

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"INFLUENCIA DEL ADITIVO IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN
PENETRON ADMIX EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y
PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE $f'c = 280 \text{ KG/CM}^2$ AL UTILIZAR
CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V"

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. YZQUIERDO ATALAYA NEISER DAVID

ASESOR:

Dr. Ing. MIGUEL ÁNGEL MOSQUEIRA MORENO

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** NEISER DAVID YZQUIERDO ATALAYA

DNI: 48688893

Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL

2. **Asesor:** Dr. Ing. MIGUEL MOSQUEIRA MORENO

Facultad: DE INGENIERÍA

3. **Grado académico o título profesional**

Bachiller

Título profesional

Segunda especialidad

Maestro

Doctor

4. **Tipo de Investigación:**

Tesis

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

5. **Título de Trabajo de Investigación:**

INFLUENCIA DEL ADITIVO IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN PENETRON ADMIX EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE F'c = 280 KG/CM² AL UTILIZAR CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V

6. **Fecha de evaluación:** 21/10/2024

7. **Software antiplagio:**

TURNITIN

URKUND (OURIGINAL) (*)

8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 11%

9. **Código Documento: Oid:** 3117:396809776

10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**

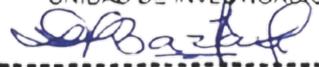
APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 21/10/2024



FIRMA DEL ASESOR

Dr. Ing. MIGUEL MOSQUEIRA MORENO
DNI: 26733060

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Dra. Ing. Laura Sofía Bazán Díaz
DIRECTORA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

Agradecimiento

Infinitas gracias a Dios por ser guía en el camino de mi vida y por permitirme ser la nueva persona que soy.

Un agradecimiento especial a mis padres Bernabé y Máxima quienes me apoyaron incondicionalmente en realizar este trabajo.

A mi familia Sánchez Huaripata y amigos que de una u otra forma colaboraron para poder concluir este trabajo de investigación.

A mi asesor Miguel Mosqueira, al ingeniero Edgar Saldaña, al ingeniero German y a todos los profesionales que compartieron sus conocimientos conmigo para tener un punto de partida en esta área de la ingeniería.

Dedicatoria

A mi hijo Rodrigo que es el amor y más grande tesoro de mi vida, a mi sobrino Esmith mi corazón, a mis adorados padres Máxima y Bernabé, a Rocío mi compañera de vida, a mi segunda madre Amalla, a mis hermanos Iván, Ana y Akemi, ustedes son mi alegría y todos juntos son mi felicidad.

Índice de Contenido

<i>Agradecimiento</i>	ii
<i>Dedicatoria</i>	iii
Índice de Contenido	iv
Índice de Tablas.....	vii
Índice de Figuras	x
Índice de Anexos	xii
Resumen	xiii
Abstract.....	xiv
CAPÍTULO I.....	15
1. Introducción.....	16
1.1. Planteamiento del Problema	16
1.2. Formulación del Problema.....	17
1.3. Hipótesis de la Investigación	17
1.4. Justificación de la Investigación	17
1.5. Alcances o Delimitación de la Investigación.....	17
1.6. Limitaciones.....	18
1.7. Objetivos:.....	18
1.7.1. Objetivo General:.....	18
1.7.2. Objetivos Específicos:	18
1.8. Descripción del Contenido:	19
CAPÍTULO II.....	20
2. Marco Teórico	21
2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación:	21
2.1.1. Antecedentes Internacionales:	21
2.1.2. Antecedentes Nacionales:	22
2.1.3. Antecedentes Locales:	23
2.2. Bases Teóricas:	24
2.2.1. El Concreto	24
2.2.2. Componentes del Concreto.....	24
2.2.3. Concreto de Baja Permeabilidad	28
2.2.4. Durabilidad del concreto.....	29
2.2.5. Aditivo Impermeabilizante por Cristalización.....	30
2.2.6. Penetron Admix	30
2.2.7. Propiedades Físico-Mecánicas del Concreto.....	31

2.2.8. Coeficiente de Permeabilidad con la Ecuación de Valenta.....	32
2.2.9. Dispositivo de ensayo de la permeabilidad	33
2.3. Definición de Términos Básicos:.....	34
CAPÍTULO III	36
3. Materiales y Métodos	37
3.1. Ubicación Geográfica de la Investigación:.....	37
3.2. Ubicación Geográfica de la Cantera.....	38
3.3. Tiempo de Realización de la Investigación:	39
3.4. Metodología.....	39
3.4.1. Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación.....	39
3.4.2. Población de Estudio	39
3.4.3. Muestra	39
3.4.4. Unidad de Análisis.....	40
3.5. Procedimiento	41
3.5.1. Ensayos Físico Mecánicos de los Agregados.....	42
3.5.2. Cemento.....	49
3.5.3. Agua.....	49
3.5.4. Diseño de Mezcla de Concreto Patrón.....	49
3.5.5. Diseño de mezcla de concreto con Aditivo Penetron Admix.....	52
3.5.6. Fabricación de Especímenes de Concreto.	52
3.5.7. Propiedades Físico Mecánicas del Concreto.....	52
3.6. Análisis y Presentación de Resultados.....	56
3.6.1. Propiedades Físico Mecánicas de los Agregados	56
3.6.2. Diseño de Mezcla de Concreto en Estado Seco y por m ³	56
3.6.3. Diseño de Mezcla de Concreto en Estado Seco y por Tanda.	57
3.6.4. Diseño de Mezcla de Concreto Corregido por Humedad en m ³	58
3.6.5. Diseño de Mezcla de Concreto Corregido por Humedad y por Tanda.....	59
3.6.6. Tratamiento y Presentación de Resultados de las Propiedades Físico Mecánicas del Concreto.....	60
CAPÍTULO IV	70
4. Análisis y Discusión de Resultados	71
4.1. Análisis de las Propiedades Físico Mecánicas de los Agregados.....	71
4.2. Análisis del Diseño de Mezcla del Concreto.....	71
4.3. Análisis de las Propiedades Físico-Mecánicas del Concreto.....	72
4.3.1. Análisis de la Resistencia a la Compresión.....	72
4.3.2. Análisis de la Porosidad del Concreto Utilizando Cemento Tipo I y Tipo V.....	73
4.3.3. Análisis de la Absorción del Concreto Utilizando Cemento Tipo I y Tipo V.....	73
4.3.4. Análisis de la Permeabilidad del Concreto.....	74

4.3.5. Análisis de la Permeabilidad vs Resistencia a Compresión del Concreto	75
4.4. Contraste de Hipótesis con los Resultados Obtenidos.....	77
CAPÍTULO V	78
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	79
5.1. Conclusiones	79
5.2. Recomendaciones	80
CAPÍTULO VI.....	81
Referencias Bibliográficas.....	82
Normas consultadas	84
Anexos	85

Índice de Tablas

Tabla 1.	<i>Clasificación de permeabilidad del concreto.....</i>	33
Tabla 2.	<i>Muestreo de la investigación.</i>	40
Tabla 3.	<i>Porción de muestra requerida para los ensayos de laboratorio.</i>	42
Tabla 4.	<i>Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso.</i>	43
Tabla 5.	<i>Cantidad mín. de muestra para ensayo de partículas que pasan el tamiz N° 200.</i>	44
Tabla 6.	<i>Propiedades de los agregados.....</i>	56
Tabla 7.	<i>Peso de los materiales de diseño secos por m³ (cemento tipo I).....</i>	56
Tabla 8.	<i>Peso de los materiales de diseño secos por m³ (cemento tipo V).....</i>	57
Tabla 9.	<i>Peso de los materiales de diseño secos por tanda (0.027 m³ < > para 4 probetas) con cemento tipo I.</i>	57
Tabla 10.	<i>Peso de los materiales de diseño secos por tanda (0.027 m³ < > para 4 probetas) con cemento tipo V.</i>	58
Tabla 11.	<i>Peso de los materiales corregido por humedad por m³ (cemento tipo I).</i>	58
Tabla 12.	<i>Peso de los materiales corregido por humedad por m³ (cemento tipo V).....</i>	58
Tabla 13.	<i>Peso de los materiales corregidos por humedad y por tanda (0.027 m³ < > para 4 probetas) con cemento tipo I.</i>	59
Tabla 14.	<i>Peso de los materiales corregidos por humedad y por tanda (0.027 m³ < > para 4 probetas) con cemento tipo V.</i>	59
Tabla 15.	<i>Resistencia a compresión del concreto elaborado con cemento tipo I a edades de 7,14 y 28 días de curado para diferentes porcentajes de aditivo.</i>	60
Tabla 16.	<i>Resistenciaaaa compresión del concreto elaborado con cemento tipoV a edades de 7,14 y 28 días de curado para diferentes porcentajes de aditivo.</i>	61
Tabla 17.	<i>Resistenciaia compresión a los 28 días de curado con cemento tipo I y tipo V para diferentes porcentajes de aditivo.....</i>	63
Tabla 18.	<i>Porosidad a los 28 días de curado utilizando cemento tipo I y tipo V.....</i>	64
Tabla 19.	<i>Absorción a los 28 días de curado utilizando cemento tipo I y tipo V.....</i>	64
Tabla 20.	<i>Coeficienteede permeabilidad y porcentaje de reducción de permeabilidad utilizando cemento tipo I.</i>	65
Tabla 21.	<i>Coeficienteede permeabilidad y porcentaje de reducción de permeabilidad utilizando cemento tipo V.....</i>	66
Tabla 22.	<i>Coeficiente de permeabilidad y resistencia a la compresión a los 28 días utilizando cemento tipo I.....</i>	67
Tabla 23.	<i>Coeficiente de permeabilidad y Resistencia a la compresión a los 28 días utilizando cemento tipo V.....</i>	68
Tabla 24.	<i>Requisitos granulométricos del agregado grueso.....</i>	85
Tabla 25.	<i>Husos granulométricos del agregado fino.</i>	86

Tabla 26.	<i>Carga abrasiva según tipo de gradación del material.</i>	86
Tabla 27.	<i>Número de capas de compactación necesarias por espécimen.</i>	86
Tabla 28.	<i>Diámetro de varilla empleada y número de varillados según el diámetro del cilindro de moldeado de especímenes de concreto.</i>	87
Tabla 29.	<i>Tolerancias en los tiempos de prueba de los especímenes de concreto.</i>	87
Tabla 30.	<i>Granulometría de agregado grueso – Ensayo núm. 01.</i>	88
Tabla 31.	<i>Granulometría de agregado grueso – Ensayo núm. 02.</i>	89
Tabla 32.	<i>Granulometría de agregado grueso – Ensayo núm. 03.</i>	90
Tabla 33.	<i>Granulometría de agregado fino – Ensayo núm. 01.</i>	91
Tabla 34.	<i>Granulometría de agregado fino – Ensayo núm. 02.</i>	92
Tabla 35.	<i>Granulometría de agregado fino – Ensayo núm. 03.</i>	93
Tabla 36.	<i>Cálculo de la densidad relativa y absorción del agregado fino.</i>	94
Tabla 37.	<i>Cálculo de la densidad relativa y absorción de agregado grueso.</i>	94
Tabla 38.	<i>Cálculo del contenido de humedad del agregado fino.</i>	95
Tabla 39.	<i>Cálculo del contenido de humedad del agregado grueso.</i>	95
Tabla 40.	<i>Cálculo del Peso específico del agua para determinar el Factor Agua “f”.</i>	95
Tabla 41.	<i>Cálculo del factor agua “f” para determinar el peso unitario del agregado fino.</i>	96
Tabla 42.	<i>Cálculo del factor agua “f” para determinar el peso unitario del agregado grueso.</i>	96
Tabla 43.	<i>Cálculo del Peso Unitario Suelto Seco del agregado fino.</i>	96
Tabla 44.	<i>Cálculo del Peso Unitario Seco Compactado del agregado fino.</i>	96
Tabla 45.	<i>Cálculo del Peso Unitario Suelto Seco del agregado grueso.</i>	97
Tabla 46.	<i>Cálculo del Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso.</i>	97
Tabla 47.	<i>Ensayo de partículas menores al tamiz núm. 200 del agregado fino.</i>	97
Tabla 48.	<i>Ensayo de partículas menores al tamiz núm. 200 del agregado grueso.</i>	97
Tabla 49.	<i>Resistencia Promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.</i>	104
Tabla 50.	<i>Consistencia, Asentamiento y Trabajabilidad del concreto.</i>	104
Tabla 51.	<i>Requerimientos de agua en L/m³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada.</i>	104
Tabla 52.	<i>Relación agua / cemento para diseño de mezcla por durabilidad.</i>	105
Tabla 53.	<i>Módulo de fineza de la combinación de agregados.</i>	105
Tabla 54.	<i>Diseño de mezclas del concreto patrón utilizando cemento tipo I.</i>	106
Tabla 55.	<i>Diseño de mezclas del concreto patrón utilizando cemento tipo V.</i>	109
Tabla 56.	<i>Resistencia a la compresión del concreto patrón utilizando cemento tipo I.</i>	112
Tabla 57.	<i>Resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento tipo I más 0.80% de aditivo.</i>	113

Tabla 58.	<i>Resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento tipo I más 1.0% de aditivo.</i>	114
Tabla 59.	<i>Resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento tipo I más 1.5% de aditivo.</i>	115
Tabla 60.	<i>Resistencia a la compresión del concreto patrón utilizando cemento tipo V.</i>	116
Tabla 61.	<i>Resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento tipo V más 0.8% de aditivo.</i>	117
Tabla 62.	<i>Resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento tipo V más 1.0% de aditivo.</i>	118
Tabla 63.	<i>Resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento tipo V más 1.5% de aditivo.</i>	119
Tabla 64.	<i>Diámetros y alturas de especímenes de concreto elaborados con cemento tipo I.</i>	120
Tabla 65.	<i>Diámetros y alturas de especímenes de concreto elaborados con cemento tipo V.</i>	121
Tabla 66.	<i>Porosidad y absorción del concreto elaborado con cemento tipo I.</i>	122
Tabla 67.	<i>Porosidad y absorción del concreto elaborado con cemento tipo V.</i>	123
Tabla 68.	<i>Coefficiente de permeabilidad del concreto elaborado con cemento tipo I.</i>	124
Tabla 69.	<i>Coefficiente de permeabilidad del concreto elaborado con cemento tipo V.</i>	125

Índice de Figuras

Figura 1.	<i>Curva granulométrica normada.</i>	26
Figura 2.	<i>Permeabilidad del concreto en función a la relación agua/cemento.</i>	29
Figura 3.	<i>Permeámetro de carga constante.</i>	34
Figura 4.	<i>Ubicación geográfica de la investigación.</i>	37
Figura 5.	<i>Flujograma del trabajo de investigación.</i>	41
Figura 6.	<i>Resistencia a la compresión vs días de curado utilizando cemento tipo I.</i>	60
Figura 7.	<i>Resistencia a la compresión agrupado por días de curado utilizando cemento tipo I.</i>	61
Figura 8.	<i>Resistencia a la compresión vs días de curado utilizando cemento tipo V.</i>	62
Figura 9.	<i>Resistencia a la compresión agrupado por días de curado utilizando cemento tipo V.</i>	62
Figura 10.	<i>Resistencia a compresión vs porcentaje de aditivo a los 28 días de curado utilizando cemento tipo I y tipo V.</i>	63
Figura 11.	<i>Porosidad vs porcentaje de aditivo utilizando cemento tipo I y tipo V.</i>	64
Figura 12.	<i>Absorción vs porcentaje de aditivo utilizando cemento tipo I y tipo V.</i>	65
Figura 13.	<i>Coefficiente de permeabilidad agrupado por días de ensayo, con cemento tipo I.</i>	66
Figura 14.	<i>Coefficiente de permeabilidad agrupado por días de ensayo utilizando cemento tipo V.</i>	67
Figura 15.	<i>Resistencia a la compresión vs coeficiente de permeabilidad vs porcentaje de aditivo utilizando cemento tipo I.</i>	68
Figura 16.	<i>Resistencia a la compresión vs coeficiente de permeabilidad vs porcentaje de aditivo utilizando cemento tipo V.</i>	69
Figura 17.	<i>Curva granulométrica del agregado grueso – Ensayo núm. 01.</i>	88
Figura 18.	<i>Curva granulométrica del agregado grueso – Ensayo núm. 02.</i>	89
Figura 19.	<i>Curva granulométrica del agregado grueso – Ensayo núm. 03.</i>	90
Figura 20.	<i>Curva granulométrica del agregado fino – Ensayo núm. 01.</i>	91
Figura 21.	<i>Curva granulométrica del agregado fino – Ensayo núm. 02.</i>	92
Figura 22.	<i>Curva granulométrica del agregado fino – Ensayo núm. 03.</i>	93
Figura 23.	<i>Adquisición de agregado fino y grueso de la cantera “Aguilar” Baños del Inca.</i>	126
Figura 24.	<i>Tamizaje de los agregados para determinar la granulometría.</i>	126
Figura 25.	<i>Determinación del peso específico del agua.</i>	127
Figura 26.	<i>Determinación del peso específico del agregado fino.</i>	127
Figura 27.	<i>Determinación del peso específico del agregado grueso.</i>	128
Figura 28.	<i>Determinación del peso unitario suelto de los agregados.</i>	128
Figura 29.	<i>Determinación del peso unitario compactado de los agregados.</i>	129
Figura 30.	<i>Presentación de los materiales (cemento y aditivo).</i>	129
Figura 31.	<i>Preparación de los materiales por tanda.</i>	130

Figura 32. <i>Medida del asentamiento del concreto.</i>	130
Figura 33. <i>Llenado, chuzado y eliminación de vacíos del concreto en el molde.</i>	131
Figura 34. <i>Pulido y acabado de especímenes de concreto de 6x12'' y de 6x6''.</i>	131
Figura 35. <i>Curado de especímenes de concreto en la poza de curado.</i>	132
Figura 36. <i>Ensayo a compresión a los 7 días con cemento tipo I y tipo V.</i>	132
Figura 37. <i>Ensayo a compresión a los 14 días con cemento tipo I y tipo V bajo la supervisión del asesor y técnico de laboratorio.</i>	133
Figura 38. <i>Ensayo a compresión a los 28 días con cemento tipo I y tipo V bajo la supervisión del asesor.</i>	133
Figura 39. <i>Fabricación y calibración del permeámetro de presión constante.</i>	134
Figura 40. <i>Preparación de especímenes de concreto para el ensayo de permeabilidad.</i>	134
Figura 41. <i>Muestras de concreto en el permeámetro a ser ensayadas a las 24 horas.</i>	135
Figura 42. <i>Muestras de concreto en el permeámetro a ser ensayadas a los 4 días.</i>	135
Figura 43. <i>Muestras de concreto en el permeámetro a ser ensayadas a los 7 días.</i>	136
Figura 44. <i>Muestras de concreto en el permeámetro a ser ensayadas a los 14 días bajo supervisión del asesor.</i>	136
Figura 45. <i>Muestras de concreto en el permeámetro a ser ensayadas a los 28 días.</i>	137
Figura 46. <i>Presión de trabajo controlado en los manómetros del compresor y tablero.</i>	137
Figura 47. <i>Ensayo a tracción indirecta de los especímenes luego de retirarlos del permeámetro.</i>	138
Figura 48. <i>Profundidad de penetración de agua en las muestras de concreto.</i>	139

Índice de Anexos

Anexo 1.	Tablas para Determinar las Propiedades Físico Mecánicas de los Agregados.....	85
Anexo 2.	Propiedades físico mecánicas de los agregados.	88
Anexo 3.	Ficha técnica del aditivo impermeabilizante por cristalización Penetron Admix.	98
Anexo 4.	Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo I.	100
Anexo 5.	Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo V.....	102
Anexo 6.	Tablas utilizadas en el diseño de mezcla.	104
Anexo 7.	Diseño de mezclas de concreto.....	106
Anexo 8.	Cálculo y Resultados de la Resistencia a Compresión.....	112
Anexo 9.	Diámetros y alturas para determinar la porosidad y absorción del Concreto.....	120
Anexo 10.	Cálculo y resultados de la porosidad y absorción del concreto.....	122
Anexo 11.	Cálculo y resultados del Coeficiente de Permeabilidad del Concreto.....	124
Anexo 12.	Panel fotográfico de procesos realizados en la presente investigación.	126
Anexo 13.	Certificado de laboratorio.	140

Resumen

El concreto presenta poros y fisuras que lo hacen susceptibles al ingreso de agua y agentes contaminantes que aceleran el deterioro normal del mismo y de los elementos inmersos en él, por lo que se requiere contrarrestar este problema mediante la formación de cristales que eviten el paso del agua en cualquier dirección, es así que en la investigación se determina la influencia del aditivo impermeabilizante por cristalización Penetron Admix en la resistencia a la compresión y permeabilidad de un concreto de $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ al utilizar cemento portland tipo I y tipo V, elaborándose 120 probetas de 6 x 12'' para el ensayo a compresión y 56 probetas de 6'' x 6'' para el ensayo de permeabilidad del concreto. Los especímenes se agruparon en cuatro bloques para cada tipo de cemento utilizado, el primer bloque fue un concreto patrón mientras que los tres restantes tuvieron una adición de impermeabilizante por cristalización en proporciones de 0.80%, 1.00% y 1.50% obteniendo que la resistencia a la compresión a los 28 días de curado el concreto elaborado con cemento tipo I aumentó en 10.87%, 11.96% y 10.03% respectivamente, asimismo, cuando se utilizó cemento tipo V la resistencia incrementó 3.39% para la adición de 0.8% de aditivo mientras que para las adiciones de 1.00% y 1.50% disminuyó en 3.15% y 6.70%. La permeabilidad del concreto elaborado con cemento tipo I a los 4 días bajo presión de agua se acortó en 37.34%, 41.53% y 48.77% para el concreto con 0.80%, 1.00% y 1.50% de aditivo; a los 28 días la permeabilidad redujo en 87.94%, 89.38%, 91.92% para cada porcentaje de aditivo. El concreto elaborado con cemento tipo V más la adición de Penetron Admix en proporciones de 0.08%, 1.00% y 1.50% del peso del cemento, a los 4 días bajo presión de agua la permeabilidad aminoró 27.02%, 32.18% y 28.24%; a los 28 días la permeabilidad del concreto se redujo en 84.57%, 86.57% y 85.14%. concluyendo que el aditivo usado en proporciones de 0.80% y 1.00% del peso del cemento tipo I y 0.80% del peso del cemento tipo V, influye positivamente en la elaboración de concreto.

Palabras Claves: Aditivo Penetron Admix, Cemento tipo I, Cemento tipo V, impermeabilizante por cristalización, Permeabilidad, Resistencia a Compresión.

Abstract

Concrete has pores and fissures that make it susceptible to the ingress of water and contaminating agents that accelerate the normal deterioration of the concrete and the elements immersed in it, therefore it is necessary to counteract this problem by the formation of crystals that prevent the passage of water in any direction, thus the investigation determines the influence of the waterproofing additive by crystallization Penetron Admix on the compressive strength and permeability of a concrete of $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ when using type I and type V Portland cement, 120 6 x 12" test tubes being prepared for the compression test and 56 6" x 6" test tubes for the concrete permeability test. The specimens were grouped into four blocks for each type of cement used, the first block was a pattern concrete while the remaining three had an addition of waterproofing by crystallization in proportions of 0.80%, 1.00% and 1.50% obtaining that the compressive strength at 28 days of curing the concrete made with type I cement increased by 10.87%, 11.96% and 10.03% respectively, also, when type V cement was used the strength increased 3.39% for the addition of 0.8% of additive while for the additions of 1.00% and 1.50% it decreased by 3.15% and 6.70%. The permeability of concrete made with type I cement at 4 days under water pressure was shortened by 37.34%, 41.53% and 48.77% for concrete with 0.80%, 1.00% and 1.50% of additive; at 28 days the permeability was reduced by 87.94%, 89.38%, 91.92% for each percentage of additive. Concrete made with type V cement plus the addition of Penetron Admix in proportions of 0.08%, 1.00% and 1.50% of the cement weight, at 4 days under water pressure the permeability decreased by 27.02%, 32.18% and 28.24%; at 28 days the permeability of the concrete was reduced by 84.57%, 86.57% and 85.14%. concluding that the additive used in proportions of 0.80% and 1.00% of the weight of type I cement and 0.80% of the weight of type V cement, positively influences the production of concrete.

Keywords: Penetron Admix Additive, Type I Cement, Type V Cement, waterproofing by crystallization, Permeability, Compressive Strength.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1. Introducción.

1.1. Planteamiento del Problema

Durante décadas el concreto es uno de los elementos más importantes en la construcción, el cual en su forma más simple está constituido por agregados, agua y cemento; no obstante, este elemento estructural está expuesto a diversos daños, lo que conllevó a la implementación de nuevas tecnologías e incorporación de diferentes elementos que mejoren sus propiedades de resistencia, trabajabilidad, duración, impermeabilidad entre otras, (Matallana, R. 2019).

En la durabilidad del concreto, la resistencia a la compresión ($f'c$) es una de las variables más importantes a controlar que depende de muchos factores como la calidad de agregados, las condiciones de elaboración de la mezcla entre otras, así como el empleo de aditivo que producen variaciones en algunas de sus propiedades, (Fernández et al., 2016)

La permeabilidad del concreto está asociada a su vulnerabilidad al ataque de muchas sustancias que lo pueden deteriorar, de hecho, una de las causas de deterioro del concreto, se presenta especialmente en estructuras hidráulicas, ya que el agua tiende a concentrarse en diferentes partes de la misma afectados diversos tipos de elementos estructurales (Sánchez, D., 2011).

Uno de los problemas más comunes y perjudiciales para el concreto es la permeabilidad y micro fisuración, Debido a que puede facilitar la entrada de sustancias agresivas que, al interactuar con ciertos componentes del concreto o del acero de refuerzo, provocan reacciones químicas como el ataque de sulfatos, la corrosión y el hielo-deshielo. Estos efectos pueden ser perjudiciales para la durabilidad, la sustentabilidad, la disminución del tiempo de vida útil y los altos costos de mantenimiento y/o reparación (Sotomayor, C. 2020).

En la ciudad de Cajamarca, existen zonas que presentan un alto grado de humedad y que sobre ellas viene construyéndose diversos tipos de estructuras que posteriormente son afectadas, pues las fisuras no estructurales y permeabilidad natural del concreto facilita el ingreso del agua y como consecuencia el deterioro de dichas estructuras.

Estos factores conllevan a la necesidad de utilizar la tecnología del aditivo impermeabilizante por cristalización.

1.2. Formulación del Problema

¿En cuánto influye el aditivo impermeabilizante por cristalización PENETRON ADMIX en la resistencia a la compresión y permeabilidad de un concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ al utilizar cemento portland tipo I y tipo V?

1.3. Hipótesis de la Investigación

El aditivo impermeabilizante por cristalización PENETRON ADMIX en cantidad de 0,8%, 1.0 % y 1.5% del peso del cemento Portland Tipo I y Tipo V en un concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ aumenta su resistencia a la compresión más de 10 % y disminuye la permeabilidad más de 30%.

1.4. Justificación de la Investigación

La investigación se realiza con el fin de implementar una alternativa de tecnología de concreto impermeable mediante cristales para impedir el paso de la humedad o del agua al interior de este y así evitar el deterioro prematuro de las estructuras.

El uso de los aditivos en el concreto no siempre ha sido evaluado, es por ello que en esta investigación científica la influencia del aditivo PENETRON ADMIX en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto se realizará mediante ensayos tanto en estado fresco como en estado endurecido para asegurar la calidad, durabilidad y eficiencia de las estructuras de construcción.

Con esta investigación se obtendrá conocimiento del comportamiento en resistencia y permeabilidad del concreto con aditivo y uso de cemento tipo I y tipo V.

1.5. Alcances o Delimitación de la Investigación

- Para diseñar la mezcla se utilizó el procedimiento del módulo de fineza de la combinación de agregados
- Se utilizó el aditivo impermeabilizante por cristalización PENETRON ADMIX en cantidades de 0.8%, 1.0% y 1.5% del peso del cemento para aumentar la durabilidad del concreto mediante el sellado de fisuras y poros.

- El cemento que se utilizó fue Pacasmayo tipo I de uso general, mismo que no requiere de condiciones especiales en las estructuras, asimismo, el cemento Pacasmayo tipo V que presenta una alta resistencia a los sulfatos.
- Los agregados fueron provenientes de la cantera “Aguilar” ubicada a orillas del río Chonta en el distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca.

1.6. Limitaciones

- No se evaluó la regeneración de fisuras mediante la formación de cristales.
- No se estudió el comportamiento del aditivo frente a las contracciones por secado del concreto ni por ciclos de congelación y descongelación.
- No se realizó estudios del concreto con relaciones agua cemento diferentes a 0.50.
- La permeabilidad del concreto se trabajó bajo los criterios de la norma EN 12390 y NTC 4483 y no con la norma NCh2262.Of97 ni de la norma DIN 1048.

1.7. Objetivos:

1.7.1. Objetivo General:

- Determinar la influencia del aditivo impermeabilizante por cristalización PENETRON ADMIX en la resistencia a la compresión y permeabilidad de un concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ al utilizar cemento portland tipo I y tipo V.

1.7.2. Objetivos Específicos:

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto al utilizar el aditivo impermeabilizante por cristalización en cantidades de 0,8%, 1.0 % y 1.5% del peso del cemento Portland Tipo I y Tipo V.
- Determinar el grado de impermeabilidad del concreto elaborado con aditivo impermeabilizante por cristalización en cantidades de 0,8%, 1.0 % y 1.5% del peso del cemento Portland Tipo I y Tipo V.
- Realizar el estudio comparativo entre los resultados obtenidos del concreto con y sin aditivo en estado endurecido.

1.8. Descripción del Contenido:

La presente investigación está agrupada en cinco capítulos, mismos que se resumen como sigue:

- **Capítulo I: Introducción**

Se muestra el contexto y el problema de la investigación, la justificación o importancia de ésta, los alcances y objetivos de la misma.

- **Capítulo II: Marco Teórico**

Presenta los antecedentes teóricos de la investigación en donde se resalta las indagaciones de carácter parecido al tema central de investigación, abarcando un nivel local, nacional e internacional; también se presenta las bases teóricas, en las que se menciona los conceptos suficientes y necesarios que faciliten el desarrollo de la presente investigación.

- **Capítulo III: Materiales y Métodos**

Se especifica la ubicación geográfica donde está elaborada la investigación, además del tiempo o época en la que se realizó la misma. Se detalla los procedimientos cronológicamente que se realizan en el experimento. Se muestra también el procesamiento de datos de cada variable y cómo se presentaron las mismas.

- **Capítulo IV: Análisis y Discusión de Resultados**

Se describe, explica y discuten los resultados obtenidos comparándolos además con normas vigentes y literaturas mencionadas en antecedentes teóricos.

- **Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones**

Se anota las conclusiones de la investigación en base a los objetivos planteados y resultados obtenidos, asimismo, se registran recomendaciones que son necesarias para ampliar la investigación respecto al tema en trabajo.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2. Marco Teórico

2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación:

2.1.1. Antecedentes Internacionales:

Bornand, J. (2012), en Chile, en la tesis “Evaluación del desempeño de aditivos impermeabilizantes por cristalización como agentes promotores de la durabilidad del hormigón confeccionado con cementos Pórtland puzolánicos” llegó a determinar que a edades tempranas, hasta 14 días, se genera un aumento en la resistencia a compresión en los hormigones con el aditivo de alrededor de un 10%; un 7% a la edad de 28 días y un 5 % a la edad de 180 días; por su parte, el uso de cemento portland común más el mismo aditivo tiene un aumento de la resistencia a la compresión promedio del 15%. En cuanto a la retracción, observó que los hormigones con el aditivo sufren retracciones levemente menores que los hormigones sin la adición, asimismo, los concretos con aditivo disminuyen en 50% la absorción capilar, reducen en 30% el índice de vacíos permeables y finalmente la penetración de agua bajo presión hidrostática del concreto con aditivo impermeabilizante disminuye en 27 % respecto del concreto sin aditivo.

Itriago, R. (2021), en Italia, en la tesis de maestría “Estudio del desempeño de aditivos impermeabilizantes capaces de promover la Autoregeneración en concreto” evaluó la influencia de los aditivos impermeabilizantes por cristalización Admixplus y Multiseal como tratamiento en la promoción del hormigo autor-reparador. El ensayo consta de tres fases que son: el pre-daño, en donde se cran las probetas a estudiar; daño, donde se genera grietas empleando una prueba de resistencia a la compresión en modo de desplazamiento controlado; post-daño, después del procedimiento de hacer las fisuras, las muestras se mantienen durante un cierto período en diferentes condiciones de exposición (sumergidas en agua, expuestas al aire o con agua pulverizada). En cada etapa, las mediciones se realizaron mediante la prueba de velocidad de pulso ultrasónico, que nos proporciona conocimientos sobre las muestras agrietadas en cada fase de la campaña. Los resultados obtenidos fueron que los aditivos Admixplus y Multiseal mejoraron la resistencia a la compresión en 21,7% y 7% respectivamente en relación a las de referencia.

Tan et al. (2023), en el estudio realizado en china sobre “Efecto de los materiales impermeabilizantes capilares cristalinos cementicios sobre las propiedades mecánicas y de impermeabilidad de los compuestos cementicios de ingeniería con análisis microscópico” en la cual incorpora los aditivos impermeabilizantes por cristalización tipo XYPEX de Canadá y tipo SY1000 de China a la mezcla de concreto en proporciones de 0.0%, 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% demostrando que al aumentar las proporciones de aditivo, las propiedades mecánicas y de impermeabilidad crecieron y luego disminuyeron logrando así un mejor resultado cuando la dosis fue del 1.0% siendo los valores en este caso para la resistencia a la compresión de 53.8 MPa el cual representa el 7.95% mayor al grupo de referencia (concreto sin aditivo). En cuanto a la permeabilidad el uso de XYPEX al 1.0% y SY1000 también al 1.0% presentaron alturas de permeación de 26 mm y 28 mm respectivamente el cual representa 69.77% y 68.18% más bajas que el grupo de referencia, asimismo, en cuanto al coeficiente de penetración de iones cloruro los valores fueron de $0.15 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ y $0.10 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ para cada aditivo al 1.0% que son 68,75% y 79,17% correspondientemente menores que los del grupo de referencia.

