 66.46%, 51.58%, 50.19% para las muestras con 0% AGR, 10% AGR, 15% AGR y 20% AGR respectivamente. La Instrucción de Hormigón Estructural [37] proporciona en su informe la tabla 30.4.b, donde menciona la resistencia que debería cumplir el concreto en función a su edad en días.

Tabla 40: Edad vs porcentaje de esfuerzo de compresión alcanzado.

Edad del hormigón, en días	3	7	28	90	360
Hormigones de endurecimiento normal (1)	0,40	0,65	1,00	1,20	1,35
Hormigones de endurecimiento rápido (1)	0,55	0,75	1,00	1,15	1,20

Fuente: Extraído de [36].

Teniéndose esta referencia se podría afirmar que las probetas ensayadas capaces de cumplir este requerimiento de resistencia a los 7 días son las probetas con 0% AGR (muestra patrón) y únicamente la muestra con 10% de AGR, puesto que presentan una resistencia superior al 65% conforme se indica en la tabla anteriormente mostrada.

Posteriormente la evaluación del esfuerzo realizada a los 28 días de elaboración de las muestras se aprecia que la muestra patrón supera al requerimiento inicial demostrando una resistencia de 190.00 kg/cm^2 ; del mismo modo, la muestra con menor porcentaje de RCD (10%) presenta una resistencia de 179.23 kg/cm^2 sobrepasando también los requerimientos iniciales; no obstante, la resistencia de esfuerzo al agregado con mayor cantidad de RCD :15%, 20%, no cumplen con la resistencia de diseño al presentar resistencia a esfuerzo de compresión menor a la esperada con valores de 164.56 kg/cm^2 y 139.98 kg/cm^2 respectivamente. Tras realizar el ensayo de resistencia a la compresión, se ha determinado que la proporción de sustitución que da los mejores resultados es el 10% de AGR.

Tasa de permeabilidad a los 28 días de ensayo.

Las pruebas realizadas a los especímenes de concreto poroso permitieron determinar los coeficientes promedio de permeabilidad los cuales presentan valores de 2.93 cm/s, 2.65 cm/s, 2.68 cm/s, 2.87 cm/s para las proporciones de 0%, 10%, 15% y 20% de RCD respectivamente; los cuales resultan muy superiores a la precipitación esperada de diseño de 146.9 mm/hr (0.00408056 cm/s). Sin embargo, en el ensayo de permeabilidad realizado en la plataforma de losa de concreto permeable de 1 m² se obtuvo una tasa de permeabilidad de 713.23 mm/hr ó 0.0198 cm/s; lo cual representa un valor muy alejado a los coeficientes de permeabilidad obtenidos de los ensayos realizados a las probetas de concreto poroso. No obstante, esta tasa de percolación sigue satisfaciendo los requisitos de precipitación que se plantea evacuar mediante la utilización de estos pavimentos para la infiltración de una precipitación de 146.9 mm/hr ó 0.00408056 cm/s (aproximadamente 5 veces más).

La tasa de permeabilidad no representa un limitante en la hora del diseño, puesto que como indica García [8] la capacidad de infiltración en los pavimentos porosos suele ser muy superiores a la cantidad de precipitación que se pretende evacuar. Este concepto se ve representado en el coeficiente de permeabilidad que presentaron las muestras ensayadas, puesto que todas superaron con creces las expectativas a percolar de la precipitación de diseño. Otro punto importante obtenido del ensayo de permeabilidad es la apreciación de una relación directamente proporcional entre la proporción de agregado grueso reciclado y la tasa de permeabilidad del concreto poroso, puesto que a mayor contenido de RCD en la mezcla, la tasa de percolación tiende a verse incrementada.

Resistencia al desgaste del concreto permeable.

La resistencia al desgaste en las probetas de concreto permeable muestra una abrasión de 53.00%, 67.00%, 80.00% y 73.00% para 0% AGR, 10% AGR, 15% AGR y 20% AGR respectivamente, apreciándose un incremento conforme se sustituye agregado grueso natural por reciclado. En el porcentaje de sustitución de 20% de AGR el porcentaje de desgaste disminuye con respecto al porcentaje más próximo ensayado (15%) pero la diferencia no es significativa (7%). Si bien es cierto, la NTP 339.239 [36] es la norma que regula el procedimiento de ensayo para evaluar la resistencia a la degradación del concreto poroso, menciona que la información desprendida del ensayo servirá para comparar proporciones de mezcla mas no para calificar la mezcla, es por esto que en ningún acápite de la norma se

presentan límites permisibles para clasificar como aceptable o no aceptable el concreto permeable.

No obstante, Flores Prieto [38] menciona en su tesis que conocer el porcentaje de desgaste del concreto permeable se vuelve indispensable para poder determinar el espesor de la capa de rodadura a diseñar en la utilización de pavimentos. Así mismo Daniel Pérez [39] menciona que los pavimentos donde se utilizó concreto permeable presentan las primeras semanas de uso un desprendimiento inicial en la superficie de contacto con los vehículos, esto debido al tipo de agregado empleado y al acabado de la superficie, sin embargo, este desprendimiento disminuye considerablemente semanas posteriores a las iniciales, volviendo la carpeta de rodadura más estable. Es por lo mencionado anteriormente que se tendrá que analizar cuidadosamente el uso del pavimento permeable donde se pretende utilizar, ya que no es el mismo desgaste cuando se utiliza para tránsito ligero que cuando la utilización será en pavimentos estructurales; dicho esto se puede recomendar que el porcentaje 10% de AGR es el más adecuado en temas de desgaste puesto que está más cercano a la muestra ensayada con agregados naturales y estando más alejado del porcentaje mostrado por las probetas de 15% y 20% de árido grueso reciclado.

Resistencia al desgaste del agregado reciclado.

De acuerdo con el protocolo de ensayo descrito en la NTP 400.019 [39], el porcentaje de abrasión que se mostró la máquina de Los Ángeles dio como resultado un porcentaje de desgaste del AGR del 42.24%, dicho porcentaje es comparado con los criterios que establece la NTP 400.037 [32] donde menciona que para la utilización de pavimentos y estructuras con una resistencia para esfuerzo de compresión de 280 kg/cm^2 , se tendrá que cumplir con un porcentaje no mayor a 50% de desgaste para el ensayo de abrasión; con lo cual se infiere que el porcentaje de desgaste obtenido en la máquina de los Ángeles cumple con las exigencias de abrasión establecidos en la norma para su empleo en pavimentos.

Comparación económica de un concreto convencional frente a un especial, utilizando agregados reciclados

El análisis de costos unitarios muestra un menor costo por m^3 de concreto permeable en comparación a aquel concreto donde no se utiliza porcentajes de RCD como sustitución del agregado grueso (muestra patrón). Los mayores costos en producción de concreto poroso se ven reflejados de forma inversamente proporcional con el porcentaje utilizado de AGR; es decir, a mayor porcentaje de AGR utilizado, menor es el costo utilizado por m^3 de concreto permeable.

Figura 96: Gráfico de barras de % de AGR vs Costo por m³ de concreto poroso.

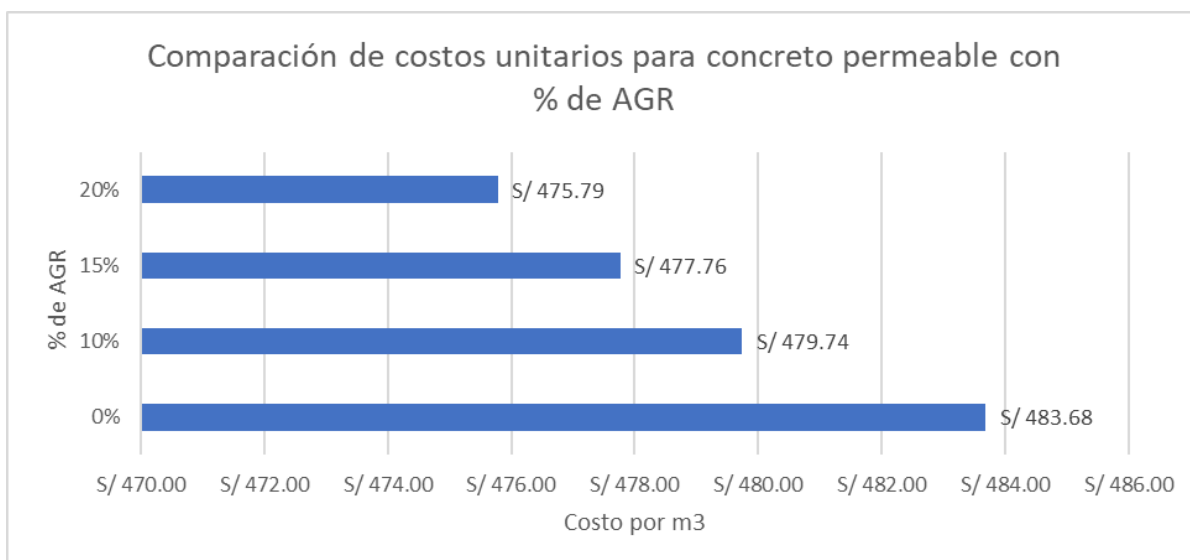
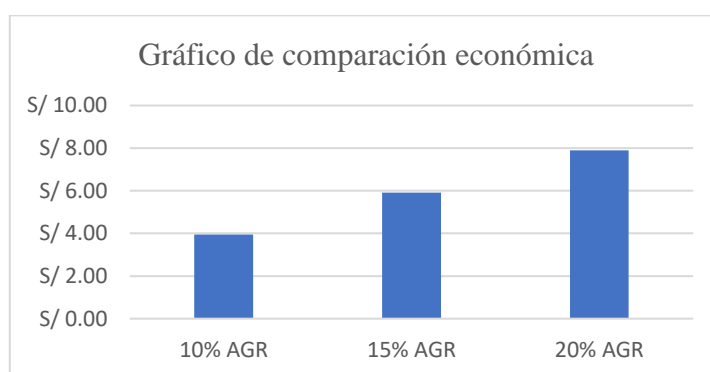


Tabla 41: Comparación entre precio de concreto permeable con agregado natural y reciclado.

% de AGR	Precio comparado con agregado natural
10% AGR	S/ 3.95
15% AGR	S/ 5.92
20% AGR	S/ 7.89

Figura 97: Gráfico de barras de comparación entre muestra patrón y sustituciones de AGR.



Se puede apreciar a su vez, que el costo de producción de concreto permeable por m³ en comparación con sus semejantes donde se sustituye el agregado grueso natural por reciclado no tiene diferencias excesivas; mientras tanto, cuando se tengan grandes volúmenes de concreto se podría reducir el costo significativamente.