2.1.2. Antecedentes Nacionales:

Barreda, W. y Cahuata, F (2018), en Arequipa, en su tesis “evaluación de la permeabilidad del concreto utilizando aditivos impermeabilizantes por cristalización aplicado a estructuras hidráulicas de concreto armado” establece que los mejores resultados de impermeabilidad con el aditivo se presentan para relaciones agua/cemento de 0.35, 0.40, 0.45 y 0.50, obteniéndose así una mejoría en la resistencia a compresión de 5.4%, 5.6%, 4.6% y 2.8% respectivamente para cada relación agua-cemento, asimismo, en la absorción capilar el aditivo impermeabilizante por cristalización tiende a reducir la absorción a partir del primer día de entrar en contacto con el agua, obteniéndose valores de 13%, 7%, 12% y 15% para la absorción inicial y 42%, 28%, 25% y 25% para la absorción secundaria, esto para cada relación agua cemento en el orden de menor a mayor descrito líneas anteriores de este mismo párrafo; respecto a la infiltración del concreto, esta se reduce en un 20%, 17%, 17% y 13% correlativamente respecto de un concreto sin aditivo y para cada relación agua cemento; también se reduce la porosidad del concreto en un 13 %, 11%, 10% y 8%; se disminuye la penetración del agua en valores de 31%, 35%, 38% y 29% para las relaciones agua cemento de 0.35, 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente. En este estudio la dosificación del aditivo fue de 2% del peso del cemento para todas las relaciones agua cemento.

Cruzado, J (2022) En los ensayos realizados en la ciudad de Trujillo en su tesis “Influencia del aditivo Sika Wt200p en la resistencia a la compresión y permeabilidad de concretos para estructuras hidráulicas” determinó que la resistencia a la compresión haciendo uso del aditivo impermeabilizante por cristalización Sika WT – 200P aumentó en promedio el 12.23% a los tres días, 5.88% a los siete días, 8.36% a los 28 días de curado y en 7.55% a los 56 días, asimismo, en el ensayo de profundidad de penetración de agua bajo presión para determinar la permeabilidad del concreto se determinó que en el concreto patrón la profundidad de penetración de agua alcanzó 36.51 mm mientras que al utilizar el aditivo impermeabilizante por cristalización la penetración de agua disminuyó a 21.9 mm concluyendo que se disminuyó la permeabilidad del concreto en 40.02 %. Cabe precisar que el autor de este estudio compara los resultados de un concreto patrón con un concreto adicionado únicamente al 1.0% del peso del cemento.

Fernández, G. y Huamán, J. (2019) en la investigación realizada en la ciudad de Lima denominada “Evaluación del uso del aditivo impermeabilizante por cristalización para reducir la permeabilidad y mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm²” demostraron que la resistencia del concreto a los 28 días fue de 359.67 kg/cm² para el concreto patrón, mientras que para el concreto con aditivo en proporciones del 1%, 2%, 3% la resistencias obtenidas fueron de 421 kg/cm², 419 kg/cm² y 382.67 kg/cm² proporcionalmente siendo esto una mejoría en la resistencia a la compresión de 17.05%, 16.50% y 6.39% concordantemente a cada porcentaje de aditivo añadido. En cuanto a la absorción y en relación al concreto patrón, los resultados revelan una reducción de la misma en cantidades de 6.90%, 24.00% y 34.78% para cada proporción de aditivo. Por otra parte, el índice de vacíos también reduce progresivamente a medida que la cantidad de aditivo utilizado es mayor, esto es 5.88% menos de vacíos para la adición de 1.0%, 38.46% menos de vacíos para el 2.0% de aditivo y 56.52% menos de vacíos en el concreto endurecido para la adición del 3.0% del peso del cemento.

2.1.3. Antecedentes Locales:

En la ciudad de Cajamarca no se encontraron publicaciones o estudios referentes al presente tema de investigación planteado.

2.2. Bases Teóricas:

2.2.1. El Concreto

Matallana, R. (2019) menciona que es el material de mayor uso en la construcción y que de cara al futuro no hay material que lo reemplace, pues este es una mezcla constituida por agregados, material cementante, agua aire y en algunas ocasiones aditivos, que cuando se encuentran en estado fresco o en condición plástica admite cualquier forma, asimismo, cuando logra endurecerse este presenta resistencia a esfuerzos mecánicos, además de tener la cualidad de ser durable frente a diversas acciones, es así que puede considerarse como una roca artificial creada por el hombre.

2.2.2. Componentes del Concreto

2.2.2.1. Cemento Portland

Es un conglomerante hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker, cuya principal propiedad es la de formar masas pétreas resistentes y duraderas cuando se mezcla con áridos y agua, además, el endurecimiento de la mezcla permite dar forma de piedra artificial con las cualidades de moldeabilidad, durabilidad y resistencia tanto al aire como al agua, lo que hacen que los productos derivados del cemento sean materiales básicos en la construcción de edificios y obras públicas. (Sanjuán, M. & Chinchón, S., 2014)

2.2.2.1.1. Tipos de Cemento Portland

La norma ASTM-C150-M12 especifica hasta 10 tipos, esto es de acuerdo al uso o a la necesidad requerida en obra mismos que deberían cumplir todos los requisitos presentes en ella. En dicha norma también se aclara que algunos tipos de cementos no se cuenta en stock en el mercado de cada país por lo que sugiere una investigación previa antes de realizar el diseño de concreto con estos cementos.

Para el presente estudio se consideró el uso de dos de ellos y se detalla el uso y aplicaciones de los cementos Portland como sigue:

- ***El Cemento Portland Tipo I.-*** Se utiliza en mortero y estructuras de concreto de uso ordinario, cuando no se requieren propiedades concretas, en hormigones que no estén sujetos a agentes agresivos como la existencia de sulfatos en el terreno o agua.

- ***El Cemento Portland Tipo V.-*** Este cemento, además, de la recomendación de uso en edificaciones, estructuras industriales, puentes, obras portuarias, perforaciones y en general en todas aquellas estructuras de volumen considerable, y en climas cálidos también es recomendado para trabajos donde se solicite elevada resistencia a los sulfatos. Esto se aplica a obras portuarias que están exteriorizadas al agua de mar, se puede encontrar en canales, alcantarillas, túneles y suelos con una alta concentración de sulfatos; estos cementos aumentan su resistencia a los sulfatos y desarrollan resistencias a un ritmo más lento que el de los cementos tipo I.

En la Norma Técnica Peruana E060 (concreto armado) se recomienda el uso del cemento tipo V para las clases de exposición del tipo S2, S3, el cual corresponde a concretos expuestos a sulfatos disueltos en el agua en el orden de $1500 \leq SO_4 < 10000$ y de $SO_4 > 10000$ respectivamente.

2.2.2.2. Agregados

Matallana, R. (2019), define al conjunto de partículas finas y gruesas inorgánicas de origen natural o artificial cuya función principal es de servir de relleno para hacer más económica la mezcla. Las medidas están dentro de los límites establecidos por la NTP 400.011. y son elementos que están envueltos en la pasta y que además ocupan alrededor de 50% al 80% del volumen de la unidad cúbica de hormigón, también, años atrás eran considerados como inactivos en el concreto debido a que no participaban directamente en las reacciones químicas, pero con la tecnología actual se logra determinar que estos material tiene una mayor participación en la unidad cúbica de concreto, asimismo, sus propiedades y características desempeñan un papel fundamental en todas las propiedades del concreto.

2.2.2.2.1. Agregado Fino. Norma NTP 400.037.

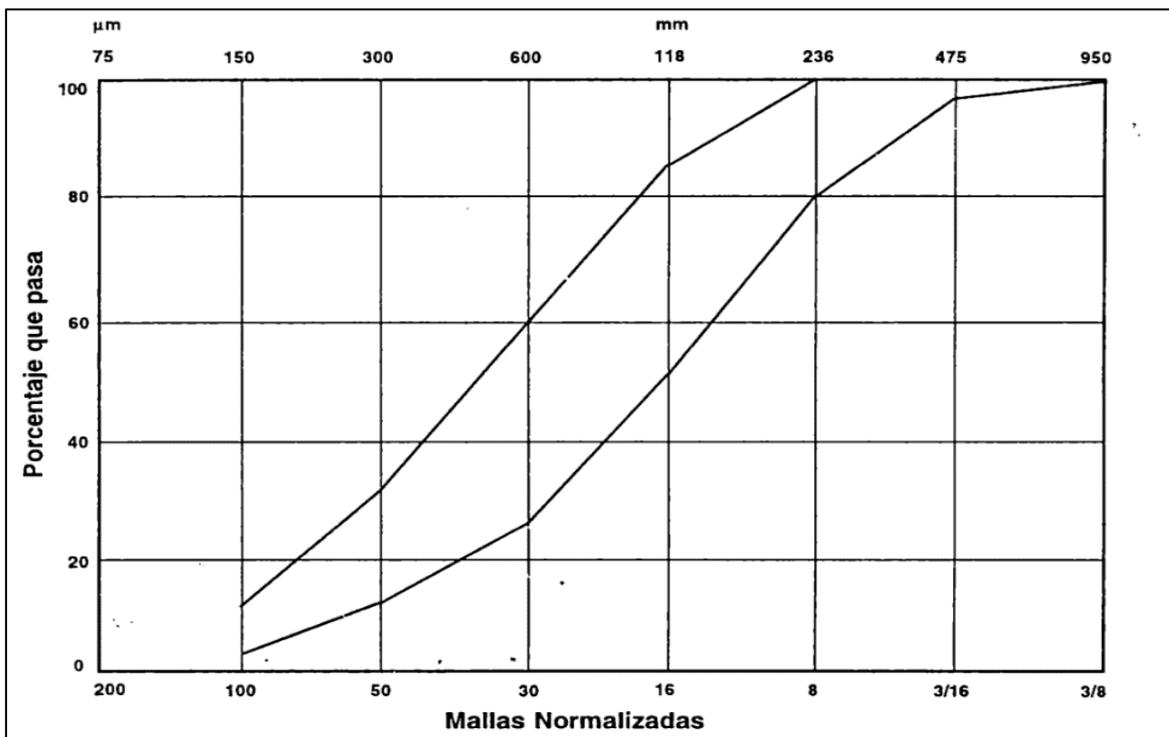
Es resultante de la descomposición ya sea natural o artificial de las rocas, valga decir, arena natural, producida o una combinación de ellas. que pasa la malla 9.51 mm (3/8") y queda en la malla 0.074 mm (N°200); asimismo debe cumplir con lo establecido en la norma NTP 400.037 o su equivalente a la norma ASTM C 33.

Gradación.

La granulometría consiste en la distribución de las partículas de arena entre tamices normalizados (4, 8, 16, 30, 50 y 100), según los límites de la tabla 25 del anexo 1 de este trabajo de investigación.

Es así que, Abanto F. (2017), muestra el control de la granulometría mediante un gráfico para apreciarlo mejor, en la que las ordenadas representan el porcentaje acumulado que pasa el tamiz, y las abscisas, las aberturas correspondientes. La figura 1 representa las líneas limitantes descritas en la norma.

Figura 1. Curva granulométrica normada.



Nota. Fuente: Abanto F. 2017

Requisitos de uso

- Será de arena natural, sus partículas deben estar limpias, con superficie preponderantemente anguloso, duras, compactas y resistentes.
- Estará sin arcilla, limo, partículas membranosas, débiles, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, y otros componentes que perjudiquen al concreto.

- Se recomienda que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes: partículas deleznable (3%), material más fino que la malla N°200 (5%).
(Abanto F.,2017, pág. 26)

2.2.2.2.2. Agregado Grueso. Norma NTP 400.037.

Es el material retenido en la malla N°4 (4.75mm), el mismo que es resultante de la descomposición natural o mecánica de las rocas (grava natural o triturada, piedra partida o agregados metálicos naturales o artificiales), además debe concordar con lo establecido en la norma NTP 400.037 o su equivalente a la norma ASTM C 33.

Gradación.

Deberá estar acorde a los requisitos establecidos según los usos especificados en la en la Tabla 24 del anexo 1 de esta investigación.

Tamaño Máximo Nominal

Abanto, F. (2017), describe como la apertura del tamiz inmediato que supera la que detiene 15 % a más, al atravesar por ella el agregado más grande. Tiene su fundamento en la economía y la necesidad de que puedan incorporarse de manera sencilla en los encofrados y entre las barras de armadura justifica su uso en concreto armado.

Requisitos de Uso.

- Es imprescindible que las partículas no contengan tierra, polvo, limo, humos, escamas, materia orgánica, sales u otras partículas dañinas.
- Estará compuesto de partículas puras, de perfil angular o semi angular, robustas, compactas, duraderas y de textura convenientemente rugosa.
- Se recomienda que las sustancias dañinas no excedan los porcentajes máximos siguientes: partículas deleznable 5%, materiales más finos que la malla N°200 (1%), carbón y lignito 0.5%. (Abanto, F.,2017, pág. 28)

2.2.2.3. Agua de Mezclado

Abanto, F. (2017) describe que es un elemento fundamental en la preparación del concreto, y se relaciona con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. Asimismo, el agua que se va a utilizar para elaboración del concreto cumplirá con las exigencias descritas en la NTP 339.088 y ha de ser preferentemente potable.

Diversos estudios demuestran que el exceso de agua en la preparación del concreto reduce drásticamente la resistencia del mismo, por ello que se debe utilizar las proporciones adecuadas para obtener los mejores resultados.

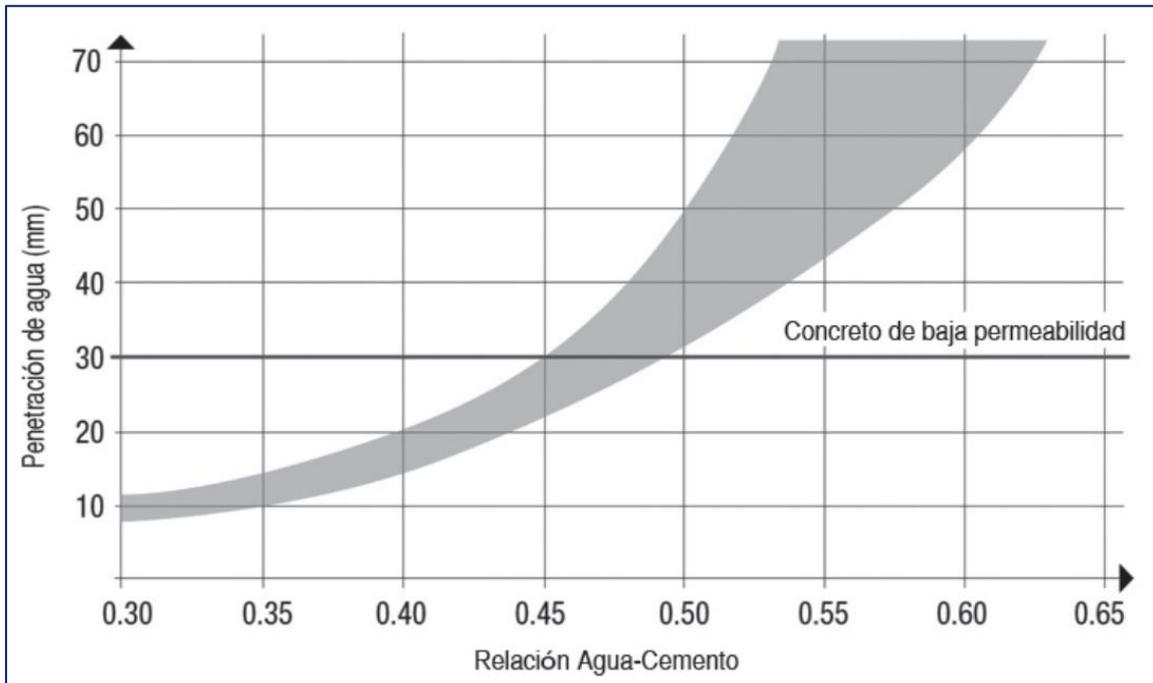
2.2.3. Concreto de Baja Permeabilidad

Es un concreto normal al que se le ha adicionado un agente químico, biológico o adición de puzolanas naturales o artificiales, con el propósito de reducir el paso del agua a través del mismo.

Germán, H., (2014), menciona que definir un concreto como impermeable, lo cual acostumbran a llamarlo en muchas otras literaturas, es similar a definir un concreto como irrompible; incluso un concreto de ultra alta resistencia con una sección mínima o la suficiente presión, fallará, es así que en vez de llamar concreto impermeable se debe decir concreto de baja permeabilidad. Las formas de ingreso del agua dentro de la red porosa del material pueden seguir principios físicos muy distintos, siendo los más frecuentes el ingreso del agua dentro del concreto mediante absorción capilar y la penetración de agua bajo presión o permeabilidad.

La permeabilidad del concreto está ligado a la relación agua cemento (a/c) siendo considerados concreto de baja permeabilidad los concretos con relación agua cemento inferiores a 0.45 o en su punto máximo inferiores a 0.50, como se muestra en la figura 2. Adicionalmente menciona que, una solución alternativa también podría ser utilizar recubrimientos superficiales, sin embargo, la durabilidad de los mismos es inferior al tener un concreto que dentro de su propia masa resulta poco permeable. (Germán, 2014)

Figura 2. Permeabilidad del concreto en función a la relación agua/cemento.



Nota. Fuente: Germán, H., (2014)

2.2.4. Durabilidad del concreto

La norma española EH-91 (Norma de hormigón armado) define como la capacidad del concreto de comportarse ante las acciones físicas, químicas y perjudiciales además de proteger apropiadamente los armazones y otros elementos metálicos inmersos en el concreto a lo largo de todo el tiempo de servicio proyectada de la estructura.

Puesto que la durabilidad no puede ser lograda solo con una baja relación Agua/Cemento (A/C), es necesario logra concreto de baja permeabilidad, baja contracción por secado, capacidades de auto-sellado, y resistencia al ataque químico, que garantice la durabilidad del concreto en ambientes críticos.

Es dependiente de la permeabilidad del material y este último a la vez está relacionada a la relación agua cemento y no de la resistencia a la compresión como se pensaría, por lo que generalmente se recurre a mediciones indirectas como la absorción, permeabilidad, porosidad, desgaste, porcentaje de pérdida de peso, etc. que no siempre resultan suficientes. (Gómez, 2022)

2.2.5. Aditivo Impermeabilizante por Cristalización

Son aditivos que se relacionan con estructuras de poros capilares de hormigón y ofrecen un sistema de impermeabilización que se une de manera permanente a la matriz de concreto. Los compuestos químicos activos, mezclados con la cal libre y la humedad existentes en los poros capilares del concreto, forman complejos cristalinos insolubles. Estos cristales bloquean los capilares y las pequeñas fisuras de contracción en el concreto y evitan de este modo la entrada posterior de agua incluso bajo presión, además ayudan a controlar las filtraciones a través de las grietas no estructurales y repararlas en el tiempo (Aquafin, 2017)

2.2.6. Penetron Admix

Es un aditivo impermeabilizante por cristalización con la cualidad que este componente se puede incluir a la mezcla del concreto en el instante que se realiza el mezclado de todos los elementos; es un compuesto de partículas finas y viene en presentación de bolsas de 18 kg, baldes de 25 kg y bolsas solubles de 3 kg cada una; una vez mezclado con el agua de mezclado, este aditivo le otorga un color verdoso a la mezcla que le da la certeza de su utilización. (Penetron, 2024)

2.2.6.1. Aplicaciones principales

- Instalaciones de tratamiento de aguas residuales.
- Cimentaciones.
- Estructuras marinas.
- Elementos prefabricados de concreto.
- Túneles y subterráneos.
- Presas y depósitos de agua.
- Pozos de registro.
- Bóvedas subterráneas.
- Estructuras de estacionamientos.
- Piscinas.
- Estructuras de contención de agua.

2.2.6.2. Beneficios

- Soporta presiones hidrostáticas intensas, ya sea en la superficie positiva o negativa del elemento estructural.

- Se convierte en parte integral del concreto.
- Es altamente resistente a productos químicos agresivos
- Puede sellar grietas de hasta 0,5 mm
- Permite que el hormigón respire
- No es tóxico (certificado según norma NSF 61 para aplicaciones en obras con contacto de agua potable)
- Menos costoso que los métodos tradicionales
- Es añadido al concreto en el momento del mezclado, por lo tanto, no se ve influenciado por las condiciones ambientales.
- Aditivo reductor de Permeabilidad en Ambientes Hidrostáticos (PRAH, por sus siglas en inglés)
- Sobrepasa las exigencias de ASTM C494-S (Aditivos de rendimiento específico)
- mejora la durabilidad del hormigón
- Permanente (Penetron, 2024)

2.2.7. Propiedades Físico-Mecánicas del Concreto

2.2.7.1. Resistencia a la Compresión

Matallana, R. (2019), menciona que es una propiedad física en la cual se produce un esfuerzo de falla del concreto y que estos valores son obtenidos mediante lo establecidas en la ASTM C109 o la NTP 339.034, dicho valor representa la resistencia máxima que una probeta normalizada de concreto puede resistir cuando es sometida a cargas axiales mediante una máquina de ensayo y que además se utiliza para diseñar estructuras.

2.2.7.2. Porosidad del Concreto

Corrales, et al (2023), define como los espacios vacíos que están presentes como resultado de la evaporación del agua excedente y del aire atrapado durante el mezclado de los componentes, además, menciona que estos poros cuando están interconectados vuelven vulnerable al ingreso de agentes externos al concreto.

2.2.7.3. Absorción del concreto

Matallana, R. (2019), precisa que es la cantidad de agua que puede ingresar al material, mediante los poros permeables al estar sumergido en agua hasta la el estado de saturado superficialmente seco; como consecuencia de ello se generará un incremento en la masa del

material, es así que mientras más poros contenga el concreto mayor será la humedad en contacto directo con el agua. El valor cuantitativo está dado en porcentaje.

2.2.7.4. Permeabilidad.

Pinto, M. et al, (2018), define como la tasa de filtración que se tiene en el concreto poroso. El ensayo se puede realizar haciendo uso de dos métodos que son el coeficiente de Darcy y mediante la ecuación de Valenta. Para la presente investigación se realizará la segunda ecuación (Ec. Valenta) puesto que el uso del aditivo impermeabilizante por cristalización minimiza los poros y cerra las micro fisuras que pueden existir haciendo casi imposible la penetración del agua bajo presiones usuales de 200kpa.

2.2.8. Coeficiente de Permeabilidad con la Ecuación de Valenta.

En la Norma EN 12390-8, el valor concluyente del estudio es la medida de la profundidad máxima de penetración del agua, pero este valor no permite determinar la permeabilidad directamente, por lo tanto, se requiere la aplicación de la ecuación de Valenta, la cual permite determinar el coeficiente de permeabilidad en función de la profundidad de penetración. La aplicación de dicha ecuación exige la medición precisa del aumento en la masa de cada espécimen para establecer la fracción de volumen de los poros en el hormigón (Neville, 2015) lo cual no es parte de la EN 12390-8". La Ecuación de Valenta se muestra a continuación:

$$K = \frac{P^2V}{2TH} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

- k: coeficiente de permeabilidad
- P: profundidad de penetración (m)
- V: porosidad del concreto (%)
- T: tiempo de ensayo (seg)
- H: presión (m.c.a)

A continuación, se muestra la relación de la permeabilidad del concreto con el coeficiente de permeabilidad y la profundidad de penetración de agua bajo presión:

Tabla 1. Clasificación de permeabilidad del concreto.

Determinación	Unidades	Permeabilidad		
		Baja	Media	Alta
coeficiente de permeabilidad	m/s	$< 10^{-12}$	10^{-12} a 10^{-10}	$> 10^{-10}$
profundidad de penetración de agua bajo presión	mm	<30	30 a 60	> 60

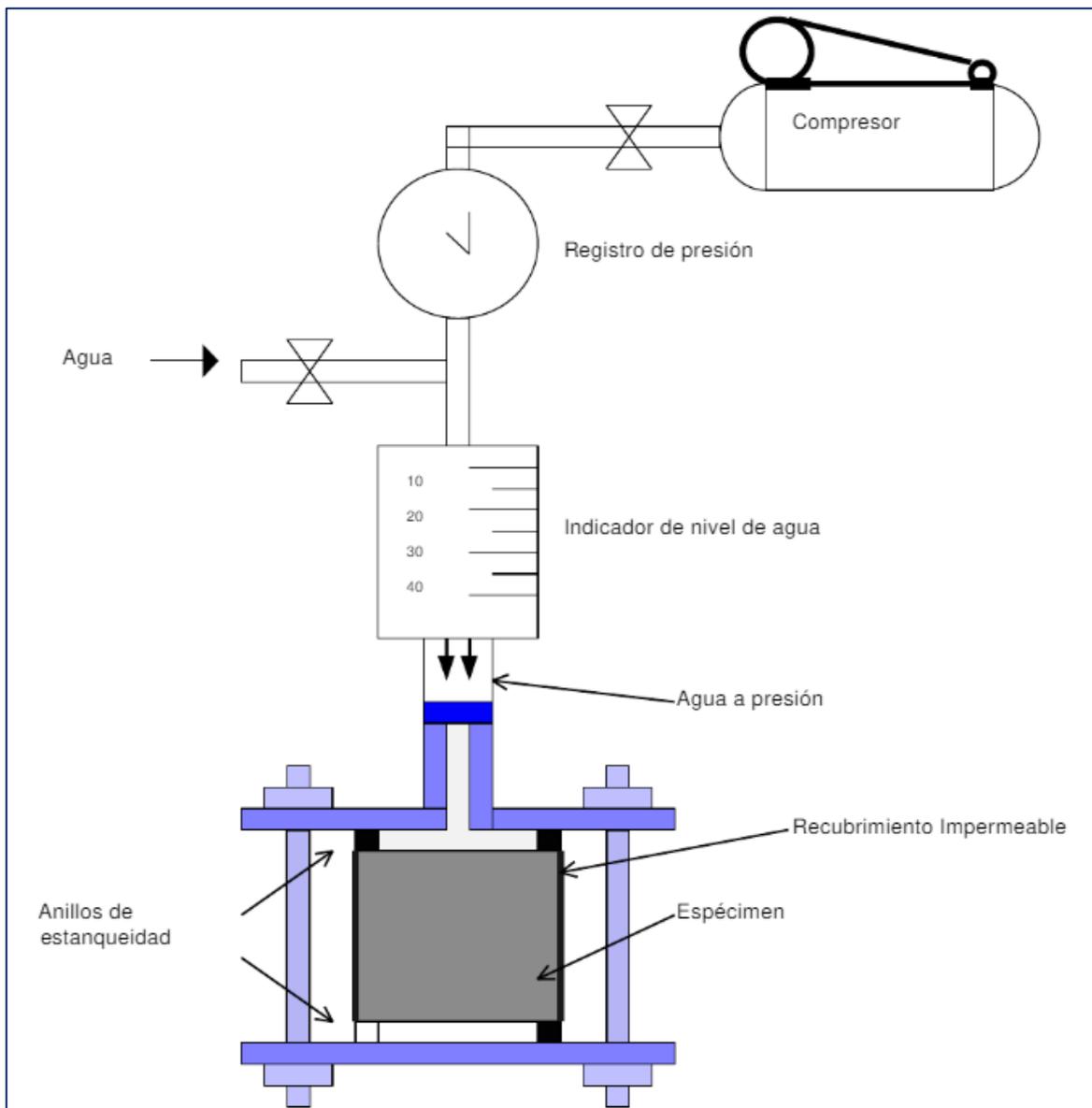
Nota. Fuente: NTC 4483

2.2.9. Dispositivo de ensayo de la permeabilidad

La norma española UNE-EN 12390-8 (ensayos de hormigón endurecido, parte 8: profundidad de penetración de agua bajo presión), conjuntamente con la norma técnica colombiana NTC 4483 (método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua), establecen, que el dispositivo para realizar el ensayo de permeabilidad en concretos de baja permeabilidad es cualquier dispositivo en la que las probetas de dimensiones definidas sean ubicadas de tal manera que el agua pueda estar en contacto con una cara de sus bases y se vea la presión aplicada de forma continua, un ejemplo puede ser la ilustración de la figura núm. 3. Mismas normas recomiendan los siguientes puntos:

- Es preferible que el equipo permita ver las caras perpendiculares a las bases de la muestra ensayada.
- La presión de agua que se le aplique a la muestra de ensayo puede ser por la parte inferior o superior indiferentemente sin verse alterado los resultados.
- El sellado se debe realizar mediante caucho o algún material similar que soporte las presiones establecidas (500 kpa +/- 50 kpa)
- La dimensión de la zona de ensayo será aproximadamente la mitad de la longitud del lado o del diámetro de superficie de la cara de la muestra.

Figura 3. *Permeámetro de carga constante.*



Nota. Fuente: NTC 4483.

2.3. Definición de Términos Básicos:

Absorción: Capacidad de los materiales para rellenar de agua los espacios permeables de su estructura interna, cuando se sumergen bajo un tiempo establecido.

Aditivo: sustancia que se combina a otras para darles características de que por sí solas no tienen o para mejorar las que ya poseen.

Aditivo impermeabilizante por cristalización: Sustancias a base de cemento portland, arena de sílice muy bien tratada y compuestos químicos activos que reaccionan con la

humedad del concreto fresco y con los subproductos de la hidratación del cemento que causa una reacción catalítica, lo que genera la formación de cristales insolubles a lo largo de los poros y capilares del concreto

Aditivo Penetron Admix: es un aditivo impermeabilizante por cristalización con características propias de la marca Penetron

Cemento portland: Es un compuesto inorgánico conglomerante que mezclado con agua forma una pasta que, en un periodo de tiempo, fragua, endurece y conserva su resistencia y estabilidad, además, en combinación con áridos tiene la propiedad de formar una roca artificial resistente y duradera.

Cemento tipo I: cemento Portland de uso genérico donde no se demanda de características específicas.

Cemento tipo V: cemento portland de alta resistencia ante ataques de los sulfatos

Concreto: Conocido en la mayoría de países como hormigón, es un material fabricado principalmente a base de cemento, agua, grava y arena que al fraguar adquiere mayor resistencia.

Permeabilidad: característica de un material para facilitar el paso de un fluido a través de sí mismo sin que se vea alterada la composición de la misma.

porosidad: Es el espacio volumétrico de poros que pueden situarse en la superficie o en la estructura interna de un material, generalmente expresado en porcentaje.

Resistencia a la compresión: Carga máxima por unidad de área que puede soportar un material hasta antes de llegar a fallar.

CAPÍTULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

3. Materiales y Métodos

3.1. Ubicación Geográfica de la Investigación:

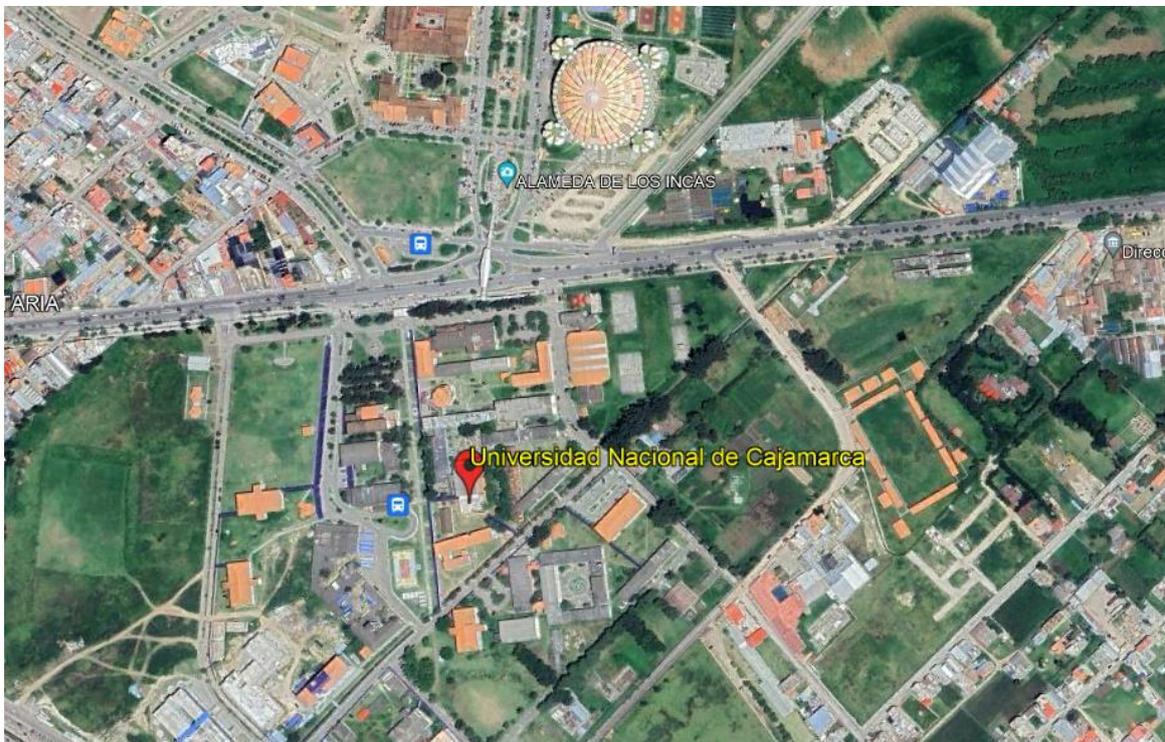
- País : Perú
- Departamento : Cajamarca
- Provincia : Cajamarca
- Distrito : Cajamarca

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en la Av. Atahualpa N°1050. En la Figura 4 se muestra la ubicación geográfica.