V- Conclusiones

- Se concluye que el porcentaje óptimo de reemplazo de agregado grueso proveniente de los residuos sólidos de construcción y demolición para el diseño de concreto permeable utilizado en la construcción de pavimentos especiales es del 10%; puesto que, fue el que mejor respuesta dio frente a los requerimientos mecánicos sometidos en la presente investigación.
- La cuantificación del RCD encontrado en el lugar fue de aproximadamente 100 m³, lo cual representa un valor importante de residuos de construcción que hasta la fecha no se les da una correcta gestión de disposición final; así mismo, reutilizar el RCD en la producción de concreto permeable ayudará a minimizar el impacto ambiental causado por los desechos de construcción.
- Los áridos naturales y reciclados se sometieron a ensayos físicos, que dieron como resultado un tamaño nominal máximo de árido de grueso de ¾". Además, se observa que el árido reciclado tiene un valor porcentual muy elevado de absorción comparado a su similar del agregado natural, lo que se traducirá en un aumento de requerimiento de agua en la mezcla. Tanto agregado grueso como agregado fino cumplen con la granulometría estipulada en la NTP 400.037. Sin embargo, el árido reciclado no presenta una distribución granulométrica adecuada, lo que indica que no se ajusta al rango granulométrico de la norma; sin embargo, se podrá utilizar el agregado grueso reciclado en porcentajes de 10% puesto que, con este valor se llega a los requerimientos de resistencia a la compresión deseados.
- Los ensayos químicos realizados revelaron una actividad inocua del árido grueso reciclado para el ensayo álcali agregado y a su vez cumple con los requisitos de iones sulfato y cloruro presentes en los áridos a utilizarse para la fabricación de concreto según la NTP 400.037.
- El método utilizado para obtener el valor de la precipitación de diseño fue método de Dick Peschke, lo cual mediante el uso de las curvas IDF se obtuvo como resultado una precipitación de diseño de 7.64 mm/hr; sin embargo, este resultado se contrastó con la precipitación máxima registrada por el Senamhi en cuanto ocurrió el fenómeno del Niño registrado el año de 1998 en la Provincia de Ferreñafe, el cual brinda como resultado una precipitación de diseño de 146.9 mm/hr, tomando esta última de forma conservadora como parámetro inicial que tendrá que evacuar el concreto permeable.

- El coeficiente de permeabilidad del suelo en la zona de estudio fue de 0.00054 cm/s, lo que hace pensar que se trata de un suelo impermeable.
- La resistencia a la compresión presentó resultados inversamente proporcionales con la cantidad de porcentaje de RCD que se les aplicó a las muestras de concreto permeable, obteniendo resultados que no cumplen con el requerimiento de 175 kg/cm² para su utilización en pavimentos especiales en los porcentajes de 15% y 20%. No obstante, el porcentaje que logró alcanzar los requerimientos de forma satisfactoria fue el de adición en 10%.
- La tasa de permeabilidad de todas las probetas ensayadas superó sin ningún problema los requerimientos iniciales de percolación, lo que conlleva a concluir, que el concreto permeable utilizando porcentaje con adición de RCD podrá filtrar la precipitación esperada en un evento extremo. De la misma forma, la losa de 1 m² con 10% de RCD obtuvo una tasa de permeabilidad menor a las probetas ensayadas pero mayor hasta en casi 5 veces la precipitación de diseño.
- La resistencia a la abrasión del árido grueso reciclado cumple con el porcentaje de desgaste aceptable en la utilización de pavimentos especiales según la norma CE.0.10 de pavimentos urbanos. Mientras tanto, los porcentajes de resistencia al desgaste de los especímenes de concreto poroso presentaron altos valores de abrasión, la muestra patrón y el porcentaje de 10% de sustitución de RCD presentaron los valores más bajos de 53% y 67% en comparación con las de porcentaje de 15% y 20% las cuales el porcentaje de abrasión supera el 70%.
- El análisis de costos unitarios que evidencia el precio por m³ de concreto permeable realizado a base de 100% agregados naturales comparado con los que usan sustituciones de 10%, 15% y 20% de agregado reciclado, tiende a disminuir en tanto más porcentaje de RCD se utilice; aunque dichos valores no difieren en grandes cantidades comparadas con el costo de utilizar 0% agregado reciclado. Sin embargo, la variación podría ser perceptible cuando se utilice grandes volúmenes de concreto permeable, ahorrando costos en producción y a su vez ayudando a minimizar el impacto ambiental que genera la mala gestión de los RCD.

VI- Recomendaciones

- Se recomienda seguir con la rama investigativa sustituyendo porcentajes tanto de áridos grueso natural y árido fino natural por árido grueso y árido fino producto de las actividades de construcción y demolición.
- Se recomienda para la implementación del concreto permeable en pavimentos especiales de tránsito ligero, realizarse estudios que determinen la carpeta de rodadura considerando la abrasión del concreto permeable, puesto que presenta mayores porcentajes de abrasión mientras mayores porcentajes de agregado grueso reciclado se esté utilizando.
- Se recomienda para la implementación de estas estructuras porosas en pavimentos, la utilización de base, subbase, geos sintéticos impermeables y drenes que permitan transportar las escorrentías superficiales hacia lugares de disposición final o aprovechamiento.
- Se recomienda continuar con la rama investigativa utilizando agregados reciclados de tamaños máximos nominales menores a $\frac{3}{4}$ " con el propósito de evaluar el desempeño mecánico del concreto poroso para su utilización en pavimentos estructurales.

Referencias

- [1] «Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo,» 16 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>. [Último acceso: 16 Octubre 2020].
- [2] T. W. Bank, «What a Waste 2.0,» 2018 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://bit.ly/2T9FoaA>. [Último acceso: 20 Octubre 2020].
- [3] Udayangani Kulatunga, Dilanthi Amaratunga, Richard Haigh y Raufdeen Rameezdeen, «Attitudes and perceptions of construction workforce on construction waste in Sri Lanka,» *Management of Environmental Quality*, vol. 17, n° 1, pp. 57-72, 2006.
- [4] I. S. d. M. Ambiente, «Residuos de construcción y demolición (RCD), apostando por su adecuada gestión,» 26 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://bit.ly/35g2iTi>. [Último acceso: 21 Octubre 2020].
- [5] Cedexmateriales, «Catálogo de residuos utilizables en construcción,» Noviembre 2014. [En línea]. Available: <https://bit.ly/35j67HI>. [Último acceso: 20 Octubre 2020].
- [6] J. Castro , Diseño de mezcla y construcción de pavimentos de hormigón poroso en Chile, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2004.
- [7] Diario El Peruano, *Decreto Supremo N° 019-2016-Vivienda*, Perú, 21 de octubre del 2016.
- [8] E. García Haba, Control de Escorrentías Urbanas mediante Pavimentos Permeables: Aplicacion en climas mediterraneos, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2011.
- [9] L. Morfeo Tavares y C. Kazmierczak, «Estudo da influencia dos agregados de concreto reciclado em concretos permeáveis,» *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, vol. 9, n° 1, pp. 75-90, 2016.
- [10] V. Ulloa Mayorga, M. Uribe Garces, D. Paz Gomez, Y. Alvarado, B. Torres y I. Gasch, «Performance of pervious concrete containing combined,» *Ingeniería e Investigación*, vol. 38, n° 2, pp. 34-41, 2018.
- [11] J. C. Jordan Saldaña y N. Viera Caballero, Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra, Universidad Nacional Del Santa, Facultad de ingeniería, 2014.
- [12] M. Esquerre Garcia y H. Silva Silva, Propuesta de diseño de pavimento drenante para la captación de agua de lluvias en zona urbanas del norte del Perú., Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.
- [13] F. L. Sanchez Muñoz y R. D. Tapia Medina, Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3,7,14,28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días, Trujillo, 2015.
- [14] K. N. Esteban Montalvo, «Reaprovechamiento de los residuos de construcción y demolición, como agregado reciclado para la elaboración de adoquines, 2018,» Lima, 2018.
- [15] J. E. J. Aquino, «Diseño de mezcla de concreto permeable utilizando diferentes porcentajes de agregado fino y aditivos en la ciudad de Chiclayo,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Lambayeque, 2021.
- [16] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado, Lima: Diario Oficial El Peruano, 2009.

- [17] E. Rivva López, *Naturaleza y materiales del concreto*, Lima: Instituto de la construcción y gerencia (ICG), 2000.
- [18] A. C. (. Institute, «522R-10 Report on Previous Concrete,» 2010. [En línea]. Available: <https://bit.ly/35sDB66>. [Último acceso: 22 Octubre 2020].
- [19] R. Fernández Arrieta y A. Navas Carro, «Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad,» *Infraestructura Vial*, vol. 24, n° 40, pp. 40-49, 2011.
- [20] Instituto Nacional de Calidad - Inacal, Norma Técnica Peruana NTP 400.011, Lima: Diario Oficial El Peruano, 2008.
- [21] J. R. Flores Prieto, *Caracterización del concreto permeable usando el módulo de ruptura y el porcentaje de desgaste*, Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2010.
- [22] A. INTERNATIONAL, *Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico*.
- [23] S. Cabello Serquera, L. Campuzano Vera, J. Espinoza Correa y C. Sanchez Mendieta, «Concreto poroso: Constitución, variables influyentes y protocolos para su caracterización,» *Cumbres*, pp. 64-69, 2015.
- [24] Instituto Nacional de Calidad - Inacal, Norma Técnica Peruana NTP 400.053 Manejo de residuos de la actividad de construcción, Lima: Diario Oficial El Peruano, 1999.
- [25] I. Vegas, K. Broos, P. Nielsen, O. Lambertz y A. Lisbona, «Upgrading the quality of mixed recyded aggregates from construction and demolition waste by using near-infrared serring technology,» *Construction and Building Materials*, vol. 75, pp. 121-128, 2015.
- [26] Ministerio de viviendas, construcción y saneamiento, «Manejo de residuos de la actividad de construcción. Generalidades NTP 400.050,» 17 Septiembre 1999. [En línea].
- [27] «Upgrading the quality of mixed recyded aggregates from construction and demolition waste by using near-infrared serring technology».
- [28] Diario El Peruano, *Decreto Supremo N°003-2013-Vivienda*, Perú, 8 de febrero del 2013.
- [29] Instituto Nacional de Calidad - Inacal, Norma Técnica Peruana NTP 339.183 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio, Lima: Diario Oficial El Peruano, 2013.
- [30] F. C. Carlos y B. L. Pilar, *Metodología de la investigación.*, México: Mc Graw Hil, 2014.
- [31] *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*, INDECOPI NTP 339.034, 2008.
- [32] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, *Manual de Hidología, Hidráulica y Drenaje*, Lima: Diario Oficial El Peruano, 2008.
- [33] Instituto Nacional de Calidad - Inacal, Norma Técnica Peruana NTP 400.037 Agregados para concretos. Requisitos, Quinta ed., Lima: Diario Oficial El Peruano, 2018.
- [34] Instituto Nacional de Calidad - Inacal, Norma Técnica Peruana NTP 334.099 Método de ensayo para determinar la reactividad potencial álcali-sílice de los agregados. Método químico, Lima: Diario Oficial El Peruano, 2019.
- [35] Senamhi, «El evento el niño oscilación sur 1997 - 1998: Su impacto en el Departamento de Lambayeque,» Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Dirección Regional de Lambayeque, Chiclayo, 2004.