Coordenadas

- Norte: 9206988.00 m
- Este: 776619.68 m
- Altitud: 2680 m.s.n.m.

Figura 4. *Ubicación geográfica de la investigación.*



Nota. Fuente: Google Earth.

3.2. Ubicación Geográfica de la Cantera

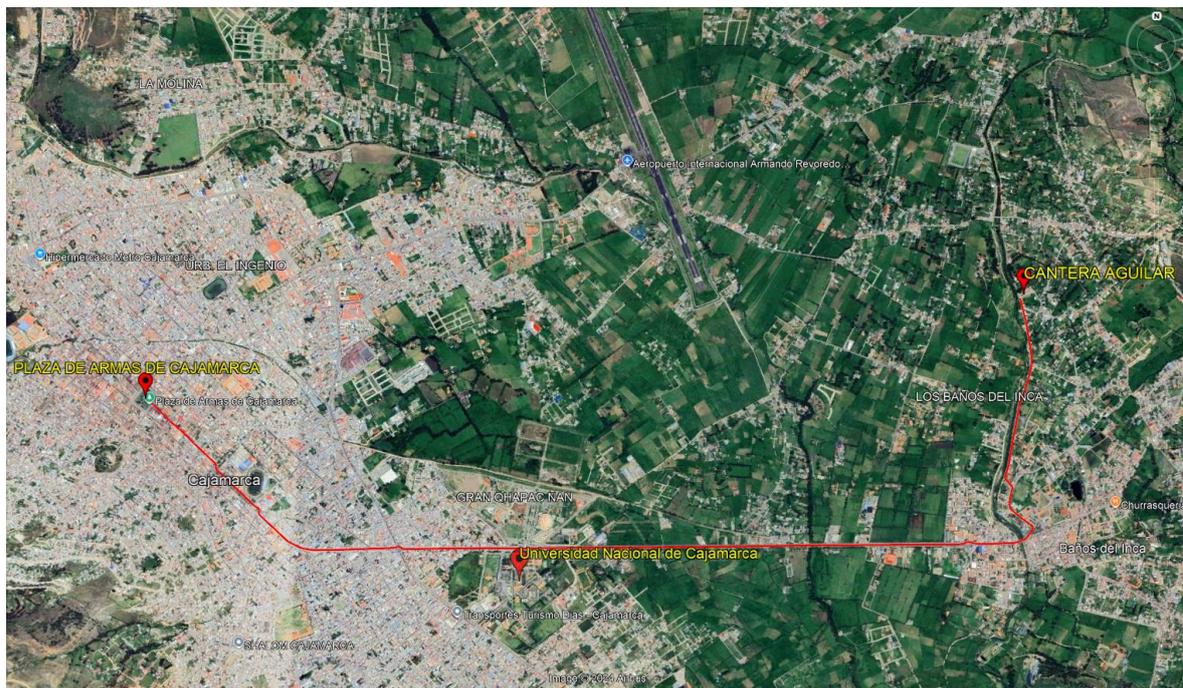
Tanto el agregado grueso (piedra triturada) como el agregado fino (arena gruesa) que se utilizaron en esta investigación, son provenientes de la cantera “Aguilar” ubicada a orillas del río Chonta en el distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca.

Coordenadas

- Norte: 9208895.00 m
- Este: 779896.00 m
- Altitud: 2670 m.s.n.m.

Vías de acceso

Para llegar a la cantera Aguilar se parte desde la plaza de armas de Cajamarca 2.79 km en dirección de la avenida Atahualpa hasta llegar a la Universidad Nacional de Cajamarca, se continua el recorrido 3.34 km hasta llegar a la plaza de armas de Baños del Inca y finalmente se continua 1.76 km por la carretera a Otuzco en el malecón del río Chonta.



Nota. Fuente: Google Earth.

3.3. Tiempo de Realización de la Investigación:

La presente investigación se realizó entre enero y junio del 2024, presentándose días con precipitaciones leves a moderadas en el mes de enero, febrero e inicios de marzo.

3.4. Metodología

3.4.1. Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación

Tipo de Investigación: Es aplicada porque se genera nuevo conocimiento para poner en práctica en futuras construcciones.

Nivel de Investigación: Es correlacional puesto que se miden las variables para finalmente comparar y ver la relación que existe entre ellas.

Diseño de Investigación: Es experimental debido a que se observa el efecto causado por la variable independiente sobre la variable dependiente.

Enfoque de Investigación: La indagación es cuantitativa ya que existe la intervención de datos numéricos que permiten saber cuánto o en qué medida ocurre el objeto de estudio y así poder llegar a una validación.

3.4.2. Población de Estudio

La población de estudio es el concreto, elaborado con cemento portland Tipo I, Tipo V y con el aditivo impermeabilizante por cristalización.

3.4.3. Muestra

La muestra está conformada por 176 probetas distribuidas en relación al tipo de ensayo, tipo de cemento y del tiempo de curado como se detalla en la Tabla 2 que se muestra a continuación:

Tabla 2. Muestreo de la investigación.

Tipo de Ensayo	Tipo de Cemento	Tiempo de Curado (días)	Concreto Patrón	Porcentaje de Aditivo Penetron Admix			Parcial
				0.80%	1.00%	1.50%	
Resistencia a la compresión	Tipo I	7	5	5	5	5	20
	Tipo I	14	5	5	5	5	20
	Tipo I	28	5	5	5	5	20
Permeabilidad	Tipo I	28	7	7	7	7	28
Resistencia a la compresión	Tipo V	7	5	5	5	5	20
	Tipo V	14	5	5	5	5	20
	Tipo V	28	5	5	5	5	20
Permeabilidad	Tipo V	28	7	7	7	7	28
Total de probetas							176

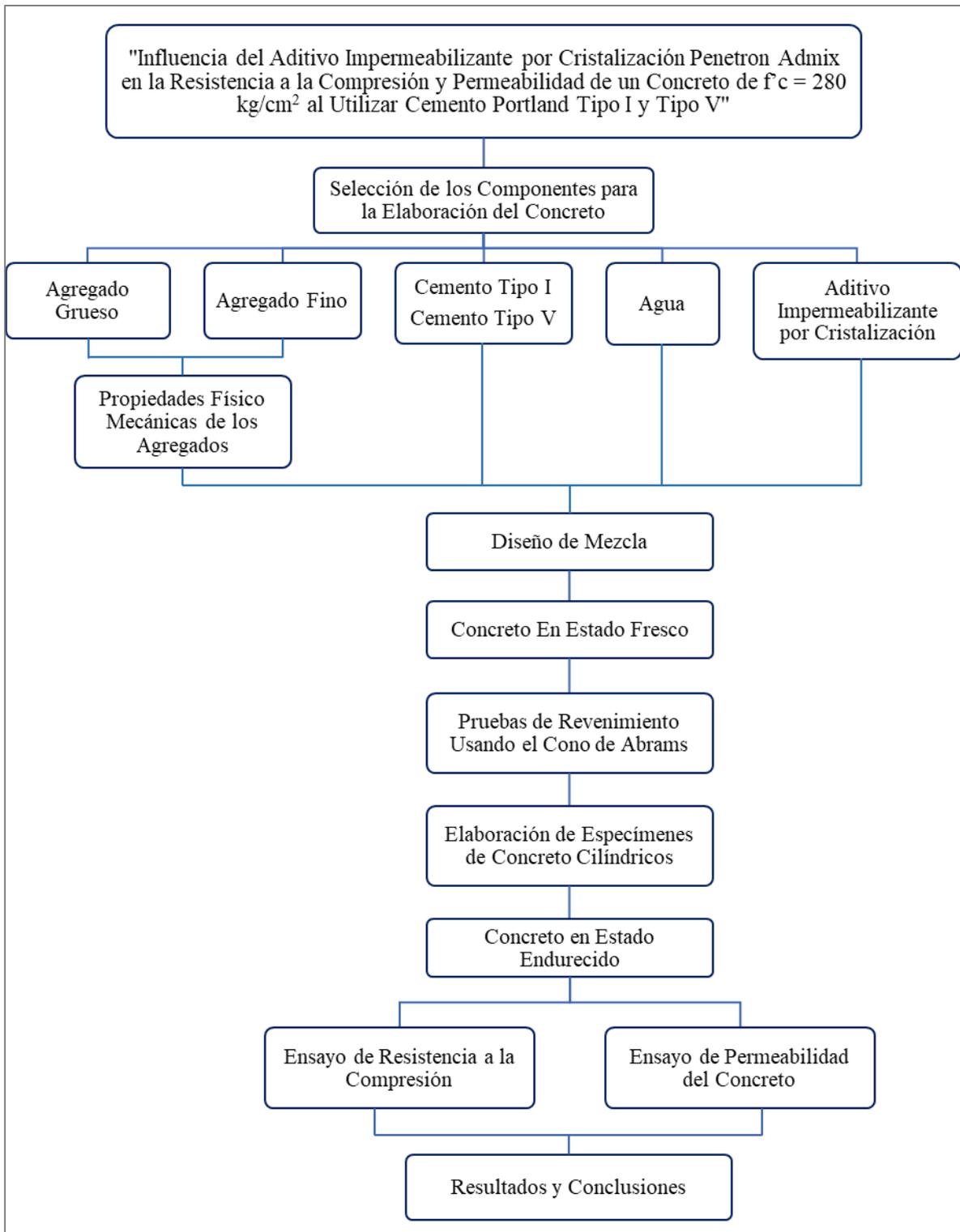
3.4.4. Unidad de Análisis

Resistencia a la compresión y permeabilidad de cada probeta de concreto con aditivo Penetron Admix al 0.80%, 1.00% y 1.50% del peso del cemento.

3.5. Procedimiento

El procedimiento se detalla en un mapa conceptual en la Figura 5.

Figura 5. *Flujograma del trabajo de investigación.*



3.5.1. Ensayos Físico Mecánicos de los Agregados

3.5.1.1. Extracción y Preparación de la Muestra

La muestra se preparó siguiendo el procedimiento descrito en la norma técnica peruana NTP 400.010, el cual muestra los pesos mínimos requeridos para realizar los ensayos, tal como se muestra en la Tabla 3 siguiente:

Tabla 3. Porción de muestra requerida para los ensayos de laboratorio.

Tamaño del agregado	Masa de la muestra de campo, mín. Kg	Muestra de campo Volumen mín. L
Agregado Fino		
2.36 mm [N° 8]	10	8
4.75 mm [N° 4]	10	8
Agregado Grueso		
09.5 mm [3/8 in.]	10	8
12.5 mm [1/2 in.]	15	12
19.0 mm [3/4 in.]	25	20
25.0 mm [1 in.]	50	40
37.5 mm [1 1/2 in.]	75	60
50.0 mm [2 in.]	110	80
63.0 mm [2 1/2 in.]	125	100
75.0 mm [3 in.]	150	120
90.0 mm [3 1/2 in.]	175	140

Nota. Fuente: NTP 400.010

Puesto que el agregado grueso fue de tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ se separó 25 kg, mientras que para el agregado fino el peso fue de 10 kg.

3.5.1.2. Reducción de Muestras de Agregados a Tamaño de Ensayo

El material traído de la cantera se redujo el volumen a una muestra más pequeña que sea representativa de la anterior, siguiendo los lineamientos de la norma peruana NTP 400.043. y haciendo uso del método de cuarteo manual.

Procedimiento

El material seleccionado se colocó en la una superficie plástica libre de impurezas y en forma de cono, luego, con ayuda de una pala se mezcló el material 3 veces consecutivas para nuevamente dejar la muestra en forma cónica, en seguida se aplanó el material hasta obtener una circunferencia con un espesor cuyo diámetro sea de cuatro a ocho veces mayor. Con ayuda de una espátula se realizó una división de la muestra aplanada en cuatro partes de similares proporciones. Finalmente, se seleccionó dos partes opuestas en diagonal y se descartó las otras dos.

3.5.1.3. Análisis Granulométrico

Para determinar esta propiedad de los agregados se siguió las sugerencias y procedimientos que se establece en la norma técnicas peruana NTP 400.012 además de la NTP 400.037.

Procedimiento

De la muestra reducida a tamaño de ensayo se tomó 300 gr. como recomendación de la norma NTP 400.012 para el agregado fino y para el agregado grueso el peso de la muestra fue de 5 kg teniendo en cuenta el tamaño máximo nominal según la Tabla 4:

Tabla 4. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso.

Tamaño Máximo Nominal Aberturas cuadradas mm (pulg.)	Cantidad Mínima de la Muestra de Ensayo Kg (Lb)
09.5 mm [3/8 in.]	1 (2)
12.5 mm [1/2 in.]	2 (4)
19.0 mm [3/4 in.]	5 (11)
25.0 mm [1 in.]	10 (22)
37.5 mm [1 1/2 in.]	15 (33)
50.0 mm [2 in.]	20 (44)
63.0 mm [2 1/2 in.]	35 (77)

Nota. Fuente: NTP 400.012.

A continuación, el material seleccionado se colocó a secar en la estufa a una temperatura de 110°C +/- 5°C durante 24 horas mínimas. Una vez que el material se encuentre seco y enfriado naturalmente a temperatura ambiente se procedió a pasar por el conjunto de tamices normalizados y estándares para finalmente anotar los pesos retenidos en cada tamiz, los cuales servirán para definir el tamaño máximo, tamaño máximo nominal, graficar las curvas

granulométricas y además calcular los módulos de fineza de cada agregado con las fórmulas siguientes:

Módulo de fineza del agregado fino (*m.f*)

$$m.f = \left(\frac{\Sigma \% \text{Ret. acum}(N^{\circ}100, N^{\circ}50, N^{\circ}30, N^{\circ}16, N^{\circ}8, N^{\circ}4)}{100} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Módulo de fineza del agregado grueso (*m.g*)

$$m.g = \left(\frac{\Sigma \% \text{Ret. acum}(N^{\circ}4, 3/8", 3/4, 1 \frac{1}{2}) + 500}{100} \right) \dots \dots \dots (3)$$

3.5.1.4. Material más fino que el Tamiz N°200

Para este ensayo se tomó como guía a lo descrito en la norma técnica peruana NTP 400.018

Procedimiento

El peso de la muestra trabajada del agregado fino como del agregado grueso fue de 300 gr. y 2500 gr. respectivamente, atendiendo a lo recomendado en la Tabla 5 detallada a continuación:

Tabla 5. Cantidad mín. de muestra para ensayo de partículas que pasan el tamiz N° 200.

Tamaño máximo nominal del agregado	Cantidad mín. (g)
4.75 mm (N° 4) o más pequeño	300
Mayor que 4.75 mm (N° 4) a 9.5 mm (3/8 pulg.)	1000
Mayor que 9.5 mm (3/8 pulg.) a 19 mm (3/4 pulg.)	2500
Mayor a 19 mm (3/4 pulg.)	5000

Nota. Fuente: NTP 400.018

Se continua el ensayo, secando la muestra en una estufa a 110 °C +/- 5°C por un tiempo de 24 horas. Una vez seca la muestra se registró el peso inicial como (Wo), acto seguido se procedió al lavado de la misma con agua a chorro constante sobre el tamiz N° 200 (75 µm), esta última muestra fue secada nuevamente en la estufa a la misma temperatura y tiempo del secado inicial para luego registrar su peso como (W1)

El cálculo del material más fino que el tamiz N°200 se realizó mediante la siguiente formula:

$$F_{200} = \left(\frac{W_0 - W_1}{W_0} \right) * 100 \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

- F200 = material que pasa la malla N° 200 indicado en porcentaje.
- W₀ = Peso seco de la muestra original (en g).
- W₁ = Peso Seco de la muestra después del lavado (en g).

3.5.1.5. Peso Específico y Absorción

Estas propiedades se determinaron en concordancia con lo estipulado en la norma técnica peruana NTP 400.021 y NTP 400.022 para el agregado grueso y para el agregado fino respectivamente.

Procedimiento para el agregado fino

Se sumergió en agua 1000 gr. de agregado durante 24 horas.

Se secó la superficie de la muestra con una corriente de aire artificial hasta obtener el estado saturado superficialmente seco (SSS) del material, esto se realizó con ayuda del molde troncocónico en cual la muestra recibe 25 golpes con la varilla metálica hasta lograr el primer desmoronamiento.

Se seleccionó y depositó 500 gr. de la muestra en estado SSS dentro de una fiola y completó con agua hasta la marca de 500 cm³, durante este proceso se fue eliminado las burbujas de aire atrapadas en el material mediante rodamiento de la fiola en una superficie plana.

La muestra se dejó reposar 1 hora y se verificó que el agua esté hasta la marca establecida para obtener un peso (fiola + muestra + agua). Luego se extrajo el material de la fiola y se secó por 24 horas en la estufa obteniendo el peso de la muestra seca.

El cálculo se realiza mediante las siguientes formulas:

Peso específico de masa $Pe = \frac{w_0}{V-Va} \dots \dots \dots (5)$

Peso específico sss $Pe_{SSS} = \frac{500}{V-Va} \dots \dots \dots (6)$

Peso específico aparente $Pea = \frac{w_0}{(V-Va)-(500-w_0)} \dots \dots \dots (7)$

Absorción $Ab (\%) = \frac{500-w_0}{w_0} \dots \dots \dots (8)$

Donde:

- W_o : Peso en el aire de la muestra seca (gr)
- V : Volumen de la fiola (cm³)
- V_a : peso (gr) o volumen (cm³) del agua añadida a la fiola

Procedimiento para el agregado grueso

Para el agregado grueso de tamaño máximo nominal 3/4" (19.0 mm), la norma NTP 400.021 establece un peso de 3 kg, el cual previamente se lavó para eliminar impurezas y posteriormente sumergirlo en agua por un tiempo de 24 horas.

Se secó la muestra en un paño absorbente hasta obtener la condición de saturado superficialmente seco (SSS), de este último se seleccionó la muestra a ensayar y se registró el peso (B).

Se sumergió la muestra en agua con apoyo de una canasta metálica y se anotó el peso SSS dentro del agua (C)

Finalmente se secó la muestra en el horno a temperatura de 110°C +/- 5°C por un tiempo de 24 horas y se registró el peso seco (A)

El cálculo se realiza mediante las siguientes formulas.

Peso específico de masa $Pe = \frac{A}{(B-C)} \times 100 \dots \dots \dots (9)$

Peso específico de masa sss $Pe_{SSS} = \frac{B}{(B-C)} \times 100 \dots \dots \dots (10)$

Peso específico aparente $Pea = \frac{A}{(A-C)} \times 100 \dots \dots \dots (11)$

Absorción $Ab (\%) = \frac{B-A}{A} \times 100 \dots \dots \dots (12)$

Donde:

- A : Peso en el aire de la muestra seca (gr)
- B : Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (gr)
- C : peso en el agua de la muestra saturada (gr)

3.5.1.6. Contenido de Humedad

Este ensayo se efectuó en concordancia con lo establecido en la norma técnica peruana NTP 339.185, el cual establece el peso representativo en estado natural para el agrado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19 mm) de 3 kg. y para el agregado fino de 500 gr.

Procedimiento

Se secó la muestra seleccionada en el horno a una temperatura de 110°C +/- 5°C por un tiempo de 24 horas y se anotó el nuevo peso. Este ensayo realizó un día antes de realizar la mezcla de concreto puesto que la humedad del agregado se ve alterada en el tiempo.

El cálculo se realiza mediante la siguiente formula:

$$w = \frac{M - S}{S} \times 100 \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

- W : Porcentaje de humedad (%)
- M : Peso de la muestra húmeda original (gr)
- S : Peso de la muestra seca (gr)

3.5.1.7. Peso Unitario

Para calcular el peso unitario del agregado fino así también del agregado grueso se siguió la guía de la norma técnica peruana NTP 400.017

Procedimiento para el peso unitario suelto

Se secó la muestra de los agregados en una estufa a 110°C +/- 5 °C durante 24 horas. Luego a una altura no mayor de 5 cm desde el borde superior de molde, se dejó caer la muestra hasta llenarlo completamente y se anotó el peso de la muestra más el recipiente.

Procedimiento para el peso unitario compactado

Con la muestra completamente seca, se dejó caer desde una altura no mayor a 5 cm medido desde el borde superior del recipiente hasta llenar 1/3 del mismo recipiente, se compactó esta primera capa con apoyo de una varilla de hierro y con 25 golpes distribuidos uniformemente. Se repitió el proceso de llenado y compactado en las siguientes dos capas hasta llenar a sobre volumen el recipiente para posteriormente enzarzar con la misma varilla de compactado. Finalmente, se anotó el peso del recipiente más el agregado compactado.

Fórmulas para calcular el peso unitario de los agregados

Peso específico del agua $\delta_w = \frac{w_2 - w_1}{V} \dots \dots \dots (14)$

Donde:

- δ_w : Peso específico del agua (kg/m³)
- W_1 : Masa de la fiola (kg)
- W_2 : Masa del fiola y agua (kg)
- V : Volumen de la fiola hasta la línea de calibración (m³)

Factor del recipiente $f = \frac{\delta_w}{w_a} \dots \dots \dots (15)$

Donde:

- f : Factor para el recipiente (m⁻³)
- δ_w : Peso específico del agua (kg/m³)
- W_a : Peso del agua para llenar el recipiente (kg)

peso unitario del agregado $PU = w_n * f \dots \dots \dots (16)$

Donde:

- PU : peso unitario del agregado (kg/m³)
- f : Factor para el recipiente (m⁻³)
- w_n : Peso neto del agregado (kg)

3.5.1.8. Resistencia a la Abrasión del Agregado

Este ensayo se efectuó atendiendo a lo descrito en la norma técnica peruana NTP 400.019

Procedimiento

Se lavó la muestra para separar las impurezas además del polvo y se secó en la estufa a temperatura de 110°C +/- 5°C por un tiempo de 24 horas. Se colocó la muestra seca en el equipo de los ángeles para girarla 500 veces a velocidad de 30 rpm a 33 rpm. Se retiró la muestra ensayada para pasarlo por el tamiz N°4 y retenerlo en el tamiz N°12. Se sumó la muestra de ambos tamices para posteriormente lavarla y colocarla a sacar en la estufa a

temperatura de 110 °C +/- 5°C por tiempo de 24 horas continuas. Finalmente se anotó el nuevo peso seco.

El cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Abrasión} = \frac{(w_0 - w_f)}{w_0} * 100 \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

- w_0 : Peso original de la muestra antes de ensayar (gr)
- w_f : Peso final de la muestra después del ensayo (gr)

3.5.2. Cemento

En la presente investigación el cemento utilizado fue cemento portland “tipo I” para uso general y cemento portland “tipo V” para elevada resistencia a los sulfatos, ambos de la marca Pacasmayo.

3.5.3. Agua

Para realizar la mezcla de concreto, así como para curar los especímenes se utilizó agua potable tomada del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca.

3.5.4. Diseño de Mezcla de Concreto Patrón

Para el diseño de la mezcla se siguió el método del “Módulo de Finura de la Combinación de los Agregados”, este método desarrollado por Stanton Walker y un equipo de investigadores de la Universidad de Maryland, mismos que hacen uso de las mismas tablas del diseño de mezcla basada en el ACI. la diferencia de este proceso radica en que acá se calcula los módulos de fineza del agregado grueso y del agregado fino tal como se detalla en el siguiente procedimiento.

Procedimiento

Paso 01. Selección de la resistencia a la compresión promedio requerida (f'_{cr}), puesto que no se cuenta con ensayos necesarios para realizar una desviación estándar, se consideró una resistencia requerida de 365 kg/cm², según lo establecido en la norma E.060. Tabla 49 [Anexo 6]

Paso 02. *Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.* De acuerdo al tipo de obra y a los elementos de la estructura (TMN = 3/4").

Paso 03. *Selección del asentamiento.* Se consideró una mezcla trabajable de apariencia plástica con un revenimiento de 3 a 4 pulgadas. Tabla 50 [Anexo 6].

Paso 04. *Determinación del volumen de agua.* En función del asentamiento, tipo de concreto respecto al aire y del TMN del agregado grueso. Tabla 51 [Anexo 6].

Paso 05. *cantidad de aire atrapado.* De acuerdo al tamaño máximo nominal Tabla 51 [Anexo 6].

Paso 06. *Elección de relación Agua – Cemento (a/c)* el concreto fue diseñado por durabilidad, considerando que el concreto estará expuesto al agua. Tabla 52 [Anexo 6].

Paso 07. *Cálculo del contenido de cemento.* De acuerdo al volumen de agua y a la relación agua material cementante (a/c) calculada para una unidad cúbica de concreto. El resultado está expresado en bolsas/m³.

Paso 08. *Determinación de volúmenes absolutos de la pasta.* Se calcula dividiendo el peso específico de cada elemento de la pasta entre su cantidad por metro cúbico.

Paso 09. *Cálculo de volumen absoluto de agregados.* Considerando una unidad, se resta de este los volúmenes totales de la pasta para determinar el volumen total de los agregados.

Paso 10. *Módulo de fineza de la combinación de agregados (mc).* Con el tamaño máximo nominal y el factor cemento (bolsas/m³) se selecciona el módulo de fineza de la combinación de agregados que proporciona las condiciones de trabajo más favorables, finalmente el valor obtenido se corrigió por la presencia de vacíos en el agregado grueso. Tabla 53 [Anexo 6].

Paso 11. *Porcentaje de agregado fino (rf).* El cálculo se realizó con la formula siguiente:

$$rf = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} * 100 \dots \dots \dots (18)$$

Donde:

- rf : Porcentaje de agregado fino
- mc : Módulo de fineza de la combinación de agregados
- mg : Módulo de fineza del agregado grueso

finalmente, el porcentaje del agregado grueso será la diferencia del 100% y el porcentaje de agregado fino (r_f)

Paso 12. Volúmenes absolutos de los agregados. Se calcula multiplicando cada porcentaje de los agregados en relación del volumen absoluto del mismo.

Paso 13. Peso de los materiales de diseño por m³. El cálculo se realiza multiplicando el peso específico de masa de cada uno de los agregados por su correspondiente volumen absoluto.

Paso 14. Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.

- ***Humedad superficial de los agregados:*** Se logró mediante la diferencia de contenido de humedad y la absorción de cada agregado.
- ***Aporte de la humedad de los agregados:*** Se calculó multiplicando la humedad superficial de cada agregado y su correspondiente peso seco por metro cubico.

Paso 15. Presentación del diseño de mezcla por m³ en estado húmedo. Se anotó la cantidad de cemento, agua efectiva el cual varía según la contribución de humedad de los agregados y la cantidad de agregados calculados anteriormente afectados por su respectiva humedad.

Paso 16. Proporción en peso de obra. Se obtiene como el cociente entre las cantidades de diseño en estado húmedo y el peso del cemento.

Paso 17. Conversión peso de obra a volumen equivalente.

- ***Peso unitario de los agregados:*** es el resultado de convertir el peso unitario suelto a peso unitario naturalmente humedecido.
- ***Peso por pie cúbico:*** Se transformó las cantidades unitarias en peso por pie cúbico, considerando que una bolsa de cemento es equivalente a 1pie³ y 1m³ es aproximadamente 35.3147 pies³
- ***Dosificación en volumen equivalente.*** Las proporciones en peso de obra se multiplica por 42.5 y se divide entre sus pesos por pie cúbico.

Nota: Luego del diseño de mezcla se elabora las probetas de muestra y se analiza las características, de ser necesario se realiza un ajuste en los componentes de la mezcla.

3.5.5. Diseño de mezcla de concreto con Aditivo Penetron Admix

En este caso el aditivo es considerado como un elemento de la pasta, por tanto, para este diseño se remite desde el *paso 08* en adelante del diseño de mezcla de concreto patrón, teniendo en consideración que los porcentajes de aditivo (0.8%, 1.0% y 1.5%) es en función del peso del cemento.

3.5.6. Fabricación de Especímenes de Concreto.

Los especímenes de concreto se elaboraron siguiendo lo establecido en la norma técnica peruana (NTP 339.183), la cual es una práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio.

Procedimiento

Los componentes del concreto se mezclaron durante 5 min en un trompo mezclador, seguidamente, se vertió el concreto en un recipiente metálico apropiado de tal manera que facilite su mezclado constante mediante una pala.

Se ubicaron los moldes de 6 x 12 pulgadas (NTP 339.209) en un lugar fijo libre de vibración y con ayuda de un cucharón se procedió al llenado del mismo en tres capas, siendo cada capa compactada con 25 golpes mediante una varilla acerada de 5/8'' de diámetro y 600 mm de largo. Se eliminó los espacios y aire atrapado de cada capa con una cantidad de 10 a 15 golpes en todo el contorno de cada capa con ayuda de un martillo de goma de $0,6 \pm 0,2$ kg. La última capa fue llenada a sobre nivel para finalmente enrasar mediante una llana de madera.

Pasado las 24 horas el concreto se desencofró cuidando de no desfilas o golpear los especímenes, para luego sumergirlos en la poza de curado.

3.5.7. Propiedades Físico Mecánicas del Concreto

3.5.7.1. Resistencia a la Compresión

Preparación de la muestra

Los especímenes de concreto son elaborados con medidas de 6''x 12'' y dosificados con diferentes porcentajes de aditivos, además el tiempo de curado de las mismas fueron distribuidas en tres bloques tal como se muestra en la Tabla 2.

Procedimiento de ensayo

Las probetas extraídas de la zona de curado, se dejaron secar naturalmente hasta alcanzar la condición de saturado superficialmente seco, se pesó, se determinó el diámetro y altura para cada espécimen y fue ubicada en la máquina universal de compresión para aplicar una carga constante hasta lograr la falla.

Fórmula para calcular la resistencia a la compresión

$$f'_c = \frac{1000 * P}{A} \dots \dots \dots (19)$$

Donde:

- f'_c : Esfuerzo a la compresión (Kg/cm²)
- P : Carga última (Tn)
- A : Sección del espécimen cilíndrico (cm²)

3.5.7.2. Porosidad y Absorción del Concreto

Preparación de la muestra

Las probetas a ensayar tuvieron un tiempo de curado de 28 días, la forma fue cilíndrica de 6 pulgadas de diámetro por 6 de alto con un volumen aparente de 5.301 dm³, Asimismo, cada espécimen con superficies irregulares, fisuras o extremos rotos o puntiagudos de consideración fueron excluidos.

Procedimiento.

La muestra seca, se la sumergió en agua por un tiempo no menor de 48 horas, Se pesó dicha muestra en condición de saturado superficialmente seco y se registró su peso. Luego la muestra se secó completamente en horno por periodos de 24 h con temperatura de 15°C +/- 5°C registrando constantemente el peso hasta verificar que los dos últimos no varían en más del 0.5 % y se anotó este último peso.

Cálculo de la porosidad del concreto

$$Pr = \frac{(w_{sss} - w_o)}{\gamma_w * V} * 100 \dots \dots \dots (20)$$

Donde:

- Pr : Porosidad del espécimen de concreto (%)
- V : Volumen aparente de la muestra (m³)
- γ_w : Peso específico del agua (Kg/m³)
- W_{sss} : Peso de la muestra en condición SSS (kg)
- W_o : Peso seco de la muestra (kg)

Cálculo de la absorción del concreto

$$Asb = \frac{(w_{sss} - w_o)}{w_o} * 100 \dots \dots \dots (21)$$

Donde:

- Abs : Absorción del espécimen de concreto (%)
- W_{sss} : Peso de la muestra en condición SSS (kg)
- W_o : Peso seco de la muestra (kg)

3.5.7.3. Permeabilidad.

Este ensayo se realizó haciendo uso de las pautas descritas en la norma técnica colombiana NTC 4483-1998 (método de ensayo para determinar la permeabilidad de concreto al agua)

Equipo

Por tratarse de un concreto de baja permeabilidad el equipo adecuado fue un permeámetro de carga constante tal como se describe en el capítulo II, apartado 2.2.8. de esta investigación.

El equipo está fabricado acorde a lo establecido en la norma EN 12390-8 y cuenta con cuatro cámaras de presión independientes.

El funcionamiento comienza cuando se activa el compresor de aire acoplado al equipo, este envía presión al tanque de agua, el cual, mediante el principio de Pascal, el agua es desplazada a través de un segundo manómetro de control de presión, para después dirigir el fluido a cada válvula de control. Finalmente, el agua llega a cada cámara que, mediante sellos de caucho con el concreto, este fluido es dirigido hacia el interior de cada espécimen.

Preparación de la muestra

Las probetas de concreto tuvieron un curado de 28 días y fueron de forma cilíndricas de 6 pulgadas de diámetro por 6 de alto con una tolerancia en diámetro de +/- 2 mm y en altura de +/- 20 mm. Ambas bases del espécimen cilíndrico se rasparon con un cepillo de acero para remover la capa externa y evitar lecturas erróneas de permeabilidad.

Procedimiento.

El ensayo se realizó colocando cada espécimen en su respectiva cámara de presión, cuidando de que las bases de cada cámara estén paralelas a las bases de la probeta para proceder a ajustar los pernos de fijación con el mismo número de vueltas. Se aplicó una presión de 500 kPa +/- 50 kPa durante 4 días, una vez cumplido este tiempo, la probeta fue rota en dos partes, de manera que la línea de corte sea perpendicularmente opuesta al lado en la que se aplica la presión de agua.

Finalmente, se marcó el frente con penetración de agua y se midió la profundidad que penetró el agua dentro de la probeta redondeado al milímetro más próximo.

Cálculo del coeficiente de permeabilidad (Ecuación de Valenta)

El cálculo se realizará según lo establecido en la norma técnica colombiana (NTC 4483) con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{P^2 V}{2TH} \dots \dots \dots (22)$$

Donde:

- k: coeficiente de permeabilidad
- P: profundidad de penetración (m)
- V: porosidad del concreto. (%)
- T: tiempo de ensayo (seg)
- H: presión (m.c.a)

3.6. Análisis y Presentación de Resultados

3.6.1. Propiedades Físico Mecánicas de los Agregados

Tabla 6. *Propiedades de los agregados.*

Propiedad	Unidades	Agregado	Agregado
		Fino	Grueso
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1439.22	1462.65
Peso unitario seco compactado	kg/m ³	1680.36	1569.28
Peso específico de masa	gr/cm ³	2.50	2.59
Peso específico de masa S.S.S.	gr/cm ³	2.58	2.62
Peso específico Aparente	gr/cm ³	2.70	2.67
Absorción	%	2.95	1.21
Contenido de Humedad	%	3.23	0.55
Módulo de Finura		3.30	7.01
Partículas menores al Tamiz N° 200	%	3.46	0.43
Tamaño máximo Nominal	Pulg.	...	3/4"
Perfil del Agregado		...	Angular
Abrasión	%	...	28.58

3.6.2. Diseño de Mezcla de Concreto en Estado Seco y por m³.

Se muestra el resumen de la cantidad de materiales secos que fueron necesarios para un metro cúbico de concreto, mismos que son agrupados por tipo de cemento, tal cómo se indica en los cuadros siguientes:

Tabla 7. *Peso de los materiales de diseño secos por m³ (cemento tipo I).*

Descripción	Unidad	Concreto	C° + 0.8 %	C° + 1.0 %	C° + 1.5 %
		patrón	de Aditivo	de Aditivo	de Aditivo
Cemento	kg/m ³	410.00	410.00	410.00	410.00
Agua de diseño	Lt/m ³	205.00	205.00	205.00	205.00
Aditivo	kg/m ³	0.00	3.28	4.51	6.15
Agregado Fino seco	kg/m ³	803.60	801.10	798.60	798.60
Agregado Grueso seco	kg/m ³	832.82	827.65	827.65	825.06

Tabla 8. *Peso de los materiales de diseño secos por m³ (cemento tipo V).*

Descripción	Unidad	Concreto patrón	C° + 0.8 % de Aditivo	C° + 1.0 % de Aditivo	C° + 1.5 % de Aditivo
Cemento	kg/m ³	410.00	410.00	410.00	410.00
Agua de diseño	Lt/m ³	205.00	205.00	205.00	205.00
Aditivo	kg/m ³	0.00	3.28	4.51	6.15
Agregado Fino seco	kg/m ³	806.11	801.10	801.10	798.60
Agregado Grueso seco	kg/m ³	832.82	830.23	827.65	827.65

3.6.3. Diseño de Mezcla de Concreto en Estado Seco y por Tanda.

Debido a fines prácticos se presenta el resumen de la cantidad de materiales secos que fueron útiles para una tanda de 0.027 m³ de concreto necesario para cuatro probetas de tamaño de 6'' de diámetro por 12'' de altura, estos materiales son agrupados por tipo de cemento, tal cómo se observa en los cuadros siguientes:

Tabla 9. *Peso de los materiales de diseño secos por tanda (0.027 m³ < > para 4 probetas) con cemento tipo I.*

Descripción	Unidad	Concreto patrón	C° + 0.8 % de Aditivo	C° + 1.0 % de Aditivo	C° + 1.5 % de Aditivo
Cemento	kg/tanda	11.070	11.070	11.070	11.070
Agua de diseño	Lt/tanda	5.535	5.535	5.535	5.535
Aditivo	kg/tanda	0.000	0.089	0.122	0.166
Agregado Fino seco	kg/tanda	21.697	21.630	21.562	21.562
Agregado Grueso seco	kg/tanda	22.486	22.346	22.346	22.277

Tabla 10. *Peso de los materiales de diseño secos por tanda (0.027 m³ < > para 4 probetas) con cemento tipo V.*

Descripción	Unidad	Concreto patrón	C° + 0.8 % de Aditivo	C° + 1.0 % de Aditivo	C° + 1.5 % de Aditivo
Cemento	kg/tanda	11.070	11.070	11.070	11.070
Agua de diseño	Lt/tanda	5.535	5.535	5.535	5.535
Aditivo	kg/tanda	0.000	0.089	0.122	0.166
Agregado Fino seco	kg/tanda	21.765	21.630	21.630	21.562
Agregado Grueso seco	kg/tanda	22.486	22.416	22.346	22.346

3.6.4. Diseño de Mezcla de Concreto Corregido por Humedad en m³.

Siguiendo los procedimientos descritos en el apartado 3.4.5 y 3.4.6 se obtuvo la corrección por humedad de los materiales a emplear en un metro cúbico de concreto, agrupados para cada tipo de cemento.

Tabla 11. *Peso de los materiales corregido por humedad por m³ (cemento tipo I).*

Descripción	unida d	Concreto patrón	C° + 0.8 % de Aditivo	C° + 1.0 % de Aditivo	C° + 1.5 % de Aditivo
Cemento	kg/m3	410.00	410.00	410.00	410.00
Agua de diseño	Lt/m3	208.27	208.24	208.25	208.23
Aditivo	kg/m3	0.00	3.28	4.51	6.15
Agregado Fino seco	kg/m3	829.56	826.98	824.39	824.39
Agregado Grueso seco	kg/m3	837.42	832.22	832.22	829.62

Tabla 12. *Peso de los materiales corregido por humedad por m³ (cemento tipo V).*

Descripción	unidad	Concreto patrón	C° + 0.8 % de Aditivo	C° + 1.0 % de Aditivo	C° + 1.5 % de Aditivo
Cemento	kg/m3	410.00	410.00	410.00	410.00
Agua de diseño	Lt/m3	208.26	208.26	208.24	208.25
Aditivo	kg/m3	0.00	3.28	4.51	6.15
Agregado Fino seco	kg/m3	832.15	826.98	826.98	824.39
Agregado Grueso seco	kg/m3	837.42	834.82	832.22	832.22

3.6.5. Diseño de Mezcla de Concreto Corregido por Humedad y por Tanda.

Se presenta el resumen de los materiales corregidos por humedad que fueron necesarios para tandas de 0.027 m³ de concreto necesario para cuatro probetas de tamaño de 6'' de diámetro por 12'' de altura, mismos que son agrupados por tipo de cemento, tal como se muestra en los cuadros siguientes:

Tabla 13. *Peso de los materiales corregidos por humedad y por tanda (0.027 m³ < > para 4 probetas) con cemento tipo I.*

Descripción	unidad	Concreto patrón	C° + 0.8 % de Aditivo	C° + 1.0 % de Aditivo	C° + 1.5 % de Aditivo
Cemento	kg/tanda	11.070	11.070	11.070	11.070
Agua de diseño	Lt/tanda	5.623	5.623	5.623	5.622
Aditivo	kg/tanda	0.000	0.089	0.122	0.166
Agregado Fino seco	kg/tanda	22.398	22.328	22.259	22.259
Agregado Grueso seco	kg/tanda	22.610	22.470	22.470	22.400

Tabla 14. *Peso de los materiales corregidos por humedad y por tanda (0.027 m³ < > para 4 probetas) con cemento tipo V.*

Descripción	unidad	Concreto patrón	C° + 0.8 % de Aditivo	C° + 1.0 % de Aditivo	C° + 1.5 % de Aditivo
Cemento	kg/tanda	11.070	11.070	11.070	11.070
Agua de diseño	Lt/tanda	5.623	5.623	5.623	5.623
Aditivo	kg/tanda	0.000	0.089	0.122	0.166
Agregado Fino seco	kg/tanda	22.468	22.328	22.328	22.259
Agregado Grueso seco	kg/tanda	22.610	22.540	22.470	22.470

3.6.6. Tratamiento y Presentación de Resultados de las Propiedades Físico Mecánicas del Concreto

3.6.6.1. Resistencia a la Compresión

3.6.6.1.1. Resistencia a la Compresión Utilizando Cemento Tipo I

Tabla 15. Resistencia a compresión del concreto elaborado con cemento tipo I a edades de 7, 14 y 28 días de curado para diferentes porcentajes de aditivo.

Resistencia a compresión del Concreto Elaborado con Cemento Tipo I						
% de aditivo	Edad de Ensayo					
	7 días		14 días		28 días	
	$f'c$ promedio (kg/cm ²)	(%)	$f'c$ promedio (kg/cm ²)	(%)	$f'c$ promedio (kg/cm ²)	(%)
Penetron Admix						
CT1-Patron	243.478	66.74	308.140	84.47	364.799	100
CT1A + 0.8	292.211	80.10	352.200	96.55	404.448	110.87
CT1A + 1.0	305.810	83.83	358.516	98.28	408.422	111.96
CT1A + 1.5	311.454	85.38	360.151	98.73	401.383	110.03

Nota. La tabla expresa la resistencia a compresión en kg/cm² y los porcentajes son respecto a la resistencia alcanzada a los 28 días del concreto patrón.

Figura 6. Resistencia a la compresión vs días de curado utilizando cemento tipo I.

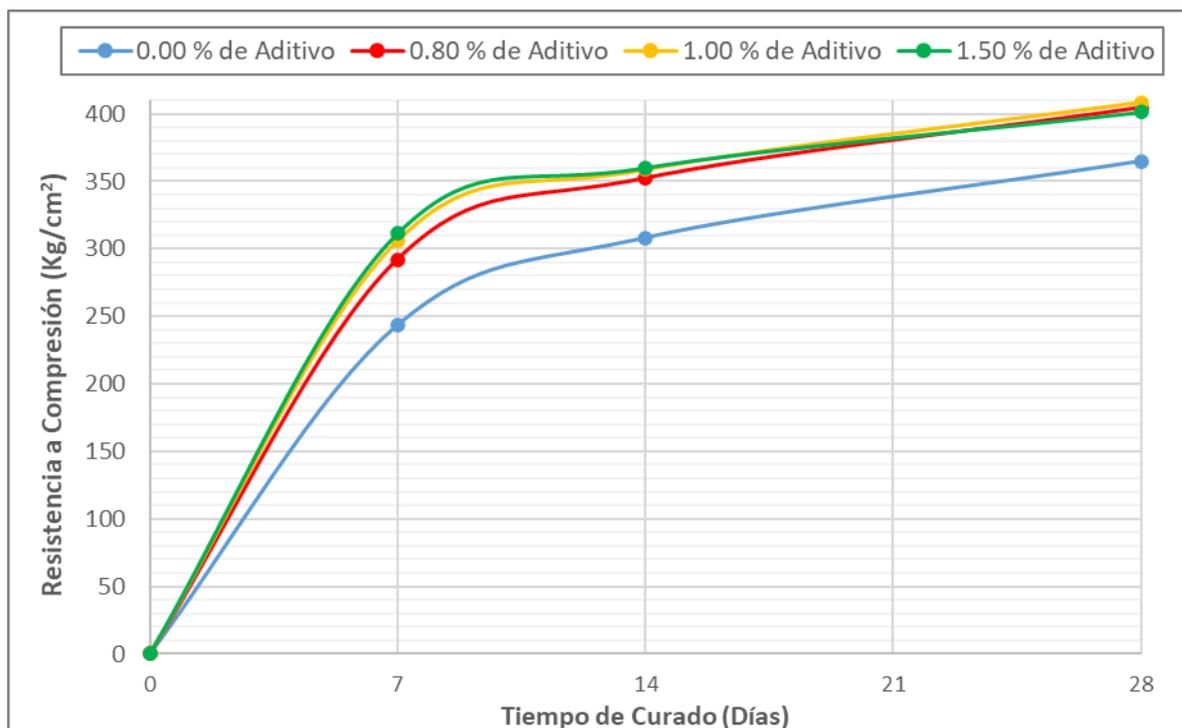
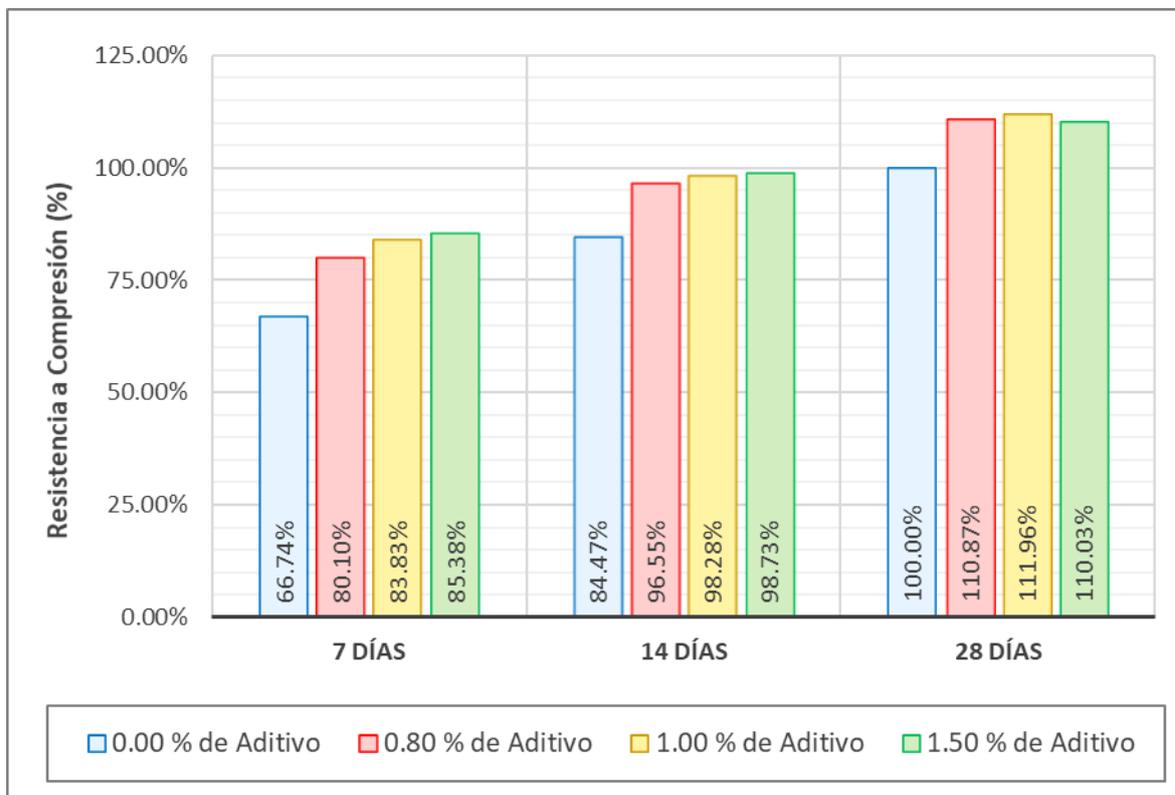


Figura 7. Resistencia a la compresión agrupado por días de curado utilizando cemento tipo I.



3.6.6.1.2. Resistencia a la Compresión Utilizando Cemento Tipo V

Tabla 16. Resistencia a compresión del concreto elaborado con cemento tipo V a edades de 7,14 y 28 días de curado para diferentes porcentajes de aditivo.

Resistencia a compresión del Concreto Elaborado con Cemento Tipo V						
% de aditivo	Edad de Ensayo					
	7 días		14 días		28 días	
Penetron	$f'c$		$f'c$		$f'c$	
Admix	promedio	(%)	promedio	(%)	promedio	(%)
	(kg/cm ²)		(kg/cm ²)		(kg/cm ²)	
CT5-Patron	255.110	69.48	304.207	82.85	367.193	100
CT5A + 0.8	305.535	83.21	348.934	95.03	379.636	103.39
CT5A + 1.0	280.961	76.52	334.929	91.21	355.617	96.85
CT5A + 1.5	260.473	70.94	312.719	85.16	342.578	93.30

Nota. La tabla expresa la resistencia a compresión en kg/cm² y los porcentajes son respecto a la resistencia alcanzada a los 28 días del concreto patrón.

Figura 8. Resistencia a la compresión vs días de curado utilizando cemento tipo V.

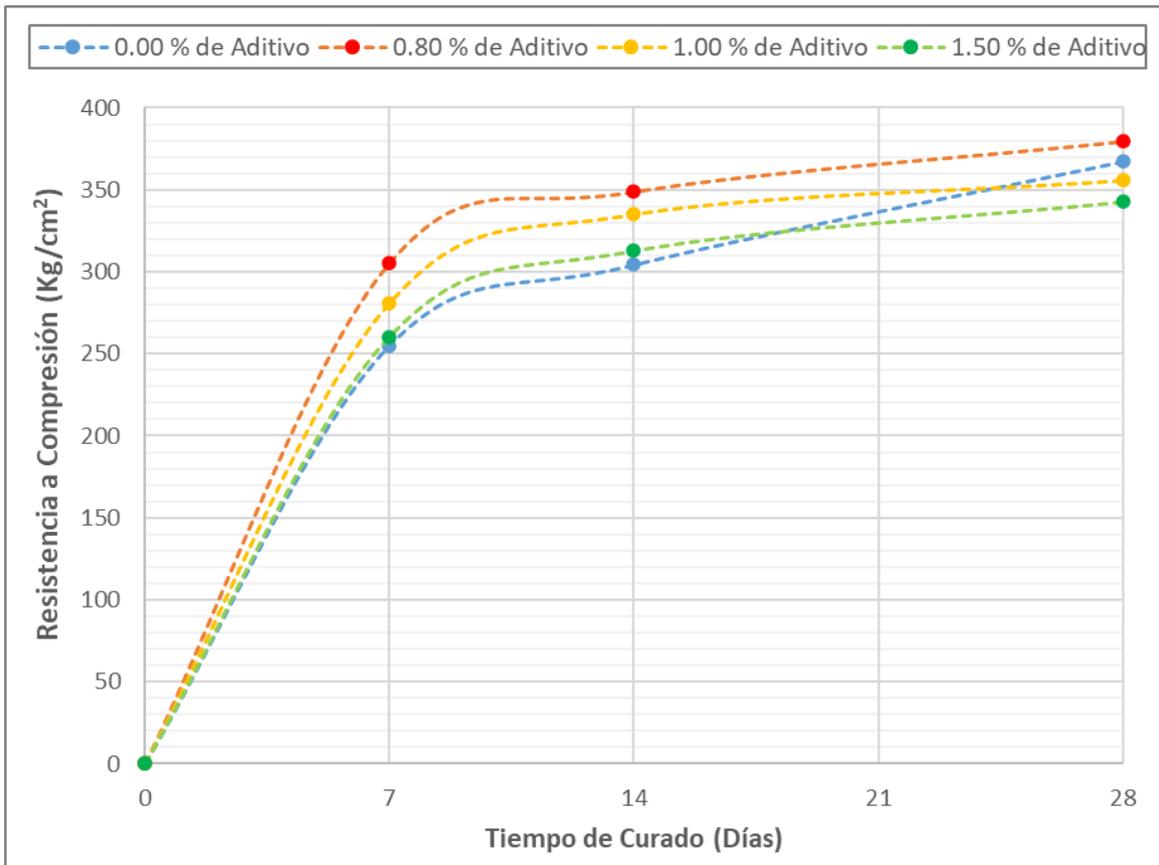
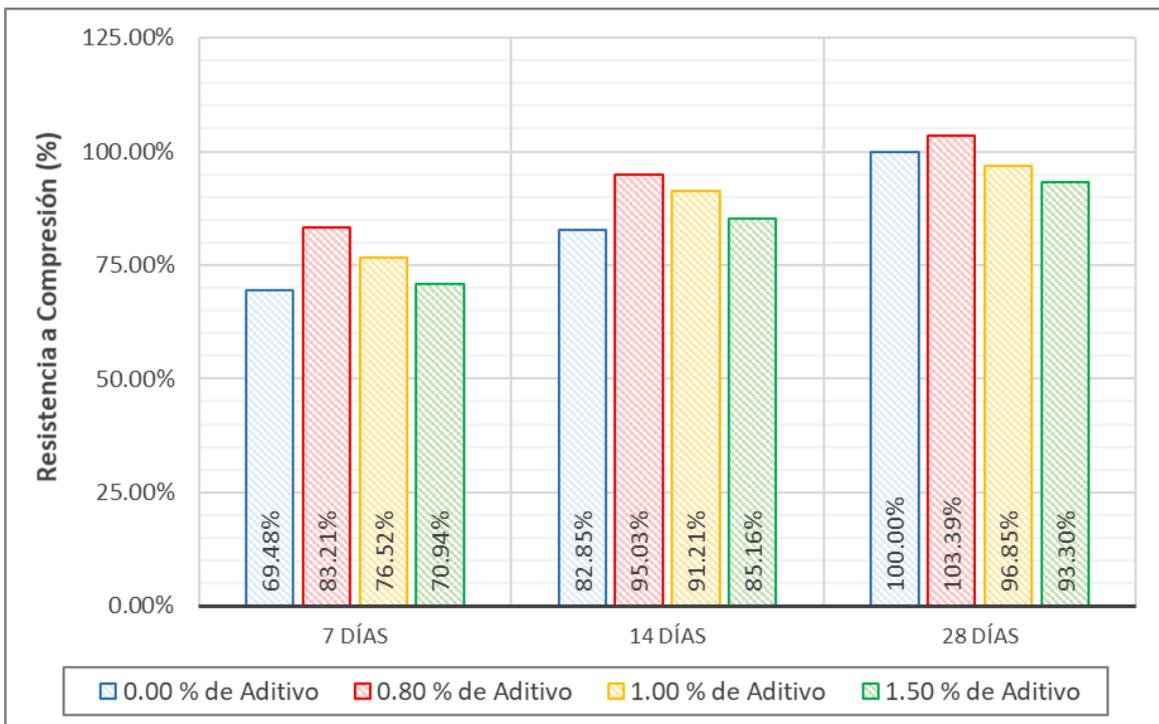


Figura 9. Resistencia a la compresión agrupado por días de curado utilizando cemento tipo V.

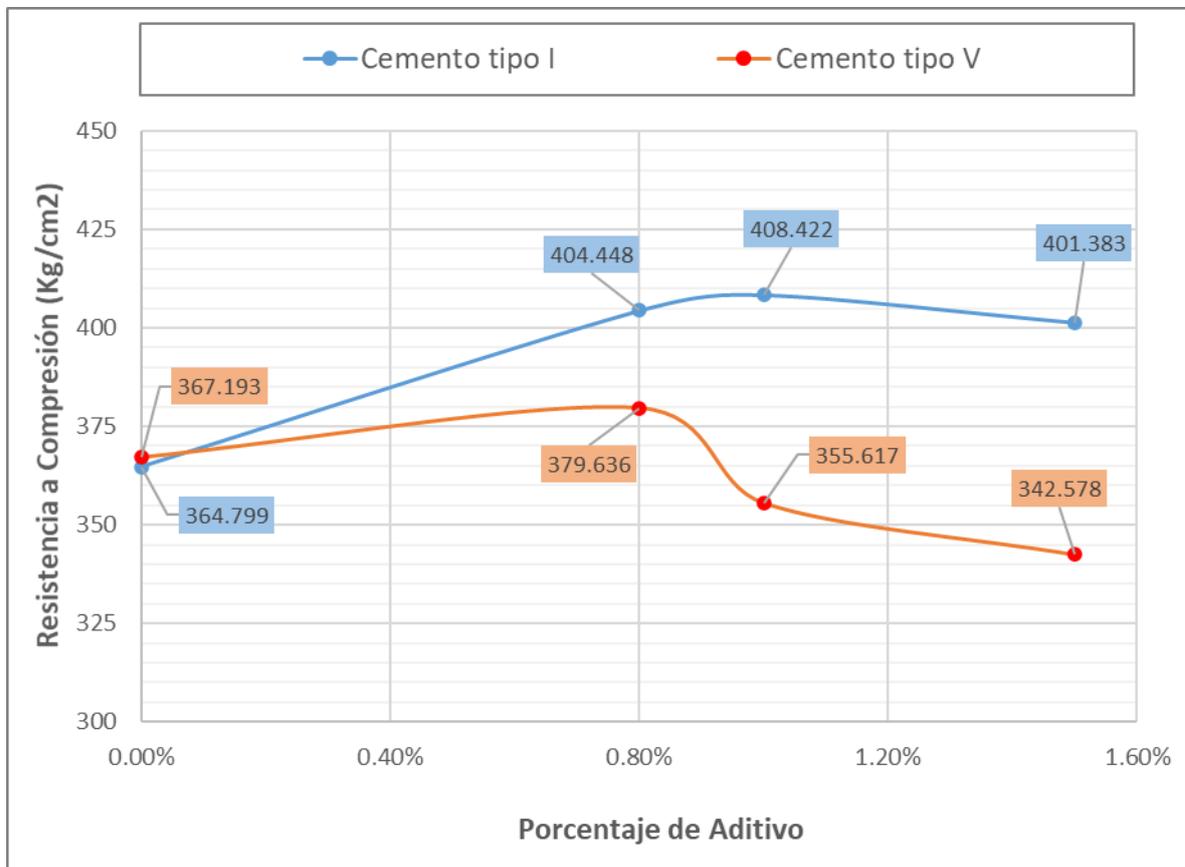


3.6.6.1.3. Comparación de Resistencia a Compresión Usando Cemento Tipo I y Tipo V

Tabla 17. Resistencia a compresión a los 28 días de curado con cemento tipo I y tipo V para diferentes porcentajes de aditivo.

Ensayo a Compresión a los 28 Días de Curado		
Porcentaje de aditivo Penetron Admix	Tipo de Cemento	
	Tipo I f_c promedio (kg/cm ²)	Tipo V f_c promedio (kg/cm ²)
0.00%	364.799	367.193
0.80%	404.448	379.636
1.00%	408.422	355.617
1.50%	401.383	342.578

Figura 10. Resistencia a compresión vs porcentaje de aditivo a los 28 días de curado utilizando cemento tipo I y tipo V.

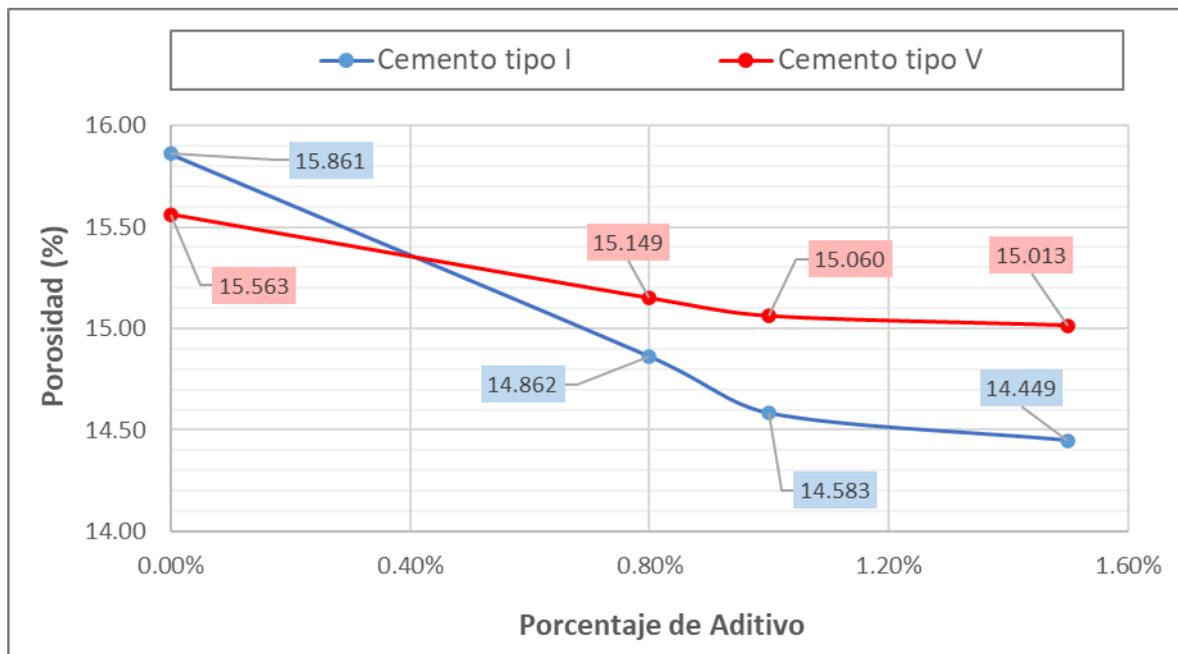


3.6.6.2. Porosidad del Concreto Utilizando Cemento Tipo I y Tipo V

Tabla 18. Porosidad a los 28 días de curado utilizando cemento tipo I y tipo V.

Porosidad del Concreto a los 28 días de curado		
Porcentaje de Aditivo	Cemento Tipo I	Cemento Tipo V
0.00%	15.861	15.563
0.80%	14.862	15.149
1.00%	14.583	15.060
1.50%	14.449	15.013

Figura 11. Porosidad vs porcentaje de aditivo utilizando cemento tipo I y tipo V.

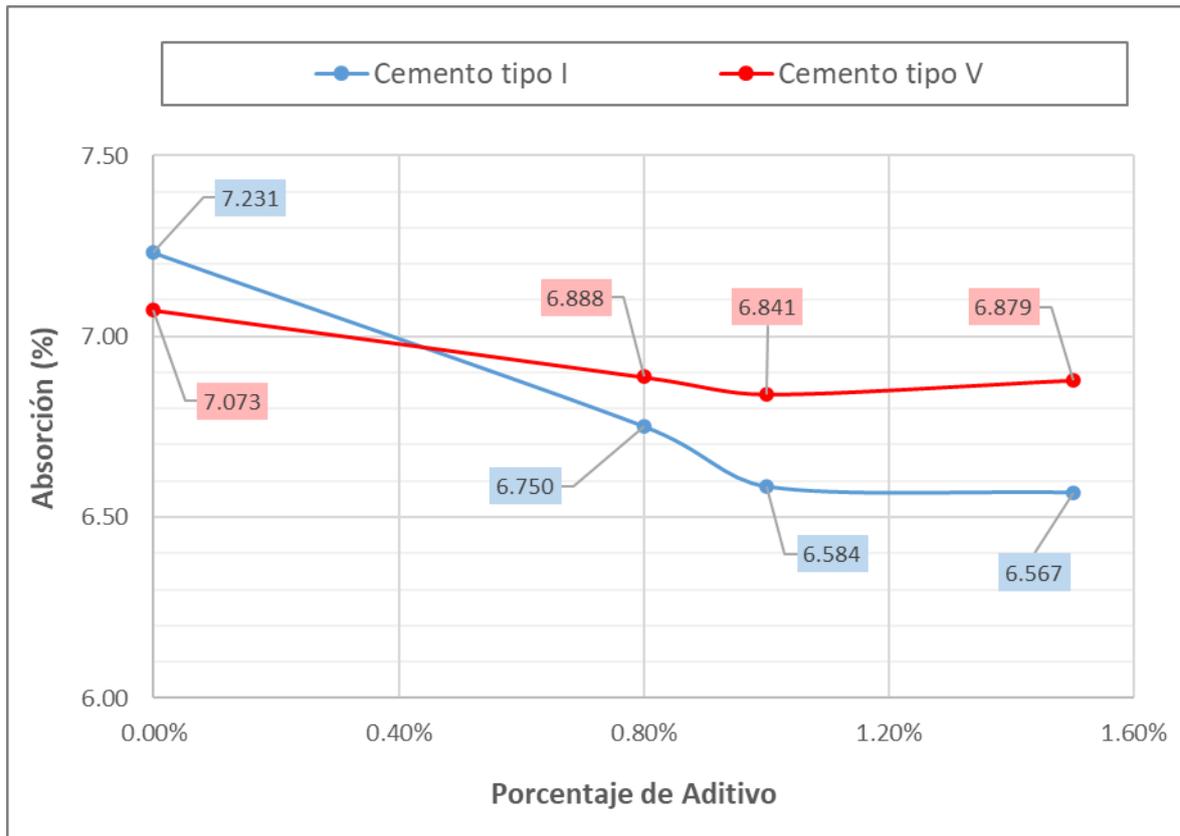


3.6.6.3. Absorción del Concreto Utilizando Cemento Tipo I y Tipo V

Tabla 19. Absorción a los 28 días de curado utilizando cemento tipo I y tipo V.

Absorción del Concreto a los 28 días de curado		
Porcentaje de aditivo	Cemento tipo I	Cemento tipo V
0.00%	7.231	7.073
0.80%	6.750	6.888
1.00%	6.584	6.841
1.50%	6.567	6.879

Figura 12. Absorción vs porcentaje de aditivo utilizando cemento tipo I y tipo V.