- [36] B. Woods Ballard, S. Wilson, H. Udale, S. Illman, T. Scot, A. Richard y K. Richard, The SuDS Manual, London: CIRA C753, 2015.
- [37] Ministerio de Fomento, Instrucción de Hormigón Estructural, España, 1999.
- [38] Instituto Nacional de Calidad - Inacal, Norma Técnica Peruana NTP 339.239 Metodo de ensayo para determinación la resistencia a la degradación del concreto permeable por impacto y abrasión, Lima: Diario Oficial El Peruano, 2018.
- [39] Juan Roberto Flores Prieto, «Caracterización del concreto permeable usando el módulo de ruptura y el porcentaje de desgaste,» Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México, 2010.
- [40] Daniel Pérez Ramos, «Estudio experimental de concretos permeables con agregados andesíticos,» Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2009.
- [41] Instituto Nacional de Calidad - Inacal, Norma Técnica Peruana NTP 400.019 Determinación de la resistencia al desgaste en agregado grueso de tamaño menores por abrasión e impacto en la Máquina de los Ángeles, Lima: Diario Oficial El Peruano, 2020.

VII- Anexos

Anexo 01: Residuos de construcción y demolición dispuestos en botaderos informales.





Anexo 02: Análisis granulométrico para el agregado fino.



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : DENIS ANDERSON VILLALOBOS ROMERO
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU UTILIZACION EN PAVIMENTOS ESPECIALES EN EL DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2020

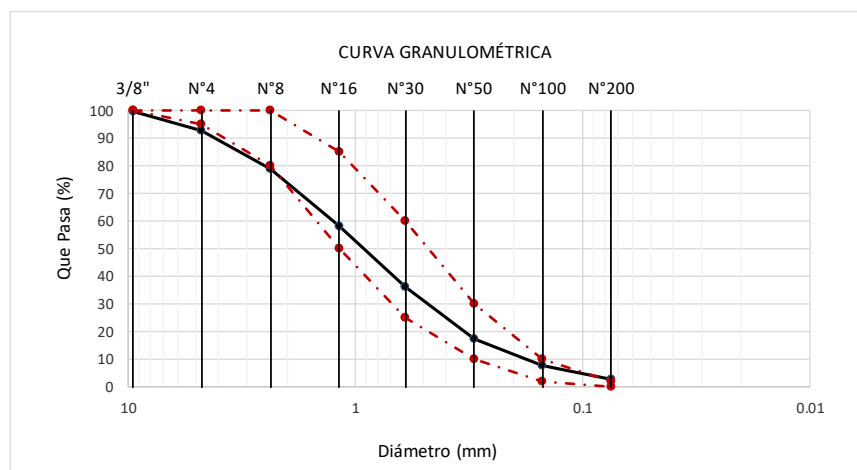
Ubicación : Dist. Chidayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 06 de septiembre del 2022

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.
 NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra Arena Gruesa - La Victoria - Pátapo

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.3	0.3	99.7	100
Nº 4	4.750	6.8	7.1	92.9	95 - 100
Nº 8	2.360	13.8	20.9	79.1	80 - 100
Nº 16	1.180	21.1	42.0	58.0	50 - 85
Nº 30	0.600	21.8	63.8	36.2	25 - 60
Nº 50	0.300	18.9	82.7	17.3	10 - 30
Nº 100	0.150	9.7	92.4	7.6	2 - 10
Nº 200	0.075	4.7	97.2	2.8	0 - 2
FONDO		2.8	95.3	4.7	

MÓDULO DE FINEZA	3.09
-------------------------	-------------



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM

Miguel Ángel Ruiz Perale
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

Anexo 03: Análisis granulométrico para el agregado grueso.



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : DENIS ANDERSON VILLALOBOS ROMERO
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU UTILIZACION EN PAVIMENTOS ESPECIALES EN EL DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2020

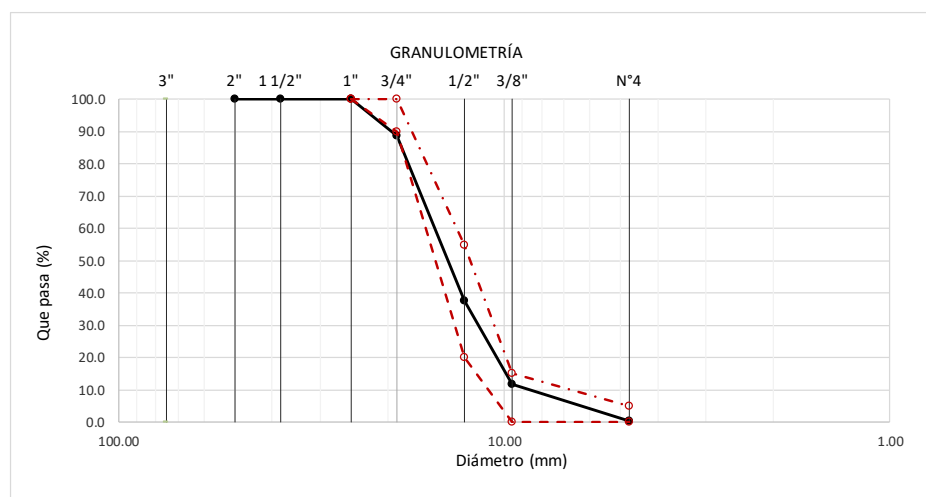
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 06 de septiembre del 2022

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada

Cantera : Pacherras

Análisis Granulométrico por tamizado					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO 6
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	100 - 100
3/4"	19.00	11.3	11.3	88.7	90 - 100
1/2"	12.70	51.0	62.3	37.7	20 - 55
3/8"	9.52	26.1	88.4	11.6	0 - 15
Nº4	4.75	11.2	99.6	0.4	0 - 5
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL					3/4"



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM

Miguel Angel Ruiz Perale:
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

Anexo 04: Análisis granulométrico para el agregado grueso reciclado.



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

Solicitante : DENIS ANDERSON VILLALOBOS ROMERO
Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU UTILIZACION EN PAVIMENTOS ESPECIALES EN EL DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2020

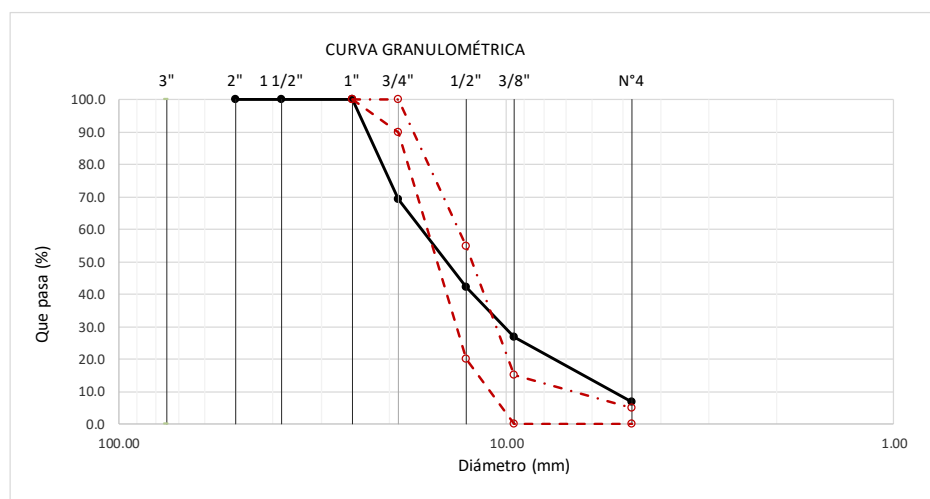
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : 06 de septiembre del 2022

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

: Agregado grueso reciclado

Cantera: Pacherras

Análisis Granulométrico por tamizado						
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO	
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	6	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	0.0	100.0		100 - 100
3/4"	19.00	30.5	30.5	69.5		90 - 100
1/2"	12.70	27.3	57.9	42.1		20 - 55
3/8"	9.52	15.2	73.0	27.0		0 - 15
Nº4	4.75	20.1	93.1	6.9		0 - 5
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL						3/4"



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


WILSON OLAYA AGUILAR
LABORATORISTA LEM


Miguel Angel Ruiz Perale
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904

Anexo 05: Análisis para determinar el peso unitario y el contenido de humedad en agregado fino.



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

Solicitante : DENIS ANDERSON VILLALOBOS ROMERO
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU UTILIZACION EN PAVIMENTOS ESPECIALES EN EL DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2020
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 05 de septiembre del 2022
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)
 NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa - La Victoria - Pátapo

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m ³)	1494.72
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m ³)	1486.57
Contenido de Humedad	(%)	0.55

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m ³)	1642.82
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m ³)	1633.87
Contenido de Humedad	(%)	0.55

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


 SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



 Miguel Angel Ruiz Perale
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

Anexo 06: Análisis para determinar el peso unitario y el contenido de humedad en agregado grueso.



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

Solicitante : DENIS ANDERSON VILLALOBOS ROMERO
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU UTILIZACION EN PAVIMENTOS ESPECIALES EN EL DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2020
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 06 de septiembre del 2022
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)
 NTP 339.185:2013

Muestra : : Piedra Chancada - Cantera Pacherres - Pacherres

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m ³)	1339.78
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m ³)	1335.14
Contenido de Humedad	(%)	0.35
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m ³)	1460.54
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m ³)	1455.48
Contenido de Humedad	(%)	0.35

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM


 Miguel Angel Ruiz Perale
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

Anexo 07: Análisis para determinar el peso unitario y el contenido de humedad en agregado reciclado.



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

Solicitante : DENIS ANDERSON VILLALOBOS ROMERO
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU UTILIZACION EN PAVIMENTOS ESPECIALES EN EL DISTRITO DE PUEBLO
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 06 de septiembre del 2022
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)
 NTP 339.185:2013

Muestra : : Agregado grueso reciclado

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m ³)	1168.89
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m ³)	1152.90
Contenido de Humedad	(%)	1.39

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m ³)	1303.32
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m ³)	1285.50
Contenido de Humedad	(%)	1.39

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM


 Miguel Angel Ruiz Perale
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

Anexo 08: Análisis para determinar el peso específico y absorción de agregados finos.