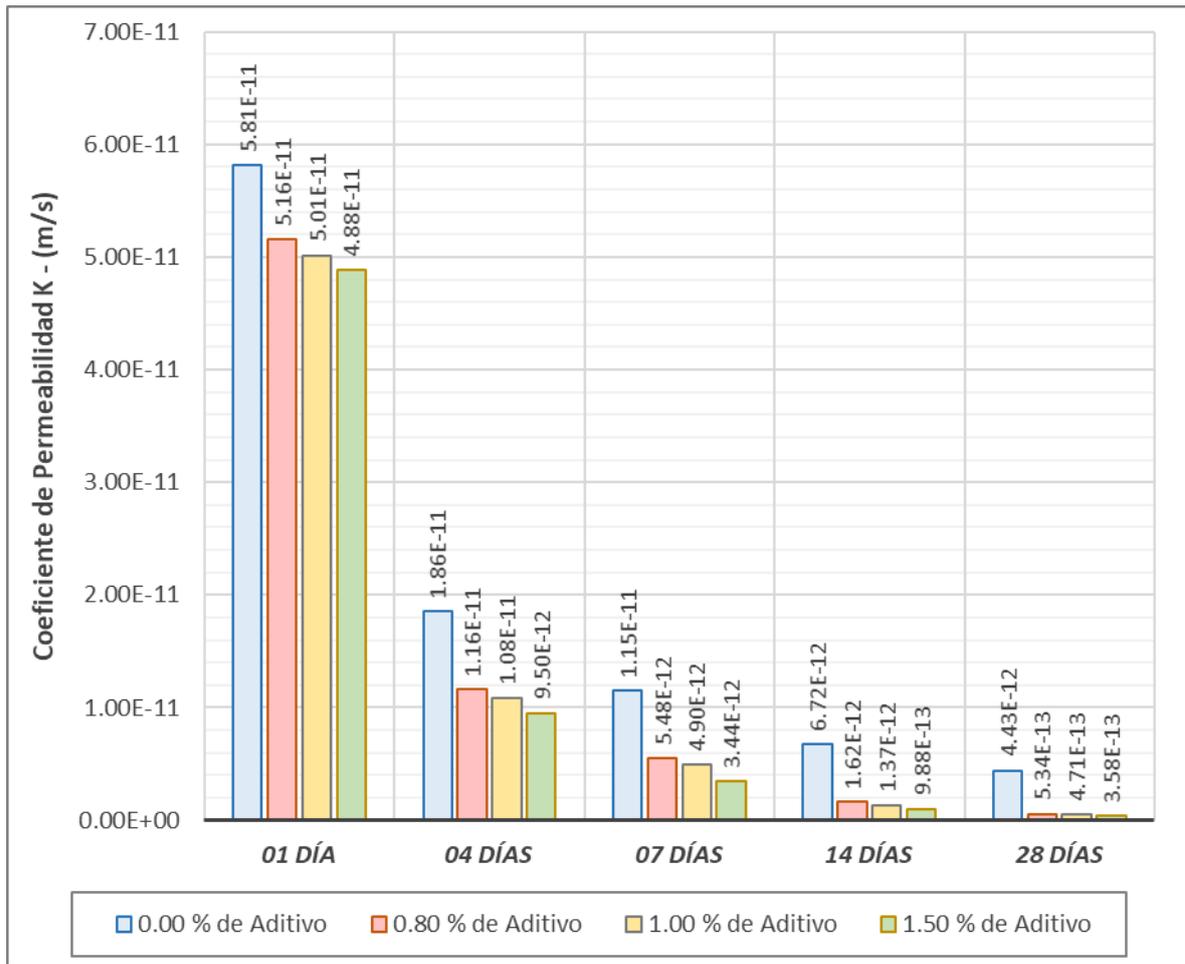
3.6.6.4. Coeficiente de Permeabilidad.

3.6.6.4.1. Coeficiente de Permeabilidad Utilizando Cemento Tipo I

Tabla 20. Coeficiente de permeabilidad y porcentaje de reducción de permeabilidad utilizando cemento tipo I.

Días de Ensayo	0.00 % de Aditivo		0.80 % de Aditivo		1.00 % de Aditivo		1.50 % de Aditivo	
	Coef. Perm.	Reducción de Perm. (%)	Coef. Perm.	Reducción de Perm. (%)	Coef. Perm.	Reducción de Perm. (%)	Coef. Perm.	Reducción de Perm. (%)
	(m/s)	(%)	(m/s)	(%)	(m/s)	(%)	(m/s)	(%)
01 día	5.81E-11	0.00	5.16E-11	11.31	5.01E-11	13.73	4.88E-11	16.04
04 días	1.86E-11	0.00	1.16E-11	37.34	1.08E-11	41.53	9.50E-12	48.77
07 días	1.15E-11	0.00	5.48E-12	52.42	4.90E-12	57.45	3.44E-12	70.17
14 días	6.72E-12	0.00	1.62E-12	75.91	1.37E-12	79.66	9.88E-13	85.29
28 días	4.43E-12	0.00	5.34E-13	87.94	4.71E-13	89.38	3.58E-13	91.92

Figura 13. Coeficiente de permeabilidad agrupado por días de ensayo, con cemento tipo I.

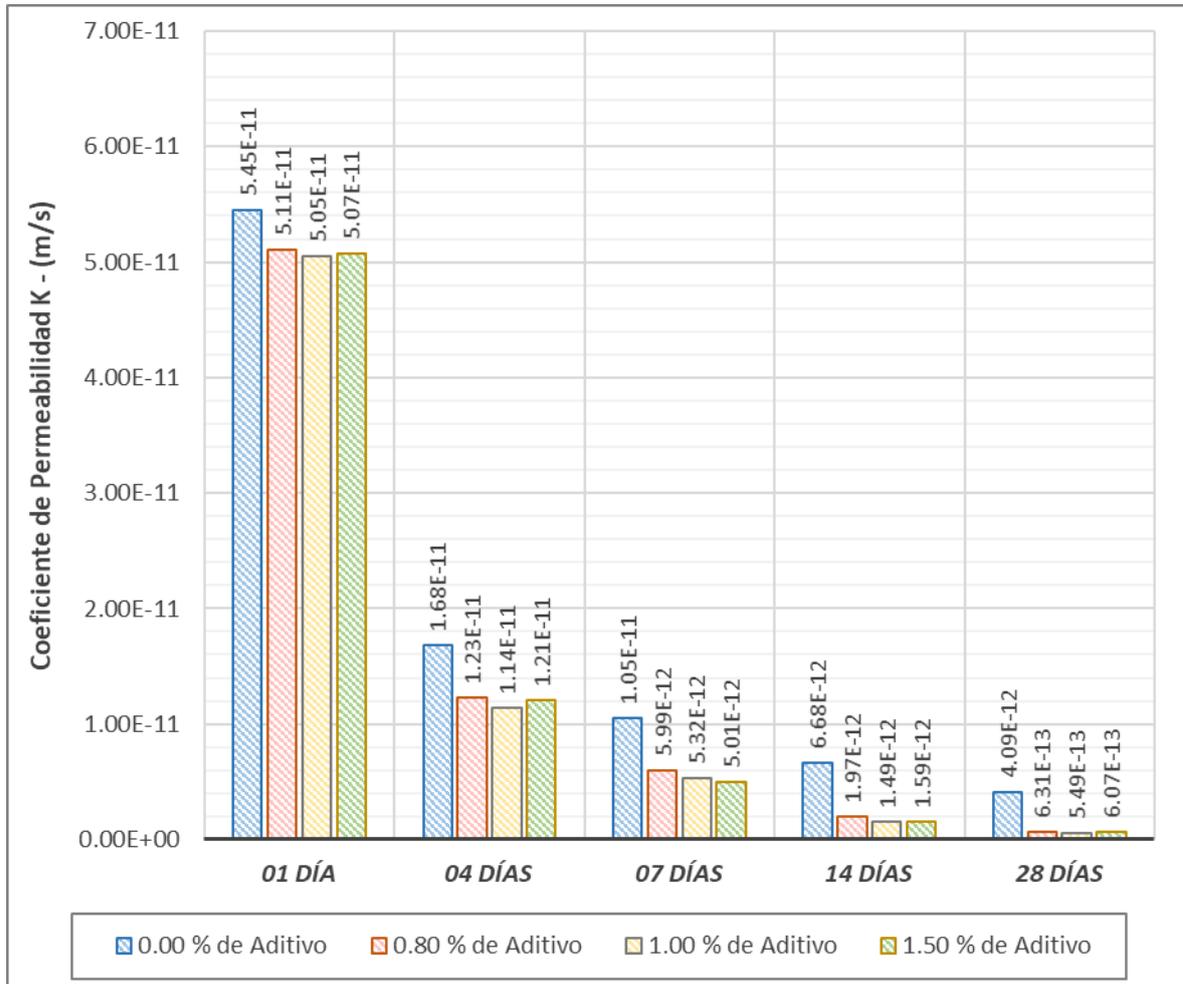


3.6.6.4.2. Coeficiente de Permeabilidad Utilizando Cemento Tipo V

Tabla 21. Coeficiente de permeabilidad y porcentaje de reducción de permeabilidad utilizando cemento tipo V.

Días de Ensayo	0.00 % de Aditivo		0.80 % de Aditivo		1.00 % de Aditivo		1.50 % de Aditivo	
	Coef. Perm. (m/s)	Reducción de Perm. (%)	Coef. Perm. (m/s)	Reducción de Perm. (%)	Coef. Perm. (m/s)	Reducción de Perm. (%)	Coef. Perm. (m/s)	Reducción de Perm. (%)
01 día	5.45E-11	0.00	5.11E-11	6.17	5.05E-11	7.29	5.07E-11	6.91
04 días	1.68E-11	0.00	1.23E-11	27.02	1.14E-11	32.18	1.21E-11	28.24
07 días	1.05E-11	0.00	5.99E-12	43.12	5.32E-12	49.52	5.01E-12	52.47
14 días	6.68E-12	0.00	1.97E-12	70.45	1.49E-12	77.68	1.59E-12	76.25
28 días	4.09E-12	0.00	6.31E-13	84.57	5.49E-13	86.57	6.07E-13	85.14

Figura 14. Coeficiente de permeabilidad agrupado por días de ensayo utilizando cemento tipo V.



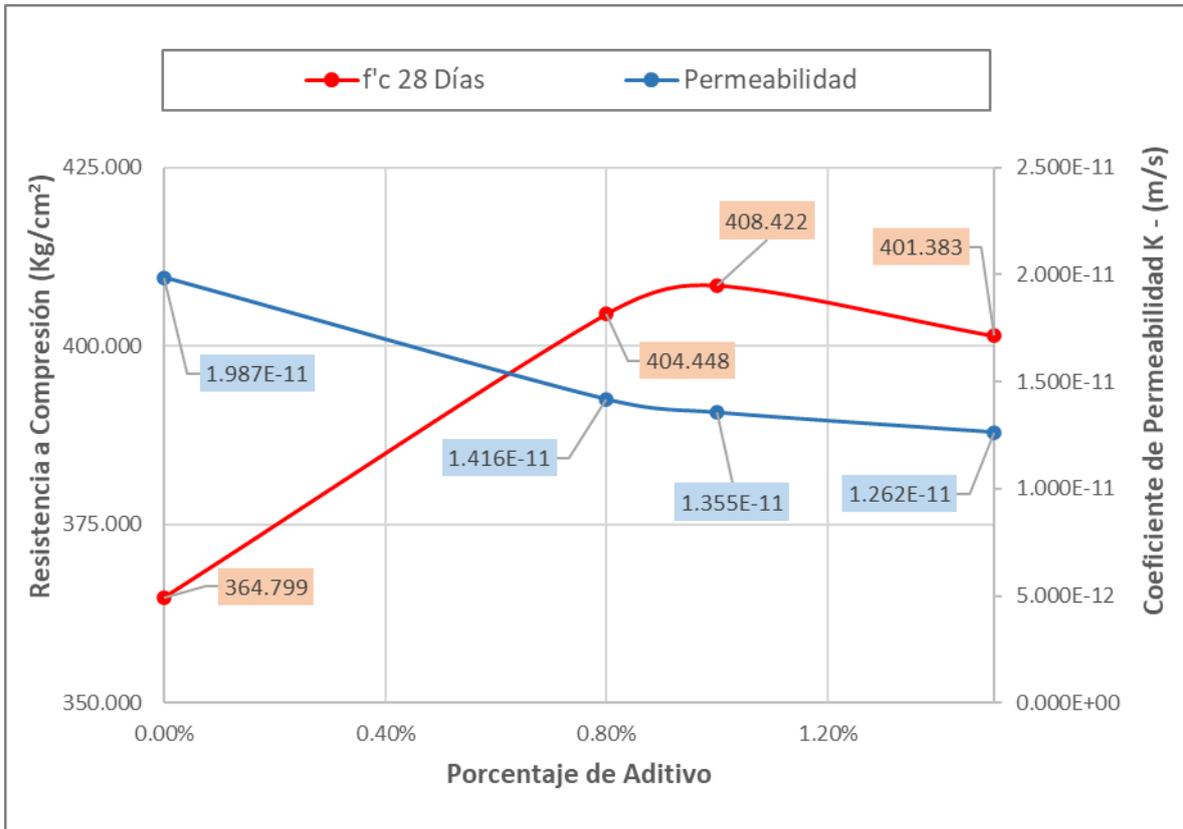
3.6.6.5. Permeabilidad vs Resistencia a la Compresión

3.6.6.5.1. Permeabilidad vs Resistencia a la Compresión Utilizando Cemento Tipo I

Tabla 22. Coeficiente de permeabilidad y resistencia a la compresión a los 28 días utilizando cemento tipo I.

Porcentaje de Aditivo	Coeficiente de Permeabilidad	f'c 28 Días
0.00%	1.987E-11	364.799
0.80%	1.416E-11	404.448
1.00%	1.355E-11	408.422
1.50%	1.262E-11	401.383

Figura 15. Resistencia a la compresión vs coeficiente de permeabilidad vs porcentaje de aditivo utilizando cemento tipo I.

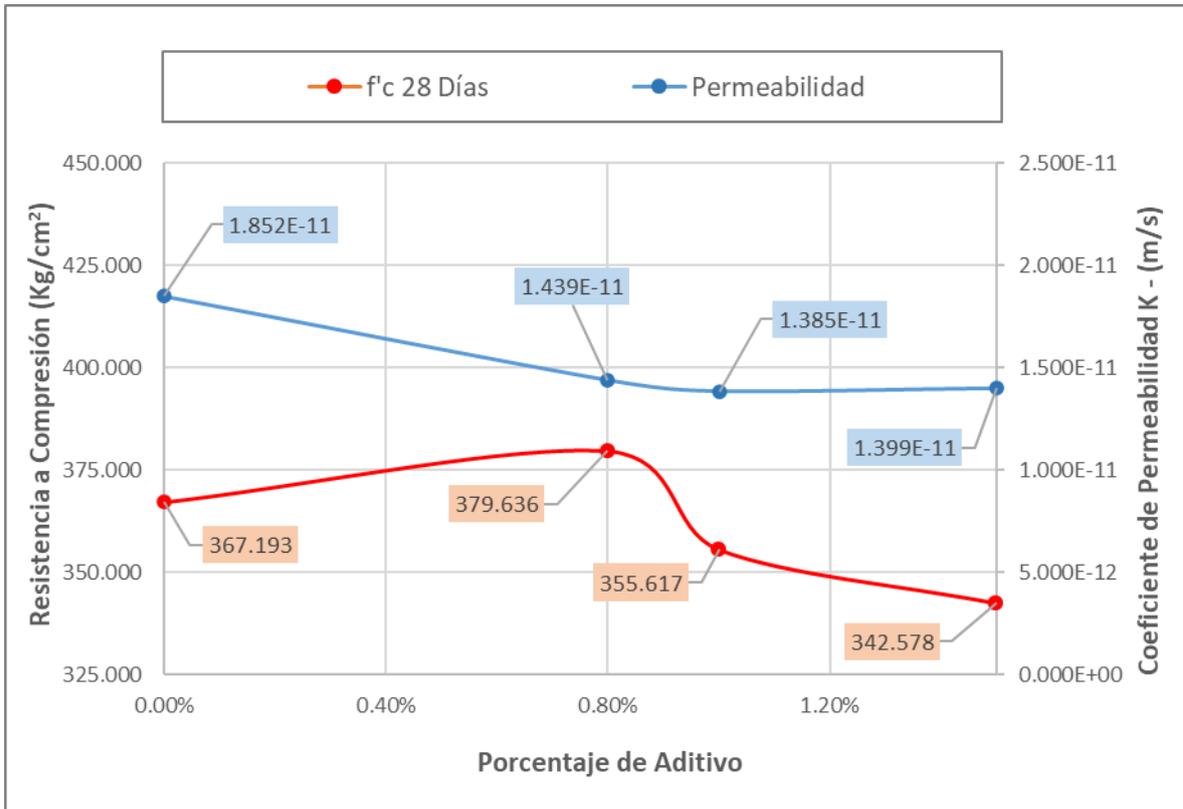


3.6.6.5.2. Permeabilidad vs Resistencia a la Compresión Utilizando Cemento Tipo V

Tabla 23. Coeficiente de permeabilidad y Resistencia a la compresión a los 28 días utilizando cemento tipo V.

Porcentaje de Aditivo	Coeficiente de Permeabilidad	f'c 28 Días
0.00%	1.852E-11	367.193
0.80%	1.439E-11	379.636
1.00%	1.385E-11	355.617
1.50%	1.399E-11	342.578

Figura 16. Resistencia a la compresión vs coeficiente de permeabilidad vs porcentaje de aditivo utilizando cemento tipo V.



CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4. Análisis y Discusión de Resultados

4.1. Análisis de las Propiedades Físico Mecánicas de los Agregados

De la Tabla 6 se observa que tanto el agregado fino como el agregado grueso cumplen con lo establecido en la norma NTP 400.018, pues, el valor de partículas menores al Tamiz N° 200 para el agregado fino es de 3.46 %, menor al 5% recomendado, mientras que el valor para el agregado grueso es de 0.43% también menor al 1% sugerido.

Para el agregado fino, el módulo de fineza (m.f. = 3.3) se encuentra ligeramente fuera del valor mínimo y máximo recomendado ($2.3 < \text{m.f.} < 3.1$), además la gradación no cumple con los límites de la Tabla 25, sin embargo, la NTP 400.37 permite la utilización del agregado puesto que estudios demuestran que el concreto realizado con material de la cantera Aguilar arrojan resistencias a la compresión superiores a las de diseño, por lo que en esta investigación no se realizó ajustes en la gradación de dicho agregado. En el agregado grueso la curva granulométrica se localiza dentro de los límites del huso 67, el cual está contemplada en la Tabla 24.

La pérdida de material luego de efectuar la prueba de abrasión con la máquina de los ángeles, es de 28.58% cumpliendo de esta manera los requisitos descritos en la norma NTP 339.019 ($10\% < 28.76\% < 45\%$).

4.2. Análisis del Diseño de Mezcla del Concreto.

De la Tabla 9 la cantidad de agregados por metro cúbico diseñado para un concreto elaborado con cemento tipo I, disminuye ligeramente cuando se aumenta la proporción de aditivo, mientras que el agua efectiva aumenta en cantidades mínimas, esto porque la proporción del aditivo está en relación del peso del cemento además que, al momento de realizar la determinación de volúmenes absolutos de los elementos de la pasta, el aditivo por ser un material sólido también es considerado como parte de ella.

De la Tabla 10 la cual muestra los pesos de los materiales corregido por humedad y por m^3 del concreto elaborado con cemento tipo V, se presenta el mismo caso descrito en el párrafo anterior, con la diferencia que al tratarse de un cemento de elevada resistencia ante los sulfatos el peso específico cambia de 3.10 a 3.13 gr/cm^3 haciendo una ligera variación en las cantidades de materiales resultantes respecto al concreto elaborado con cemento tipo I.

4.3. Análisis de las Propiedades Físico-Mecánicas del Concreto

4.3.1. Análisis de la Resistencia a la Compresión

4.3.1.1. Resistencia a la Compresión Utilizando Cemento Tipo I

De la Tabla 15 y de la Figura 6 se observa que la resistencia a la compresión del concreto patrón (0.00% de aditivo y elaborado con cemento tipo I) aumenta progresivamente a medida que pasan los días de curado, alcanzando resistencias a los 28 días de 364.799 kg/cm². Asimismo, cuando se utiliza aditivo impermeabilizante por cristalización Penetron Admix, la resistencia promedio se eleva respecto del concreto patrón, esto es, para la adición de 0.80% y 1.00% de aditivo el concreto aumenta la resistencia de manera constante hasta alcanzar su valor máximo de 404.448 kg/cm² y 408.422 kg/cm² respectivamente a los 28 días, por su parte, el concreto adicionado con el 1.50% de aditivo aumenta la resistencia consiguiendo un valor máximo de 401.383 kg/cm² siendo esta última inferior a las dos resistencias anteriores.

La Figura 07 ilustra el porcentaje de la resistencia adquirida por el concreto a diferentes edades de curado y a diferentes porcentajes de aditivo, todo esto respecto a la resistencia máxima del concreto patrón. De ahí que, a los 7 y 14 días, el concreto con 1.50% de aditivo alcanza la mayor resistencia siendo estos valores de 85.38% y 98.73%. A los 28 días de curado, el concreto con aditivo al 1.00% logra la mayor resistencia (111.96%) respecto del concreto patrón.

4.3.1.2. Resistencia a la Compresión Utilizando Cemento Tipo V

De los resultados del diseño de mezcla con cemento tipo V descritos en la Tabla 16 se aprecia que el concreto sin aditivo al igual que en el caso anterior crece progresivamente la resistencia a la compresión mientras las probetas están más tiempo en estado de curado llegando a 367.193 kg/cm² a los 28 días, asimismo, cuando a la mezcla de concreto se le añade aditivo impermeabilizante por cristalización en 0.80%, esta resistencia aumenta continuamente hasta alcanzar el valor máximo de 379.636 kg/cm². Por su parte, las curvas de la Figura 8 correspondientes a la adición de 1.00% y 1.50% de aditivo, si bien es cierto aumenta su resistencia en el tiempo, al llegar a los 28 días de curado la resistencia alcanzada es inferior a la del concreto patrón (355.617 y 342.578 kg/cm²).

La Figura 9 representa las gráficas del porcentaje de resistencia adquirida por el concreto a diferentes edades y porcentajes de aditivo, en relación a la resistencia del concreto patrón a los 28 días de curado. Los resultados cuando se emplea el cemento tipo V más 0.80% de aditivo impermeabilizante por cristalización, a los 7, 14 y 28 días, el concreto alcanza la mayor resistencia representado el 83.21%, 95.03% y 103.39% respectivamente, teniendo además que al emplear aditivo al 1.00% y 1.50% la resistencia final a los 28 días de curado decae por debajo del concreto patrón.

4.3.1.3. Comparación de Resistencia a Compresión Usando Cemento Tipo I y Tipo V

De la Figura 10, cuando el concreto es elaborado con cemento tipo I, la mejor resistencia se logra con aditivo impermeabilizante por cristalización en cantidad de 1.00% del peso del cemento con un valor de 408.422 kg/cm². Por su parte el concreto hecho con cemento tipo V más 0.80% de aditivo logra el mejor resultado en cuanto a resistencia con 379.636 kg/cm², así pues, proporciones mayores de Penetron Admix genera resultados desfavorables.

4.3.2. Análisis de la Porosidad del Concreto Utilizando Cemento Tipo I y Tipo V

En el gráfico mostrado en la Figura 11 se evalúa que para el concreto fabricado con cemento tipo I el porcentaje de porosidad disminuye a medida que se añade más aditivo al diseño de mezcla, es así que hasta la adición de 1.00% de Penetron Admix, el concreto reduce la porosidad de 15.86% a 14.58%, luego si la proporción de aditivo es mayor la porosidad del concreto continúa reduciendo más lento llegando a 14.45% para 1.50% de aditivo

Para el concreto con uso de cemento tipo V la porosidad disminuye, pero en proporción menor si se compara con el concreto hecho con cemento tipo I, esta disminución se logra considerablemente hasta el empleo de 1.00% de aditivo, pasando de 15.56% a 15.06%, pasada esta proporción de impermeabilizante, la permeabilidad disminuye a razón de 0.3% llegando a un valor de 15.01% para el 1.50% de Penetron Admix.

De este mismo grafico se deduce que el empleo del aditivo impermeabilizante por cristalización Penetron Admix reduce la porosidad hasta en 8.90% y 3.53% para concretos diseñados con cemento tipo I y tipo V respectivamente.

4.3.3. Análisis de la Absorción del Concreto Utilizando Cemento Tipo I y Tipo V

De la Tabla 19 y Figura 12 se deduce que el diseño de concreto de forma convencional (sin aditivo) presenta un porcentaje de absorción de 7.23%, luego, si se adiciona aditivo generador de cristales, la absorción disminuye según la cantidad de aditivo, llegando a 6.75%

y 6.58 % cuando la adición es de 0.80% y 1.00% del peso del cemento, después de eso la absorción se mantiene prácticamente constante para el diseño con cemento tipo I. Asimismo, cuando se utiliza cemento tipo V en el diseño de mezcla patrón, la absorción del concreto disminuye a 7.07%, el uso de impermeabilizante para este tipo de mezcla reduce en proporciones menores la absorción si se compara con el uso de cemento tipo I llegando a valores de 6.89%, 6.84% y 6.88% para las adiciones de 0.80%, 1.00% y 1.50% de Penetron Admix.

4.3.4. Análisis de la Permeabilidad del Concreto.

4.3.4.1. Análisis de la Permeabilidad del Concreto Utilizando Cemento Tipo I

En la Tabla 20 y Figura 13 se observa que el coeficiente de permeabilidad disminuye en función de los días transcurridos mientras las muestras de ensayo se encuentran en el permeámetro de carga constante a una presión de 500 kPa, es así que, al primer día de ensayo el coeficiente de permeabilidad del concreto adicionado disminuye respecto del concreto patrón (barra azul) en proporciones de 11.31 %, 13.73%, 16.04% para el concreto con 0.80%, 1.00% y 1.50% de aditivo. A los cuatro días de ensayo, el coeficiente de permeabilidad continua con su descenso llegando a reducir la permeabilidad en porcentajes de 37.34%, 41.53% y 48.77% para el concreto con 0.80%, 1.00% y 1.50% de aditivo correspondientemente, contrastando de esta manera la información descrita en antecedentes internacionales por el autor Bornand J., puesto que la norma establece el ensayo a este periodo de tiempo (4 días).

Además de ensayos realizados por la misma empresa productora del aditivo, se analizó el concreto a la edad de 7, 14 y 28 días, como se muestra en la Figura 13, donde se ve que en estos periodos de tiempo el coeficiente de permeabilidad continúa disminuyendo hasta llegar a valores de $5.34E-13$ m/s, $4.71E-13$ m/s y $3.58E-13$ m/s a los 28 días para concretos con adición de 0.80% , 1.00% y 1.50% de Penetron Admix, reduciendo así la permeabilidad hasta 87.94%; 89.38% y 91.92% para cada diseño de concreto adicionado, pasando de un concreto de permeabilidad media a un concreto de permeabilidad baja, esto en concordancia con la Tabla 3. “Clasificación de la Permeabilidad del Concreto”.

4.3.4.2. Análisis de la Permeabilidad del Concreto Utilizando Cemento Tipo V

De la Tabla 21 y Figura 14 se infiere que al primer día de ensayo bajo presión de agua de 500 kPa el coeficiente de permeabilidad del concreto adicionado disminuye respecto del concreto patrón (barra azul) en proporciones de 6.17%, 7.29%, 6.91% para el concreto con 0.80%, 1.00% y 1.50% de aditivo teniendo mejor resultado el concreto con adición de 1.00% de Penetron Admix. A los cuatro días de ensayo, el coeficiente de permeabilidad continua con su descenso llegando a reducir la permeabilidad en porcentajes de 27.02%, 32.18% y 28.24% para el concreto con 0.80%, 1.00% y 1.50% de aditivo.

El concreto hecho con cemento tipo V a edades de 7, 14 y 28 días de ensayo bajo presión de agua, el coeficiente de permeabilidad continúa disminuyendo hasta llegar a valores máximos de $6.31E-13$ m/s, $5.49E-13$ m/s y $6.07E-13$ m/s a los 28 días para concretos con adición de 0.80%, 1.00% y 1.50% de Penetron Admix, reduciendo la permeabilidad hasta 84.57%; 86.57% y 84.38% para cada diseño de concreto adicionado, pasando de un concreto de permeabilidad media a un concreto de baja permeabilidad.

4.3.5. Análisis de la Permeabilidad vs Resistencia a Compresión del Concreto

4.3.5.1. Permeabilidad vs Resistencia a la Compresión Utilizando Cemento tipo I

La Figura 15, ilustra la variación favorable de la resistencia y coeficiente de permeabilidad al añadir aditivo Penetron Admix a la mezcla de concreto detallado como sigue:

- El concreto diseñado sin aditivo parte con resistencia de 364.799 kg/cm² a los 28 días de curado, considerándose de por si un concreto de permeabilidad media, pues su coeficiente “*k*” es de $1.987E-11$ el cual se mantiene en los límites de $1.0E-12$ a $1.0E-10$, siendo esta última una denominación de concretos de permeabilidad media según se muestra en la Tabla 1 de esta investigación.
- El concreto diseñado con aditivo de 0.80% del peso del cemento tipo I mejora la resistencia a la compresión pasando de 364.799 kg/cm² a 404.448 kg/cm² a la vez que el coeficiente de permeabilidad cambia de $1.987E-11$ m/s a $1.416E-11$ m/s, mejorando la impermeabilidad del concreto.
- El concreto con aditivo en proporción de 1.00% del peso del cemento tipo I mejora la resistencia a la compresión llegando en este punto al valor máximo de 408.422 kg/cm² mientras que el coeficiente de permeabilidad continúa reduciendo hasta el valor de $1.355E-11$ m/s.

- El concreto con aditivo en porcentaje de 1.50% del peso del cemento tipo I mejora la resistencia a la compresión llegando a 401.383 kg/cm^2 , siendo este valor menor a la resistencia alcanzada por el concreto con aditivo al 0.80% y 1.00%, asimismo, en este mismo punto el coeficiente de permeabilidad alcanza su valor máximo de $1.262\text{E-}11 \text{ m/s}$.

Anotación: El análisis del coeficiente de permeabilidad en esta gráfica es en función del promedio de todos los valores obtenidos a diferentes tiempos; pues en el estudio de la gráfica de la Figura 13 se observa que el concreto se vuelve de muy baja permeabilidad a los 28 días para una adición de 1.50% con un coeficiente de permeabilidad de $3.58\text{E-}13 \text{ m/s}$ valor menor a $1.0\text{E-}12$ en concordancia con la Tabla 1.

4.3.5.2. Permeabilidad vs Resistencia a la Compresión Utilizando Cemento Tipo V

El gráfico de la Figura 16 muestra los cambios de la resistencia a compresión y coeficiente de permeabilidad al añadir aditivo Penetron Admix a la mezcla de concreto además de utilizar el cemento tipo V, el cual que se analiza de la siguiente manera:

- El concreto patrón (sin aditivo) parte de una resistencia de 367.193 kg/cm^2 a los 28 días de curado, considerándose de por sí un concreto de permeabilidad media, pues su coeficiente “*k*” es de $1.852\text{E-}11$ el cual se mantiene en los límites de $1.0\text{E-}12$ a $1.0\text{E-}10$, siendo esta última una denominación de concretos de permeabilidad media según se muestra en la Tabla 1 de esta investigación.
- El concreto diseñado con aditivo de 0.80% del peso del cemento tipo V mejora la resistencia a la compresión pasando de 367.193 kg/cm^2 a 379.636 kg/cm^2 a la vez que el coeficiente de permeabilidad cambia de $1.852 \text{ E-}11 \text{ m/s}$ a $1.439 \text{ E-}11 \text{ m/s}$, volviendo más impermeable al concreto en este grupo.
- En este punto el concreto con aditivo en proporción de 1.00% del peso del cemento tipo V disminuye la resistencia a la compresión llegando al valor de 355.617 kg/cm^2 mientras que el coeficiente de permeabilidad continúa reduciendo favorablemente hasta el valor de $1.385 \text{ E-}11 \text{ m/s}$.
- El concreto con aditivo en porcentaje de 1.50% del peso del cemento tipo V continúa reduciendo la resistencia a la compresión llegando a 342.578 kg/cm^2 , siendo este valor el más bajo en medida que todos los anteriores, por su parte en este mismo punto el coeficiente de permeabilidad adquiere un valor de $1.399 \text{ E-}11 \text{ m/s}$, el cual es ligeramente mayor al resultado obtenido para concretos con 1.00% de aditivo.

Anotación: El coeficiente de permeabilidad analizado en la Figura 16 es en función del promedio de los valores obtenidos a diferentes tiempos de ensayo ya que en el estudio de la gráfica de la Figura 14 se observa que el concreto se vuelve de muy baja permeabilidad a los 28 días para una adición de 0.80% llegando a un coeficiente de permeabilidad de $5.49E-13$ m/s valor menor a $1.0E-12$ en concordancia con la Tabla 1.

4.4. Contraste de Hipótesis con los Resultados Obtenidos.

Los resultados conseguidos corroboran parcialmente la hipótesis planteada, puesto que cuando se diseña el concreto con cemento tipo I más el aditivo impermeabilizante por cristalización en cantidades de 0,80%, 1.00 % y 1.50% del peso del cemento, este mejora la resistencia a la compresión en 10.87%, 11.96% y 10.03% respectivamente, siendo la resistencia superior al 10% supuesta, mientras que cuando se combina los porcentajes de Penetron Admix con el cemento tipo V, la resistencia se ve incrementada en 3.39% para la adición de 0.80%, pasado esta proporción la resistencia decae 3.15% y 6.70%; estos valores son establecidos para el ensayo a compresión a los 28 días.

La resistencia a la compresión cuando se elaboró concreto con cemento tipo V más aditivo impermeabilizante por cristalización Penetron Admix es inferior a cuando se utilizó cemento tipo I, lo que indica que el aditivo no presenta los mejores resultados con cementos especiales, tal como indica Bornand, J (2012) pues en su estudio “Evaluación del desempeño de aditivos impermeabilizantes por cristalización como agentes promotores de la durabilidad del hormigón confeccionado con cementos Pórtland puzolánicos” obtuvo similar comportamiento, es decir, cuando utilizó mayor porcentaje de aditivo la resistencia a la compresión redujo drásticamente, Tan et al. (2023) también manifiesta la caída repentina de la resistencia a la compresión cuando empleó aditivo impermeabilizante por cristalización más cemento Portland PII 52.5R según Norma China.

En cuanto a la permeabilidad, evaluado a los 4 días como indica la NTC4483, el concreto diseñado con cemento tipo I más el aditivo impermeabilizante por cristalización en cantidades de 0,80%, 1.00 % y 1.50% del peso del cemento los valores demuestran que se reduce la permeabilidad en 37.34%, 41.53% y 48.77%, superando el 30% planteado en la hipótesis. Con el uso del cemento tipo V estos valores de permeabilidad son de 27.02%, 32.18% y 28.24% el cual solo con la adición del 1.00% de Penetron Admix cumple con el supuesto de la hipótesis.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- El aditivo Penetron Admix en la mezcla de concreto con cemento tipo I influye positivamente cuando se utiliza en cantidad de 0.80% y 1.00%, siendo esta última la mejor opción en cuanto a resistencia y grado de impermeabilidad.
- El uso de aditivo Penetron Admix en la mezcla de concreto con cemento tipo V mejora la resistencia a la compresión y disminuye la permeabilidad cuando se utiliza en 0.80% del peso del cemento, pasadas estas cantidades de aditivo los resultados son favorables en cuanto a grado de impermeabilidad, pero desfavorables en cuanto a resistencia.
- La resistencia a compresión a los 28 días de curado del concreto elaborado con cemento tipo I más aditivo impermeabilizante por cristalización fue de 404.448 kg/cm², 408.422 kg/cm² y 401.383 kg/cm² para las adiciones de 0,80%, 1.00 % y 1.50%, que es una mejora equivalente al 10.87%, 11.96%, 10.03% de la resistencia del concreto patrón (364.799 kg/cm²)
- La resistencia a la compresión a los 28 días de curado del concreto elaborado con cemento tipo V más aditivo al 0.80% fue de 379.636 kg/cm² que representa un aumento de 3.39% frente al concreto patrón (367.193 kg/cm²). Con aditivo al 1.00% y 1.50% la resistencia alcanzada fue de 355.617 kg/cm² y 342.578 kg/cm² siendo estos dos últimos valores una disminución de resistencia en 3.15% y 6.70%.
- El coeficiente de permeabilidad a los 28 días del concreto patrón elaborado con cemento tipo I fue de 4.43E-12, mientras que del concreto con aditivo al 0,80%, 1.00 % y 1.50% fue de 5.34E-13, 4.71E-13 y 3.58E-13 disminuyendo la permeabilidad en 87.94%, 89.38% y 91.92%.
- El concreto patrón fabricado con cemento tipo V tuvo un coeficiente de permeabilidad de 4.09E-12 a los 28 días, mientras que el concreto con aditivo al 0,80%, 1,00 % y 1,50% tuvo un coeficiente de 6.31E-13, 5.49E-13 y 6.07E-13 respectivamente, reduciendo la permeabilidad en 84.57%, 86.57% y 85.14%.

5.2. Recomendaciones

- Realizar el estudio del aditivo a nivel de micro fisuración inducida para analizar microscópicamente la formación de cristales en poros y fisuras inferiores a 0.50 mm.
- Evaluar las contracciones por secado del concreto fabricado con aditivo Penetron Admix.
- Analizar el comportamiento del concreto con aditivo Penetron Admix frente a la expansión por ciclos de congelación y descongelación y bajo los criterios de la norma NCh2185.of92
- Realizar estudios de las propiedades físico-mecánicas del concreto adicionado con Penetron Admix para relaciones agua cemento superiores a 0.50,
- Determinar el coeficiente de permeabilidad bajo criterios de otras normas como por ejemplo la norma chilena (NCh2262.of97) el cual cambia el proceso respecto a la norma colombiana, pues esta sugiere una presión de agua en tres etapas, la primera con una presión de 100 kPa de 0 a 48 h; la segunda de 300 kPa desde 48 a 72 h y la tercera de 700 kPa desde 72 a 96 h.
- Determinar el coeficiente de permeabilidad del concreto a los tres meses bajo presión de agua de 500 kPa.

CAPÍTULO VI
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias Bibliográficas

- Abanto F. (2017), *Tecnología del concreto*. 3^{ra} Ed San Marcos, Lima-Perú. 248 pp.
- Aquafin, (2017) Aditivo cristalino en polvo para impermeabilizar concreto (ficha técnica)
Obtenido de: <https://www.aquafin.net/us/en/products/aquafin-ic-admix>
- Barreda, W. & Cahuata, F (2018). *Evaluación de la permeabilidad del concreto utilizando aditivos impermeabilizantes por cristalización aplicado a estructuras hidráulicas de concreto armado*. (tesis de pregrado) Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, Arequipa, Perú. Obtenido de:
<https://repositorio.unsa.edu.pe/items/1d13099f-a493-4fe6-a313-0f753e6436e4>
- Bornand, J. (2012). *Evaluación del desempeño de aditivos impermeabilizantes por cristalización como agentes promotores de la durabilidad del hormigón confeccionado con cementos pórtland puzolánicos*. (tesis de pregrado). Universidad De Chile, Santiago, Chile. Obtenido de:
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112264>
- Cruzado, J (2022). *Influencia Del Aditivo Sika Wt-200p En La Resistencia A La Compresión Y Permeabilidad De Concretos Para Estructuras Hidráulicas, Trujillo 2021*, (tesis de pregrado) Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Obtenido de:
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31731>
- Corrales, J., Atencio, J. y Suárez, M. (2023), *análisis estadístico de la resistencia a la compresión y porosidad de concretos elaborados con cemento portland tipo I y adicionados*, Artículo de Investigación. 25(1), 4-29., obtenido de:
doi.org/10.51372/gacetatecnica251.2
- Gómez, J. (2022), *Durabilidad del concreto reforzado*, 1^{ra} ed, Bogota, Colombia, 534pp.
- Fernández, A., Morales, J., & Soto, F. (2016). *Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para edades mayores que 28 días*. Revista INGENIERÍA UC, vol. 23, pp. 197-203 Carabobo, Venezuela. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/707/70746634010.pdf>
- Fernández, G. & Huamán, J. (2019) *Evaluación del uso del aditivo impermeabilizante por cristalización para reducir la permeabilidad y mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=280$ kg/cm², Carapongo, Lurigancho, Lima 2019*. (tesis de pregrado) Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46270>

- Germán, H., (2014), *Concreto de baja permeabilidad, algo más que disminuir la relación agua/cemento*, ACI revista Técnica N° 25, Colombia.
- Itriago, R. (2021). *Study of the performance of waterproofing additives capable of promoting the Self-Healing in Concrete*. (Tesis de Maestría). Politécnico de Turín, Turín, Italia. Obtenido de: <https://webthesis.biblio.polito.it/19456/1/tesi.pdf>
- Masías, K. (2018). *Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso* (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Perú.
- Matallana, R. (2019). *El concreto fundamentos y nuevas tecnologías*. Corona, Bogotá, Colombia. Obtenido de: <https://concreto.com/wp-content/uploads/2023/02/el-concreto-fundamentos-y-nuevas-tecnologias..pdf>
- Neville, A (2015). *Propiedades del hormigón*, (R. Cremonini, trad., 5ª ed.). Bookman Editora (Trabajo original publicado en 1963).
- Penetron, (2024) *Aditivo de impermeabilización por cristalización* (ficha técnica) Obtenido de: <https://www.penetron.pe/products/Penetron-Admix/data-sheet.pdf>
- Pinto, M., Carrasco, C. y Caballero, K. (2018) *Estudio experimental del concreto poroso con la incorporación de distintas granulometrías*, Revista de I+D Tecnológico, vol. 14, obtenido de: <https://core.ac.uk/download/pdf/234019591.pdf>
- Rivva, E. (2014). *Diseño de mezclas* (2da. ed.). Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia-ICG.
- Sánchez, D. (2011) *Tecnología del Concreto y del Mortero*, edit: Bhander Editores Ltda. Colombia, Pag.150, obtenido de: https://www.google.com.pe/books/edition/tecnologia_del_concreto_y_del_mortero/ewq-qpjhsrac?hl=es-419&gbpv=1&kptab=overview
- Sanjuán, M. & Chinchón, S. (2014). *El cemento Portland. Fabricación y expedición*. Universidad de Alicante, España
- Sotomayor, C. (2020). *Entendiendo a Las fisuras y Grietas en Las Estructuras de Concreto* (Artículo técnico N°6), Perú
- Tan, Y., Zhao, B., Yu, J., Xiao, H., Long, X. y Meng, J. (2023) *Effect of Cementitious Capillary Crystalline Waterproofing Materials on the Mechanical and Impermeability Properties of Engineered Cementitious Composites with Microscopic Analysis*. *Polymers* 2023, 15(4):1013, recuperado de: <https://doi.org/10.3390/polym15041013>
- Úbeda, C. (2014), *Estudio comparativo de hormigones autosellantes*, (tesis de maestría) universidad politécnica de Madrid, España.

Normas consultadas

- UNE - EN 12390-8. Ensayos de hormigón endurecido, Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.
- NTC 4483 - 1998. CONCRETOS. Método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua.
- NTP 334.009 - 2020. CEMENTO: Cementos Portland. Requisitos.
- NTP 339.034 - 2021. CONCRETO: Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.
- NTP 339.046 - 2019. CONCRETO: Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto.
- NTP 339.183 - 2021. CONCRETO: Practica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.
- NTP 339.185 - 2013. AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- NTP 400.010 - 2020. AGREGADOS: Extracción y preparación de muestras.
- NTP 400.012 - 2021. AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, agregado grueso y agregado global.
- NTP 400.017 - 2020. AGREGADOS: método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.
- NTP 400.018 - 2020. AGREGADOS: método de ensayo normalizado para determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (No. 200) por lavado en agregados.
- NTP 400.019 - 2020. AGREGADOS: método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.
- NTP 400.021 - 2020. AGREGADOS: método de ensayo normalizado para determinar la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.
- NTP 400.022 - 2021. AGREGADOS: métodos de ensayo normalizado para determinar la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

Anexos

Anexo 1. Tablas para Determinar las Propiedades Físico Mecánicas de los Agregados.

Tabla 24. Requisitos granulométricos del agregado grueso.

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1 ½ pulg)	25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	(3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	(2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	(2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...
357	(2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	(1 ½ pulg a 3/4 pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	(1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	(1 pulg a 1/2 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	(1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	(1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	(3/4 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	(3/4 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	(1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	(3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	(1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9	(No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Nota. Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

Tabla 25. Husos granulométricos del agregado fino.

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

Nota. Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

Tabla 26. Carga abrasiva según tipo de gradación del material.

Gradación	Números de Esferas	Masa de las Esferas (gr.)
A	12	5000 \pm 25
B	11	4584 \pm 25
C	8	3330 \pm 25
D	6	2500 \pm 25

Nota. Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.019

Tabla 27. Número de capas de compactación necesarias por espécimen.

Tipo y Tamaño de Especímenes mm (pulg.)	Modo de Consolidación	N° de Capas de Igual Profundidad
Cilindros Diámetros en mm (pulg.)		
75 a 100 (3 a 4)	Varillado	2
150 (6)	Varillado	3
225 (9)	Varillado	4
Hasta de 225 (9)	vibración	2
Prismas y Cilindros Horizontales para Ecurrimientos Plásticos 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

Nota. Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.183

Tabla 28. *Diámetro de varilla empleada y número de varillados según el diámetro del cilindro de moldeado de especímenes de concreto.*

Cilindro		
Diámetro del Cilindro mm (pulg.)	Diámetro de la Varilla mm (pulg.)	Número de Golpes por 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 y Prismas		
Área Superficial Superior del Especimen cm² (pulg² .)	Diámetro de la Varilla mm (pulg.)	Número de Golpes por Capa
160 (25) o menos	10 (3/8)	25
165 a 310 (26 a 49)	10 (3/8)	1 por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de Superficie.
320 (50) a más	16 (5/8)	1 por cada 14 cm ² (2 pulg ²) de Superficie.
Cilindros Horizontales para Escurrimiento Plástico		
Diámetro del Cilindro mm (pulg.)	Diámetro de la Varilla mm (pulg.)	Número de Golpes por Capa
150 (6)	16 (5/8)	50 total, 25 a lo largo de ambos lados del eje

Nota. Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.183

Tabla 29. *Tolerancias en los tiempos de prueba de los especímenes de concreto.*

Edad de Ensayo	Tolerancia Permisible
24 horas	± 0.5 h ó 2.1 %
03 días	± 2.0 h ó 2.8 %
07 días	± 6.0 h ó 3.6 %
28 días	± 20 h ó 3.0 %
90 días	± 48 h ó 2.2 %

Nota. Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.034

Anexo 2. Propiedades físico mecánicas de los agregados.

Tabla 30. Granulometría de agregado grueso – Ensayo núm. 01.

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	802	14.91	14.91	85.09
1/2"	12.7	3055	56.79	71.70	28.30
3/8"	9.51	997	18.54	90.24	9.76
4	4.75	494	9.18	99.42	0.58
Cazoleta		31	0.58	100.00	0.00
Muestra (kg):				5379	
Mf=				7.046	

Figura 17. Curva granulométrica del agregado grueso – Ensayo núm. 01.

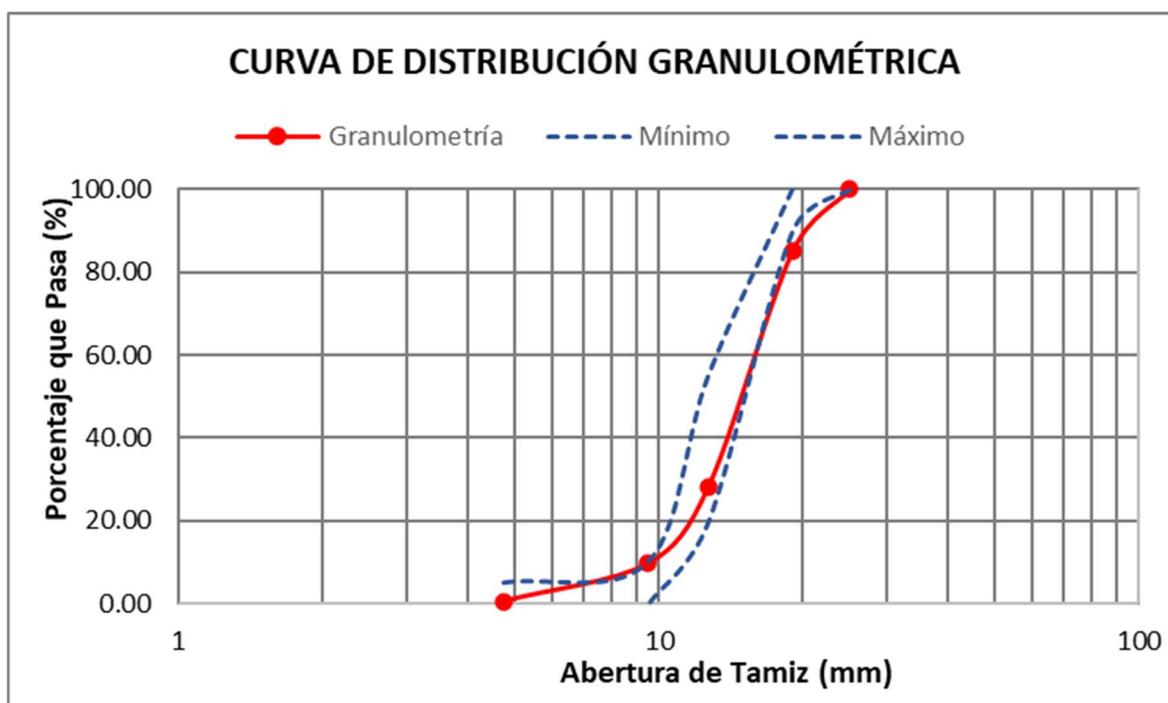


Tabla 31. Granulometría de agregado grueso – Ensayo núm. 02.

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	902	17.60	17.60	82.40
1/2"	12.7	2899	56.57	74.17	25.83
3/8"	9.51	775	15.12	89.29	10.71
4	4.75	436	8.51	97.80	2.20
Cazoleta		113	2.20	100.00	0.00
MUESTRA:			5125		
Mf=			7.047		

Figura 18. Curva granulométrica del agregado grueso – Ensayo núm. 02.

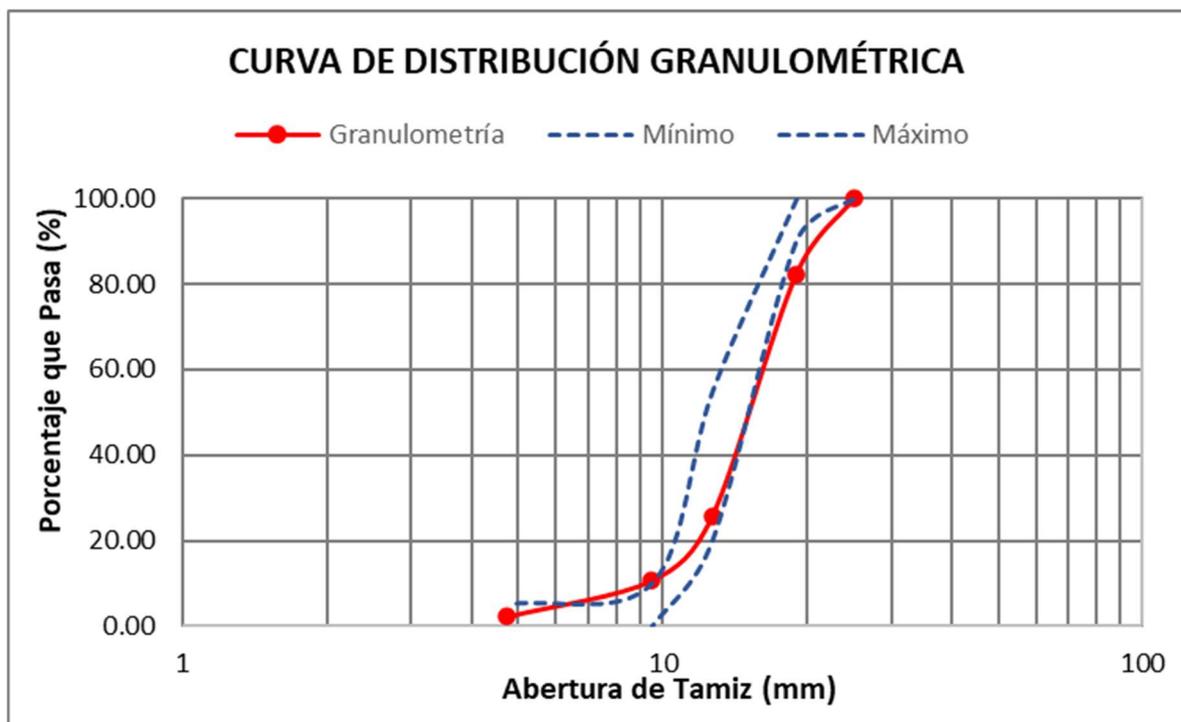


Tabla 32. Granulometría de agregado grueso – Ensayo núm. 03.

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	720	12.71	12.71	87.29
1/2"	12.7	3144	55.52	68.23	31.77
3/8"	9.51	935	16.51	84.74	15.26
4	4.75	680	12.01	96.75	3.25
Cazoleta		184	3.25	100.00	0.00
MUESTRA:				5663	
Mf=				6.942	

Figura 19. Curva granulométrica del agregado grueso – Ensayo núm. 03.

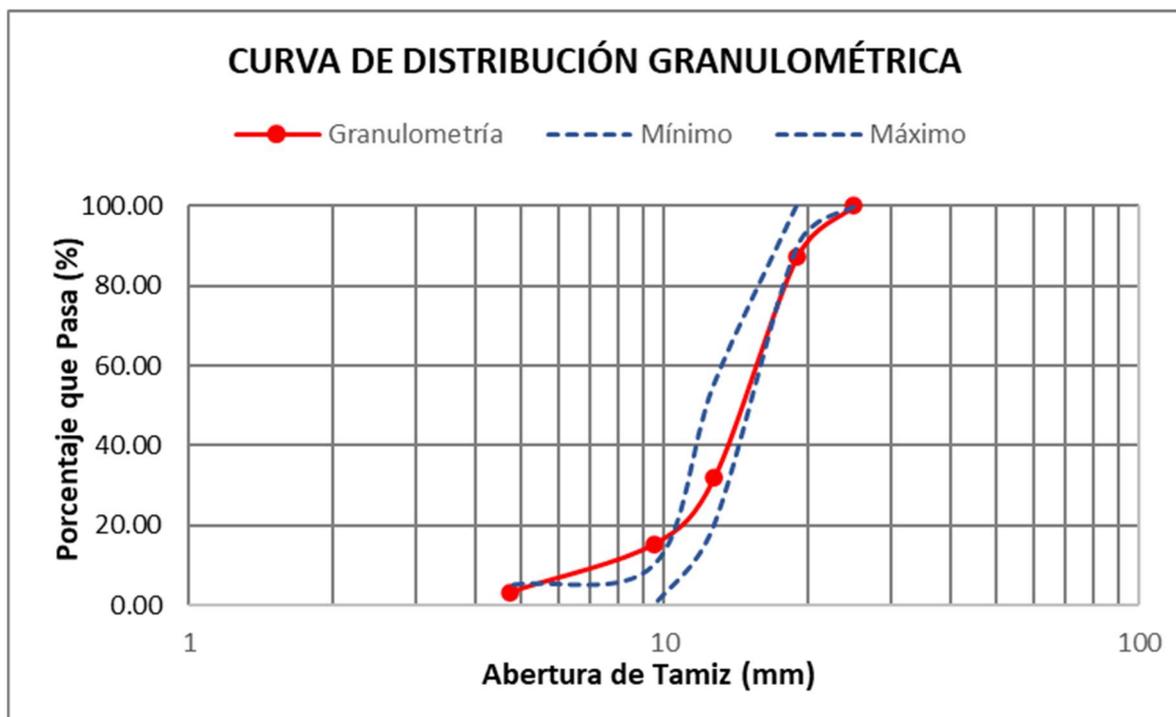


Tabla 33. Granulometría de agregado fino – Ensayo núm. 01.

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	100.00
4	4.75	243	16.23	16.23	83.77
8	2.36	256	17.10	33.33	66.67
16	1.18	188	12.56	45.89	54.11
30	0.6	199	13.29	59.19	40.81
50	0.3	346	23.11	82.30	17.70
100	0.15	169	11.29	93.59	6.41
200	0.08	59	3.94	97.53	2.47
Cazoleta		37	2.47	100.00	0.00
Muestra:			1497		
Mf=			3.305		

Figura 20. Curva granulométrica del agregado fino – Ensayo núm. 01.

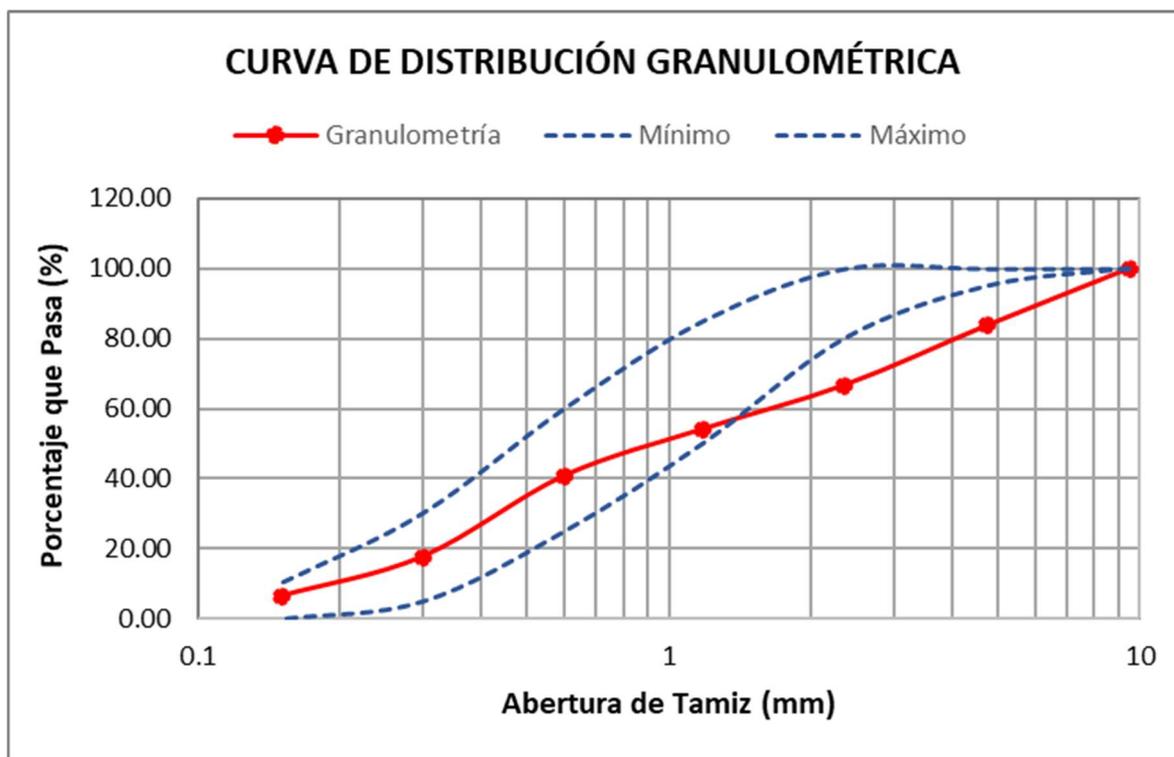


Tabla 34. Granulometría de agregado fino – Ensayo núm. 02.

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	100.00
4	4.75	282	15.67	15.67	84.33
8	2.36	304	16.89	32.56	67.44
16	1.18	226	12.56	45.11	54.89
30	0.6	262	14.56	59.67	40.33
50	0.3	434	24.11	83.78	16.22
100	0.15	195	10.83	94.61	5.39
200	0.08	58	3.22	97.83	2.17
Cazoleta		39	2.17	100.00	0.00
Muestra:				1800	
Mf=				3.314	

Figura 21. Curva granulométrica del agregado fino – Ensayo núm. 02.

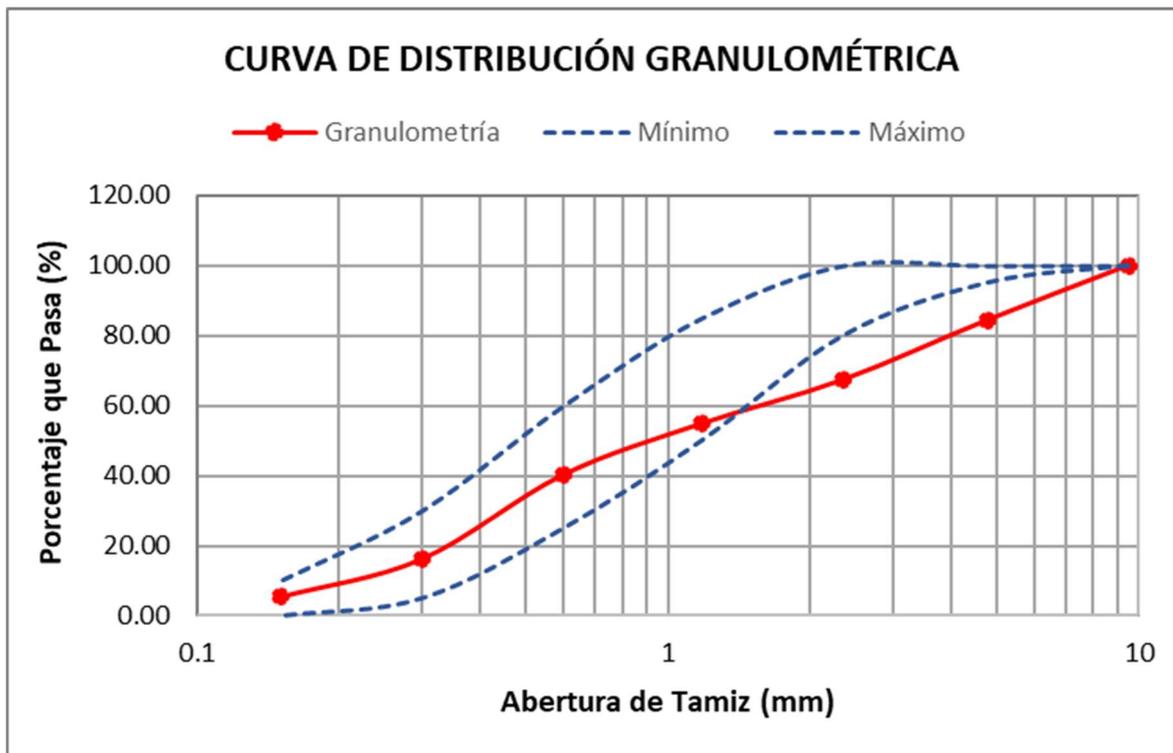


Tabla 35. Granulometría de agregado fino – Ensayo núm. 03.

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	100.00
4	4.75	229	14.33	14.33	85.67
8	2.36	270	16.90	31.23	68.77
16	1.18	198	12.39	43.62	56.38
30	0.6	267	16.71	60.33	39.67
50	0.3	379	23.72	84.04	15.96
100	0.15	150	9.39	93.43	6.57
200	0.08	69	4.32	97.75	2.25
Cazoleta		36	2.25	100.00	0.00
Muestra:				1598	
Mf=				3.270	

Figura 22. Curva granulométrica del agregado fino – Ensayo núm. 03.