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirL.com

INFORME

Pag. 1 de 1

Solicitante : DENIS ANDERSON VILLALOBOS ROMERO
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU UTILIZACION EN PAVIMENTOS ESPECIALES EN EL DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2020
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 06 de septiembre del 2022

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa - La Victoria - Pátapo

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.509
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.420

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

SOILS E.I.R.L.
WILSON OLAYA AGUILAR
LABORATORISTA LEM



Miguel Angel Ruiz Perale
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904

Anexo 09: Análisis para determinar el peso específico y absorción de agregados gruesos.

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

INFORME

Pag. 1 de 1

Solicitante : DENIS ANDERSON VILLALOBOS ROMERO
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU UTILIZACION EN PAVIMENTOS ESPECIALES EN EL DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2020

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 06 de septiembre del 2022

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra : : Piedra Chancada - Cantera Pacherras - Pacherras

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.660
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.079

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM

Miguel Angel Ruiz Perale
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

Anexo 10: Análisis para determinar el peso específico y absorción de agregado grueso reciclado.



Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

INFORME

Pag. 1 de 1

Solicitante : DENIS ANDERSON VILLALOBOS ROMERO
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU UTILIZACION EN PAVIMENTOS ESPECIALES EN EL DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE Tarma, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, PERU
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : 06 de septiembre del 2022

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra : : Agregado grueso reciclado

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.140
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	9.559

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM


 Miguel Angel Ruiz Perale
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

Anexo 11: Informe de diseño de mezcla.

DISEÑO INICIAL DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE (NORMA ACI 522R-10 (MP - 1))

TESISTA: Villalobos Romero Denis Anderson

TESIS: 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



1.- Características Físicas de Cemento - Agregado - Aditivo

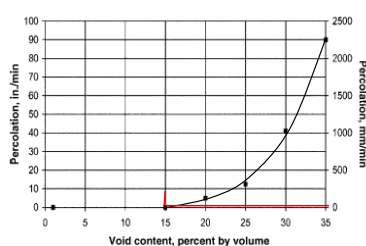
MATERIALES	CANTERA Procedencia	Peso Especifico	% Absorción	Módulo Finura	Peso Unitario Suelto	Peso Unitario Compactado	% Humedad
Cemento Tipo I	Pacasmayo	3150					
Agua	Laboratorio	1000					
Arena 3/4"	La Victoria	2509	1.42 %	3.09	1486.57	1633.87	0.55 %
Piedra 3/4"	Pacherres	2660	1.08 %	6.97	1335.14	1455.48	0.35 %
Aditivo	SikaCem	1200					

2.- Características del Diseño de Mezcla

Variables	
a/A	20 %
Relación a/c	0.3
Contenido de Vacíos	15 %
Aditivo SikaCem	500 mL

a/A=A.fino/A. Global

Tasa de percolación	2.45 mm/min
---------------------	-------------



b) Cemento

Pe = 3.10 g/cm³

c) Resistencia a compresión de referencia

f'c = 175 kg/cm²

d) Diseño para un:

1.00 m³

3. Obtención del volumen de agregado grueso

Tabla 6.1 Valores de b/bo

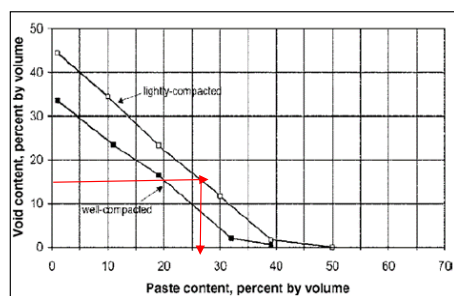
a/A	b/bo	
	Huso 8	Huso 67
0 %	0.99	0.99
10 %	0.93	0.93
20 %	0.85	0.86

a/A=A.fino/A.global = 20 %

b/bo =	0.86
Peso de A.grueso	1251.71 kg
Volumen de A.grueso	0.471 m ³

Fuente: ACI 522 R-10

4. Volumen de pasta



Fuente: ACI 522 R-10

Contenido de aire = 15.00 %

% de volumen de la pasta = 27.00 %

Volumen de la pasta = 0.270 m³

5. Aditivo

d = 1200.00 kg/m³

% Adi = Aditivo/Cemento	0.0141
Peso de aditivo	6.17 kg
Volumen de aditivo	0.00514 m ³ 5.14 Lt

6. Resumen de pesos y volúmenes

absolutos de los agregados secos

	Pesos	Volumen
Cemento	437.28 kg	0.139 m ³
A.grueso	1251.71 kg	0.471 m ³
A.fino	295.14 kg	0.118 m ³
Agua	131.18 kg	0.131 m ³
Aditivo	6.17 kg	0.005 m ³
Vacíos	-----	0.150 m ³
V.Teórico :		1.013 m ³

9. Corrección por humedad

Humedad Superficial A.Grueso	-0.73 %
Humedad Superficial A.Fino	-0.87 %
Aporte de humedad del A.grueso	-9.19 Lt
Aporte de humedad del A.Fino	-2.59 Lt
Aporte de humedad del A.global	-11.78 Lt
Agua Efectiva	142.96 Lt

DISEÑO INICIAL DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE (NORMA ACI 522R-10 (MP - 1))

TESISTA: Villalobos Romero Denis Anderson

TESIS: 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

**10) Resumen de pes**

	Pesos	P.e. SSS	Volumen
Cemento	437.28 kg	3.100 g/cm ³	0.141 m ³
A.grueso	1256.06 kg	2.660 g/cm ³	0.472 m ³
A.fino	296.76 kg	2.509 g/cm ³	0.118 m ³
Agua efectiva	142.96 kg	1.000 g/cm ³	0.143 m ³
Aditivo	6.17 kg	1.200 g/cm ³	0.005 m ³
Vacíos	-----	-----	0.150 m ³

V.diseño: 1.000 m³
 V.Teórico: 1.030 m³
 Exceso de vacíos: -0.030 m³

11) Corrección de materiales

% Pasta+%Adit	%A.Global
0.00 %	100.00 %
0.000 m ³	-0.030 m ³

12. Corrección del cemento

a/c	0.3
Peso Cemento	0.00 kg
Vol.cemento	0.000 m ³

13. Corrección del agua

Peso del agua	0.00 Lt
Volumen del agua	0.000 m ³

14. Corrección de aditivod= 1200.00 kg/m³

%Adi=Aditivo/Cemento	0.0141
Peso de aditivo	0.00 kg
Volumen de aditivo	0.00000 m ³ 0.00 Lt

15. Corrección de A.Grueso

Volumen A.grueso	-0.024 m ³
Peso de A.grueso	-62.54 kg

16. Corrección de A.Fino

Volumen A.fino	-0.006 m ³
Peso de A.fino	-15.34 kg

17) Resumen de pesos y volúmenes corregidos (Húmedos)

	Pesos	P.e. SSS	Volumen
Cemento	437.28 kg	3.100 g/cm ³	0.141 m ³
A.grueso	1193.52 kg	2.660 g/cm ³	0.449 m ³
A.fino	281.42 kg	2.509 g/cm ³	0.112 m ³
Agua efectiva	142.96 kg	1.000 g/cm ³	0.143 m ³
Aditivo	6.17 kg	1.200 g/cm ³	0.005 m ³
Vacíos	-----	-----	0.150 m ³

V.diseño: 1.000 m³
 V.Teórico: 1.000 m³
 Exceso de vacíos: 0.000 m³

18) Reducción del agua efectiva por aditivo

Reduc. Agua: 21 % del Volumen de agua

	Pesos	P.e. SSS	Volumen
Cemento	437.28 kg	3.100 g/cm ³	0.141 m ³
A.grueso	1256.04 kg	2.660 g/cm ³	0.472 m ³
A.fino	296.16 kg	2.509 g/cm ³	0.118 m ³
Agua efectiva	113.58 kg	1.000 g/cm ³	0.114 m ³
Aditivo	6.17 kg	1.200 g/cm ³	0.005 m ³
Vacíos	-----	-----	0.150 m ³

Masa total de materiales: 2109.23 kg
 Volumen absoluto: 0.850 m³
 Densidad Teórica: 2481.45 kg/m³
 V.diseño: 1.000 m³
 V.Teórico: 1.000 m³
 Exceso de vacíos: 0.000 m³

18) Proporciones con agregados húmedos

	Cemento	A.fino	A.grueso	Agua	Aditivo
Peso	1.000	0.677	2.872	11.0 Lt/bolsa	500.0 mL/bolsa
Volumen	1.000	0.680	3.217	11.0 Lt/bolsa	500.0 mL/bolsa

19) Pesos por tanda de un saco

Cemento	A.fino	A.grueso	Agua	Aditivo
42.5 kg/saco	28.8 kg/bolsa	122.1 kg/bolsa	11.0 Lt/bolsa	500 mL/bolsa

a/c de diseño	0.300
a.efectiva/c sin aditivo	0.327
a.efectiva/c con aditivo	0.260

20) Contenido de vacíos real

Densidad(D)	2174.16 kg/m ³
Densidad Teórica (T)	2481.45 kg/m ³
% Vacíos Real	12.4 %

20) Rendimiento y factor cemento

Rendimiento de la tanda:	0.094 m ³
Factor Cemento:	10.6

Anexo 12: Cálculo de la fuerza de compactación para las probetas de concreto permeable utilizando martillo Próctor Estándar.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

Tesista : VILLALOBOS ROMERO DENIS ANDERSON

Tesis : 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

Cálculo : Determinación de la fuerza de compactación para el llenado de testigos

Esfuerzo: Ligeramente compacto (0.66 kg/cm²)

Utilizando Martillo Próctor Estándar

$$Y = \frac{n * N * P * H}{V} \quad N = \frac{Y * V}{n * P * H}$$

Donde:

Y = Esfuerzo requerido (kg/cm²)
 n = Número de capas a emplear
 N = Número de golpes por capa
 P = Peso del martillo Próctor Estándar (kg)
 H = Altura de caída del martillo (cm)
 V = Volumen de las probetas según dimensiones (cm³)

Probetas	Y (kg/cm ²)	V (cm ³)	n	P (kg)	H (cm)	N Teórico	N Real
6"x12"	0.66	5560	3	2.495	30.48	16.08	16.00
4"x8"	0.66	1647	2	2.495	20.32	10.72	10.00

Anexo 13: Resultados de ensayos cloruros y sulfatos al agregado reciclado.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
UNIDAD DE SERVICIOS TÉCNICOS



REPORTE DE ANÁLISIS N° 068 – 2022 – FIQIA

1. DATOS DE CLIENTE:

- a) **Nombre:** Denis Anderson Villalobos Romero
- b) **DNI:** 76638715
- c) **Tesis:** 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

2. DATOS DE LA MUESTRA

- Número de muestras : 01
- Fecha de monitoreo : 17-10-2022
- Matriz : Sólidos

3. RESULTADOS DE ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADO
Cloruros (mg Cl ⁻¹ /Kg)	267.66
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /Kg)	646.04
Alcalinidad (mg /Kg)	215.20

4. CONCLUSIONES

- Los análisis fueron realizados siguiendo las normas vigentes cumpliendo con los porcentajes de RSD establecidos por el laboratorio
- Las muestras se realizaron siguiendo la NTP 400.042 (2001). Agregados. Preparación de muestra para determinación de cloruros y sulfatos.

Firma		Firma	
Analista	Marilyn Catherine Quinteros Vilchez	V°B°	Dr. César Augusto Monteza Arbulú
Fecha del Análisis	20 de octubre del 2022		

Anexo 14: Resultados de ensayos álcali agregado.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
DECANATO



Calle Juan XXIII N° 391 LAMBAYEQUE - PERÚ

Ciudad Universitaria Teléf. 074 283633

REPORTE DE ANÁLISIS N° 68-B - FIQIA

1. DATOS DE CLIENTE:

- a) **Nombre:** Denis Anderson Villalobos Romero
- b) **DNI:** 76638715
- c) **Tesis:** 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.

2. DATOS DE LA MUESTRA

- Número de muestras: 01
- Fecha de monitoreo: 17-10-2022
- Matriz: sólidos

3. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Tipo de Análisis	Resultado (mmol/L)
Silice Disuelta (Sc)	6.993
Reducción en Alcalinidad (Rc)	440

4. CONCLUSIONES

- Este análisis se realizó siguiendo el Método ASTM C 289 – 2003, Agregados. Determinación de la reactividad álcali-sílice.

Firma		Firma	
Analista	Marilyn Catherine Quinteros Vilchez	V°B°	Dr. César Augusto Monteza Arbulú
Fecha del Análisis	28 de octubre del 2022		

Anexo 15: Resultados de ensayos de abrasión al agregado grueso reciclado.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

INFORME

Tesista : VILLALOBOS ROMERO DENIS ANDERSON
 Tesis : 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
 Ubicación : Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú
 Fecha de ensayo : 24/09/2022

ENSAYO : AGREGADOS. 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

REFERENCIA : NORMA NTP 400.019

Muestra : Agregado grueso reciclado

I.- Ensayo de Abrasión

- Peso inicial antes del ensayo (gramos)	5000.00
- Peso final después de las 500 revoluciones retenido en el tamiz N°12 (gramos)	2888.00

II.- Cálculos

- % de desgaste por abrasión	42.24
------------------------------	--------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el tesista.
- Método de ensayo a usar: Total 500 revoluciones

Anexo 16: Estudio hidrológico Método Dick Peschke.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

Tesista : VILLOLOBOS ROMERO DENIS ANDERSON
 Tesis : 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

ESTUDIO HIDROLÓGICO METODO DICK PESCHKE DATOS SEGÚN SENAM

1- Se analizaron los datos de las precipitaciones obtenidas y registradas durante los años de 1996 hasta el año 2021 por la Estación Lambayeque

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA POR MES (mm)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1996	17.1	15.2	28.6	8.8	37.9	17.2	8.6	3.5	8.2	23.8	2.7	16.1
1997	14.3	19.7	26.2	32.7	23.1	7.9	4.2	11.9	2.8	14.6	22.2	7.4
1998	4.1	26.9	31.5	38.6	35.9	8.7	1.9	8.6	8.8	38.9	8.4	15.1
1999	19.7	35.7	18.3	17.7	23.8	23.4	6.6	20	29.3	7	14.8	19
2000	8.7	11	32.2	22	14.4	36.8	11.2	12	7.4	11.7	21.4	19.6
2001	7.2	35.9	23.2	13.2	6.8	0.8	7.2	2.2	23	14	14.5	55.5
2002	10.5	18.8	18.5	41.8	17.7	4.4	25.3	0.6	8.2	41.7	36.5	6.5
2003	9	7.1	54.4	5.1	20.5	11.8	4.7	3.3	65.7	14.5	10	19.2
2004	2.8	6.9	16.7	18.8	124.3	20.4	13.7	11.3	4.3	18.9	34.8	11.9
2005	14.6	16.7	44.9	62.8	18	16	10.6	10.4	4.9	39.1	37.7	39.3
2006	16.3	18.5	21.9	5.9	33.9	42.2	3.6	13.6	25.5	16.6	17.8	10.2
2007	13.5	3.7	10.8	57.9	23.3	33.9	23.2	12.7	19.1	29.9	37.7	43.9
2008	11.6	26	25.3	7.6	25	16.9	9	10.8	17.1	57.8	31.8	8.6
2009	22.2	13.4	30.6	21.6	26.5	12.8	9	19.4	18.5	27.6	42.9	3
2010	1.9	32	8.9	8	40.1	4	35	18.1	7.8	33.5	36.2	17.6
2011	64.5	-	22.8	7.5	29.6	34.7	5	2.6	8.5	10.9	38.8	37.2
2012	26.2	56.1	15.4	21.6	11.2	9.3	23.9	1.8	1.5	33.4	30.7	15.7
2013	16.2	25.1	16.5	6.6	29.6	9.9	6.4	32.5	10.2	57.1	11.9	7.5
2014	-	32.9	30.5	24.8	28.2	10.8	32	-	-	-	-	-
2015	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2016	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2017	1.7	34.6	60.7	0	18.9	0	0	0	5.4	0	0	0
2018	2.4	0	1.3	0.8	0.5	0	0	0	0	0.5	1	3.4
2019	0	7	1.8	1.4	0.1	0	0.3	0	0	0.5	0	1.1
2020	0	0.2	0	0	0	0	1.6	0	0.3	0.8	0.4	3.6
2021	2.1	0	10	7	1.5	0.3	0	0	0.2	3.2	0	4.3

2- Resumen de precipitaciones máximas por año

Año	Precipitación máxima (mm/día)
1996	37.9
1997	32.7
1998	38.9
1999	35.7
2000	36.8
2001	55.5
2002	41.8
2003	65.7
2004	124.3
2005	62.8
2006	42.2
2007	57.9
2008	57.8
2009	42.9
2010	40.1
2011	64.5
2012	56.1
2013	57.1
2014	32.9
2015	S/D
2016	S/D
2017	60.7
2018	3.4
2019	7
2020	3.6
2021	10



3- Cálculo de Precipitación de diseño

Año	Pr	1h	3h	6h	9h	12h	24h
		60 (min)	180 (min)	360 (min)	540 (min)	720 (min)	1440 (min)
1996	37.9	17.123258	22.5354748	26.799347	29.6583528	31.8699741	37.9
1997	32.7	14.7738928	19.4435363	23.1223917	25.5891329	27.4973128	32.7
1998	38.9	17.575059	23.1300784	27.5064538	30.4408951	32.7108706	38.9
1999	35.7	16.1292958	21.227347	25.2437121	27.9367598	30.020002	35.7
2000	36.8	16.6262769	21.8814109	26.0215295	28.7975563	30.9449881	36.8
2001	55.5	25.0749556	33.0004974	39.2444264	43.4310971	46.669751	55.5
2002	41.8	18.8852819	24.8544287	29.5570635	32.7102677	35.1494702	41.8
2003	65.7	29.6833258	39.0654537	46.4569155	51.4130285	55.2468945	65.7
2004	124.3	56.1588645	73.9092222	87.8933729	97.2700067	104.523424	124.3
2005	62.8	28.3731029	37.3411034	44.4063059	49.1436558	52.8082949	62.8
2006	42.2	19.0660023	25.0922701	29.8399062	33.0232846	35.4858287	42.2
2007	57.9	26.159278	34.427546	40.9414826	45.3091986	48.6879024	57.9
2008	57.8	26.1140979	34.3680856	40.870772	45.2309444	48.6038128	57.8
2009	42.9	19.382263	25.5084926	30.3348809	33.5710642	36.0744562	42.9
2010	40.1	18.1172202	23.8436027	28.3549819	31.3799458	33.7199463	40.1
2011	64.5	29.1411646	38.3519295	45.6083874	50.4739777	54.2378188	64.5
2012	56.1	25.3460362	33.3572596	39.6686904	43.9006225	47.1742889	56.1
2013	57.1	25.7978372	33.9518631	40.375972	44.6831648	48.0151853	57.1
2014	32.9	14.864253	19.562457	23.2638131	25.7456413	27.6654921	32.9
2015	S/D	0	0	0	0	0	0
2016	S/D	0	0	0	0	0	0
2017	60.7	27.4243208	36.0924359	42.9213816	47.500317	51.0424124	60.7
2018	3.4	1.53612341	2.0216521	2.40416306	2.66064379	2.85904781	3.4
2019	7	3.16260701	4.1622249	4.94974747	5.47779603	5.88627491	7
2020	3.6	1.62648361	2.14057281	2.54558441	2.81715224	3.02272709	3.6
2021	10	4.51801002	5.94603558	7.07106781	7.8254229	8.40896415	10

4- Ordenar decrecientemente y asignación de un número de orden

No.	1h	3h	6h	9h	12h	24h
Orden	60 (min)	180 (min)	360 (min)	540 (min)	720 (min)	1440 (min)
1	56.158865	73.909222	87.893373	97.270007	104.52342	124.3
2	29.683326	39.065454	46.456916	51.413028	55.246894	65.7
3	29.141165	38.351929	45.608387	50.473978	54.237819	64.5
4	28.373103	37.341103	44.406306	49.143656	52.808295	62.8
5	27.424321	36.092436	42.921382	47.500317	51.042412	60.7
6	26.159278	34.427546	40.941483	45.309199	48.687902	57.9
7	26.114098	34.368086	40.870772	45.230944	48.603813	57.8
8	25.797837	33.951863	40.375797	44.683165	48.015185	57.1
9	25.346036	33.35726	39.66869	43.900622	47.174289	56.1
10	25.074956	33.000497	39.244426	43.431097	46.669751	55.5
11	19.382263	25.508493	30.334881	33.571064	36.074456	42.9
12	19.066002	25.09227	29.839906	33.023285	35.485829	42.2
13	18.885282	24.854429	29.557063	32.710268	35.14947	41.8
14	18.11722	23.843603	28.354982	31.379946	33.719946	40.1
15	17.575059	23.130078	27.506454	30.440895	32.710871	38.9
16	17.123258	22.535475	26.799347	29.658353	31.869974	37.9
17	16.626277	21.881411	26.02153	28.797556	30.944988	36.8
18	16.129296	21.227347	25.243712	27.99676	30.020002	35.7
19	14.864253	19.562457	23.263813	25.745641	27.665492	32.9
20	14.773893	19.443536	23.122392	25.589133	27.497313	32.7
21	4.51801	5.9460356	7.0710678	7.8254229	8.4089642	10
22	3.162607	4.1622249	4.9497475	5.477796	5.8862749	7
23	1.6264836	2.1405728	2.5455844	2.8171522	3.0272271	3.6
24	1.5361234	2.0216521	2.4041631	2.6606438	2.8590478	3.4
25	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0

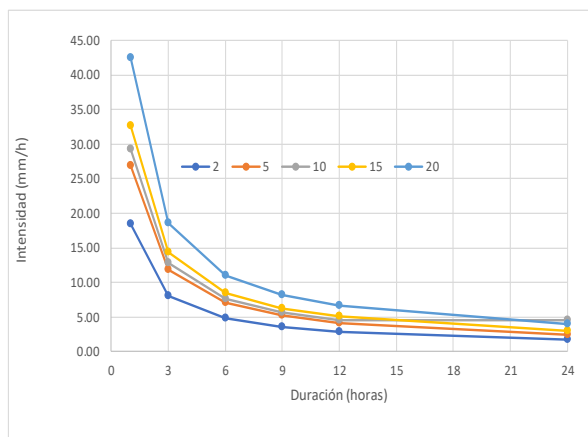
5- Cálculo del tiempo de retorno

No.	1h	3h	6h	9h	12h	24h	Tiempo
Orden	60 (min)	180 (min)	360 (min)	540 (min)	720 (min)	1440 (min)	Retorno (TR)
1	56.158865	73.909222	87.893373	97.270007	104.52342	124.3	27
2	29.683326	39.065454	46.456916	51.413028	55.246894	65.7	13.5
3	29.141165	38.351929	45.608387	50.473978	54.237819	64.5	9
4	28.373103	37.341103	44.406306	49.143656	52.808295	62.8	6.75
5	27.424321	36.092436	42.921382	47.500317	51.042412	60.7	5.4
6	26.159278	34.427546	40.941483	45.309199	48.687902	57.9	4.5
7	26.114098	34.368086	40.870772	45.230944	48.603813	57.8	3.8571429
8	25.797837	33.951863	40.375797	44.683165	48.015185	57.1	3.375
9	25.346036	33.35726	39.66869	43.900622	47.174289	56.1	3
10	25.074956	33.000497	39.244426	43.431097	46.669751	55.5	2.7
11	19.382263	25.508493	30.334881	33.571064	36.074456	42.9	2.4545455
12	19.066002	25.09227	29.839906	33.023285	35.485829	42.2	2.25
13	18.885282	24.854429	29.557063	32.710268	35.14947	41.8	2.0769231
14	18.11722	23.843603	28.354982	31.379946	33.719946	40.1	1.9285714
15	17.575059	23.130078	27.506454	30.440895	32.710871	38.9	1.8
16	17.123258	22.535475	26.799347	29.658353	31.869974	37.9	1.6875
17	16.626277	21.881411	26.02153	28.797556	30.944988	36.8	1.5882353
18	16.129296	21.227347	25.243712	27.99676	30.020002	35.7	1.4875
19	14.864253	19.562457	23.263813	25.745641	27.665492	32.9	1.3708333
20	14.773893	19.443536	23.122392	25.589133	27.497313	32.7	1.3625
21	4.51801	5.9460356	7.0710678	7.8254229	8.4089642	10	1.2857143
22	3.162607	4.1622249	4.9497475	5.477796	5.8862749	7	1.2272727
23	1.6264836	2.1405728	2.5455844	2.8171522	3.0272271	3.6	1.173913
24	1.5361234	2.0216521	2.4041631	2.6606438	2.8590478	3.4	1.125
25	0	0	0	0	0	0	1.08
26	0	0	0	0	0	0	1.0384615

6- Tiempo de retornos para distintas duraciones de tormentas

Duración		Tiempo de Retorno (años)				
min	horas	2	5	10	15	20
60	1	18.4870277	26.8620796	29.2616449	32.6250523	42.4308074
180	3	8.11009889	11.7841616	12.8368301	14.3123279	18.6140277
360	6	4.82229365	7.00690442	7.63282487	8.51016106	11.0679671
540	9	3.55783013	5.16960962	5.63140618	6.27869425	8.16581269
720	12	2.86735296	4.16633029	4.53850482	5.06017204	6.58105259
1440	24	1.70493827	2.47731481	4.53850482	3.0087963	3.91311728

CURVA INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA



Duración: 10h
 Frecuencia: 20 años
 Intensidad: 7.64 mm/hr

Anexo 17: Ensayo de permeabilidad del suelo donde en la localidad donde se desea implementar el pavimento.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

Tesista: Villalobos Romero Denis Anderson

Tesis: 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

Ensayo: Permeabilidad del suelo mediante ensayo in situ - Ensayo Lefranc

Mediante la expresión:

$$K = d_e^2 * \frac{\ln\left(\frac{2L}{d}\right)}{8Lt} * \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

K= Coeficiente de permeabilidad del suelo (cm/s)

t= Tiempo transcurrido entre el nivel h1 y h2

L= Longitud de la zona filtrante

D= Diámetro de la zona filtrante

De= Diámetro de la entubación

Donde se tiene:

L (cm)	50
D (cm)	10.16
De (cm)	10.16
H1 (cm)	50
H2 (cm)	1.8
T (s)	3600
K (cm/s)	0.00054

Anexo 18: Cálculo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días muestra patrón.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

Tesista : VILLALOBOS ROMERO DENIS ANDERSON

Tesis : 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

Ubicación : Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

Fecha de vaciado : Sábado, 17 de septiembre del 2022.

Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	Testigo 1 - D.P-175	175	17/09/2022	24/09/2022	7	23210	15.00	177	131
02	Testigo 2 - D.P-175	175	17/09/2022	24/09/2022	7	21250	15.00	177	120
03	Testigo 3 - D.P-175	175	17/09/2022	24/09/2022	7	19810	15.00	177	112
04	Testigo 4 - D.P-175	175	17/09/2022	1/10/2022	14	24240	15.00	177	137
05	Testigo 5 - D.P-175	175	17/09/2022	1/10/2022	14	23440	15.00	177	133
06	Testigo 6 - D.P-175	175	17/09/2022	1/10/2022	14	23760	15.00	177	134
07	Testigo 7 - D.P-175	175	17/09/2022	15/10/2022	28	34530	15.00	177	195
08	Testigo 8 - D.P-175	175	17/09/2022	15/10/2022	28	33440	15.00	177	189
09	Testigo 9 - D.P-175	175	17/09/2022	15/10/2022	28	32760	15.00	177	185

D.P -175 = Diseño Patrón - 175 Kg/cm²

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el tesista.

Anexo 19: Cálculo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días muestra 10% agregado grueso reciclado.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

Tesista : VILLALOBOS ROMERO DENIS ANDERSON

Tesis : 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

Ubicación : Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

Fecha de vaciado : Sábado, 17 de septiembre del 2022.

Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	Testigo 1 - D.10%AGR-175	175	17/09/2022	24/09/2022	7	20030	15.00	177	113
02	Testigo 2 - D.10%AGR-175	175	17/09/2022	24/09/2022	7	23160	15.00	177	131
03	Testigo 3 - D.10%AGR-175	175	17/09/2022	24/09/2022	7	18470	15.00	177	105
04	Testigo 4 - D.10%AGR-175	175	17/09/2022	1/10/2022	14	24260	15.00	177	137
05	Testigo 5 - D.10%AGR-175	175	17/09/2022	1/10/2022	14	21490	15.00	177	122
06	Testigo 6 - D.10%AGR-175	175	17/09/2022	1/10/2022	14	20320	15.00	177	115
07	Testigo 7 - D.10%AGR-175	175	17/09/2022	15/10/2022	28	32360	15.00	177	183
08	Testigo 8 - D.10%AGR-175	175	17/09/2022	15/10/2022	28	31950	15.00	177	181
09	Testigo 9 - D.10%AGR-175	175	17/09/2022	15/10/2022	28	30710	15.00	177	174

D.10%AGR -175 = Diseño patrón con reemplazo del 10%AGR - 175 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

Anexo 20: Cálculo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días muestra 15% agregado grueso reciclado.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

Tesista : VILLALOBOS ROMERO DENIS ANDERSON

Tesis : 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

Ubicación : Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

Fecha de vaciado : Sábado, 17 de septiembre del 2022.

Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	Testigo 1 - D.15%AGR-175	175	17/09/2022	24/09/2022	7	16890	15.00	177	96
02	Testigo 2 - D.15%AGR-175	175	17/09/2022	24/09/2022	7	15860	15.00	177	90
03	Testigo 3 - D.15%AGR-175	175	17/09/2022	24/09/2022	7	15100	15.00	177	85
04	Testigo 4 - D.15%AGR-175	175	17/09/2022	1/10/2022	14	22460	15.00	177	127
05	Testigo 5 - D.15%AGR-175	175	17/09/2022	1/10/2022	14	17090	15.00	177	97
06	Testigo 6 - D.15%AGR-175	175	17/09/2022	1/10/2022	14	18830	15.00	177	107
07	Testigo 7 - D.15%AGR-175	175	17/09/2022	15/10/2022	28	30030	15.00	177	170
08	Testigo 8 - D.15%AGR-175	175	17/09/2022	15/10/2022	28	29090	15.00	177	165
09	Testigo 9 - D.15%AGR-175	175	17/09/2022	15/10/2022	28	28120	15.00	177	159

D.15%AGR -175 = Diseño patrón con reemplazo del 15%AGR - 175 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

Anexo 21: Cálculo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días muestra 20% agregado grueso reciclado.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

Tesista : VILLALOBOS ROMERO DENIS ANDERSON

Tesis : 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

Ubicación : Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

Fecha de vaciado : Sábado, 17 de septiembre del 2022.

Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	Testigo 1 - D.20%AGR-175	175	17/09/2022	24/09/2022	7	16710	15.00	177	95
02	Testigo 2 - D.20%AGR-175	175	17/09/2022	24/09/2022	7	15840	15.00	177	90
03	Testigo 3 - D.20%AGR-175	175	17/09/2022	24/09/2022	7	14010	15.00	177	79
04	Testigo 4 - D.20%AGR-175	175	17/09/2022	1/10/2022	14	19150	15.00	177	108
05	Testigo 5 - D.20%AGR-175	175	17/09/2022	1/10/2022	14	18530	15.00	177	105
06	Testigo 6 - D.20%AGR-175	175	17/09/2022	1/10/2022	14	17840	15.00	177	101
07	Testigo 7 - D.20%AGR-175	175	17/09/2022	15/10/2022	28	25620	15.00	177	145
08	Testigo 8 - D.20%AGR-175	175	17/09/2022	15/10/2022	28	24450	15.00	177	138
09	Testigo 9 - D.20%AGR-175	175	17/09/2022	15/10/2022	28	24140	15.00	177	137

D.20%AGR -175 = Diseño patrón con reemplazo del 20%AGR - 175 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

Anexo 22: Ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 en las muestras de concreto permeable según NTP 339.034.







Anexo 23: Ensayo de permeabilidad en el concreto permeable.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

INFORME

Nombre: Villalobos Romero Denis Anderson
 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:

Ensayo: Permeabilidad del concreto permeable según norma ACI-522R

$$K = \frac{L \times A1}{T \times A2} \times \ln \left(\frac{H1}{H2} \right)$$

K= Coeficiente de permeabilidad del concreto (cm/s)
 L= Longitud de la muestra (cm)
 T= Tiempo requerido para pasar de H1 a H2 (s)
 A1= Área del tubo de ensayo (cm²)
 A2= Área del espécimen a ensayar (cm²)
 H1= Altura inicial del agua (cm)
 H2= Altura final del agua (cm)

A1= 82.68 cm²
 A2= 81.07 cm²

Tiempos registrados

	Tiempo (s)
<u>Muestra 0% AGR</u>	8.56
<u>Muestra 0% AGR</u>	9.32
<u>Muestra 0% AGR</u>	8.75
<u>Muestra 10% AGR</u>	9.72
<u>Muestra 10% AGR</u>	10.1
<u>Muestra 10% AGR</u>	9.54
<u>Muestra 15% AGR</u>	9.72
<u>Muestra 15% AGR</u>	9.04
<u>Muestra 15% AGR</u>	10.42
<u>Muestra 20% AGR</u>	10.56
<u>Muestra 20% AGR</u>	8.2
<u>Muestra 20% AGR</u>	8.69

Muestra	L (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	T (s)	K (cm/s)	K prom
Muestra Patrón	20.32	63	18	8.56	3.03	2.93
	20.32	63	18	9.32	2.79	
	20.32	63	18	8.75	2.97	
Muestra 10% Agregado Reciclado	20.32	63	18	9.72	2.67	2.65
	20.32	63	18	10.1	2.57	
	20.32	63	18	9.54	2.72	
Muestra 15% Agregado Reciclado	20.32	63	18	9.72	2.67	2.68
	20.32	63	18	9.04	2.87	
	20.32	63	18	10.42	2.49	
Muestra 20% Agregado Reciclado	20.32	63	18	10.56	2.46	2.87
	20.32	63	18	8.2	3.17	
	20.32	63	18	8.69	2.99	

Anexo 24: Ensayo de permeabilidad in situ según ASTM 1701.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

Tesista: Villalobos Romero Denis Anderson

Tesis: 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

Ensayo: Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete

Mediante la expresión:

$$I = \frac{KM}{D^2 * t}$$

- I= Tasa de infiltración, mm/hr (in/h)
 M= Masa de agua infiltrada, kg (lb).
 D= Diámetro interno del anillo, mm (in).
 T= Tiempo requerido para la infiltración, s.
 K= Constante 4 583 666 000 en SI o 126 870 para sistema inglés.

Etapa de pre-humedecimiento

Masa =	3.6	kg
t=	26.2	s

Utilizar 18 kg

Utilizar:

Masa=	18	kg
K=	458366000	mm ³ .s/(kg.h)
D=	303.00	mm
T=	126	s
I=	713.229	mm/hr
I=	0.019811921	cm/s

Anexo 25: Ensayo de abrasión concreto permeable muestra patrón.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

INFORME

Tesista : VILLALOBOS ROMERO DENIS ANDERSON
 Tesis : 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
 Ubicación : Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú
 Fecha de ensayo : 24/09/2022

ENSAYO : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la degradación del concreto permeable por impacto y abrasión

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 339.239

Muestra : Concreto permeable-Muestra patrón

I.- Ensayo de Abrasión

- Peso inicial antes del ensayo	9590.00
- Peso final después de las 500 revoluciones	4528.00

II.- Cálculos

- % de desgaste por abrasión	52.78
------------------------------	--------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el tesista.
- Método de ensayo a usar: Total 500 revoluciones

Anexo 26: Ensayo de abrasión concreto permeable muestra 10% agregado grueso reciclado.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

INFORME

Tesista : VILLALOBOS ROMERO DENIS ANDERSON
 Tesis : 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
 Ubicación : Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú
 Fecha de ensayo : 24/09/2022

ENSAYO : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la degradación del concreto permeable por impacto y abrasión

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 339.239

Muestra : Concreto permeable-Muestra 10%AGR

I.- Ensayo de Abrasión

- Peso inicial antes del ensayo	9024.00
- Peso final después de las 500 revoluciones	2978.00

II.- Cálculos

- % de desgaste por abrasión	67.00
-------------------------------------	--------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el tesista.
- Método de ensayo a usar: Total 500 revoluciones

Anexo 27: Ensayo de abrasión concreto permeable muestra 15% agregado grueso reciclado.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú**

INFORME

Tesista : VILLALOBOS ROMERO DENIS ANDERSON
Tesis : 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
Ubicación : Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú
Fecha de ensayo : 24/09/2022

ENSAYO : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la degradación del concreto permeable por impacto y abrasión

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 339.239

Muestra : Concreto permeable-Muestra 15%AGR

I.- Ensayo de Abrasión

- Peso inicial antes del ensayo	8472.00
- Peso final después de las 500 revoluciones	1712.00

II.- Cálculos

- % de desgaste por abrasión	79.79
------------------------------	--------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el tesista.
- Método de ensayo a usar: Total 500 revoluciones

Anexo 28: Ensayo de abrasión concreto permeable muestra 20% agregado grueso reciclado.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú

INFORME

Tesista : VILLALOBOS ROMERO DENIS ANDERSON
 Tesis : 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
 Ubicación : Av. San José María Escrivá N°855, Chiclayo-Perú
 Fecha de ensayo : 24/09/2022

ENSAYO : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la degradación del concreto permeable por impacto y abrasión

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 339.239

Muestra : Concreto permeable-Muestra 20%AGR

I.- Ensayo de Abrasión

- Peso inicial antes del ensayo	8048.00
- Peso final después de las 500 revoluciones	2180.00

II.- Cálculos

- % de desgaste por abrasión	72.91
-------------------------------------	--------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el tesista.
- Método de ensayo a usar: Total 500 revoluciones

Anexo 29: Plan de uso y mantenimiento de la estructura.

Si bien es cierto, el concreto permeable es una buena alternativa para la evacuación de las aguas pluviales en zonas donde se carece de drenaje superficial y a su vez que es una buena opción para poder captar el agua infiltrante producto de las precipitaciones; empero, en el Perú, esta práctica es escasa puesto que hasta la fecha la información es escasa tanto para el uso y mantenimiento que tendría que recibir a lo largo de la vida útil de la estructura. Es por ello por lo que se hace necesario contar con una guía que sirva de base para poder realizar el procedimiento de uso y mantenimiento de la estructura de concreto poroso que se plantea realizar.

Para poder definir el plan de uso y mantenimiento se debe tener en cuenta de las partes que cuenta una superficie de concreto poroso, la cual consiste en la estructura superficial de rodadura y como segunda capa se utiliza piedra grande (importante para llevar a cabo el procedimiento de infiltración de agua). Cuando la precipitación cae, el concreto permeable permite la infiltración de las aguas pluvias y a su vez también lleva a cabo la infiltración de los sedimentos depositados en la superficie de rodadura.

La superficie del concreto permeable es considerado un sistema filtrante, lo cual como cualquier filtro deberá llevar a cabo periódicamente mantenimientos que garanticen la no acumulación de sedimentos en la superficie del pavimento a lo largo de su vida útil.

ACTIVIDAD	FRECUENCIA
- Evitar el sello de la carpeta de rodadura con materiales impermeabilizantes (asfaltos o materiales selladores).	Constante
Limpieza de sedimentos. Limpieza de escombros.	Mensual
Mantener áreas verdes cercanas. Desviar el flujo excesivo de agua que pueda transportar sedimentos hacia la estructura pavimentada.	Según sea necesario
Verificar que la estructura de pavimento no presente deterioro por abrasión en la carpeta de rodadura.	Anual

Se deberá contemplar la revisión del plan de uso y mantenimiento del pavimento de concreto permeable luego del primer año de servicio verificando que se cumpla los requisitos iniciales de diseño.

La filosofía de mantenimiento consiste en monitorear constantemente la superficie de rodadura con la finalidad de evitar la excesiva acumulación de sedimentos y eliminar su acumulación en caso sea necesario.

Recomendaciones para su uso:

- Se recomienda evitar que vehículos pesados puedan estacionarse en el pavimento permeable puesto que por su peso podrían dañarlo.
- Se tendrá que limpiar de inmediato si existen derrames de aceites u otros líquidos que obstruyan los poros del concreto.
- Considerar la posibilidad que se construya el pavimento permeable junto con otras soluciones de drenaje como pueden ser zanjas de infiltración o jardines de lluvias para maximizar su capacidad de drenado.
- Realizar mantenimientos de forma regular para garantizar la vida útil de la estructura.
- Se deberá verificar la compatibilidad del pavimento permeable con el clima de la zona donde se desea ejecutar, puesto que las variaciones de las zonas climáticas y la temperatura pueden perjudicar gravemente al concreto permeable.

Recomendaciones para su mantenimiento:

- Se debe tener en consideración que, si existe áreas no pavimentadas adyacentes a la estructura de concreto permeable, se deberá protegerla de que estas áreas drenen sobre el pavimento poroso, puesto que los materiales suspendidos pueden llenar su contenido de vacíos y por consiguiente reducir la porosidad de la estructura comprometiendo su vida útil.
- Se debe dejar constancia sobre las precauciones especiales requeridas a fin de evitar la acumulación de sedimentos en la superficie del pavimento.
- Colocar carteles informativos a fin de que la población pueda identificar la estructura especial y que pueda tener cuidado para poder garantizar un rendimiento máximo.
- Realizar un ensayo in situ el día que entrará en funcionamiento el pavimento de concreto poroso para tener una línea de base de la infiltración óptima para la gestión de aguas pluviales y poder hacer posteriores comparaciones con pruebas a futuras a la estructura del pavimento.

- Inspeccione el pavimento permeable después de una lluvia y verifique la formación de charcos, los cuales son señales de que la estructura necesita una limpieza.
- El crecimiento de musgos podría presentar un problema, dichos musgos pueden ser tratados mediante el rociado de bicarbonato de sodio en la superficie. Cualquier tratamiento que se realizará en la superficie deberá contar con el previo estudio del impacto que causaría en el agua filtrante del pavimento.

Niveles para el mantenimiento

a) Mantenimiento rutinario:

Consiste en realizar frecuentemente inspecciones visuales (mínimamente 1 vez por mes) a la estructura de pavimento permeable con la finalidad de identificar escombros y sedimentos. Estas rutinas tienen como finalidad evitar que las partículas de escombros y sedimentos puedan ser acumulados de forma profunda en los vacíos del pavimento.

El procedimiento de limpieza deberá ser:

- Barrido con camión.
- Aspiración en seco de la superficie.

b) Mantenimiento periódico:

En zonas de climas frío es recomendable realizar mantenimientos periódicos antes del invierno inspeccionando que los vacíos del concreto se encuentren limpios y libres de materiales no comprimibles que impidan el libre drenaje y que pueda deteriorar la estructura del pavimento por el daño de congelación y descongelación.

Es recomendable realizar estos mantenimientos después de terminada la estación de invierno en zonas de climas fríos para poder eliminar material antideslizante. En zona de climas cálidos se realizará las inspecciones como mínima una cada 3 meses.

El procedimiento de limpieza será:

- Lavado a presión.
- Aspiración en seco de la superficie.

c) Limpieza profunda

Con el pasar de la vida útil del pavimento será necesario realizar una limpieza profunda generalmente si es que no existieron mantenimientos rutinarios y periódicos.

Si no se realizan los mantenimientos periódicos, los vacíos del pavimento estarán obstruidos, lo que conllevará a que la tasa de infiltración del pavimento decrezca en un 25%.

Se recomienda como sistema de limpieza profunda realizar un lavado a presión y aspiración de forma simultánea. Existen a la fecha fabricantes (extranjeros) que han desarrollado maquina capaz de realizar la aspiración de las partículas dañinas del pavimento de forma que pueda rehabilitar el pavimento permeable; es por ellos, que se recomienda utilizar dicha maquinaria y siguiendo el procedimiento de limpieza enmarcada por el fabricante.

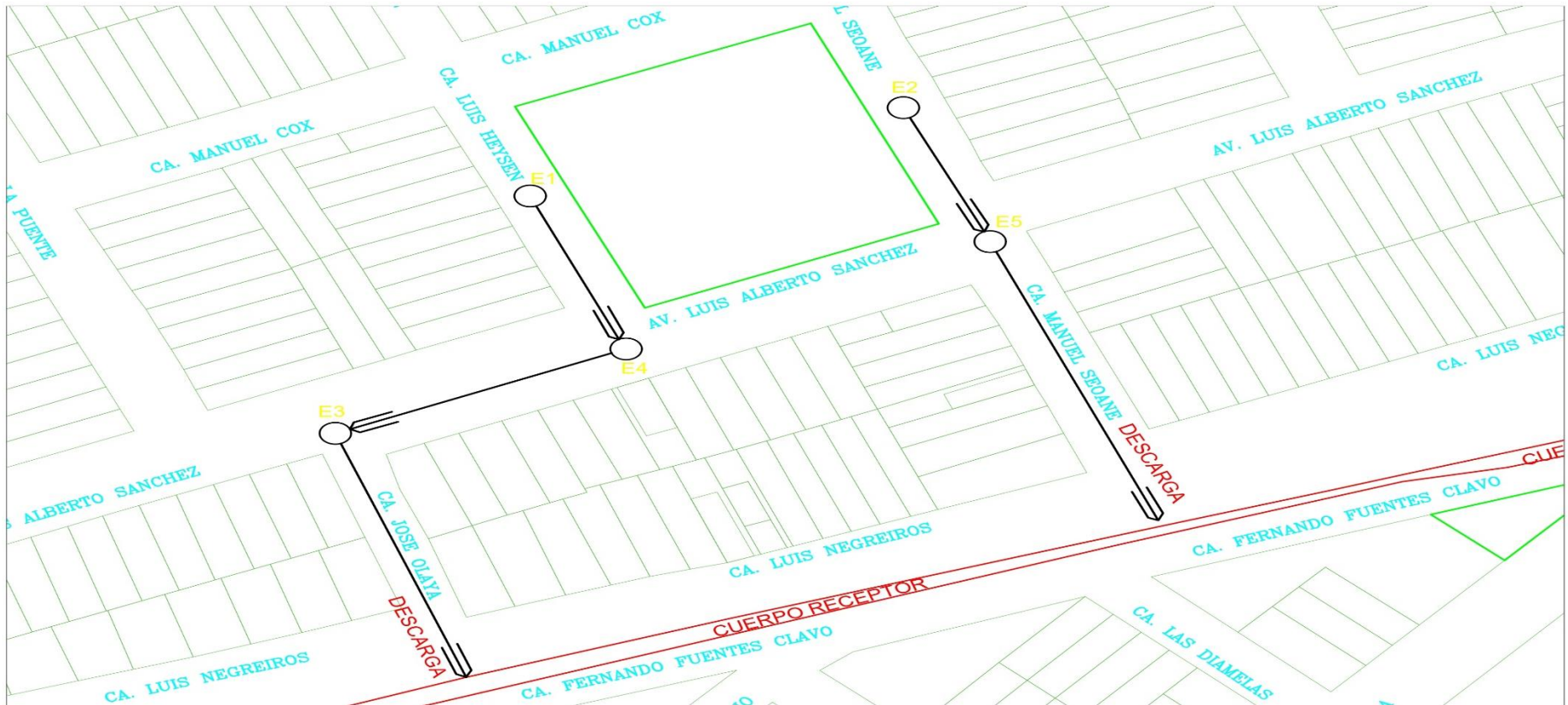
Si se utilizará productos químicos para su limpieza se deberá tener precaución en dañar y contaminar el agua filtrante de la estructura.

Los mantenimientos deberán quedar constatados en un registro donde se almacene mínimamente los siguientes datos:

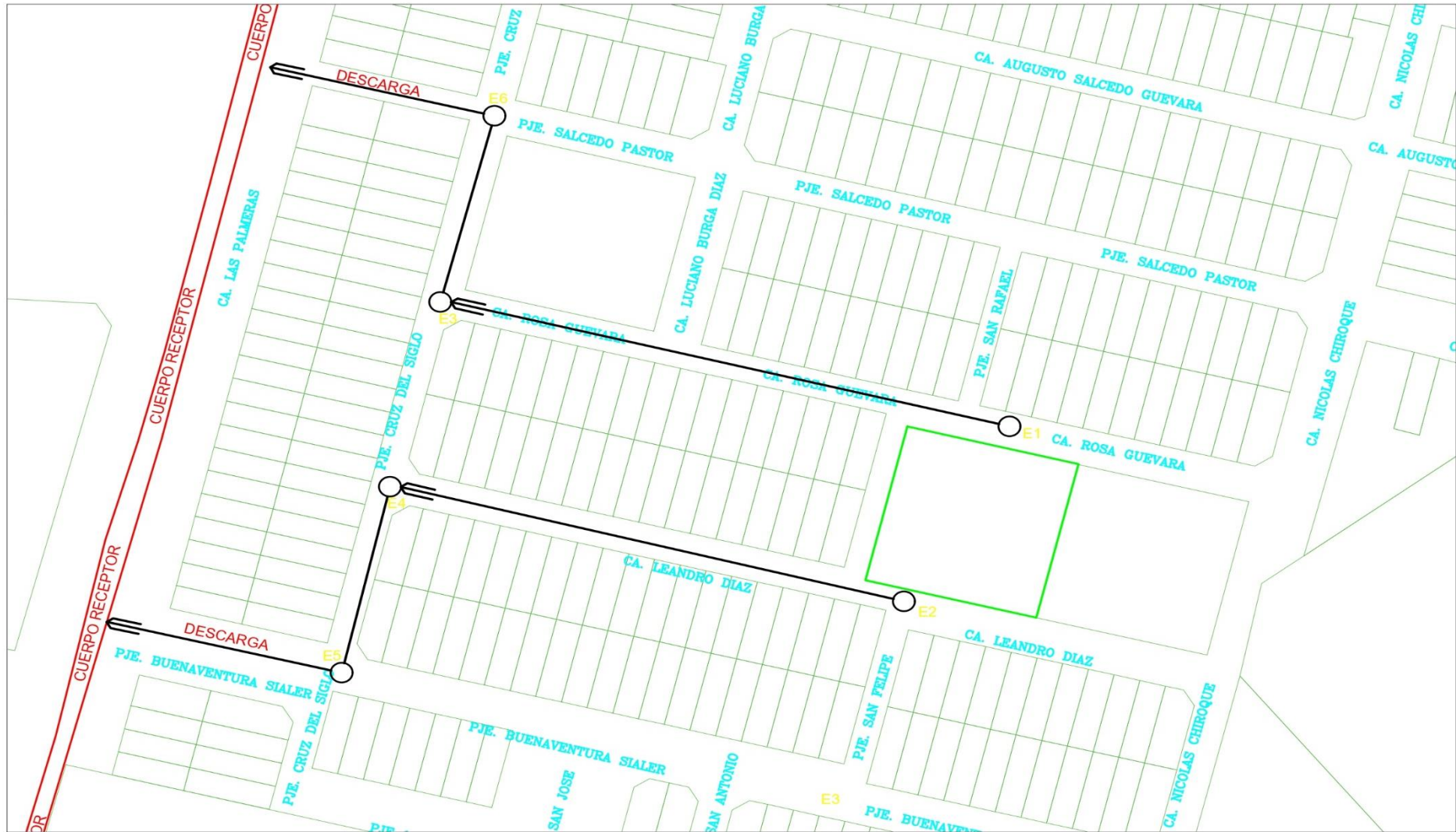
- Fecha del mantenimiento.
- Nombre de la persona/empresa que presta el servicio de mantenimiento.
- Tipo de mantenimiento a utilizar.
- Cantidad de partículas eliminadas resultado del mantenimiento.
- Observaciones generales antes y después del mantenimiento (evidenciado con panel fotográfico).
- Nombre y firma del profesional responsable.

La mejor forma de garantizar el correcto desempeño del pavimento permeable a lo largo de su vida útil es la prevención. Mantener el pavimento limpio de impurezas perjudiciales será responsabilidad de los propietarios; cuando se siguen los lineamientos de mantenimiento se podrá garantizar un pavimento duradero y que satisfaga en gran medida los requerimientos de diseño para lo cual fue puesto en servicio.

Anexo 30: Propuesta de drenaje pluvial para su implementación en el Distrito de Pueblo Nuevo.



TESIS: 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 Tarma, departamento de Lambayeque, 2020		 UNIVERSIDAD CATÓLICA SAN LUIS HERIBERTO DE MOYOBAMBA	LABOR: DP-01
TESISITA: VAL ALFONSO ROMERO DENNIS ANDERSON			
PLANO: PROPUESTA DE DRENAJE PLUVIAL PARA PARQUE P.J. INDIAMÉRICA			
CÉDULA: 800084	FECHA:		



TESIS: 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		UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOYBANEJA	
ASISTENTE: VILLALOBOS ROMERO DENIS ANDERSON		FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL	
PLANO: PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANILLA PARA PARQUE PROGRESIVA MANUEL ANTONIO MEDONES MUÑOZ		ESCALA: 1:1000	LÁMINA: DP-03