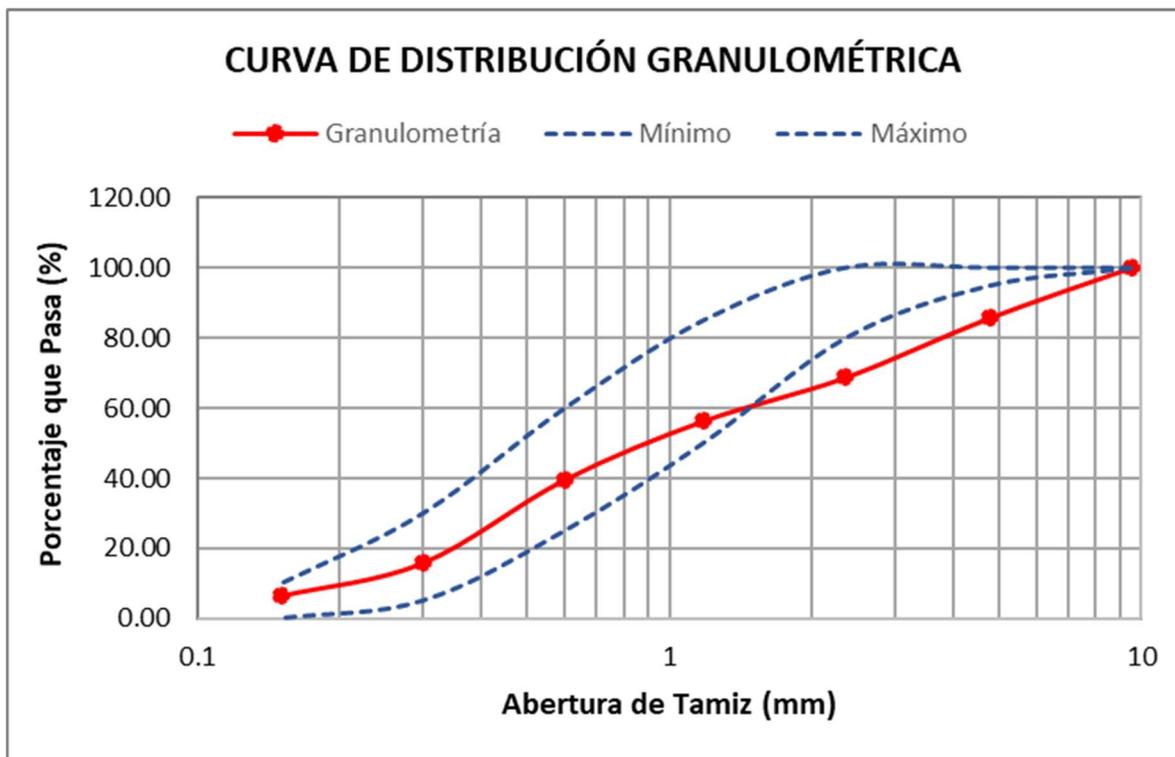


Tabla 36. *Cálculo de la densidad relativa y absorción del agregado fino.*

Ensayo	E-01	E-02	E-03	Promedio
Peso en el aire de la fiola (gr)	167	167	176	
Peso del recipiente	69	70	73	
Peso de la muestra seca al horno + recipiente	556	557	559	
(A) peso de la muestra seca al horno	487	487	486	
(B) peso de la fiola + agua hasta menisco (g)	665	665	674	
(C) peso de fiola + agua + muestra SSS (g)	971	971	980	
(S) peso de muestra SSS (g)	500	500	500	
a. Peso específico de masa (gr/cm³) A/(B+S-C)	2.510	2.510	2.505	2.509
b. Peso específico de masa SSS (gr/cm³) S/(B+S-C)	2.577	2.577	2.577	2.577
c. Peso específico aparente (gr/cm³) A/(B+A-C)	2.691	2.691	2.700	2.694
d. Absorción (%) 100 [(S-A)/A]	2.669	2.669	2.881	2.740

Tabla 37. *Cálculo de la densidad relativa y absorción de agregado grueso.*

Ensayo	E-01	E-02	E-03	Promedio
Peso del recipiente	451	451	131	
Peso de la muestra seca al horno + recipiente	3412	3417	3096	
A=Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)	2961	2966	2965	
B=Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	3000	3000	3000	
* peso de muestra SSS + canastilla sumergida	4052	4052	4055	
* peso de canastilla sumergida	2200	2197	2200	
C=Peso en el agua de la muestra saturada (gr)	1852	1855	1855	
a. Peso específico de masa (gr/cm³) A / (B - C)	2.579	2.590	2.590	2.586
b. Peso específico de masa SSS (gr/cm³) B/(B - C)	2.613	2.620	2.620	2.618
c. Peso específico aparente (gr/cm³) A/(A - C)	2.670	2.670	2.671	2.670
d. Absorción (%) (B - A)/A	1.317	1.146	1.180	1.215

Tabla 38. *Cálculo del contenido de humedad del agregado fino.*

Descripción	Fórmula	E - 01	E - 02	E - 03	Promedio
Peso recipiente (g)	Pr	69	83	76	
Peso recipiente + muestra húmeda (g)	Pr+mh	1161	1618	1390	
Peso recipiente + muestra seca (g)	Pr+ms	1126	1571	1349	
Peso de la Muestra Húmeda (g)	mh	1092	1535	1314	
Peso de la Muestra secada al horno (g)	ms	1057	1488	1273	
Peso del agua perdida (gr)	CA=(mh-ms)	35	47	41	
Contenido de Humedad (%)	CH=CA/ms*100	3.31	3.16	3.22	3.23

Tabla 39. *Cálculo del contenido de humedad del agregado grueso.*

Descripción	Fórmula	E - 01	E - 02	E - 03	Promedio
Peso recipiente (g)	Pr	451	451	451	
Peso recipiente + muestra húmeda (g)	Pr+mh	6766	7596	7181	
Peso recipiente + muestra seca (g)	Pr+ms	6731	7557	7144	
Peso de la Muestra Húmeda (g)	mh	6315	7145	6730	
Peso de la Muestra secada al horno (g)	ms	6280	7106	6693	
Peso del agua perdida (gr)	CA=(mh-ms)	35	39	37	
Contenido de Humedad (%)	CH=CA/ms*100	0.56	0.55	0.55	0.55

Tabla 40. *Cálculo del Peso específico del agua para determinar el Factor Agua “f”.*

Cálculo del peso específico del agua	E-01	E-02	E-03	Promedio
Peso de fiola + agua (gr)	665	665	674	
Peso de fiola (gr)	167	167	176	
Peso de agua (gr)	498	498	498	
Volumen fiola (cm3)	500	500	500	
Peso específico = W/V (gr/cm3)	0.996	0.996	0.996	
Peso específico en (kg/m3)	996	996	996	996.00

Tabla 41. *Cálculo del factor agua “f” para determinar el peso unitario del agregado fino.*

Cálculo del factor f	E-01	E-.02	E-03	Promedio
Peso del molde (gr)	3876	3876	3876	
Peso del molde más agua (gr)	6877	6875	6876	
Peso del Agua (kg)	3001	2999	3000	
>>> f (1/m3) =	0.332	0.332	0.332	0.332

Tabla 42. *Cálculo del factor agua “f” para determinar el peso unitario del agregado grueso.*

Cálculo del factor f	E-01	E-.02	E-03	Promedio
Peso del molde (gr)	4201	4201	4201	
Peso del molde más agua (gr)	13942	13945	13944	
Peso del Agua (kg)	9741	9744	9743	
>>> f (1/m3) =	0.102	0.102	0.102	0.102

Tabla 43. *Cálculo del Peso Unitario Suelto Seco del agregado fino.*

Ensayo	E-01	E-02	E-03	Promedio
Peso del recipiente (gr)	3876	3876	3876	
Peso del recipiente+muestra (gr)	8202	8185	8246	
Peso de muestra (gr)	4326	4309	4370	
f (1/m3)	0.332	0.332	0.332	
Peso Unitario Suelto kg/m3	1436.232	1430.588	1450.840	1439.220

Tabla 44. *Cálculo del Peso Unitario Seco Compactado del agregado fino.*

Descripción	E - 01	E - 02	E - 03	Promedio
Peso del Molde (gr)	3876	3876	3876	
Peso del Molde + Material (gr)	9002	8897	8913	
Peso del Material (gr)	5126	5021	5037	
f (1/m3)	0.332	0.332	0.332	
Peso Unitario Compactado (gr/m3)	1701.832	1666.972	1672.284	1680.363

Tabla 45. *Cálculo del Peso Unitario Suelto Seco del agregado grueso.*

Ensayo	E-01	E-02	E-03	Promedio
Peso del recipiente (gr)	4201	4201	4201	
Peso del recipiente+muestra (gr)	18597	18489	18439	
Peso de muestra (gr)	14396	14288	14238	
f (1/m ³)	0.1022	0.1022	0.1022	
Peso Unitario Suelto kg/m³	1471.714	1460.673	1455.561	1462.649

Tabla 46. *Cálculo del Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso.*

Descripción	E - 01	E - 02	E - 03	Promedio
Peso del Molde (gr)	4201	4201	4201	
Peso del Molde + Material (gr)	19580	19494	19580	
Peso del Material (gr)	15379	15293	15379	
Factor (F)	0.1022	0.1022	0.1022	
Peso Unitario Compactado (gr/m³)	1572.207	1563.415	1572.207	1569.276

Tabla 47. *Ensayo de partículas menores al tamiz núm. 200 del agregado fino.*

Descripción	E - 01	E - 02	E - 03	Promedio
Peso del material seco antes del ensayo (gr)	1497	1800	1598	
Peso del material seco después del ensayo (gr)	1445	1739	1542	
Peso del material que pasa el tamiz N° 200 (gr)	52	61	56	
Material que pasa el tamiz N° 200 (%)	3.47%	3.39%	3.50%	3.46%

Tabla 48. *Ensayo de partículas menores al tamiz núm. 200 del agregado grueso.*

Descripción	E - 01	E - 02	E - 03	Promedio
Peso del material seco antes del ensayo (gr)	3284	3130	3035	
Peso del material seco después del ensayo (gr)	3270	3117	3021	
Peso del material que pasa el tamiz N° 200 (gr)	14	13	14	
Material que pasa el tamiz N° 200 (%)	0.43%	0.42%	0.46%	0.43%

Anexo 3. Ficha técnica del aditivo impermeabilizante por cristalización Penetron Admix.



PENETRON ADMIX®

ADITIVO DE IMPERMEABILIZACIÓN POR CRISTALIZACIÓN

DESCRIPCIÓN

PENETRON ADMIX® (impermeabilización integral por cristalización) se añade a la mezcla de concreto en el momento de su mezclado. PENETRON ADMIX® se compone de cemento portland, arena de sílice muy bien tratada y compuestos químicos activos. Estas sustancias químicas activas reaccionan con la humedad del concreto fresco y con los subproductos de la hidratación del cemento que causa una reacción catalítica, lo que genera la formación de cristales insolubles a lo largo de los poros y capilares del concreto. De este modo, el concreto queda sellado permanentemente, evitando la penetración del agua y de otros líquidos desde cualquier dirección, además queda protegido contra el deterioro causado por condiciones ambientales adversas. PENETRON ADMIX® ha sido especialmente formulado para satisfacer diversos proyectos y diferentes condiciones de temperatura (vea tiempo de fraguado y resistencia). Consulte con un representante técnico de Penetron para asegurar el uso adecuado de PENETRON ADMIX® en su proyecto.

APLICACIONES

- Depósitos, tanques, cisternas de agua potable
- Plantas de tratamiento de agua y - Plantas de aguas residuales
- Estructuras de contención - Secundaria
- Túneles y Sistemas de metro
- Bóvedas Subterráneas
- Cimentaciones
- Aparcamientos
- Piscinas
- Prefabricados y concretos proyectados

INSTRUCCIONES DE USO

Dosificación:

0,8 - 1,0% del peso de cemento. Consulte con el Departamento Técnico de PENETRON para asesoría con el fin de determinar el rango de dosis adecuada y para obtener más información acerca del incremento en la resistencia química, rendimiento óptimo del concreto, o para conocer los requisitos específicos y disposiciones de su proyecto.

Mezcla:

PENETRON ADMIX® se debe añadir al concreto al momento del mezclado.

La secuencia de procedimientos de adición variará de acuerdo con el tipo de funcionamiento de la planta de mezclado y equipamiento. A continuación, se indican algunas directrices de mezcla típicas. Para información más detallada en procedimientos de dosificación, contacte a su representante PENETRON.

Planta de producción – Operación en seco: PENETRON ADMIX® en forma de polvo al tambor del camión mezclador. Agregue un 60% - 70% del aguarequerida, junto con 136-227 kg de agregado. Mezcle los materiales durante 2 - 3 minutos para asegurar que PENETRON ADMIX® se ha distribuido homogéneamente en toda la mezcla. Agregue el resto de los materiales de acuerdo con las prácticas convencionales.

Planta de producción – Operación de mezclado: Mezcle PENETRON ADMIX® con agua para formar una lechada muy fina (por ejemplo, 18 kg de polvo mezclado con 23 l de agua. Vierta la cantidad requerida del material en el tambor. Los agregados, cemento y agua deben ser procesados y mezclados en la planta de conformidad con las prácticas estándares (teniendo en cuenta la cantidad de agua que ya se ha añadido al mezclador para alistar la mezcla). Vierta el hormigón en el camión y mezcle durante al menos 5 minutos para asegurar la distribución de PENETRON ADMIX® en todo el hormigón.

Planta de prefabricados: Adicione PENETRON ADMIX® a la grava y a la arena. A continuación, mezcle bien durante 2-3 minutos antes de agregar el cemento y el agua. La masa total del hormigón debe ser mezclada utilizando las prácticas estándares.

NOTA: Es importante obtener una mezcla homogénea de PENETRON ADMIX® con el hormigón, por lo tanto, no añada directamente PENETRON ADMIX® al hormigón. Para un proyecto específico, consulte con un representante técnico de Penetron.

PENETRON ADMIX®

Tiempo de fraguado y resistencia:

El tiempo de fraguado del concreto se ve afectado por la composición química y física de los ingredientes, la temperatura del concreto y las condiciones climáticas. El tiempo de fraguado puede retardarse cuando se está usando PENETRON ADMIX®. La influencia en el retardo dependerá del diseño de la mezcla del concreto y el rango de la dosis de PENETRON ADMIX®. Sin embargo, en condiciones normales, PENETRON ADMIX® proporcionará el tiempo de fraguado esperado. El concreto que contiene PENETRON ADMIX® podrá desarrollar mayor resistencia que una mezcla simple de concreto. Se deben realizar mezclas de prueba bajo las condiciones en las que se llevará a cabo el proyecto para determinar el tiempo de fraguado y la resistencia final del hormigón. El concreto tratado con PENETRON ADMIX® se debe colocar y curar de acuerdo con las prácticas convencionales. Las directrices y recomendaciones de las normativas vigentes deben ser tomadas en cuenta.

CONSIDERACIONES ESPECIALES

Cuando es añadido PENETRON ADMIX®, la temperatura de la mezcla del concreto debe estar por encima de los 4°C.

EMPAQUE

PENETRON ADMIX® está disponible en bolsas de 18 kg, baldes de 25 kg y bolsas solubles de 3 kg cada una. Para grandes proyectos, los envases personalizados están disponibles.

ALMACENAMIENTO / CADUCIDAD

Los productos PENETRON deben ser almacenados en seco a una temperatura mínima de 7°C. La vida útil es de 12 meses cuando está almacenado en condiciones adecuadas.

PRECAUCIÓN DE USO DE SEGURIDAD

PENETRON ADMIX puede causar irritación moderada de la piel y los ojos. Penetron International, Ltd. mantiene Fichas de Datos de Seguridad completas y actualizadas en todos sus productos. Cada hoja contiene información de salud y seguridad para la protección de sus empleados y clientes. MANTENER FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS. Póngase en contacto con Penetron International, Ltd. o su representante local de Penetron para obtener copias de las Fichas de Datos de Seguridad antes de almacenar o usar el producto.

ASISTENCIA TÉCNICA

Para mayores instrucciones, métodos de aplicación alternativos, o información concerniente a la compatibilidad de Penetron con otros productos o tecnologías, contacte al Departamento Técnico de Penetron o su representante local de Penetron.

VENTAJAS

- Resiste presiones hidrostáticas extremas ya sea en la cara positiva o negativa de la superficie.
- Se convierte en parte integral del concreto.
- Es altamente resistente a productos químicos agresivos
- Puede sellar grietas de hasta 0,5 mm
- Permite que el hormigón respire
- No es tóxico (NSF 61 certificado para aplicaciones con contacto de agua potable)
- Menos costoso que los métodos tradicionales
- Permanente
- Es añadido al concreto en el momento del mezclado, por lo tanto, no se ve influenciado por las condiciones ambientales.
- Reduce los tiempos de construcción
- Mejora la durabilidad del hormigón
- Aditivo Reductor de Permeabilidad en Condiciones Hidrostáticas (PRAH, por sus iniciales en inglés)
- Cero COV – los productos PENETRON en polvo no contienen compuestos orgánicos volátiles y son seguros para usar tanto en exteriores como en espacios interiores cerrados.
- Supera los requisitos de ASTM C494-S (Aditivos de rendimiento específico)



004aCPR2013-7-10
EN 934-2

Penetron International, Ltd.
601 South Tenth Street, Unit 300
Allentown, PA 18103
08

PENETRON ADMIX

Aditivo por Cristalización a Nivel Capilar
Aditivo Impermeabilizante

Contenido de cloro: < 0,10 % del peso

Contenido de álcalis: < 10,3 % del peso

Resistencia a la compresión: \geq 85 % del control

Contenido de material seco: > 99,5 %

Contenido de aire incorporado: \leq 2 % del volumen

Absorción capilar (después de 90 días de curado): \leq 60 % del peso

GARANTÍA: PENETRON INTERNATIONAL, LTD. garantiza que los productos fabricados por la misma deberán estar libres de defectos de material y se ajustarán a las normas de formulación y contienen todos los componentes en la proporción adecuada. Si alguno de los productos estuviera defectuoso la responsabilidad de PENETRON INTERNACIONAL, LTD. se limitará a la sustitución del material siempre y cuando sea demostrado que está defectuoso y PENETRON INTERNATIONAL, LTD. en ningún caso será responsable por daños incidentales o consecuentes. PENETRON INTERNATIONAL, LTD. NO GARANTIZA LA COMERCIABILIDAD O APTITUD PARA UN PROPOSITO EN PARTICULAR, ESTA GARANTÍA ES EN LUGAR DE TODAS LAS DEMÁS GARANTÍAS IMPLÍCITAS

PENETRON PERÚ
CAL. ALBACETE NRO. 260 URB. LOS JAZMINES (ALTURA AVENIDA LA
MERCED) LIMA - LIMA - SANTIAGO DE SURCO
Telf + (51) 954780934
info@penetron.pe
www.penetron.pe

Anexo 4. Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo I.

Octubre 2023 V1

CEMENTO TIPO I

“ESTRUCTURAL”



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland de uso general Tipo I. Gracias a su diseño de clinker, se logra una mejor resistencia a la compresión garantizando óptimos resultados en tu obra.

ATRIBUTOS

Altas resistencias a todas las edades

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

PRESENTACIONES


 Saco regular
42.5 kg


 Ecosaco
42.5 kg


 A granel


 Big Bag
(1 tonelada)

*En cumplimiento de la Norma Metrológica Peruana (NMP 002:2018)

RECOMENDACIONES DE USO



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

- Las proporciones de los materiales están sujetas a la calidad de los agregados de la zona, y a la ejecución de un diseño de mezclas por un experto, pero es aceptado que con materiales aprobados para construcción se usen las siguientes proporciones.

Aplicación	Resistencia (f'c)	Cemento	Arena limpia	Piedra de tamaño máximo 19 mm	Agua
Losas aligeradas, placas y otros	175	1	2	3	0.5 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.5 (*)

(*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (slump de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy aguada, debe poder levantarse con un badilejo sin escurrirse rápidamente.

- Para otro tipo de concreto se requiere un diseño de mezclas específico, si se usan aditivos el agua debe reducirse.
- Usar un único recipiente de medida.

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO

- 1 Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir.

- 2 Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas.

- 3 Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad.

- 4 Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C.

- 5 Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa.

- 6 Colocar parihuelas de madera para evitar la humedad del suelo.

- 7 Evitar la circulación del aire entre bolsas en el apilado.






Cemento Tipo I

Cemento Portland de uso general Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	1.7
SO ₃	Máximo	3.00	%	NTP 334.086	2.82
Alcalis equivalente	-	-	%	NTP 334.086	0.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	2.8
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Finura					
Superficie específica	Mínimo	2,600	cm ² /g	NTP 334.002	4100
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.08
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	7
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	27.6 (4000)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	33.3 (4830)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	40.5 (5870)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	148
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	274
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.008

*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional.

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos y químicos de la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo 

Para más información ingresa a:
www.cementospacasmayo.com.pe
 O escanea el código QR:



Anexo 5. Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo V.

Octubre 2023 V1

CEMENTO TIPO V

“ALTA RESISTENCIA A LOS SULFATOS”



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos - Tipo V.
Es ideal para obras en contacto excesivo con sulfatos.

Usos

- Excelente para obras que estén expuestas a suelos con alto sulfato (salitre).
- Estructuras en contacto con suelos ácidos y/o aguas subterráneas con gran contenido de sulfatos.

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

■ Las proporciones de los materiales están sujetas a la calidad de los agregados de la zona, y a la ejecución de un diseño de mezclas por un experto, pero es aceptado que con materiales aprobados para construcción se usen las siguientes proporciones.

Aplicación	Resistencia (f'c)	Cemento	Arena limpia	Piedra de tamaño máximo 19 mm	Agua
Losas aligeradas, placas y otros	175	1	2	3	0.5 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.5 (*)

(*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (slump de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy aguada, debe poder levantarse con un badilejo sin escurrirse rápidamente.

- Para otro tipo de concreto se requiere un diseño de mezclas específico, si se usan aditivos el agua debe reducirse.
- Usar un único recipiente de medida.

ATRIBUTOS

Alta resistencia a los sulfatos
Diseño optimizado de cemento que garantiza una alta resistencia a los sulfatos.

Desarrolla resistencias mecánicas
Buen desarrollo de resistencias que garantizan una buena productividad en la obra.

Tiempo de fraguado adecuado
Permite un avance de obra constante.

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO

- 1 Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir. 
- 2 Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas. 
- 3 Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad. 
- 4 Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C. 
- 5 Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa. 
- 6 Colocar parihuelas de madera para evitar la humedad del suelo. 
- 7 Evitar la circulación del aire entre bolsas en el pilado. 

PRESENTACIONES



Saco regular
42.5 kg



A granel



Big Bag
(1 tonelada)

*En cumplimiento de la Norma Metrológica Peruana (NMP 002:2018)

RECOMENDACIONES DE USO



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.





Cemento Tipo V

Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos - Tipo V

Requisitos normalizados - NTP 334.009 ASTM C150

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
SO ₃	Máximo	2.30	%	NTP 334.086	1.95
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	1.7
Alcalis Equivalentes	-	-	%	NTP 334.086	0.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	2.9
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.5
C ₃ A	Máximo	5.0	%	NTP 334.009	3
C ₄ AF+2C ₃ A	Máximo	25	%	NTP 334.009	20

REQUISITOS FÍSICOS

REQUISITOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	9
Superficie específica	Mínimo	2600	cm ² /g	NTP 334.002	4290
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.03
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	8.0 (1160)	MPa (psi)	NTP 334.051	12.4 (1800)
7 días	Mínimo	15.0 (2180)	MPa (psi)	NTP 334.051	24.5 (3560)
28 días	Mínimo	21.0 (3050)	MPa (psi)	NTP 334.051	30.1 (4360)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	minutos	NTP 334.006	138
Fraguado final	Máximo	375	minutos	NTP 334.006	265
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.010

*Valores promedios referenciales de lotes despachados.

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos y químicos de la NTP 334.009 y ASTM C150.

Pacasmayo

Para más información ingresa a:
www.cementospacasmayo.com.pe
 O escanea el código QR:



Anexo 6. Tablas utilizadas en el diseño de mezcla.

Tabla 49. Resistencia Promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7,0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8,5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1,1f'c + 5,0$

Nota: Fuente: Norma E-060-2019

Tabla 50. Consistencia, Asentamiento y Trabajabilidad del concreto.

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0" a 2"	Poco Trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Húmeda	$\geq 5"$	Muy Trabajable

Nota: Fuente: Rivva López (2014)

Tabla 51. Requerimientos de agua en L/m^3 y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada.

Tipo de concreto	Asentamiento	TMN del agregado grueso							
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Sin aire incorporado	0" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
	3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
	> 5"	243	228	216	202	190	178	160	-
	Contenido de aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Con aire incorporado	0" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
	3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
	> 5"	216	205	197	184	174	166	154	-
	Contenido de aire total	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Nota. Fuente: Rivva López (2014)

Tabla 52. Relación agua / cemento para diseño de mezcla por durabilidad.

Condiciones de exposición	Relación a/c máxima, en concretos con agregados de peso normal	Resistencia en compresión mínima e concretos con agregados livianos
Concreto de baja permeabilidad		
a) Expuesto a agua dulce ...	0.5	
b) Expuesto a agua de mar o agua soluble ...	0.45	260
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales ...	0.45	
Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condiciones húmedas		
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas ...	0.45	300
b) Otros elementos...	0.5	

Nota. Fuente: Rivva López (2014)

Tabla 53. Módulo de fineza de la combinación de agregados.

Agregado grueso (TMN)	Módulo de fineza de la combinación de agregados, el cual da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en saco / m3 indicados.			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Nota. Los valores de esta tabla están referidos al agregado grueso de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos. Fuente: Rivva López (2014).

Anexo 7. Diseño de mezclas de concreto.

Tabla 54. Diseño de mezclas del concreto patrón utilizando cemento tipo I.

DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS			
PROYECTO / TESIS			
<i>“INFLUENCIA DEL ADITIVO IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN PENETRON ADMIX EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ AL UTILIZAR CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V”</i>			
Responsable de diseño	Bach. Ing. Neiser David Yzquierdo Atalaya		
Fecha de Diseño	enero de 2024		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADO			
Cantera de extracción de material	Río Chonta		
COORDENADAS	UTM		
ESTE	779872		
NORTE	9208889		
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO			
Peso unitario suelto seco (kg/m3)	=	1439.22	kg/m3
Peso unitario seco compactado (kg/m3)	=	1680.36	kg/m3
Peso específico de masa (gr/cm3)	=	2.50	gr/cm3
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm3)	=	2.58	gr/cm3
Peso específico Aparente (gr/cm3)	=	2.70	gr/cm3
Absorción (%)	=	2.95	%
Contenido de Humedad (%)	=	3.23	%
Módulo de Finura	=	3.30	
Partículas Menores del Tamiz N° 200	=	3.46	%
AGREGADO GRUESO			
Peso unitario suelto seco (kg/m3)	=	1462.65	kg/m3
Peso unitario seco compactado (kg/m3)	=	1569.28	kg/m3
Peso específico de masa (gr/cm3)	=	2.59	gr/cm3
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm3)	=	2.62	gr/cm3
Peso específico Aparente (gr/cm3)	=	2.67	gr/cm3
Absorción (%)	=	1.21	%
Contenido de Humedad (%)	=	0.55	%
Módulo de Finura	=	7.01	
Partículas Menores del Tamiz N° 200	=	0.43	%
Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	=	3/4"	Pulg.
Perfil del Agregado	=	Angular	
Abrasión (%)	=	0.00	%
CEMENTO			
Norma	=	NTP 334.009-2013	
Tipo de Cemento	=	Pacasmayo Tipo I	
Peso Específico (gr/cm3)	=	3.10	gr/cm3
ADITIVO PENETRON ADMIX			
Peso Específico (gr/cm)	=	1.00	gr/cm3
Porcentaje por peso de Cemento	=	0	%
AGUA			
Norma	=	NTP 334.009-2013	
Peso específico (gr/cm3)	=	1.00	gr/cm3

DISEÑO PATRÓN - CEMENTO TIPO I			
(Concreto de consistencia plástica sin aire incorporado)			
1. Resistencia a la compresión promedio requerida del Concreto (f'cr)			
- Resistencia a la compresión especificada del C° (f'c)			280 kg / cm2
- Resistencia a la compresión requerida del C° (f'cr)	[Tabla N° 01]	=	384 kg / cm2
2. Tamaño máximo nominal del agregado grueso			
	TMN	=	3/4"
3. Selección del asentamiento :			
	Slump [Tabla N°02]	=	3" - 4"
4. Volumen de agua :			
	Vol. [Tabla N°03]	=	205 Lt
5. Selección del contenido de aire atrapado:			
	% Aire A. [Tabla N°04]	=	2.00 %
6. Selección de la relación agua/cemento :			
		=	
- Por durabilidad (C° de baja permeabilidad):	A/C [Tabla 05]	=	0.50
- Por resistencia:	A/C [Tabla 06]	=	0.54
7. Cálculo del contenido de cemento (4)/(6):			
		=	
	Peso del cemento	=	410.000 Kg
	Factor Cemento	=	9.65 Bol./m3
8. Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta :			
		=	
	Cemento	=	0.132 m3
	Agua	=	0.205 m3
	Aire	=	0.02 m3
	Aditivo	=	0.00
	TOTAL		0.357
9. Volumen absolutos de los Agregados.			
	Agregados grueso y fino	=	0.643 m3
10. Módulo de fineza de la combinación de agregados			
	mc [Tabla N°07]	=	5.242
- Porcentaje de vacíos del agregado grueso:			39.33
- vacíos por corregir			4.33
- <i>Modulo de fineza de la combinación de agregados corregido mc corregido</i>			5.155
11. Porcentaje de Agregado Fino			
	rf	=	49.96 %
	rg	=	50.04 %
12. Cálculo de los volúmenes absolutos de los Agregados			
		=	
	Agregado Fino	=	0.321 m3
	Agregado Grueso	=	0.322 m3
13. Peso de los materiales de diseño por m3 (secos)			
		=	
	Cemento	=	410 kg/m3
	Agua de diseño	=	205 Lt/m3
	Agregado Fino seco	=	803.603 kg/m3
	Agregado Grueso seco	=	832.819 kg/m3
14. Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados			
		=	
<i>Humedad Superficial de los Agregados</i>	Agregado Fino	=	0.28 %
	Agregado Grueso	=	-0.66 %
		=	
	Agregado Fino	=	2.24 Lt/m3
<i>Aporte de humedad de los agregados</i>	Agregado Grueso	=	-5.51 Lt/m3
	Aporte Total	=	-3.27 Lt/m3

15. Presentación del diseño de mezcla en estado húmedo.	=	
	Cemento =	410 kg/m3
<i>Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3</i>	Agua efectiva =	208.27 Lt/m3
	Agregado Fino húmedo =	829.56 kg/m3
	Agregado Grueso húmedo =	837.42 kg/m3
	Cemento =	10.250 Kg/tanda
<i>Materiales corregidos por humedad por tanda (0.025 m3 < > 3prob.)</i>	Agua efectiva =	5.207 lt/tanda
	Agregado Fino húmedo =	20.739 Kg/tanda
	Agregado Grueso húmedo =	20.936 Kg/tanda
	Cemento =	42.50 Kg/bolsa
<i>Materiales corregidos por humedad por tanda (1 saco < > 42.5 kg)</i>	Agua efectiva =	21.59 lt/bolsa
	Agregado Fino húmedo =	85.99 Kg/bolsa
	Agregado Grueso húmedo =	86.81 Kg/bolsa
16. Proporción en peso de obra.	=	
	Cemento =	1
	Agregado Fino húmedo =	2.02
	Agregado Grueso húmedo =	2.04
	Agua efectiva =	0.51 Lt/Kg
17. Conversión del peso de obra a volumen equivalente.	=	
<i>Peso unitario del ...</i>	Agregado Fino húmedo =	1485.710 kg/m3
	Agregado Grueso húmedo =	1470.738 kg/m3
	=	
<i>Peso por pie cúbico del ...</i>	Cemento =	42.5 Kg/pie3
	Agregado Fino húmedo =	42.07 Kg/pie3
	Agregado Grueso húmedo =	41.65 Kg/pie3
	=	
<i>Dosificación en volumen equivalente</i>	Cemento =	1
	Agregado Fino húmedo =	2.04
	Agregado Grueso húmedo =	2.08
	Agua efectiva =	21.59 Lt/bls

Tabla 55. *Diseño de mezclas del concreto patrón utilizando cemento tipo V.*

DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS			
PROYECTO / TESIS			
<i>“INFLUENCIA DEL ADITIVO IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN PENETRON ADMIX EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ AL UTILIZAR CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V”</i>			
Responsable de diseño	Bach. Ing. Neiser David Yzquierdo Atalaya		
Fecha de Diseño	enero de 2024		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADO			
Cantera de extracción de material	Río Chonta		
COORDENADAS	UTM		
ESTE	779872		
NORTE	9208889		
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO			
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	=	1439.22	kg/m ³
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	=	1680.36	kg/m ³
Peso específico de masa (gr/cm ³)	=	2.50	gr/cm ³
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³)	=	2.58	gr/cm ³
Peso específico Aparente (gr/cm ³)	=	2.70	gr/cm ³
Absorción (%)	=	2.95	%
Contenido de Humedad (%)	=	3.23	%
Módulo de Finura	=	3.30	
Partículas Menores del Tamiz N° 200	=	3.46	%
AGREGADO GRUESO			
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	=	1462.65	kg/m ³
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	=	1569.28	kg/m ³
Peso específico de masa (gr/cm ³)	=	2.59	gr/cm ³
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³)	=	2.62	gr/cm ³
Peso específico Aparente (gr/cm ³)	=	2.67	gr/cm ³
Absorción (%)	=	1.21	%
Contenido de Humedad (%)	=	0.55	%
Módulo de Finura	=	7.01	
Partículas Menores del Tamiz N° 200	=	0.43	%
Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	=	3/4"	Pulg.
Perfil del Agregado	=	Angular	
Abrasión (%)	=	0.00	%
CEMENTO			
Norma	=	NTP 334.009-2013	
Tipo de Cemento	=	Pacasmayo Tipo V	
Peso Específico (gr/cm ³)	=	3.13	gr/cm ³
ADITIVO PENETRON ADMIX			
Peso Específico (gr/cm)	=	1.00	gr/cm ³
Porcentaje por peso de Cemento	=	0	%
AGUA			
Norma	=	NTP 334.009-2013	
Peso específico (gr/cm ³)	=	1.00	gr/cm ³

DISEÑO PATRÓN - CEMENTO TIPO V			
(Concreto de consistencia plástica sin aire incorporado)			
1. Resistencia a la compresión promedio requerida del Concreto (f'cr)			
- Resistencia a la compresión especificada del C° (f'c)			280 kg / cm2
- Resistencia a la compresión requerida del C° (f'cr)	[Tabla N° 01]	=	364 kg / cm2
2. Tamaño máximo nominal del agregado grueso			
	TMN	=	3/4"
3. Selección del asentamiento :			
	Slump [Tabla N°02]	=	3" - 4"
4. Volumen de agua :			
	Vol. [Tabla N°03]	=	205 Lt
5. Selección del contenido de aire atrapado:			
	% Aire A. [Tabla N°04]	=	2.00 %
6. Selección de la relación agua/cemento :			
		=	
- Por durabilidad (C° de baja permeabilidad):	A/C [Tabla 05]	=	0.50
- Por resistencia:	A/C [Tabla 06]	=	0.54
7. Cálculo del contenido de cemento (4)/(6):			
		=	
	Peso del cemento	=	410.000 Kg
	Factor Cemento	=	9.65 Bol./m3
8. Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta :			
		=	
	Cemento	=	0.131 m3
	Agua	=	0.205 m3
	Aire	=	0.02 m3
	Aditivo	=	0.00
	TOTAL		0.356
9. Volumen absolutos de los Agregados.			
	Agregados grueso y fino	=	0.644 m3
10. Módulo de fineza de la combinación de agregados			
	mc [Tabla N°07]	=	5.242
- Porcentaje de vacíos del agregado grueso:			39.33
- vacíos por corregir			4.33
- <i>Modulo de fineza de la combinación de agregados corregido mc corregido</i>			5.155
11. Porcentaje de Agregado Fino			
	rf	=	49.96 %
	rg	=	50.04 %
12. Cálculo de los volúmenes absolutos de los Agregados			
		=	
	Agregado Fino	=	0.322 m3
	Agregado Grueso	=	0.322 m3
13. Peso de los materiales de diseño por m3 (secos)			
		=	
	Cemento	=	410 kg/m3
	Agua de diseño	=	205 Lt/m3
	Agregado Fino seco	=	806.107 kg/m3
	Agregado Grueso seco	=	832.819 kg/m3
14. Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados			
		=	
<i>Humedad Superficial de los Agregados</i>	Agregado Fino	=	0.28 %
	Agregado Grueso	=	-0.66 %
		=	
	Agregado Fino	=	2.25 Lt/m3
<i>Aporte de humedad de los agregados</i>	Agregado Grueso	=	-5.51 Lt/m3
	<i>Aporte Total</i>	=	-3.26 Lt/m3

15. Presentación del diseño de mezcla en estado húmedo.	=	
	Cemento =	410 kg/m3
<i>Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3</i>	Agua efectiva =	208.26 Lt/m3
	Agregado Fino húmedo =	832.15 kg/m3
	Agregado Grueso húmedo =	837.42 kg/m3
	Cemento =	10.250 Kg/tanda
<i>Materiales corregidos por humedad por tanda (0.025 m3 < > 3prob.)</i>	Agua efectiva =	5.207 lt/tanda
	Agregado Fino húmedo =	20.804 Kg/tanda
	Agregado Grueso húmedo =	20.936 Kg/tanda
	Cemento =	42.50 Kg/bolsa
<i>Materiales corregidos por humedad por tanda (1 saco < > 42.5 kg)</i>	Agua efectiva =	21.59 lt/bolsa
	Agregado Fino húmedo =	86.26 Kg/bolsa
	Agregado Grueso húmedo =	86.81 Kg/bolsa
16. Proporción en peso de obra.	=	
	Cemento =	1
	Agregado Fino húmedo =	2.03
	Agregado Grueso húmedo =	2.04
	Agua efectiva =	0.51 Lt/Kg
17. Conversión del peso de obra a volumen equivalente.	=	
<i>Peso unitario del ...</i>	Agregado Fino húmedo =	1485.71 kg/m3
	Agregado Grueso húmedo =	1470.74 kg/m3
	=	
<i>Peso por pie cúbico del ...</i>	Cemento =	42.5 Kg/pie3
	Agregado Fino húmedo =	42.07 Kg/pie3
	Agregado Grueso húmedo =	41.65 Kg/pie3
	=	
<i>Dosificación en volumen equivalente</i>	Cemento =	1
	Agregado Fino húmedo =	2.05
	Agregado Grueso húmedo =	2.08
	Agua efectiva =	21.59 Lt/bls

Anexo 8. Cálculo y Resultados de la Resistencia a Compresión

Tabla 56. Resistencia a la compresión del concreto patrón utilizando cemento tipo I.

Ensayo a Compresión a los 7 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT1P-7-1	443.826	45257.648	182.415	248.103
CT1P-7-2	427.662	43609.379	182.415	239.067
CT1P-7-3	438.093	44673.044	182.415	244.898
CT1P-7-4	434.916	44349.081	182.415	243.122
CT1P-7-5	433.260	44180.216	182.415	242.197
Promedio				243.478
Rango Muestral				9.036
Varianza				11.158
Desviación Estándar				3.340
Coefficiente de Variación (%)				1.37
Ensayo a Compresión a los 14 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT1P-14-1	548.595	55941.110	182.415	306.670
CT1P-14-2	554.904	56584.449	182.415	310.197
CT1P-14-3	551.781	56265.992	182.415	308.451
CT1P-14-4	551.225	56209.295	182.415	308.140
CT1P-14-5	549.621	56045.733	182.415	307.244
Promedio				308.140
Rango Muestral				3.527
Varianza				1.823
Desviación Estándar				1.350
Coefficiente de Variación (%)				0.44
Ensayo a Compresión a los 28 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT1P-28-1	657.909	67088.034	182.415	367.778
CT1P-28-2	650.493	66331.812	182.415	363.632
CT1P-28-3	652.572	66543.811	182.415	364.794
CT1P-28-4	648.828	66162.030	182.415	362.701
CT1P-28-5	653.103	66597.958	182.415	365.091
Promedio				364.799
Rango Muestral				5.076
Varianza				3.680
Desviación Estándar				1.918
Coefficiente de Variación (%)				0.53

Tabla 57. Resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento tipo I más 0.80% de aditivo.

Ensayo a Compresión a los 7 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT1A0.8-7-1	520.317	53057.557	182.415	290.862
CT1A0.8-7-2	518.670	52889.610	182.415	289.942
CT1A0.8-7-3	523.683	53400.794	182.415	292.744
CT1A0.8-7-4	528.246	53866.090	182.415	295.295
CT1A0.8-7-5	522.729	53303.513	182.415	292.211
Promedio				292.211
Rango Muestral				5.353
Varianza				4.191
Desviación Estándar				2.047
Coefficiente de Variación (%)				0.70
Ensayo a Compresión a los 14 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT1A0.8-14-1	631.179	64362.333	182.415	352.835
CT1A0.8-14-2	634.761	64727.595	182.415	354.838
CT1A0.8-14-3	625.347	63767.634	182.415	349.575
CT1A0.8-14-4	628.884	64128.308	182.415	351.552
CT1A0.8-14-5	630.043	64246.468	182.415	352.200
Promedio				352.200
Rango Muestral				5.263
Varianza				3.668
Desviación Estándar				1.915
Coefficiente de Variación (%)				0.54
Ensayo a Compresión a los 28 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT1A0.8-28-1	718.254	73241.510	182.415	401.511
CT1A0.8-28-2	725.913	74022.510	182.415	405.792
CT1A0.8-28-3	721.395	73561.803	182.415	403.267
CT1A0.8-28-4	728.469	74283.150	182.415	407.221
CT1A0.8-28-5	723.508	73777.243	182.415	404.448
Promedio				404.448
Rango Muestral				5.710
Varianza				4.880
Desviación Estándar				2.209
Coefficiente de Variación (%)				0.55

Tabla 58. Resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento tipo I más 1.0% de aditivo.

Ensayo a Compresión a los 7 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT1A1.0-7-1	544.500	55523.536	182.415	304.381
CT1A1.0-7-2	546.867	55764.903	182.415	305.704
CT1A1.0-7-3	549.387	56021.872	182.415	307.113
CT1A1.0-7-4	554.670	56560.588	182.415	310.066
CT1A1.0-7-5	539.856	55049.980	182.415	301.785
Promedio				305.810
Rango Muestral				8.281
Varianza				9.517
Desviación Estándar				3.085
Coefficiente de Variación (%)				1.01
Ensayo a Compresión a los 14 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT1A1.0-14-1	654.084	66697.992	182.415	365.639
CT1A1.0-14-2	0.000	64600.000	182.415	354.138
CT1A1.0-14-3	644.229	65693.062	182.415	360.130
CT1A1.0-14-4	0.000	64800.000	182.415	355.235
CT1A1.0-14-5	639.414	65202.069	182.415	357.439
Promedio				358.516
Rango Muestral				11.501
Varianza				21.111
Desviación Estándar				4.595
Coefficiente de Variación (%)				1.28
Ensayo a Compresión a los 28 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT1A1.0-28-1	737.226	75176.115	182.415	412.117
CT1A1.0-28-2	729.189	74356.569	182.415	407.624
CT1A1.0-28-3	723.609	73787.568	182.415	404.505
CT1A1.0-28-4	732.447	74688.793	182.415	409.445
CT1A1.0-28-5	730.618	74502.261	182.415	408.422
Promedio				408.422
Rango Muestral				7.612
Varianza				7.670
Desviación Estándar				2.769
Coefficiente de Variación (%)				0.68

Tabla 59. Resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento tipo I más 1.5% de aditivo.

Ensayo a Compresión a los 7 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT1A1.5-7-1	562.653	57374.603	182.415	314.528
CT1A1.5-7-2	554.016	56493.866	182.415	309.700
CT1A1.5-7-3	551.553	56242.719	182.415	308.323
CT1A1.5-7-4	560.391	57143.971	182.415	313.264
CT1A1.5-7-5	557.153	56813.790	182.415	311.454
Promedio				311.454
Rango Muestral				6.205
Varianza				6.401
Desviación Estándar				2.530
Coefficiente de Variación (%)				0.81
Ensayo a Compresión a los 14 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT1A1.5-14-1	0.000	66600.000	182.415	365.102
CT1A1.5-14-2	645.885	65861.927	182.415	361.056
CT1A1.5-14-3		64800.000	182.415	355.235
CT1A1.5-14-4	642.600	65526.950	182.415	359.220
CT1A1.5-14-5	644.247	65694.898	182.415	360.140
Promedio				360.151
Rango Muestral				9.868
Varianza				12.593
Desviación Estándar				3.549
Coefficiente de Variación (%)				0.99
Ensayo a Compresión a los 28 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT1A1.5-28-1	727.587	74193.211	182.415	406.728
CT1A1.5-28-2	725.472	73977.541	182.415	405.546
CT1A1.5-28-3	715.716	72982.706	182.415	400.092
CT1A1.5-28-4	703.323	71718.972	182.415	393.164
CT1A1.5-28-5	718.025	73218.107	182.415	401.383
Promedio				401.383
Rango Muestral				13.564
Varianza				28.778
Desviación Estándar				5.365
Coefficiente de Variación (%)				1.34

Tabla 60. Resistencia a la compresión del concreto patrón utilizando cemento tipo V.

Ensayo a Compresión a los 7 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT5P-7-1	456.361	46535.893	182.415	255.110
CT5P-7-2	460.942	47003.014	182.415	257.671
CT5P-7-3	453.321	46225.868	182.415	253.411
CT5P-7-4	453.060	46199.253	182.415	253.265
CT5P-7-5	458.122	46715.439	182.415	256.095
Promedio				255.110
Rango Muestral				4.406
Varianza				3.455
Desviación Estándar				1.859
Coefficiente de Variación (%)				0.73
Ensayo a Compresión a los 14 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT5P-14-1	537.434	54802.954	182.415	300.431
CT5P-14-2	0.000	55800.000	182.415	305.896
CT5P-14-3	546.698	55747.670	182.415	305.610
CT5P-14-4	0.000	55350.000	182.415	303.430
CT5P-14-5	546.804	55758.479	182.415	305.669
Promedio				304.207
Rango Muestral				5.466
Varianza				5.456
Desviación Estándar				2.336
Coefficiente de Variación (%)				0.77
Ensayo a Compresión a los 28 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT5P-28-1	658.785	67177.361	182.415	368.267
CT5P-28-2	654.894	66780.589	182.415	366.092
CT5P-28-3	661.185	67422.093	182.415	369.609
CT5P-28-4	652.587	66545.341	182.415	364.803
CT5P-28-5	656.863	66981.371	182.415	367.193
Promedio				367.193
Rango Muestral				4.806
Varianza				3.479
Desviación Estándar				1.865
Coefficiente de Variación (%)				0.51

Tabla 61. Resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento tipo V más 0.8% de aditivo.

Ensayo a Compresión a los 7 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT5A0.8-7-1	552.654	56355.013	182.415	308.939
CT5A0.8-7-2	546.566	55734.159	182.415	305.535
CT5A0.8-7-3	546.390	55716.263	182.415	305.437
CT5A0.8-7-4	538.641	54926.085	182.415	301.106
CT5A0.8-7-5	548.577	55939.275	182.415	306.660
Promedio				305.535
Rango Muestral				7.833
Varianza				8.120
Desviación Estándar				2.850
Coefficiente de Variación (%)				0.93
Ensayo a Compresión a los 14 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT5A0.8-14-1	620.055	63228.001	182.415	346.617
CT5A0.8-14-2	0.000	63900.000	182.415	350.301
CT5A0.8-14-3	623.448	63573.990	182.415	348.514
CT5A0.8-14-4	0.000	63900.000	182.415	350.301
CT5A0.8-14-5	624.204	63651.081	182.415	348.936
Promedio				348.934
Rango Muestral				3.684
Varianza				2.321
Desviación Estándar				1.523
Coefficiente de Variación (%)				0.44
Ensayo a Compresión a los 28 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT5A0.8-28-1	679.122	69251.157	182.415	379.636
CT5A0.8-28-2	677.178	69052.924	182.415	378.549
CT5A0.8-28-3	680.526	69394.325	182.415	380.421
CT5A0.8-28-4	685.467	69898.167	182.415	383.183
CT5A0.8-28-5	673.317	68659.212	182.415	376.391
Promedio				379.636
Rango Muestral				6.792
Varianza				6.227
Desviación Estándar				2.495
Coefficiente de Variación (%)				0.66

Tabla 62. Resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento tipo V más 1.0% de aditivo.

Ensayo a Compresión a los 7 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT5A1.0-7-1	506.016	51599.261	182.415	282.868
CT5A1.0-7-2	502.281	51218.397	182.415	280.780
CT5A1.0-7-3	493.974	50371.319	182.415	276.136
CT5A1.0-7-4	508.149	51816.767	182.415	284.060
CT5A1.0-7-5	502.605	51251.436	182.415	280.961
Promedio				280.961
Rango Muestral				7.924
Varianza				9.138
Desviación Estándar				3.023
Coefficiente de Variación (%)				1.08
Ensayo a Compresión a los 14 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT5A1.0-14-1	595.569	60731.124	182.415	332.929
CT5A1.0-14-2	0.000	62100.000	182.415	340.433
CT5A1.0-14-3	0.000	61200.000	182.415	335.499
CT5A1.0-14-4	600.054	61188.436	182.415	335.436
CT5A1.0-14-5	590.949	60260.015	182.415	330.346
Promedio				334.929
Rango Muestral				10.087
Varianza				13.970
Desviación Estándar				3.738
Coefficiente de Variación (%)				1.12
Ensayo a Compresión a los 28 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT5A1.0-28-1	634.572	64708.322	182.415	354.732
CT5A1.0-28-2	648.585	66137.251	182.415	362.565
CT5A1.0-28-3	630.945	64338.471	182.415	352.704
CT5A1.0-28-4	630.522	64295.337	182.415	352.468
CT5A1.0-28-5	636.156	64869.845	182.415	355.617
Promedio				355.617
Rango Muestral				10.097
Varianza				16.866
Desviación Estándar				4.107
Coefficiente de Variación (%)				1.15

Tabla 63. Resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento tipo V más 1.5% de aditivo.

Ensayo a Compresión a los 7 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT5A1.5-7-1	0.000	46800.000	182.415	256.558
CT5A1.5-7-2	0.000	47800.000	182.415	262.040
CT5A1.5-7-3	458.460	46749.900	182.415	256.284
CT5A1.5-7-4	0.000	47800.000	182.415	262.040
CT5A1.5-7-5	474.840	48420.195	182.415	265.440
Promedio				260.473
Rango Muestral				9.157
Varianza				15.615
Desviación Estándar				3.952
Coefficiente de Variación (%)				1.52
Ensayo a Compresión a los 14 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT5A1.5-14-1	557.064	56804.708	182.415	311.404
CT5A1.5-14-2	0.000	56700.000	182.415	310.830
CT5A1.5-14-3	0.000	57000.000	182.415	312.475
CT5A1.5-14-4	558.504	56951.547	182.415	312.209
CT5A1.5-14-5	566.496	57766.504	182.415	316.677
Promedio				312.719
Rango Muestral				5.847
Varianza				5.320
Desviación Estándar				2.307
Coefficiente de Variación (%)				0.74
Ensayo a Compresión a los 28 Días				
Código de Probeta	Carga Ultima (KN)	Carga Ultima (Kg-f)	Superficie De Presión (cm2)	f'c (kg/cm2)
CT5A1.5-28-1	614.709	62682.861	182.415	343.628
CT5A1.5-28-2	613.161	62525.009	182.415	342.763
CT5A1.5-28-3	615.328	62745.955	182.415	343.974
CT5A1.5-28-4	612.830	62491.256	182.415	342.578
CT5A1.5-28-5	608.121	62011.072	182.415	339.946
Promedio				342.578
Rango Muestral				4.029
Varianza				2.504
Desviación Estándar				1.582
Coefficiente de Variación (%)				0.46

Anexo 9. Diámetros y alturas para determinar la porosidad y absorción del Concreto.

Tabla 64. Diámetros y alturas de especímenes de concreto elaborados con cemento tipo I.

Adición de Aditivo	Nº Mues.	Ø med. 1	Ø med. 2	Ø med. 3	Altura med. 1	Altura med. 2	Altura med. 3	Ø Prom. (cm)	Altura Prom. (cm)
Patrón	1	15.870	15.840	15.685	13.630	13.800	13.620	15.798	13.683
	2	15.170	14.920	15.065	14.840	14.760	14.770	15.052	14.790
	3	15.480	15.600	15.490	14.660	14.610	14.740	15.523	14.670
	4	15.525	15.490	15.490	14.565	14.585	14.650	15.502	14.600
	5	15.344	15.450	15.450	14.785	14.850	14.800	15.415	14.812
	6	15.100	15.290	15.180	15.130	15.110	15.170	15.190	15.137
	7	15.890	15.920	15.780	13.630	13.640	13.710	15.863	13.660
0.80%	1	15.535	15.470	15.520	14.715	14.725	14.729	15.508	14.723
	2	15.195	15.180	15.270	14.790	14.845	14.860	15.215	14.832
	3	15.450	15.370	15.500	14.800	14.850	14.720	15.440	14.790
	4	15.410	15.420	15.380	14.700	14.800	14.600	15.403	14.700
	5	14.880	14.910	15.160	15.140	15.085	15.010	14.983	15.078
	6	15.500	15.490	15.470	15.000	15.050	15.000	15.487	15.017
	7	15.340	15.330	15.335	14.970	14.745	14.920	15.335	14.878
1.00%	1	15.458	15.420	15.331	14.733	14.810	14.450	15.403	14.664
	2	15.353	15.318	15.412	14.597	14.725	14.487	15.361	14.603
	3	15.447	15.286	15.387	15.262	15.198	15.401	15.373	15.287
	4	15.458	15.420	15.065	14.840	14.869	14.879	15.314	14.863
	5	15.212	15.268	15.115	15.176	15.119	15.261	15.198	15.185
	6	15.473	15.631	15.489	14.830	14.834	14.893	15.531	14.852
	7	15.494	15.460	15.469	14.648	14.756	14.598	15.474	14.667
1.50%	1	15.367	15.339	15.330	14.909	14.695	14.910	15.345	14.838
	2	15.421	15.300	15.440	14.652	14.678	14.720	15.387	14.683
	3	15.473	15.532	15.551	15.083	14.956	15.078	15.519	15.039
	4	15.170	14.920	15.065	14.840	14.760	14.770	15.052	14.790
	5	15.136	15.305	15.133	15.027	15.224	15.206	15.191	15.152
	6	15.490	15.622	15.497	15.576	15.338	15.300	15.536	15.405
	7	15.452	15.501	15.412	15.168	15.174	15.363	15.455	15.235

Tabla 65. *Diámetros y alturas de especímenes de concreto elaborados con cemento tipo V.*

Adición de Aditivo	N° Mues.	Ø med. 1	Ø med. 2	Ø med. 3	Altura med. 1	Altura med. 2	Altura med. 3	Ø Prom. (cm)	Altura Prom. (cm)
Patrón	1	15.476	15.520	15.483	14.908	14.876	14.837	15.493	14.874
	2	15.296	15.425	15.289	14.341	14.283	14.459	15.337	14.361
	3	14.980	15.116	15.034	14.932	14.888	14.748	15.043	14.856
	4	15.192	15.242	15.184	14.979	14.974	15.029	15.206	14.994
	5	15.458	15.420	15.528	14.559	14.533	14.512	15.469	14.535
	6	15.360	15.445	15.487	14.614	14.518	14.569	15.431	14.567
	7	15.034	14.980	15.116	14.748	14.932	14.888	15.043	14.856
0.80%	1	15.136	15.318	15.223	14.483	14.469	14.533	15.226	14.495
	2	15.535	15.541	15.492	14.693	14.666	14.715	15.523	14.691
	3	14.896	14.989	15.155	14.481	14.379	14.418	15.013	14.426
	4	15.507	15.575	15.496	14.439	14.499	14.505	15.526	14.481
	5	15.465	15.419	15.350	14.419	14.506	14.364	15.411	14.430
	6	15.449	15.334	15.467	14.672	14.652	14.695	15.417	14.673
	7	15.338	15.322	15.457	14.419	14.505	14.410	15.372	14.445
1.00%	1	15.460	15.589	15.485	14.257	14.252	14.426	15.511	14.312
	2	15.251	15.663	15.312	14.572	14.445	14.392	15.409	14.470
	3	15.317	15.371	15.342	14.420	14.519	14.558	15.343	14.499
	4	14.872	14.969	15.107	14.068	14.211	14.154	14.983	14.144
	5	15.176	15.360	15.167	15.008	15.014	14.808	15.234	14.943
	6	15.470	15.371	15.538	14.623	14.694	14.841	15.460	14.719
	7	15.528	15.510	15.519	14.486	14.526	14.548	15.519	14.520
1.50%	1	15.530	15.530	15.530	14.880	14.970	14.925	15.530	14.925
	2	15.400	15.470	15.435	14.910	14.880	14.940	15.435	14.910
	3	15.380	15.445	15.413	14.816	14.870	14.843	15.413	14.843
	4	15.437	15.482	15.459	14.869	14.907	14.903	15.459	14.893
	5	15.380	15.445	15.413	14.816	14.870	14.843	15.413	14.843
	6	15.530	15.530	15.530	14.880	14.970	14.925	15.530	14.925
	7	15.400	15.470	15.435	14.910	14.880	14.940	15.435	14.910

Anexo 10. Cálculo y resultados de la porosidad y absorción del concreto.

Tabla 66. Porosidad y absorción del concreto elaborado con cemento tipo I.

	Muestra	Ø Promed. (cm)	Altura Promed. (cm)	Volumen Aparente (cm ³)	Peso SSS (kg)	Peso Seco (kg)	Poros. del C° (%)	Absor. del C° (%)
Patrón	PCT1P-1	15.798	13.683	2682.281	6.360	5.939	15.759	7.089
	PCT1P-2	15.502	14.600	2755.494	6.452	6.018	15.814	7.212
	PCT1P-3	15.052	14.790	2631.645	6.094	5.677	15.909	7.345
	PCT1P-4	15.523	14.670	2776.451	6.475	6.035	15.911	7.291
	PCT1P-5	15.415	14.812	2764.153	6.480	6.041	15.946	7.267
	PCT1P-6	15.190	15.137	2743.062	6.426	5.990	15.958	7.279
	PCT1P-7	15.863	13.660	2699.787	6.350	5.927	15.731	7.137
			Promedio				15.861	7.231
0.80%	PCT1A0.80-1	15.508	14.723	2781.099	6.531	6.121	14.802	6.698
	PCT1A0.80-2	15.335	14.878	2747.968	6.434	6.031	14.724	6.682
	PCT1A0.80-3	15.215	14.832	2696.645	6.326	5.927	14.856	6.732
	PCT1A0.80-4	15.440	14.790	2769.189	6.450	6.038	14.938	6.823
	PCT1A0.80-5	15.403	14.700	2739.281	6.366	5.957	14.991	6.866
	PCT1A0.80-6	14.983	15.078	2658.643	6.239	5.840	15.068	6.832
	PCT1A0.80-7	15.487	15.017	2828.651	6.654	6.241	14.659	6.618
			Promedio				14.862	6.750
1.00%	PCT1A1.00-1	15.403	14.664	2732.517	6.475	6.076	14.661	6.567
	PCT1A1.00-2	15.474	14.667	2758.449	6.506	6.105	14.596	6.568
	PCT1A1.00-3	15.361	14.603	2706.269	6.345	5.952	14.580	6.603
	PCT1A1.00-4	15.373	15.287	2837.581	6.683	6.276	14.401	6.485
	PCT1A1.00-5	15.314	14.863	2737.681	6.471	6.068	14.780	6.641
	PCT1A1.00-6	15.198	15.185	2754.902	6.501	6.100	14.614	6.574
	PCT1A1.00-7	15.531	14.852	2813.736	6.588	6.183	14.451	6.550
			Promedio				14.583	6.584
1.50%	PCT1A1.50-1	15.345	14.838	2744.214	6.418	6.029	14.232	6.452
	PCT1A1.50-2	15.455	15.235	2858.054	6.677	6.267	14.403	6.542
	PCT1A1.50-3	15.387	14.683	2730.376	6.394	5.999	14.525	6.584
	PCT1A1.50-4	15.519	15.039	2844.577	6.651	6.243	14.401	6.535
	PCT1A1.50-5	15.052	14.790	2631.645	6.090	5.710	14.498	6.655
	PCT1A1.50-6	15.191	15.152	2746.384	6.447	6.054	14.367	6.492
	PCT1A1.50-7	15.536	15.405	2920.379	6.810	6.382	14.714	6.706
			Promedio				14.449	6.567

Tabla 67. Porosidad y absorción del concreto elaborado con cemento tipo V.

	Muestra	Ø Promed. (cm)	Altura Promed. (cm)	Volumen Aparente (cm ³)	Peso SSS (kg)	Peso Seco (kg)	Poros. del C° (%)	Absor. del C° (%)
PATRÓN	PCT5P-1	15.493	14.874	2804.006	6.575	6.133	15.826	7.207
	PCT5P-2	15.337	14.361	2652.996	6.265	5.850	15.706	7.094
	PCT5P-3	15.043	14.856	2640.462	6.116	5.701	15.780	7.279
	PCT5P-4	15.206	14.994	2722.936	6.365	5.950	15.302	6.975
	PCT5P-5	15.469	14.535	2731.497	6.424	6.009	15.254	6.906
	PCT5P-6	15.431	14.567	2724.140	6.364	5.949	15.295	6.976
	PCT5P-7	15.043	14.856	2640.462	6.630	6.215	15.780	6.677
	Promedio						15.563	7.073
0.80%	PCT5A0.80-1	15.226	14.495	2639.130	6.189	5.785	15.370	6.984
	PCT5A0.80-2	15.523	14.691	2780.249	6.509	6.084	15.348	6.986
	PCT5A0.80-3	15.013	14.426	2553.819	5.955	5.564	15.372	7.027
	PCT5A0.80-4	15.526	14.481	2741.622	6.423	6.018	14.832	6.730
	PCT5A0.80-5	15.411	14.430	2691.700	6.341	5.936	15.107	6.823
	PCT5A0.80-6	15.417	14.673	2738.986	6.388	5.983	14.846	6.769
	PCT5A0.80-7	15.372	14.445	2680.878	6.274	5.869	15.168	6.901
	Promedio						15.149	6.888
1.00%	PCT5A1.00-1	15.511	14.312	2704.446	6.343	5.930	15.332	6.965
	PCT5A1.00-2	15.409	14.470	2698.227	6.295	5.890	15.070	6.876
	PCT5A1.00-3	15.343	14.499	2680.818	6.322	5.917	15.168	6.845
	PCT5A1.00-4	14.983	14.144	2493.737	5.879	5.501	15.219	6.871
	PCT5A1.00-5	15.234	14.943	2723.857	6.353	5.948	14.928	6.809
	PCT5A1.00-6	15.460	14.719	2762.983	6.448	6.038	14.899	6.790
	PCT5A1.00-7	15.519	14.520	2746.528	6.421	6.016	14.805	6.732
	Promedio						15.060	6.841
1.50%	PCT5A1.50-1	15.530	14.925	2827.139	6.530	6.105	15.093	6.962
	PCT5A1.50-2	15.435	14.910	2789.850	6.464	6.049	14.935	6.861
	PCT5A1.50-3	15.413	14.843	2769.222	6.431	6.016	15.046	6.898
	PCT5A1.50-4	15.459	14.893	2795.339	6.475	6.057	15.014	6.901
	PCT5A1.50-5	15.413	14.843	2769.222	6.431	6.016	15.046	6.898
	PCT5A1.50-6	15.530	14.925	2827.139	6.530	6.107	15.022	6.926
	PCT5A1.50-7	15.435	14.910	2789.850	6.464	6.049	14.935	6.861
	Promedio						15.013	6.879

Anexo 11. Cálculo y resultados del Coeficiente de Permeabilidad del Concreto

Tabla 68. *Coeficiente de permeabilidad del concreto elaborado con cemento tipo I.*

Porcentaje de Aditivo	Código de Muestra	Prof. de Penetración	Tiempo de Ensayo	Porosidad	Presión de Trabajo	Coeficiente de Permeabilidad
		(m)	(días)	(%)	(m.c.a.)	(m/s)
Patrón	kPCT1P-1	0.056	1	15.86	50.00	5.81E-11
	kPCT1P-2	0.064	4	15.86	50.00	1.86E-11
	kPCT1P-3	0.066	7	15.86	50.00	1.15E-11
	kPCT1P-4	0.072	14	15.86	50.00	6.72E-12
	kPCT1P-5	0.082	28	15.86	50.00	4.43E-12
0.80%	kPCT1A0.80-1	0.0547	1	14.86	50.00	5.16E-11
	kPCT1A0.80-2	0.0520	4	14.86	50.00	1.16E-11
	kPCT1A0.80-3	0.0472	7	14.86	50.00	5.48E-12
	kPCT1A0.80-4	0.0363	14	14.86	50.00	1.62E-12
	kPCT1A0.80-5	0.0295	28	14.86	50.00	5.34E-13
1.00%	kPCT1A1.00-1	0.0545	1	14.58	50.00	5.01E-11
	kPCT1A1.00-2	0.0507	4	14.58	50.00	1.08E-11
	kPCT1A1.00-3	0.0451	7	14.58	50.00	4.90E-12
	kPCT1A1.00-4	0.0337	14	14.58	50.00	1.37E-12
	kPCT1A1.00-5	0.0279	28	14.58	50.00	4.71E-13
1.50%	kPCT1A1.50-1	0.0540	1	14.45	50.00	4.88E-11
	kPCT1A1.50-2	0.0477	4	14.45	50.00	9.50E-12
	kPCT1A1.50-3	0.0379	7	14.45	50.00	3.44E-12
	kPCT1A1.50-4	0.0288	14	14.45	50.00	9.88E-13
	kPCT1A1.50-5	0.0245	28	14.45	50.00	3.58E-13

Tabla 69. *Coficiente de permeabilidad del concreto elaborado con cemento tipo V.*

Porcentaje de Aditivo	Código de Muestra	Prof. de Penetración	Tiempo de Ensayo	Porosidad (%)	Presión de Trabajo (m.c.a.)	Coficiente de Permeabilidad (m/s)
		(m)	(días)			
Patrón	PCT5P-1	0.055	1	15.56	50.00	5.45E-11
	PCT5P-2	0.061	4	15.56	50.00	1.68E-11
	PCT5P-3	0.064	7	15.56	50.00	1.05E-11
	PCT5P-4	0.072	14	15.56	50.00	6.68E-12
	PCT5P-5	0.080	28	15.56	50.00	4.09E-12
0.80%	PCT5A0.80-1	0.053990	1	15.15	50.00	5.11E-11
	PCT5A0.80-2	0.052890	4	15.15	50.00	1.23E-11
	PCT5A0.80-3	0.048910	7	15.15	50.00	5.99E-12
	PCT5A0.80-4	0.039710	14	15.15	50.00	1.97E-12
	PCT5A0.80-5	0.031740	28	15.15	50.00	6.31E-13
1.00%	PCT5A1.00-1	0.053825	1	15.06	50.00	5.05E-11
	PCT5A1.00-2	0.051135	4	15.06	50.00	1.14E-11
	PCT5A1.00-3	0.046210	7	15.06	50.00	5.32E-12
	PCT5A1.00-4	0.034610	14	15.06	50.00	1.49E-12
	PCT5A1.00-5	0.029696	28	15.06	50.00	5.49E-13
1.50%	PCT5A1.50-1	0.05402	1	15.01	50.00	5.07E-11
	PCT5A1.50-2	0.05268	4	15.01	50.00	1.21E-11
	PCT5A1.50-3	0.04491	7	15.01	50.00	5.01E-12
	PCT5A1.50-4	0.03576	14	15.01	50.00	1.59E-12
	PCT5A1.50-5	0.03128	28	15.01	50.00	6.07E-13

Anexo 12. Panel fotográfico de procesos realizados en la presente investigación.

Figura 23. Adquisición de agregado fino y grueso de la cantera “Aguilar” Baños del Inca.



Figura 24. Tamizaje de los agregados para determinar la granulometría.



Figura 25. *Determinación del peso específico del agua.*



Figura 26. *Determinación del peso específico del agregado fino.*



Figura 27. *Determinación del peso específico del agregado grueso.*



Figura 28. *Determinación del peso unitario suelto de los agregados.*



Figura 29. *Determinación del peso unitario compactado de los agregados.*



Figura 30. *Presentación de los materiales (cemento y aditivo).*



Figura 31. Preparación de los materiales por tanda.



Figura 32. Medida del asentamiento del concreto.



Figura 33. Llenado, chuzado y eliminación de vacíos del concreto en el molde.



Figura 34. Pulido y acabado de especímenes de concreto de 6x12'' y de 6x6''.



Figura 35. Curado de especímenes de concreto en la poza de curado.



Figura 36. Ensayo a compresión a los 7 días con cemento tipo I y tipo V.



Figura 37. *Ensayo a compresión a los 14 días con cemento tipo I y tipo V bajo la supervisión del asesor y técnico de laboratorio.*



Figura 38. *Ensayo a compresión a los 28 días con cemento tipo I y tipo V bajo la supervisión del asesor.*



Figura 39. *Fabricación y calibración del permeámetro de presión constante.*



Figura 40. *Preparación de especímenes de concreto para el ensayo de permeabilidad.*



Figura 41. Muestras de concreto en el permeámetro a ser ensayadas a las 24 horas.



Figura 42. Muestras de concreto en el permeámetro a ser ensayadas a los 4 días.



Figura 43. Muestras de concreto en el permeámetro a ser ensayadas a los 7 días.



TESIS : "INFLUENCIA DEL ADITIVO IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN PENETRON ADMIX EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ AL UTILIZAR CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V"

TESISTA: NEISER DAVID YZQUIERO ATALAYA
ASESOR: ING. MIGUEL MOSQUEIRA MORENO

CANTERA: AGUILAR - TARTAR CHICO
UTM: 779896 E 9208895 N

Figura 44. Muestras de concreto en el permeámetro a ser ensayadas a los 14 días bajo supervisión del asesor.



Figura 45. Muestras de concreto en el permeámetro a ser ensayadas a los 28 días.



Figura 46. Presión de trabajo controlado en los manómetros del compresor y tablero.



Figura 47. Ensayo a tracción indirecta de los especímenes luego de retirarlos del permeámetro.



Figura 48. *Profundidad de penetración de agua en las muestras de concreto.*



Anexo 13. Certificado de laboratorio.



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Ensayo de Materiales



El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:

CONSTANCIA

El Bach. Neiser David Yzquierdo Atalaya, Exalumno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, que se ha realizado las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo Contenido de humedad
02	Ensayo Análisis granulométrico
03	Ensayo Peso unitario suelto y compactado
04	Ensayo Peso específico
05	Ensayo de absorción
06	Elaboración de especímenes de concreto
07	Ensayo a compresión muestras cilíndricas
08	Ensayo de profundidad de penetración bajo presión de agua en el concreto

Para la Tesis Titulada: “**INFLUENCIA DEL ADITIVO IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN PENETRON ADMIX EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO DE $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ AL UTILIZAR CEMENTO PORTLAND TIPO I Y TIPO V**”. Las actividades se desarrollaron del 15 de enero al 10 de julio 2024.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 19 de julio de 2024.

Atentamente:

c.c. a:
_Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Mauro Condorón Vargas
JEFE DEL LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES