



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
CAJAMARCA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**



**“INFLUENCIA DEL ADITIVO SIKA 1 Y AGREGADO CHANCADO
EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PROPIEDADES FISICAS
EN CONCRETO DE BAJA PERMEABILIDAD”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

SOTA SOLÍS HUMBERTO EZEQUIEL.

ASESOR:

Dr. en Ing. ROSA HAYDEE LLIQUE MONDRAGÓN

CAJAMARCA – PERÚ

2017

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres porque ellos estuvieron en los días más difíciles de mi vida como estudiante, sin pedir nada a cambio, también agradezco a mis maestros ya que ellos me enseñaron a valorar los estudios y a superarme cada día. Y agradezco a Dios por darme la salud que tengo, además un cuerpo sano y una mente de bien. Estoy seguro que mis metas planteadas darán fruto en el futuro y por ende me debo esforzar cada día para ser mejor en la vida sin olvidar el respeto y humildad.

Humberto Ezequiel Sota Solís.

DEDICATORIA

A Dios. Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi padre Américo Sota. Por los ejemplos de perseverancia, lucha y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante con su propio esfuerzo y por su amor.

A mi madre Vilma Solis. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por haber soportado mis tonterías, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis hermanos. Wagner, Sohia, Boris, Kike y Flavio por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo evaluar las propiedades físicas y la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ de baja permeabilidad adicionándole a este el aditivo impermeabilizante Sika-1 en cantidades de 1%, 3% y 5%. En el desarrollo de la investigación se trabajó en el laboratorio de materiales en la elaboración de 176 testigos planteados principalmente para dos ensayos; 120 testigos para ensayo de resistencia a la compresión a edades de 7, 14, 28 días de edad y 56 testigos para ensayo de profundidad de penetración de agua bajo presión de la norma europea UNE-EN-12390-8. Posteriormente, con el análisis de datos se determinaron las propiedades, tales como, asentamiento, peso unitario, módulo de elasticidad, absorción, la porosidad y la penetración del agua en el concreto, siendo estos dos últimos, valores necesarios para determinar el coeficiente de permeabilidad por medio de la ecuación de Valenta.

Los resultados de esta investigación muestra que la adición del aditivo Sika-1 en cantidad del 3% del peso del cemento, genera el máximo valor, aumentando la resistencia a la compresión en 41.29% con respecto a la resistencia de diseño (210kg/cm^2) y disminuyendo el coeficiente de permeabilidad de $5.91 \times 10^{-11}\text{m/s}$ a $2.36 \times 10^{-11}\text{m/s}$, siendo 3% la cantidad de aditivo óptima que genera la mayor resistencia e impermeabilidad. Por otro lado, disminuye la porosidad de 11.01% a 6.92%, y la absorción de 4.96% a 3.08%, factores que son indispensable para una alta impermeabilización del concreto.

Palabras clave: Impermeabilidad, coeficiente de permeabilidad, UNE-EN 12390-8, penetración, NTP, ASTM.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to evaluate the physical properties and the compressive strength of a concrete of $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ of low permeability by adding to it the Sika-1 waterproofing additive in amounts of 1%, 3% and 5%. In the development of the research, work was done in the materials laboratory in the elaboration of 176 witnesses raised mainly for two trials; 120 witnesses for test of compressive strength at ages of 7, 14, 28 days of age and 56 witnesses for depth test of water penetration under pressure of the European standard UNE-EN-12390-8. Subsequently, with the data analysis, the properties were determined, such as settlement, unit weight, modulus of elasticity, absorption, porosity and water penetration in the concrete, these last two values being necessary to determine the permeability coefficient through the Valenta equation. The results of this investigation show that the addition of the additive Sika-1 in amount of 3% of the weight of the cement, generates the maximum value, increasing the resistance to compression in 41.29% with respect to the design resistance ($f'c = 210\text{kg/cm}^2$) and decreasing the permeability coefficient of $5.91 \times 10^{-11} \text{m/s}$ to $2.36 \times 10^{-11} \text{m/s}$, being 3% the amount of optimum additive that generates the greatest resistance e impermeability. On the other hand, the porosity decreases from 11.01% to 6.92%, and the absorption from 4.96% to 3.08%, factors that are indispensable for a high degree of waterproofing of the concrete.

Key words: Impermeabilidad, coeficiente de permeabilidad, UNE-EN 12390-8, penetración, NTP, ASTM.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	2
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE GRÁFICOS	9
ÍNDICE DE CUADROS	11
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1.1. Antecedentes.....	13
1.1.2. Planteamiento del problema de Investigación.....	14
1.1.3. Formulación del problema.....	15
1.2. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	15
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.4. CARACTERÍSTICAS LOCALES	16
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.6. ALCANCES Y DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.7. TIPO DE INVESTIGACIÓN	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. ANTECEDENTES	18
2.1.1. Internacionales:.....	18
2.1.2. Nacionales:	19
2.1.3. Locales:.....	19
2.2. BASES TEÓRICAS.	20
2.2.1. CEMENTO PORTLAND	20
2.2.2. AGUA.....	23
2.2.3. AGREGADOS	25
2.2.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO.....	29
2.2.5. FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO .	34
2.2.6. CONCRETO IMPERMEABLE.....	37
2.2.7. ADITIVOS	38

2.2.8. ECUACIÓN DE VALENTA OLDRICH.	42
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
3.1. CANTERA DE AGREGADOS.....	46
3.1.1. UBICACIÓN.....	46
3.1.2. SELECCIÓN DE MUESTRAS DEL AGREGADOS FINO Y GRUESO..	47
3.2. ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	47
3.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS.....	48
3.2.2. CONTENIDO DE HUMEDAD.....	49
3.2.3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO.	50
3.2.4. PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO.....	51
3.2.5. PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO.	52
3.3. MATERIALES COPLEMENTARIOS.	52
3.3.1. AGUA.	52
3.3.2. CEMENTO.....	52
3.3.3. ADITIVO.	52
3.4. DISEÑO DE MEZCLA.	53
3.4.1. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS.	53
3.4.2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA.	53
3.4.3. PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR LAS PROPORCIONES DE LA MEZCLA – METODO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.	54
3.5. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.....	58
3.5.1. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS USADOS.....	58
3.5.2. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO.	59
3.5.3. VACIADO DE LOS CILINDROS.	59
3.5.4. CURADO DE ESPECIMENES DE CONCRETO.....	59
3.6. ENSAYO A COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES A EDADES DE 7, 14 Y 28 DIAS, CON CANTIDADES DE ADITIVO DE 0%, 1%, 3% Y 5%.....	59
3.6.1. PROCEDIMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	60
3.6.2. PESO UNITARIO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO.	60
3.7. MÓDULO DE ELASTICIDAD Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO.....	60
3.8. ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN EN CONCRETO. NORMA EN 12390-8	61
3.8.1. MANEJO DEL EQUIPO DE PENETRACIÓN.	61

3.8.2. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESION.....	61
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
4.1. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO SECO. 64	
4.1.1. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO CON ADITIVO ZETA-1.	64
4.1.2. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO CON ADITIVO SIKA-1.	65
4.1.3. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO CON ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.....	66
4.2. ANÁLISIS DE LA POROSIDAD DEL CONCRETO CON ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.	67
4.3. ANÁLISIS DE LA ABSORCIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.	68
4.4. ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO CON ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.	69
4.5. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	70
4.5.1. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVO ZETA-1.	70
4.5.2. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVO SIKA-1.	71
4.5.3. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.	72
4.6. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO.....	73
4.6.1. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD DE ESPECÍMENES PATRONES.	73
4.6.2. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD CON 1% DE ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.	74
4.6.3. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD CON 3% DE ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.	75
4.6.4. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD CON 5% DE ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.	76
4.6.5. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD PROMEDIO CON ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.....	77
4.7. RELACIÓN ENTRE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	78
4.7.1. RELACIÓN ENTRE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ADITIVOS ZETA-1.	78
4.7.2. RELACIÓN ENTRE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ADITIVOS SIKA-1.	79

4.8. ANALISIS DEL ASENTAMIENTO CON ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.....	80
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
5.1. CONCLUSIONES	81
5.2. RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	83
ANEXOS	84
ANEXO I: Cálculo del contenido de humedad de los agregados	84
ANEXO II: Cálculo de análisis granulométrico de los agregados.....	85
ANEXO III: Cálculo de peso específico y absorción de los agregados.....	87
ANEXO IV: Cálculo de peso unitario volumétrico compactado y suelto de los agregados.....	88
ANEXO V: Cálculo de cantidad de material que pasa la malla N°200 de los agregados.....	89
ANEXO VI: Diseño de mezclas del concreto para un $f'c = 210kg/cm^2$	90
ANEXO VII: Resultados del peso unitario del concreto en estado seco.	96
ANEXO VIII: Resultados de la resistencia a compresión con aditivo.	100
ANEXO IX: Resultados del módulo de elasticidad con aditivo.	104
ANEXO X: Resultados de la porosidad y absorción del concreto.....	106
ANEXO XI: Resultados coeficiente de permeabilidad el concreto	108
ANEXO XII: Resultados de peso unitario del concreto en estado seco.	111
ANEXO XIII: Resultados de deformación unitaria del concreto.	112
ANEXO XIV: Análisis de la permeabilidad con la Ley de Darcy.....	126
ANEXO XV: Tabla de requisitos de barra compactadora.	127
ANEXO XVI: Tabla de requisitos de moldeo de especímenes por apisonamiento.	127
ANEXO XVII: Imágenes.....	128
ANEXO XXI: Hoja técnica del aditivo Sika1.....	140
ANEXO XVII: Hoja técnica del aditivo Zeta-1.....	143
ANEXO XVIII: Hoja técnica del cemento	145
ANEXO XIX: Certificado de laboratorio de materiales	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores máximos admisibles en el agua.....	24
Tabla 2. Uso granulométrico del agregado fino.....	26
Tabla 3. Requerimiento de granulometría.....	28
Tabla 4. Coordenadas de ubicación.....	46
Tabla 5. Propiedades de los aditivos.....	54
Tabla 6. Dosificación de materiales para 0% de aditivo y un $f'c=210\text{kg/cm}^2$	55
Tabla 7. Dosificación de materiales para 1% de aditivo y un $f'c=210\text{kg/cm}^2$	55
Tabla 8. Dosificación de materiales para 3% de aditivo y un $f'c=210\text{kg/cm}^2$	56
Tabla 9. Dosificación de materiales para 5% de aditivo y un $f'c=210\text{kg/cm}^2$	56
Tabla 10. Muestras de concreto con aditivo “ZETA 1” para ensayo a compresión.	57
Tabla 11. Muestras de concreto con aditivo “SIKA 1” para ensayo a compresión.....	57
Tabla 12. Muestras de concreto con aditivo “ZETA 1” para ensayo a penetración.	57
Tabla 13. Muestras de concreto con aditivo “SIKA 1” para ensayo a penetración.	58
Tabla 14. Peso unitario del concreto en estado seco con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de aditivo “ZETA-1” a 7, 14 y 28 días.	64
Tabla 15. Peso unitario del concreto en estado seco con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de aditivo “SIKA-1” a 7, 14 y 28 días.	65
Tabla 16. Peso unitario del concreto en estado seco con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.	66
Tabla 17. Porosidad del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.	67
Tabla 18. Absorción del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.	68
Tabla 19. Módulo de elasticidad del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.	69
Tabla 20. Resistencia a Compresión del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “ZETA-1” a los 7, 14 y 28 días.	70
Tabla 21. Resistencia a Compresión del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “SIKA-1” a los 7, 14 y 28 días.	71
Tabla 22. Resistencia a Compresión del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.	72
Tabla 23. Coeficiente de Permeabilidad del concreto de especímenes patrones a los 28 días.	73
Tabla 24. Coeficiente de Permeabilidad del concreto de especímenes con 1% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.....	74
Tabla 25. Coeficiente de Permeabilidad del concreto de especímenes con 3% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.....	75
Tabla 26. Coeficiente de Permeabilidad del concreto de especímenes s con 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.	76
Tabla 27. Coeficiente de Permeabilidad Promedio del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.	77

Tabla 28. Relación entre coeficiente de Permeabilidad Promedio y Resistencia a la Compresión con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% del aditivo “ZETA-1” a los 28 días.	78
Tabla 29. Relación entre coeficiente de Permeabilidad Promedio y Resistencia a la Compresión con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% del aditivo “SIKA-1” a los 28 días.	79
Tabla 30. Asentamiento concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1”.	80
Tabla 31. Contenido de humedad del agregado fino.	84
Tabla 32. Contenido de humedad del agregado grueso.	84
Tabla 33. Análisis granulométrico del agregado fino.	85
Tabla 34. Análisis granulométrico del agregado grueso.	86
Tabla 35. Peso específico y absorción del agregado fino.	87
Tabla 36. Peso específico y absorción del agregado grueso.	87
Tabla 37. Peso unitario volumétrico compactado del agregado fino.	88
Tabla 38. Peso unitario volumétrico compactado del agregado grueso.	88
Tabla 39. Peso unitario volumétrico suelto del agregado fino.	88
Tabla 40. Peso unitario volumétrico suelto del agregado grueso.	89
Tabla 41. Cantidad de material que pasa la malla N°200 del agregado fino.	89
Tabla 42. Cantidad de material que pasa la malla N°200 del agregado grueso.	89
Tabla 43. Propiedades de los agregados, aditivos, agua y cemento.	90
Tabla 44. Corrección por la ley de Powers.	93
Tabla 45. Cálculo de volumen absoluto de los materiales de la pasta.	93
Tabla 46. Peso unitario del concreto con aditivo ZETA-1 a edad de 7 días.	96
Tabla 47. Peso unitario del concreto con aditivo ZETA-1 a edad de 14 días.	96
Tabla 48. Peso unitario del concreto con aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.	97
Tabla 49. Peso unitario del concreto con aditivo SIKA-1 a edad de 7 días.	98
Tabla 50. Peso unitario del concreto con aditivo SIKA-1 a edad de 14 días.	98
Tabla 51. Peso unitario del concreto con aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.	99
Tabla 52. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo ZETA-1 a edad de 7 días.	100
Tabla 53. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo ZETA-1 a edad de 14 días.	100
Tabla 54. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.	101
Tabla 55. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo SIKA-1 a edad de 7 días.	102
Tabla 56. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo SIKA-1 a edad de 14 días.	102
Tabla 57. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.	103
Tabla 58. Módulo de elasticidad del concreto con aditivo ZETA-1.	104
Tabla 59. Módulo de elasticidad del concreto con aditivo SIKA-1.	105
Tabla 60. Porosidad y absorción del concreto con aditivo ZETA-1.	106
Tabla 61. Porosidad y absorción del concreto con aditivo SIKA-1.	107
Tabla 62. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 0% de aditivo ZETA-1.	108

Tabla 63. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 1% de aditivo ZETA-1.	108
Tabla 64. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 3% de aditivo ZETA-1.	108
Tabla 65. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 5% de aditivo ZETA-1.	109
Tabla 66. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 0% de aditivo SIKA-1	109
Tabla 67. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 1% de aditivo SIKA-1.	109
Tabla 68. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 3% de aditivo SIKA-1.	110
Tabla 69. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 5% de aditivo SIKA-1.	110
Tabla 70. Peso unitario del concreto en estado fresco con 0%, 1%, 3% y 5% de aditivo.	111
Tabla 71. Deformación unitaria de especímenes patrones a edad de 28 días.	112
Tabla 72. Deformación unitaria de especímenes con 1% de aditivo sika-1 a edad de 28 días.	114
Tabla 73. Deformación unitaria de especímenes con 3% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.	116
Tabla 74. Deformación unitaria de especímenes con 5% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.	118
Tabla 75. Deformación unitaria de especímenes con 1% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.	120
Tabla 76. Deformación unitaria de especímenes con 3% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.	122
Tabla 77. Deformación unitaria de especímenes con 5% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.	124

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1. curvas envolventes según norma.....	26
Gráfica 2. Esquema de los patrones de tipos de fracturas.....	32
Gráfica 3. Efecto de las condiciones de humedad durante el curado y en el instante de falla sobre la resistencia a la compresión del concreto.....	37
Gráfica 4. Efecto de la adición de sílica coloidal en un concreto con un coeficiente de permeabilidad de 1×10^{-13} m/s.....	40
Gráfica 5. Efecto de la adición de un aditivo hidrofóbico en un concreto con un coeficiente de permeabilidad de 1×10^{-12} m/s.....	40
Gráfica 6. Efecto del Sika®-1 diluido a (1:5, 1:7.5 y 1:10- Sika®-1: Agua) con un A/C =0.75.....	41
Gráfica 7. Efecto del Sika®-1 diluido a (1:5, 1:7.5 y 1:10- Sika®-1: Agua) con un A/C =0.75.....	42
Gráfica 8. Peso Unitario en Estado Seco vs Porcentajes de aditivo ZETA-1.....	64
Gráfica 9. Peso Unitario en Estado Seco vs Porcentajes de aditivo SIKA-1.....	65
Gráfica 10. Peso Unitario en Estado Seco vs Porcentajes de aditivos ZETA-1 y SIKA-1.....	66
Gráfica 11. Porosidad del concreto vs Porcentajes de aditivos ZETA-1 y SIKA-1.....	67
Gráfica 12. Absorción del concreto vs Porcentajes de aditivos ZETA-1 y SIKA-1.....	68
Gráfica 13. Módulo de elasticidad vs Porcentajes de aditivos ZETA-1 y SIKA-1.....	69
Gráfica 14. Resistencia a Compresión del concreto vs Porcentajes de aditivos ZETA-1.....	70
Gráfica 15. Resistencia a Compresión del concreto vs Porcentajes de aditivos ZETA-1.....	71
Gráfica 16. Resistencia a Compresión vs Porcentajes de aditivos ZETA-1 y SIKA-1.....	72
Gráfica 17. Coeficiente de permeabilidad vs Tiempo de especímenes patrones.....	73
Gráfica 18. Coeficiente de permeabilidad vs Tiempo de especímenes con 1% de aditivos.....	74
Gráfica 19. Coeficiente de permeabilidad vs Tiempo de especímenes con 3% de aditivos.....	75
Gráfica 20. Coeficiente de permeabilidad vs Tiempo de especímenes con 5% de aditivos.....	76
Gráfica 21. Coeficiente de Permeabilidad Promedio vs Porcentajes de aditivos ZETA-1 y SIKA-1.....	77
Gráfica 22. Resistencia a la Compresión vs Coeficiente de Permeabilidad Promedio vs Porcentajes de aditivo ZETA-1.....	78
Gráfica 23. Resistencia a la Compresión vs Coeficiente de Permeabilidad Promedio vs Porcentajes de aditivo SIKA-1.....	79
Gráfica 24. Asentamiento del concreto vs Porcentajes de aditivo ZETA-1 y SIKA-1.....	80
Gráfica 25. Curva granulométrica del agregado fino.....	85
Gráfica 26. Curva granulométrica del agregado fino.....	86
Gráfica 27. Deformación unitaria de especímenes patrones a edad de 28 días. ...	113
Gráfica 28. Deformación unitaria de especímenes con 1% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.....	115

Gráfica 29. Deformación unitaria de especímenes con 3% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.....	117
Gráfica 30. Deformación unitaria de especímenes con 5% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.....	119
Gráfica 31. Deformación unitaria de especímenes con 1% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.....	121
Gráfica 32. Deformación unitaria de especímenes con 3% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.....	123
Gráfica 33. Deformación unitaria de especímenes con 5% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.....	125

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resistencia promedio requerido.....	90
Cuadro 2. Asentamiento por tipo de construcción recomendables.	91
Cuadro 3. Volumen unitario de agua para asentamientos y perfiles del agregado.	91
Cuadro 4. Contenido de aire atrapado.	92
Cuadro 5. Relación agua-cemento por resistencia.	92
Cuadro 6. Módulo de fineza de la combinación de agregados.	94

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación de la cantera "La Victoria". Fuente: Google Earth (2016).	46
Imagen 2. Pila de agregado grueso en cantera La Victoria.	128
Imagen 3. Pila de agregado fino en cantera La Victoria.	128
Imagen 4. Método de cuarteo del agregado fino.	128
Imagen 5. Análisis granulométrico del agregado fino.	129
Imagen 6. Análisis granulométrico del agregado grueso.	129
Imagen 7. Determinación del contenido de humedad del agregado fino y grueso.	130
Imagen 8. Muestra de agregado fino para ensayo de peso específico.	130
Imagen 9. Determinación del peso específico del agregado fino y grueso.	130
Imagen 10. Determinación del peso unitario suelto del agregado fino.	131
Imagen 11. Determinación del peso unitario suelto del agregado fino.	131
Imagen 12. Determinación del peso unitario compactado del agregado grueso.	131
Imagen 13. Presentación del aditivo "Sika 1" de 01 galón.	132
Imagen 14. Determinación del asentamiento con el cono de abrams.	132
Imagen 15. Determinación del asentamiento con el cono de abrams.	132
Imagen 16. Colocación de la primera capa de concreto en el molde.	133
Imagen 17. Compactación de 25 golpes con varilla de 5/8" lisa.	133
Imagen 18. Almacenamiento de los especímenes en superficie plana.	133
Imagen 19. Curado inicial, cubriendo con bolsa plástica.	134
Imagen 20. Curado final, introduciendo las probetas en agua.	134
Imagen 21. Colocación del espécimen en la prensa hidráulica.	134
Imagen 22. Ejecución de la ruptura del espécimen con EPP.	135
Imagen 23. Especímen ensayado a compresión con falla tipo 5.	135
Imagen 24. Especímenes ensayados a compresión a edad de 7 días.	136
Imagen 25. Peso del espécimen para el peso unitario del concreto.	136
Imagen 26. Equipo de penetración hidráulica FORM TEST.	136
Imagen 27. Equipo de penetración fabricado por el tesista.	137
Imagen 28. Secado de los especímenes en el horno a 110°C.	137
Imagen 29. Preparación de la probeta que va ser sometida a presión de agua.	137
Imagen 30. Colocación de neopreno sellador para evitar la fuga de agua.	138
Imagen 31. Fijación de las tuercas con llave graduada.	138
Imagen 32. Extracción del espécimen sometido a presión de agua por un tiempo determinado.	138
Imagen 33. Colocación del espécimen de concreto en la prensa hidráulica.	139
Imagen 34. Ensayo del espécimen a tracción indirecta.	139
Imagen 35. Medición de la penetración del agua en el espécimen.	139

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Antecedentes

Los elementos activos del concreto son el agua y el cemento de los cuales ocurre una reacción química que después de fraguar alcanza un estado de gran solidez, y los elementos inertes, que son la arena y la grava cuya función es formar el esqueleto de la mezcla, ocupando un gran porcentaje del volumen final del producto, abaratándolo y disminuyendo los efectos de la reacción química de la lechada.

Este material de construcción es el más extensamente utilizado por varias razones, primero, porque posee una gran resistencia a la acción del agua sin sufrir un serio deterioro, además de que puede ser moldeado para dar una gran variedad de formas y tamaños gracias a la trabajabilidad de la mezcla, siendo esta de gran popularidad entre los ingenieros civiles por su pronta disponibilidad en las obras y su bajo costo.

En la actualidad el almacenamiento y distribución del líquido más importante en la tierra se lleva a cabo por complejas redes que irrigan nuestras ciudades. El éxito de estos sistemas que conducen cada día millones de metros cúbicos se lo debemos en buena parte al dominio de las leyes de la hidráulica y a la ingeniería de materiales. En esta última área del conocimiento ingenieril, el concreto desde siglos atrás ha desempeñado un papel importantísimo. Fue un material empleado en múltiples estructuras como; acueductos y puertos Romanos para contener el agua. Hoy el contacto concreto/agua se considera como una frontera donde un material termina y el otro comienza, dicho límite en realidad no es tan claro puesto que el agua penetra la matriz porosa del concreto hasta cierto punto y podría incluso atravesarlo si la porosidad es importante, la presión del agua suficiente o por qué no, la dimensión de la pared reducida.

El propósito de esta investigación es evaluar los mecanismos más comunes de penetración de agua en el concreto, definir una escala de permeabilidad del material y cuantificar el efecto de los aditivos impermeabilizantes (Sika 1) de masa conocidos como bloqueadores. Este marco puede ser así útil a especificadores como a usuarios finales cuando existe el interés por establecer un nivel de permeabilidad del concreto.

1.1.2. Planteamiento del problema de Investigación

En la ciudad de Cajamarca, en las últimas décadas se han producido un incremento poblacional y un crecimiento económico que han llevado a una notable expansión de la zona urbana. En este crecimiento urbano se observa la necesidad de construcción de obras hidráulicas para poder aprovechar al máximo el líquido vital (agua) de diferentes formas como son; el almacenamiento, generación de energía eléctrica, conducción y transporte de este. En estas formas de aprovechamiento del agua se observa grandes pérdidas por filtraciones en las estructuras que mayormente están hechas de concreto, siendo este un material muy usado en obras hidráulicas.

El concreto en su estado fresco puede adquirir cualquier forma y en su estado endurecido es un material durable y resistente. Esta combinación de características es la razón principal por la que es un material tan importante para la construcción. El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. Las posibilidades de hoy con respecto a usar tecnologías que acompañan al cemento portland, van a la par con el desarrollo de tecnologías de aditivos que nos permiten usar un material con mejores propiedades en estado fresco como endurecido.

En esta investigación se estudiará un concreto con aditivo impermeabilizante, que tienen la propiedad de actuar frente a la penetración de agua, ya que esto determina en buena parte la durabilidad del material. En el caso particular de los líquidos estos pueden penetrar la red porosa del concreto usando principios físicos muy distintos como la permeabilidad, causando graves daños en estructuras como presas, puentes, reservorios, etc. Y así poniendo en riesgo pérdidas económicas y humanas.

La Universidad Nacional de Cajamarca, y en particular su Facultad de Ingeniería Civil, debe responder a solucionar problemas prácticos existentes en la sociedad, como en este caso el estudio de concretos de baja permeabilidad y poder usar dicho producto en las construcciones venideras cumpliendo las normas establecidas.

1.1.3. Formulación del problema

Pregunta general

- ¿Cuál es la influencia del aditivo Sika 1 en la resistencia a la compresión y propiedades físicas del concreto de baja permeabilidad?

Preguntas específicas

- ¿Qué cantidades de aditivo se debe utilizar en la mezcla de concreto de tal manera que genere una alta impermeabilización?
- ¿Cuál es la variación de la resistencia a compresión con diferentes cantidades de aditivo, y a edades de 7, 14 y 28 días?

1.2. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Hipótesis General

- La adición del aditivo Sika 1 aumenta la resistencia a la compresión y mejorara las propiedades físicas de un concreto de baja permeabilidad.

Hipótesis específicas

- El concreto desarrollado usando aditivo Sika 1 en cantidades de 1%, 3% y 5% genera una alta impermeabilización.
- Al incorporar las cantidades establecidas de aditivo Sika 1, genera un aumento de la resistencia a compresión a edades de 7, 14 y 28 días.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

- Analizar la influencia del aditivo sika 1 en la resistencia a la compresión y las propiedades físicas en un concreto de baja permeabilidad.

Objetivos Específicos

- Establecer las cantidades de aditivo Sika 1 que se debe utilizar en la mezcla de concreto para obtener una baja permeabilidad.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto con las cantidades establecidas de aditivo Sika 1, y a edades de 7, 14 y 28 días.

1.4. CARACTERÍSTICAS LOCALES

Ubicación

La ciudad de Cajamarca, capital de la provincia y del departamento de Cajamarca, se encuentra ubicada en la parte superior Oeste de la cuenca del río Cajamarca, margen izquierda del río Mashcón. Geográficamente se localiza entre las coordenadas 7°09'12'' de latitud sur y 78°30'57'' de longitud Oeste, a una altura promedio de 2,750 m.s.n.m.

Relieve y Superficie

La ciudad de Cajamarca y su área de expansión urbana, se ubica sobre una topografía ondulada, configurada por zonas de laderas fuerte y suave pendiente. El entorno circundante al área urbana por el lado Oeste está conformado por estribaciones de la cordillera occidental que a la vez limitan la cuenca del río Cajamarca, cuyas altitudes van desde los 2,800 hasta los 3,400 m.s.n.m; en tanto el lado Este de la ciudad está enmarcado por la zona baja del valle. Al interior del núcleo urbano la elevación más importante es el cerro Santa Apolonia con una altitud de 2,840 m.s.n.m. Por otro lado, limitan los extremos Norte y Sur de la ciudad los cerros Cajamarcocorco y Carambayo, respectivamente. La superficie actual del área urbana alcanza una extensión de 1,572.18 hectáreas. [INDECI, 2005:23]

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene por finalidad evaluar las propiedades del concreto de baja permeabilidad para una alternativa de solución ante filtraciones en estructuras de almacén o protección de agua. Así mismo será tomado como fuente bibliográfica para estudiantes de Ingeniería Civil, técnicos de concreto, como para profesionales de la industria de la construcción, también como un alcance para los ingenieros diseñadores de concreto; orientándose sus resultados para la población y contexto social.

1.6. ALCANCES Y DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- El diseño de la mezcla se realizó con el método del módulo de fineza de la combinación de agregados.
- Se usó agregado chancado de la cantera “La Victoria”, teniendo en cuenta que las características de los agregados pueden variar a través del tiempo o influencias ajenas.
- El cemento a usado fue Pacasmayo Tipo I y el agua que se utilizó en la mezcla fue potable.
- En la mezcla se usó el aditivo “Sika 1” por ser un impermeabilizante a base de materiales inorgánicos de forma coloidal, que obstruye los poros y capilares del concreto y es de fraguado normal.
- Esta investigación se ha realizado a inicios del año 2017, por lo que la información obtenida de las normas NTP, ASTM y recomendaciones ACI, pueden variar respecto a los próximos años, ya que están sujetos a actualizaciones constantes.
- Todos los ensayos en estado fresco y endurecido se realizarán en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.7. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es de tipo experimental porque se aplicó las variables experimentales no comprobadas de manera controlada, basada en conocimientos existentes, sobre las propiedades de resistencia mecánica y permeabilidad en especímenes de concreto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Internacionales:

Hermida Barrera G. Colombia (2013). Concreto de baja permeabilidad, algo más que disminuir el A/C.

El presente artículo propone tres propiedades y valores límite a cumplir para un concreto especificado como concreto de baja permeabilidad. Estas propiedades corresponden a absorción capilar, permeabilidad y retracción por secado. El concreto que cumple con las condiciones de un concreto de baja permeabilidad fue en este caso, un concreto con una relación A/C de 0.45 y un 2% del aditivo impermeabilizante bloqueador de poros. Esta condición de impermeabilidad resulta equivalente a la de un concreto con una A/C entre 0.40 y 0.42.

Montaña Muñoz, C; Carmona Herrera R. Colombia (2015). Impacto de las adiciones para concreto en la reducción de la permeabilidad al ión cloruro vs la relación agua cemento.

En este trabajo de investigación se concluye que la adición que presentó un mejor aporte en las mezclas de concreto fue la Microsílice 1, con la cual se obtuvo un aumento de resistencia entre 10 MPa y 20 MPa con respecto a la mezcla testigo. A su vez, disminuye de manera considerable la permeabilidad del concreto al ión cloruro, clasificándola a las diferentes relaciones a/c entre muy baja y baja, siendo este muy buen resultado para proyectos en los cuales se necesite ejercer este tipo de control y mitigación de este fenómeno.

Miguel Bermúdez O. España (2007). Permeabilidad a los cloruros del hormigón armado situado en ambiente marino sumergido.

Los análisis de concentración de cloruros parecen indicar que para evitar la penetración de grandes cantidades de cloruros es necesario alcanzar calidades del hormigón especialmente buenas. Sin embargo, la inspección visual de las armaduras indica que no hay síntomas de corrosión a pesar de que el contenido de cloruros a esa profundidad sea muy superior al 0.4% indicado en la EHE (Instrucción Española del Hormigón Estructural), debido a que el acceso de oxígeno hasta las armaduras es escaso al encontrarse el hormigón totalmente saturado de agua. Por lo tanto, en ambiente marino sumergido, el contenido crítico de cloruros que supone el inicio de la corrosión debe ser bastante superior al 0.4%, y según los datos del Muelle B, al menos superior al 1.34% en peso de cemento. De acuerdo con estos resultados, es

posible que en ambiente marino sumergido sea suficiente un hormigón tipo H-25 (Hormigón premezclado en seco a base de cemento gris), mientras que para los ambientes de carrera de mareas y atmosférico, donde sí hay una exposición mayor al oxígeno atmosférico, se necesite utilizar hormigones de superior calidad.

2.1.2. Nacionales:

Iskra Bustamante R. (2017). Estudio de la correlación entre la relación a/c y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú.

Se concluye que a menor relación a/c, menor profundidad de penetración del agua bajo presión, por lo tanto, menor permeabilidad de concreto al agua, demostrando que el factor del curado húmedo continuo durante los 28 días es determinante para una menor permeabilidad. Se ha comparado los resultados de la gráfica de Whiting con los resultados obtenidos en la presente tesis. El coeficiente de permeabilidad es el resultado de diversos factores, entre los cuales están la profundidad de penetración del agua bajo presión y la porosidad (%). No obstante, se ha comprobado que es susceptible a variaciones en: el porcentaje de aire, la temperatura del concreto y el asentamiento (slump); características del concreto en estado fresco, por lo que se recomienda controlar dichas propiedades en futuras investigaciones.

2.1.3. Locales:

Juan Benites B. (2014). Características físicas y mecánicas del concreto permeable usando agregados de la cantera río Jequetepeque y el aditivo Chemaplast.

En la presente investigación se busca comparar si la resistencia y permeabilidad del concreto elaborado con materiales de Cajamarca se encuentran dentro del rango definido por la norma antes mencionada. La resistencia del concreto permeable elaborado con agregados de la cantera río Jequetepeque- Chilete a la edad de 28 días es de 7.556 MPa pero aun así se encuentra dentro del rango que define la norma ACI 522R-10 y la permeabilidad del concreto permeable elaborado con estos agregados medida a través de su coeficiente de permeabilidad es de 0.321 cm/s y se encuentra dentro del rango que normalmente posee el concreto permeable, por lo que en lo que respecta a permeabilidad este agregado es aceptable.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. CEMENTO PORTLAND

Es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta forma una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, fierro y sílice en proporciones determinadas. (Abanto C.F.,1996, pág. 15)

2.2.1.1. MATERIA PRIMA UTILIZADAS EN SU ELABORACIÓN

Los dos materiales principales con que se fabrica el cemento Portland son: la piedra caliza y la arcilla.

- **Piedra caliza**

La caliza es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO_3), generalmente calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de magnesita (MgCO_3) y otros carbonatos. También puede contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita, cuarzo, etc., que modifican (a veces sensiblemente) el color y el grado de coherencia de la roca. El carácter prácticamente monomineral de las calizas permite reconocerlas fácilmente gracias a dos características físicas y químicas fundamentales de la calcita: es menos dura que el cobre (su dureza en la escala de Mohs es de 3) y reacciona con efervescencia en presencia de ácidos tales como el ácido clorhídrico. (Abanto C.F.,1996, pág. 15)

- **Arcilla**

La arcilla es una roca sedimentaria descompuesta constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura. Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,002 mm. En la fracción textural arcilla puede haber partículas no minerales, los fitolitos. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina. (Abanto C.F.,1996, pág. 15)

2.2.1.2. FABRICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND

Las materias primas, finamente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta principio de la fusión (1400-1450°C), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200m de longitud y 5.50m de diámetro. Al material parcialmente fundido que sale del horno se les denomina Clinker (pequeñas esferas de color gris negruzco, duras y de diferentes tamaños). El Clinker enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que constituye el cemento portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 o 4%), para regular la fragua del cemento. (Abanto C.F.,1996, pág. 16)

2.2.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO PORTLAND

El cemento Portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsas que tienen un peso neto de 42.5kg. y un pie cubico de capacidad. En aquellos casos en que no se conozca el valor real se considera para el cemento un peso específico de 3.15g/cm³. (Abanto C.F.,1996, pág. 17)

2.2.1.4. TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

Los cementos portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de normas para el cemento portland (C 150). Se clasifica de la siguiente manera:

- **TIPO I:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.
- **TIPO II:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.
- **TIPO III:** Es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II.
- **TIPO IV:** Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.
- **TIPO V:** Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas al agua del mar. (Abanto C.F.,1996, pág. 17)

2.2.1.5. FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO

La fragua es la pérdida de plasticidad que sufre la pasta del cemento. Hay dos etapas de fraguado:

- Fraguado inicial cuando la masa empieza a perder plasticidad
- Fraguado final, cuando la pasta de cemento deja de ser deformable y se convierte en un bloque rígido.

El endurecimiento es el desarrollo lento de la resistencia.

(Abanto C.F.,1996, pág. 18)

2.2.1.6. CALOR DE HIDRATACIÓN

Durante el proceso de endurecimiento se producen reacciones que generan calor. Cuando las secciones son pequeñas y el calor puede liberarse, el calor de hidratación no es importante, pero al vaciar grandes volúmenes de concreto y cuando el calor no puede liberarse fácilmente, resulta un factor a tenerse muy en cuenta; la temperatura que genera la hidratación llega a los 50°C en presas, algunos investigadores han observado temperaturas mayores. Como la temperatura ambiente es menor se producen descensos bruscos de este, ocasionando contracciones y en consecuencia rajaduras. En el vaciado de grandes volúmenes es indispensable controlar este efecto si no se desea sufrir desagradables sorpresas. Se debe usar cemento de bajo calor de hidratación y/o puzolanas. El calor de hidratación del cemento se mide en calorías gramo, cuanto menor sea el calor de hidratación del cemento menor será la temperatura a que se eleve el concreto.

Los calores de hidratación son:

$C_3S = 120\text{cal/gr}$, $C_3A = 107\text{cal/gr}$, $C_2S = 62\text{cal/gr}$ y $C_4AF = 100\text{cal/gr}$.

(Abanto C.F.,1996, pág. 18)

2.2.1.7. FUNCIÓN DEL YESO EN EL CEMENTO

La velocidad con que se desarrolla el endurecimiento del cemento, debe ser controlada dentro de ciertos límites para que este sea un producto útil en la construcción. Si las reacciones fuesen demasiadas rápidas, el concreto endurecería rápidamente y no podría ser transportado y colocado sin ocasionarle daño. Si las reacciones fuesen demasiado lentas, la demora en adquirir resistencia sería objetable. Por lo tanto, la velocidad de reacción debe controlarse. Esto se logra dosificando cuidadosamente la cantidad de yeso que se agregó al Clinker durante la molienda. (Abanto C.F.,1996, pág. 18)

2.2.1.8. ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO

El cemento no debe estar guardado, sin usarse mucho tiempo, pues conforme avanza el tiempo va perdiendo resistencia esto es válido para todos los tipos de cemento. Para el caso de cemento en sacos, bien guardado en almacenes cerrados y sobre tabladillos de madera, la pérdida de resistencia probable es en 3 meses 15%, y en 6 meses 25% y así aumenta sucesivamente. En el cemento guardado se forman grumos, la cantidad de estos es un índice de su probable utilidad, si hay muchos grumos y estos no pueden deshacerse con la presión de los dedos, generalmente quiere decir que el cemento va a dar pérdida apreciable de resistencia. En general un límite apropiado de utilidad para el cemento en sacos es 3 meses, para cuando está en sitios herméticos es 6 meses. Después del tiempo indicado es muy importante hacer pruebas antes de usarlo.

En conclusión, es recomendable almacenar el cemento en ambientes techados y evitar el contacto de las rumas con el terreno húmedo, mediante tabladillos, o bases de madera. Colocar las bolsas de cemento unas encima de otras hasta un máximo de 10. Las rumas deben estar las más juntas posibles dejando la menor cantidad de vacíos entre ellos, debe de organizarse el almacenaje de modo de utilizar el cemento en orden a su llegada a obra. (Abanto C.F.,1996, pág.19)

2.2.2. AGUA

2.2.2.1. EL AGUA EN EL CONCRETO

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. (Abanto C.F.,1996, pág. 21)

2.2.2.2. REQUISITOS QUE DEBES CUMPLIR

El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero.

Si se tuvieran dudas de la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico de esta, para comparar los resultados con los valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación del concreto que a continuación indicamos:

Tabla 1. Valores máximos admisibles en el agua

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALORES MAXIMO ADMISIBLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Diseño de mezclas- Enrique Rivva López

También deberá hacerse un ensayo de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, preparando especímenes con agua destilada o potable y con el agua cuya calidad se requiere evaluar. Considerándose como satisfactoria aquellas que arrojen una resistencia mayor o igual a 90% que la del concreto preparado con agua potable.

Un método rápido para conocer la existencia de ácidos en el agua, es por medio de un papel tornasol, el que sumergido en agua acida tomara un color rojizo. Asimismo, para determinar la presencia de yeso u otro sulfato es por medio de cloruro de bario; se filtra el agua (unos 500 grs) y se le hecha algunas gotas de ácido clorhídrico; luego más gotas de solución de cloruro de bario, si se forma un precipitado blanco (sulfato de bario) es señal de presencia de sulfatos. Esta agua debe entonces mandarse analizar a un laboratorio para saber su concentración y ver si está dentro del rango permisible.

El agua de mar, se puede usar en el laboratorio de concreto bajo ciertas restricciones que indicamos a continuación:

- El agua de mar puede ser utilizada en la preparación de mezclas para estructuras de concreto simple.
- No debe utilizarse en la preparación de concretos de alta resistencia o concreto que van a ser utilizados en la preparación de elementos pretensados y pos tensados.
- No se utilizará el agua de mar en concretos con resistencia mayores de 175kg/cm² a los 28 días. (Abanto C.F.,1996, pág. 22)

2.2.3. AGREGADOS

2.2.3.1. DEFINICIÓN

Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc) y el agua formando los concretos y morteros. La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto. Por lo anterior, es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, uqe puedan debilitar el enlace con la pasta de cemento.

(Abanto C.F.,1996, pág. 23)

2.2.3.2. CLASIFICACIÓN

Los agregados naturales se clasifican en:

- a) Agregados finos
 - arena fina
 - Arena gruesa

- b) Agregados gruesos
 - grava
 - Piedra

2.2.3.3. AGREGADOS FINOS

A. DEFINICIÓN.

Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037.

B. GRANULOMETRÍA.

La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas de arena, esta distribución se determina por separación con una serie de mallas normalizadas. Las mallas normalizadas utilizadas para el agregado fino son las N°4, 8, 16, 30, 50 y 100.

Los requerimientos se dan en la siguiente tabla.

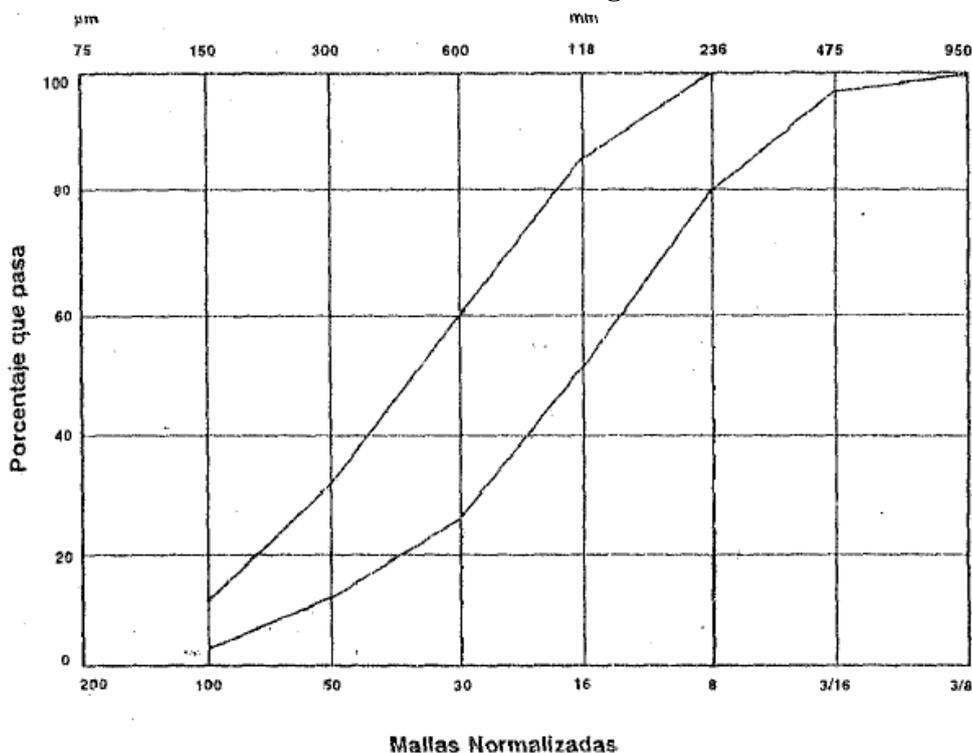
Tabla 2. Uso granulométrico del agregado fino.

MALLA		PORCENTAJE QUE PASA (ACUMULATIVO)		
3/8"	9.5 mm			100
N°4	4.75 mm	95	a	100
N°8	2.36 mm	80	a	100
N°16	1.18 mm	50	a	85
N°30	600 μm	25	a	60
N°50	300 μm	10	a	30
N°100	150 μm	2	a	10

FUENTE: ASTM C33

El control de la granulometría se aprecia mejor mediante un gráfico, en la que las ordenadas representan el porcentaje acumulado que pasa la malla, y las abscisas, las aberturas correspondientes. La figura N°1 representa las curvas envolventes de la norma. La norma ASTM, exceptúa los concretos preparados con más de $300\text{kg}/\text{m}^3$ de los porcentajes requeridos para el material que pasa las mallas N°50 y N°100 que, en este caso puede reducirse a 5% y 0% respectivamente. Esta posición se explica porque el mayor contenido de cemento contribuye a la plasticidad del concreto y la compacidad de la pasta, función que cumple el agregado más fino.

Gráfica 1. curvas envolventes según norma.



Fuente: ASTM C33

Además, la norma prescribe que la diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45% del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular. Para que el concreto tenga una adecuada trabajabilidad, las partículas de agregado grueso deben estar espaciadas de manera tal que puedan moverse con relativa, durante los procesos de mezclado y colocación. En ese sentido, el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso, ayudándolo a distribuir en toda su masa.

C. REQUISITOS.

- El agregado fino será de arena natural. Sus partículas sean limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes.
- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias perjudiciales.
- 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 C.F.,1996, pág. 24-25)

2.2.3.4. AGREGADO GRUESO

A. DEFINICIÓN.

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75mm (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc.

- **Gravas.** Comúnmente llamados “canto rodado”, es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la disgregación, natural de las rocas, por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados de forma natural. Pesa de 1600 a $1700\text{kg}/\text{m}^3$.
- **Piedra partida o chancada.** Se denomina así, al agregado grueso obtenido por la trituración artificial de las rocas o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente. Pesa entre 1450 a $1500\text{kg}/\text{m}^3$. (Abanto C.F.,1996, pág. 25)

B. GRANULOMETRÍA.

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037 o en la norma ASTM C33, los cuales están indicados en la siguiente tabla:

Tabla 3. Requerimiento de granulometría.

Número de Tamaño	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas)	Cantidades más finas que pasan por un tamiz (abertura cuadrada) en porcentaje en masa													
		100 mm (4 in.)	90 mm (3½ in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2½ in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1½ in.)	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (¾ in.)	12.5 mm (½ in.)	9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 um (N° 50)
1	90 a 37.5 mm (3½ a 1½ in.)	100	90 a 100	—	25 a 60	—	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	—	—	
2	63 a 37.5 mm (2½ a 1½ in.)	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	—	—	
3	50 a 25.0 mm (2 a 1 in.)	—	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	—	
357	50 a 4.75 mm (2 in. A N° 4)	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	—	—	0 a 5	—	—	
4	37.5 a 19.0 mm (1½ to ¾ in.)	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	
467	37.5 a 4.75 mm (1½ A N° 4)	—	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	—	—	—	
5	25.0 a 9.5 mm (1 a ¾ in.)	—	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	—	—	—	
56	25.0 a 4.75 mm (1 a ½ in.)	—	—	—	—	—	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	—	—	
57	25.0 a 4.75 mm (1 in. A N° 4)	—	—	—	—	—	100	95 a 100	—	25 a 60	—	0 a 10	0 a 5	—	
6	19.0 a 9.5 mm (¾ in a 3/8 in.)	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	—	—	
67	19.0 a 4.75 mm (¾ in a N° 4)	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	—	20 a 55	0 a 10	0 a 5	—	
7	12.5 a 4.75 mm (½ in. A N° 4)	—	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	—	
8	9.5 a 2.36 mm (3/8 in a N° 8)	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	9.5 a 1.18 mm (3/8 in a N° 16)	—	—	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
g ^A	4.75 a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

FUENTE: ASTM C33

C. TAMAÑO MÁXIMO.

El tamaño máximo de los agregados gruesos en el concreto armado se fija por la exigencia de que pueda entrar fácilmente en los encontrados y entre las barras de armadura. En ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso deberá ser mayor que:

- Un quinto, de la menor dimensión, entre caras de encofrados.
- Un tercio de la altura de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, cables o ductos de presfuerzo.

(Abanto C.F.,1996, pág. 26)

D. REQUISITOS DE USO.

- El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- Las partículas deben estar libres de tierra, polvo, limo, humos, escamas, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- Se recomienda que las sustancias dañinas no excedan los porcentajes máximos siguientes: partículas deleznales (5%), materiales más finos que la malla N°200 (1%), carbón y lignito (0.5%).

(Abanto C.F.,1996, pág. 27)

2.2.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO

2.2.4.1. TRABAJABILIDAD

Es aquella propiedad del concreto en estado no endurecido, la cual determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado, y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que presente segregación. Esta definición involucra conceptos tales como capacidad de moldeo, cohesividad y capacidad de compactación. Igualmente, la trabajabilidad involucra el concepto de fluidez, con énfasis en la plasticidad y uniformidad dado que ambas tienen marcada influencia en el comportamiento y apariencia final de la estructura.

(Rivva. L.E., 2007, pág.37)

2.2.4.2. CONSISTENCIA

La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuando más húmeda es la mezcla, mayor será a facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Así, por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimento puede ser muy consistente, en tanto que una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica.

Las Normas clasifican al concreto no endurecido de acuerdo a su consistencia en tres grupos:

- **Concretos consistentes o secos:** son definidos como aquellos los cuales tienen la cantidad de agua necesaria para tener humedad superficial, para luego de vibrado, este concreto quede blando y unido.
- **Concretos plásticos:** son definidos como aquellos que contienen el agua necesaria para dar al agua una consistencia pastosa.
- **Concretos fluidos:** son aquellos que han sido amasados con tanta agua que la mezcla fluye como una pasta blanda.

En la actualidad se acepta una correlación entre la norma alemana y los criterios norteamericanos, considerándose que:

- A las consistencias secas corresponde asentamientos de 0" a 2" (0 mm a 50 mm)
- A las consistencias plásticas corresponden de 3" a 4" (75 mm a 100 mm)
- A las consistencias fluidas corresponden asentamientos de más de 5" (125 mm). (Rivva. L.E., 2007, pág.40)

2.2.4.3. RESISTENCIA

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

Cuando se estudian los procedimientos para dosificar mezclas de concreto, se recomienda hacer mezclas de prueba, con el fin de determinar las proporciones del hormigón que cumplan con las características deseadas, para ser empleado en la construcción. Sin embargo, esto no significa, que el hormigón hecho en la obra o en la planta vaya a tener una resistencia uniforme e igual a la determinada con base en las mezclas de prueba. Lo anterior se debe a que el concreto es un material esencialmente heterogéneo, porque sus componentes tienen características que no son constantes. No sólo son los materiales los causantes de las variaciones en la calidad del hormigón; también influye la forma de mezclarlo, su transporte y colocación en formaletas, la compactación a que se someta y el curado que se le proporcione. Por las razones anteriores, es necesario tomar las precauciones adecuadas para que la calidad del material producido, sea aceptable. La medida final que informa sobre la calidad obtenida, es la que resulta de los ensayos de

resistencia. Aquí surge otra variable, pues la forma de hacer los ensayos y la precisión de la máquina que se use, van a influir en los resultados. La resistencia de un concreto, normalmente aumenta con la edad. Dicho aumento se produce muy rápidamente durante los primeros días posteriores a su colocación, resultando más gradual al transcurrir el tiempo, aún continuará incrementándose en una proporción más reducida durante un período de tiempo indefinido. La resistencia a compresión de un concreto a los 28 días, determinada de acuerdo con los ensayos normalizados y suponiendo que haya sido curado en forma correcta, se emplea generalmente como índice de calidad del mismo. (Rivera L.G., 2010, pág.121)

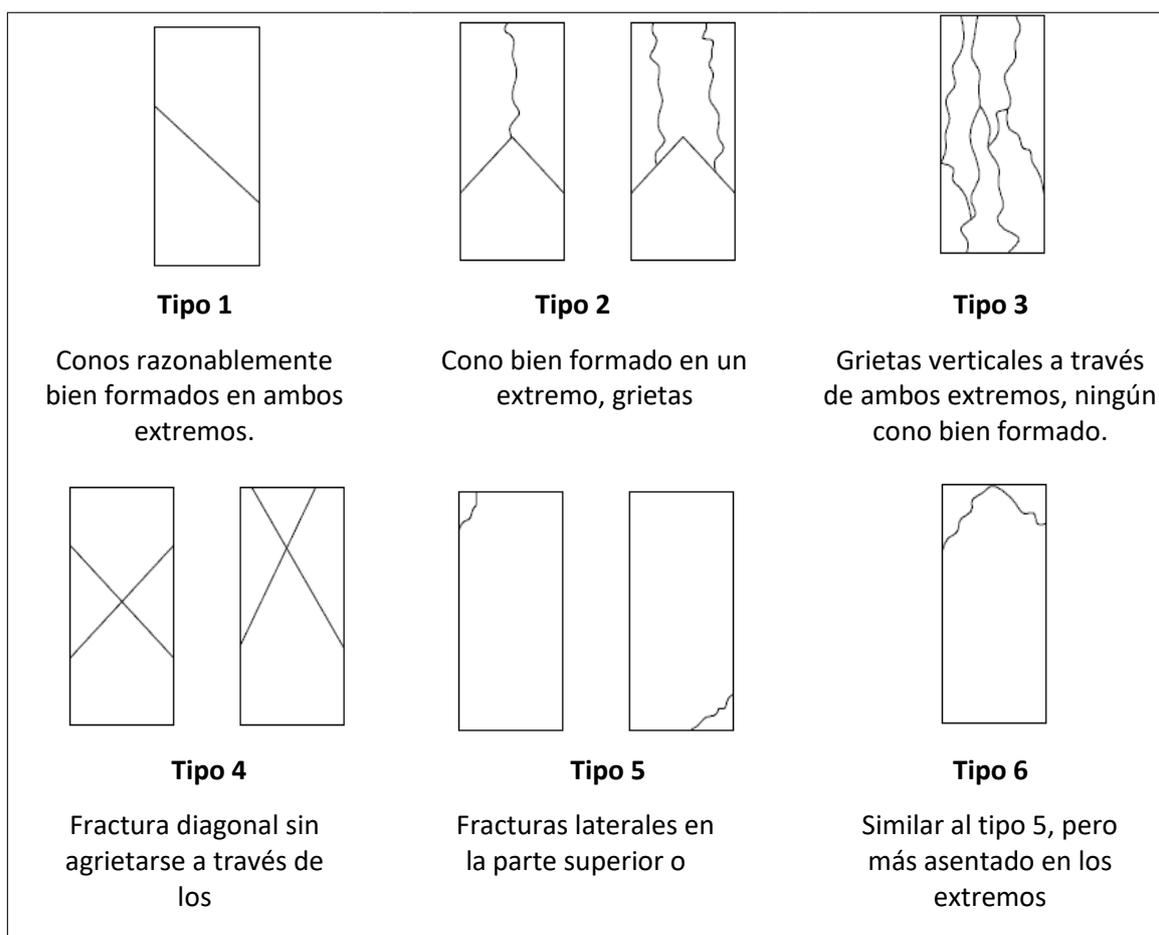
a) Resistencia a la compresión:

Este ensayo consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.

Se deberá tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de resistencia a la compresión por este ensayo considerando que los valores obtenidos dependerán del tamaño y forma de la probeta, tanda, proceso de mezclado, método de muestreo, moldeo y elaboración, edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado. Este ensayo es usado para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas preparadas y curadas de conformidad con las normas NTP 339.033, NTP 339.183, NTP 339.037 y NTP 339.216. Los resultados de este ensayo son usados como una referencia para el control de calidad del concreto, proporciones, mezclado y operaciones de colocación; determinación del cumplimiento con las especificaciones; control para evaluación de la efectividad de los aditivos; y usos similares. El personal que ensaya los cilindros de concreto deberá cumplir los requisitos técnicos requeridos, incluyendo un examen de desarrollo del ensayo evaluado por un examinador independiente. La máquina de ensayo será de capacidad conveniente suficiente y capaz de proveer una velocidad de carga indicada en 8.5.

(NTP 339.034., 2008, pág.1-11)

Gráfica 2. Esquema de los patrones de tipos de fracturas.



Fuente: ASTM C33

b) Resistencia a la tensión:

El concreto posee muy baja resistencia a la tensión y por lo tanto esta propiedad no se tiene en cuenta en el diseño de estructuras normales. Sin embargo, la tensión tiene importancia en el agrietamiento del concreto debido a la restricción de la contracción inducida por el secado o por disminución de la temperatura. Los concretos preparados con agregados livianos, se encogen considerablemente más que los normales y por lo tanto la resistencia a la tensión puede ser tomada en cuenta en el diseño de la estructura correspondiente. La resistencia a la tensión es difícil de medir por medio de ensayos directos, debido a las dificultades para montar las muestras y las incertidumbres que existen sobre los esfuerzos secundarios inducidos por los implementos que sujetan las muestras.

Para evitar este problema existe un método indirecto, en el cual la resistencia a la tensión se determina cargando a compresión el cilindro estándar de 15 cm de diámetro por 30 cm de longitud, a lo largo de dos líneas axiales diametralmente opuestas; los listones diametrales de apoyo deben ser dos tiras de cartón o de madera

laminada, libres de imperfecciones, de 3 mm de espesor y 25 mm de ancho aproximadamente. La elaboración y curado de los cilindros se realiza en forma similar al ensayo de resistencia a la compresión; la velocidad de aplicación de la carga debe ser de 7 a 15 kg/cm²/min. La resistencia a la tensión indirecta se calcula con la siguiente ecuación:

$$RT = \frac{2P}{\pi LD} \dots \dots \dots (2.1)$$

Donde:

RT: resistencia a la tracción o tensión indirecta de un cilindro en *kg/cm²*.

P: carga máxima aplicada en kg.

L: longitud del cilindro en cm.

D: diámetro del cilindro en cm.

(Rivera L.G., 2010, pág.131)

2.2.4.4. PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Se define como densidad del concreto a la relación del volumen de sólidos al volumen total de una unidad cúbica. Puede también entenderse como el porcentaje de un determinado volumen del concreto que es material sólido. El peso unitario del concreto es el peso varillado de una muestra representativa del concreto. Se expresa en kilos por metro cúbico. La gravedad específica y la cantidad de cada agregado deberán afectar el peso unitario resultante de la mezcla fresca. Con agregados de alta porosidad el peso unitario del concreto puede variar dependiendo de si la absorción ha sido satisfecha por pre humedecimiento del agregado antes de la dosificación. El peso unitario de los concretos livianos, preparados ya sea con agregado grueso natural o artificial de baja gravedad específica puede estar en valores de 480 a 1600 kg/m³. El peso unitario de los concretos pesados, preparados ya sea con agregado grueso natural o artificial de alta gravedad específica, puede elevarse hasta los 5,000 kg/m³. (Rivva. L.E., 2004, pág.213)

2.2.4.5. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

El módulo de elasticidad del concreto depende del módulo de elasticidad y relación de Poisson del agregado. Tanto en compresión como en tensión la curva esfuerzo-deformación para las rocas tiene una relación prácticamente lineal, indicando que el agregado es razonablemente elástico. Por otra parte, el mortero tiene una relación

esfuerzo-deformación curvada cuando los esfuerzos exceden del 30% de la resistencia última. Ello es debido al comportamiento no lineal de la pasta y a la formación de grietas de adherencia y deslizamiento en la interface agregado-pasta. Debido a ello no hay una relación simple entre los módulos de elasticidad del concreto y el agregado.

Las investigaciones han permitido determinar que el módulo de elasticidad del concreto es una función del módulo de elasticidad de sus constituyentes y que, para una pasta dada, el módulo de elasticidad del agregado tiene un efecto menor sobre el módulo de elasticidad del concreto que aquel que puede ser estimado a partir de las proporciones volumétricas del agregado en el concreto.

En general, conforme el módulo de elasticidad del agregado se incrementa ocurre lo mismo con el del concreto, por lo que conforme el volumen de agregado se incrementa el módulo de elasticidad del concreto deberá aproximarse al del agregado. En general se recomienda que cuando el módulo de elasticidad del concreto puede ser conocido en forma bastante segura, se realicen ensayos en concreto en vez de calcular el módulo de elasticidad a partir de las propiedades del agregado. (Rivva L.E, 2004, pág.246)

2.2.5. FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

2.2.5.1. Tipo de cemento.

Es lógico pensar que las características del cemento empleado tienen una gran influencia en la resistencia final alcanzada por el concreto, ya que el cemento es un material "activo" en las mezclas. Se ha demostrado en diversas investigaciones y en la práctica constructiva misma, que existe una estrecha correlación entre la resistencia de un cemento determinado de acuerdo con un proceso normalizado y la resistencia de los concretos preparados con dicho cemento; de ahí que distintas marcas de cemento, aún de un mismo tipo, no deban ser intercambiadas sin un cuidadoso análisis del efecto que dicho cambio pueda tener sobre las propiedades del concreto endurecido.

La resistencia que puede producir un determinado cemento depende fundamentalmente de su composición química; por ejemplo, con un cemento con alto contenido de C3S se obtendrán buenas resistencias y en un tiempo relativamente corto, acompañadas por un desprendimiento de calor relativamente alto durante el endurecimiento, en tanto que un cemento rico en C2S producirá altas

resistencias pero en un tiempo relativamente largo, con un moderado calor de hidratación, lo cual conlleva a una mejor resistencia a los ataques químicos. La finura a la cual se haya molido el cemento también influye en las características del concreto, ya que los cementos más finos ganan resistencia más rápidamente que los gruesos, pero en cambio producen mayor retracción al endurecer y liberan más calor y más rápidamente, durante la hidratación. (Rivera L.G., 2010, pág.142)

2.2.5.2. Tipo de agregados.

Los concretos que tengan agregados angulosos o rugosos son generalmente más resistentes que otros de igual relación agua / cemento que tengan agregados redondeados o lisos; sin embargo, para igual contenido de cemento, los primeros exigen más agua para no variar la manejabilidad y por lo tanto el efecto en la resistencia no varía apreciablemente. Sin embargo, como es lógico la calidad del agregado afecta el desarrollo de resistencia. (Rivera L.G., 2010, pág.143)

2.2.5.3. Tipo de agua de mezcla.

Se ha dicho usualmente que el agua que se puede beber y que no tenga color, olor y sabor apreciable puede usarse en mezclas de concreto. El agua utilizada en una mezcla de concreto debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de: aceite, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el refuerzo. El agua de mezcla para el concreto preesforzado o para el concreto que vaya a contener elementos de aluminio embebidos, o el agua debida a la humedad libre de los agregados, no debe contener cantidades perjudiciales de ión cloro. El agua impotable no debe utilizarse en el concreto a menos que se cumplan las siguientes condiciones:

- a) La dosificación debe estar basada en mezclas de concreto que utilice agua de la misma fuente.
- b) Los cubos para ensayos de morteros hechos con agua impotable de mezcla, deben tener una resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de edad, igual o mayor al 90% de la resistencia a la compresión de probetas similares hechas con agua potable.

La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse sobre morteros idénticos, excepto para el agua de mezcla, preparados y ensayados de acuerdo con la norma NTC 220. El agua con una salinidad de 3,5% produce una reducción de resistencia a los 28 días del 12%, aumentando la salinidad a 5% la reducción de resistencia es del orden del 30%. La presencia de sales produce oxidación del

refuerzo, por lo tanto, no debe usarse agua salada en concreto reforzado y preesforzado. (Rivera L.G., 2010, pág.144)

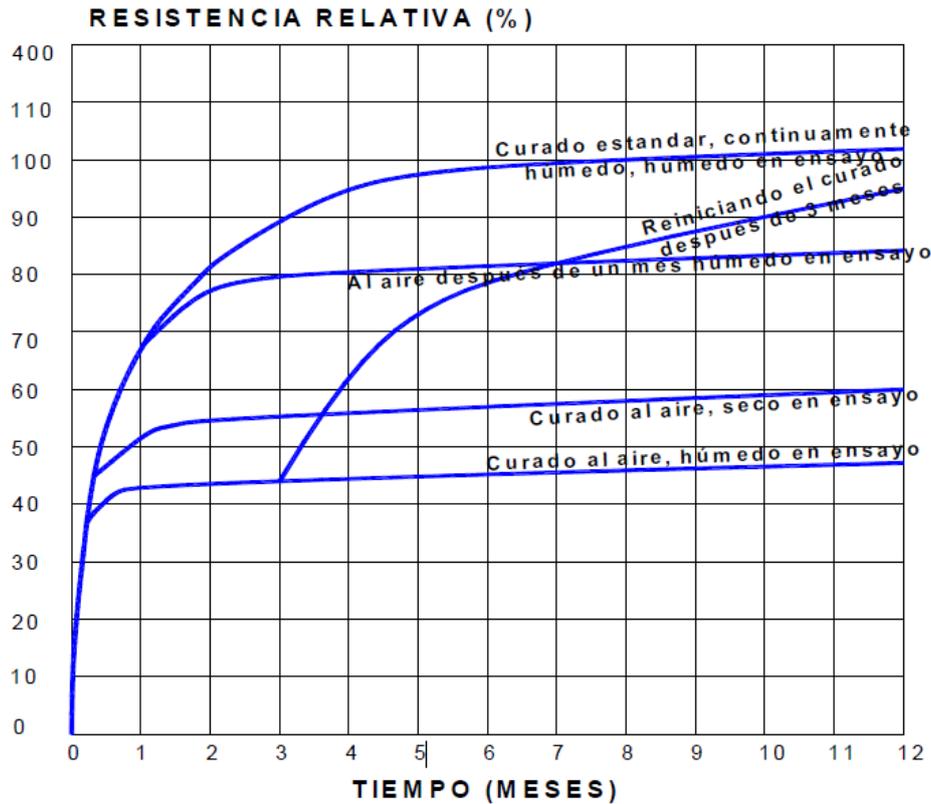
2.2.5.4. Tiempo, temperatura y humedad

Una vez que el agua ha entrado en contacto con el cemento, el concreto empieza a endurecer gradualmente hasta que pasa del estado plástico al rígido, entonces se dice que el concreto ha "fraguado". Una elevación en la temperatura de curado acelera las reacciones químicas de hidratación, incrementando la resistencia temprana del concreto, sin efectos contrarios en la resistencia posterior; sin embargo, una temperatura más alta durante la colocación y el fraguado, aunque incrementa la resistencia a muy temprana edad, puede afectar adversamente la resistencia a partir de aproximadamente los 7 días. Esto es debido, a que una rápida hidratación inicial parece formar productos de una estructura física más pobre, probablemente más porosa.

La exposición al aire del concreto, debido a la pérdida de humedad, impide la hidratación completa del cemento y por lo tanto la resistencia final disminuirá. La velocidad e intensidad del secamiento depende de la masa de concreto relativa al área de la superficie expuesta, así como también de la humedad ambiente. En la figura se representa en forma gráfica el efecto de las condiciones de humedad durante el curado y de la humedad del concreto en el instante de falla.

A mayor tiempo de curado, en mayor o menor grado, mayor será la resistencia alcanzada por el concreto. Si el concreto es moldeado y mantenido a una temperatura constante, mientras más alta sea ésta, las resistencias serán mayores hasta edades cercanas a los 28 días; a edades superiores las resistencias no varían apreciablemente, pero a mayor temperatura la resistencia será menor. Para una edad de 28 días, tomando como base una temperatura de 23°C, a una temperatura de 10°C la resistencia es un 18% menor y a 35°C un 10% mayor. Lo anterior es válido hasta una temperatura máxima cercana a 50°C, pues de ahí en adelante los resultados se invierten.

Gráfica 3. Efecto de las condiciones de humedad durante el curado y en el instante de falla sobre la resistencia a la compresión del concreto.



(Rivera L.G., 2010, pág.145-146)

2.2.6. CONCRETO IMPERMEABLE

Se podría pensar que un concreto impermeable es un elemento de concreto en el que una de sus caras está en contacto con un líquido (agua) mientras que la cara opuesta permanece seca. Esto en realidad no es un concreto impermeable se puede tener un concreto con una permeabilidad muy alta en el que la cara opuesta a la que está en contacto con el agua permanece seca, debido a que tiene un espesor de varias decenas de metros. Es decir, un caudal nulo o muy bajo de agua puede apenas atravesar un muro delgado de concreto de baja permeabilidad o el mismo caudal obtenerse con un muro muy grueso con un concreto de alta permeabilidad.

Así mismo estructuras de concreto de igual geometría construidas con la misma calidad de concreto pueden ser atravesadas o no por el agua dependiendo de la presión de esta y del área en contacto. Como vemos tanto la geometría como la presión de agua y área en contacto son variables externas al material mismo, relacionadas con la estructura y su entorno.

Cuando se define el concreto impermeable se define solo el material sin tener en consideración los aspectos de la estructura o si habrá o no agua del otro lado de la estructura. La definición de concreto impermeable es similar a la de un concreto de alta resistencia. Es decir, se define la propiedad del material como tal y no su funcionamiento en la estructura. Un concreto de alta resistencia es aquel que cuenta con una resistencia a la compresión superior a 60 MPa (independientemente de su edad). Si se usa este concreto para constituir una columna con sección insuficiente o se la sobrecarga, esta columna fallará, sin que el concreto haya dejado de ser de alta resistencia. Un concreto “impermeable” debería denominarse en realidad como concreto de baja permeabilidad, puesto que la definición de “impermeable” podría asociarse a la definición de “irrompible”. Así, los concretos conocidos hoy como “impermeables” con espesor insuficiente o con la suficiente presión, el agua si podría atravesarlos. (Hermida G., 2014, pág.18)

2.2.6.1. PERMEABILIDAD

La permeabilidad se refiere al movimiento de un líquido en presencia de un gradiente de presión como es el que tiene lugar en las estructuras de contención de agua. La permeabilidad se mide sobre medios saturados. En el caso del concreto este debe estar saturado para poder medir la permeabilidad que se expresa en términos de $m^3/(m^2 s)$, es decir en m/s. (Hermida G., 2014, pág.8)

2.2.7. ADITIVOS

Según el ACI 116.R, los aditivos son materiales distintos del agua, agregados, cemento hidráulico, y adiciones que se utilizan como ingredientes del concreto y se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades, para que se adecuen mejor a las condiciones de trabajo, haciendo posible un adecuado transporte, comportamiento durante y después de colocado o para reducir los costos de producción. Los aditivos a ser empleados en las mezclas de concreto deberán cumplir con los requisitos de la norma ITINTEC 339.086. Su uso está limitado por lo indicado en las especificaciones técnicas del proyecto y por la autorización de la inspección. El empleo de aditivos no autoriza a modificar el contenido de cemento de la mezcla.

Los aditivos empleados en obra deberán ser de la misma composición, tipo y marca que los utilizados para la selección de las proporciones de la mezcla de concreto.

En la selección de la cantidad de aditivo por unidad cubica de concreto se tendrán en consideración las recomendaciones del fabricante; las propiedades que se desea obtener en el concreto; las características de los agregados; la resistencia a la compresión de diseño; condiciones ambientales y de trabajo en obra; el procedimiento de colocación; y los resultados de los ensayos de laboratorio y obra. (Rivva E., 2007, pág.32)

2.2.7.1. CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS

La norma ASTM C 494 "Chemical Admixtures for Concrete", distingue siete tipos:

TIPO A: Reductor de Agua

TIPO B: Retardador de Fraguado

TIPO C: Acelerador de Fraguado

TIPO D: Reductor de agua y Retardador.

TIPO E: Reductor de Agua y Acelerador.

TIPO F: Reductor de Agua de Alto Efecto.

TIPO G: Reductor de Agua de Alto Efecto y Retardador

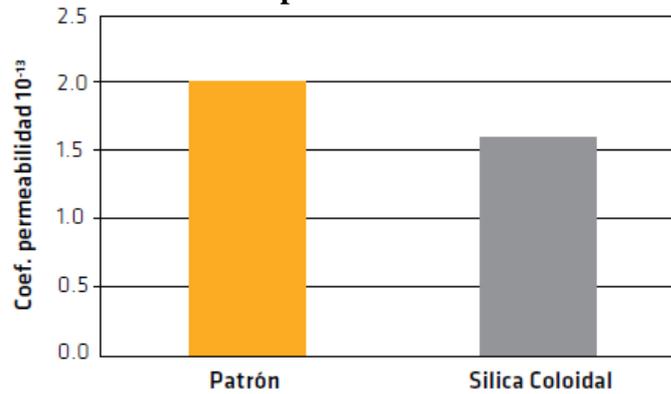
Los aditivos incorporadores de aire se encuentran separados de este grupo, e incluidos en la norma ASTM C260 "Specifications for Air Entraining Admixtures for Concrete". (Rivva E., 2007, pág.33)

2.2.7.2. ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES

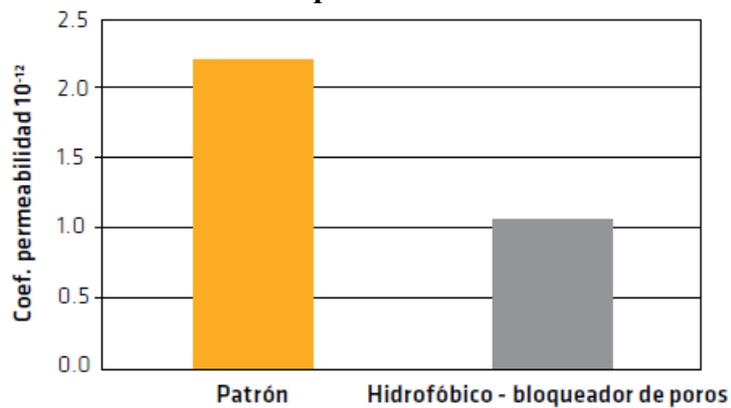
La razón por la que se emplean los aditivos para disminuir la permeabilidad van mucho más allá de impedir la entrada o salida de agua. Estas variedades de aditivos se emplean también para impedir o disminuir la aparición de eflorescencias, para aminorar los riesgos de corrosión del acero, de carbonatación y la acción de hielo/deshielo. Los aditivos impermeabilizantes son usados en concretos que van a estar en contacto con el agua y en aquellas estructuras que contienen líquidos, como tanques, estructuras enterradas, túneles, presas, puentes, muros de contención, instalaciones de centros acuáticos etc. Estas sustancias que aumentan la vida útil del concreto reforzado, contribuyen a alcanzar el cometido de mantener el agua donde se ha previsto que permanezca o fluya.

Este mismo reporte del ACI 212 expone algunos ejemplos de la acción de los impermeabilizantes sobre el coeficiente de permeabilidad obtenidos por el método europeo modificado (Valenta).

Gráfica 4. Efecto de la adición de sílica coloidal en un concreto con un coeficiente de permeabilidad de 1×10^{-13} m/s.



Gráfica 5. Efecto de la adición de un aditivo hidrofóbico en un concreto con un coeficiente de permeabilidad de 1×10^{-12} m/s.



(Hermida G., 2014, pág.20)

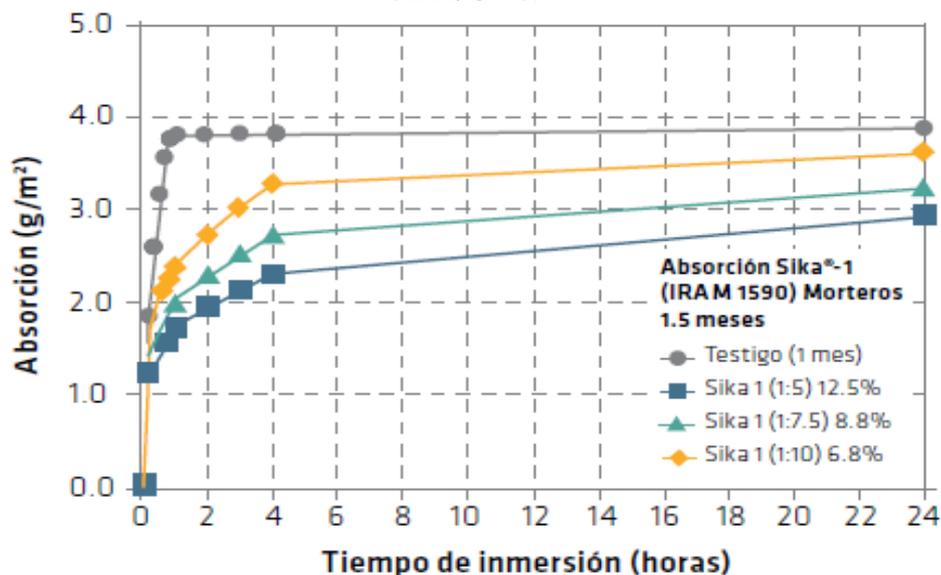
2.2.7.3. ADITIVO Sika®-1

Los aditivos Sika®-1 o SikaLite® son aditivos diseñados para impermeabilizar morteros y concretos (aunque se han utilizado sobre todo en mortero) que tienen un triple efecto sobre estos materiales:

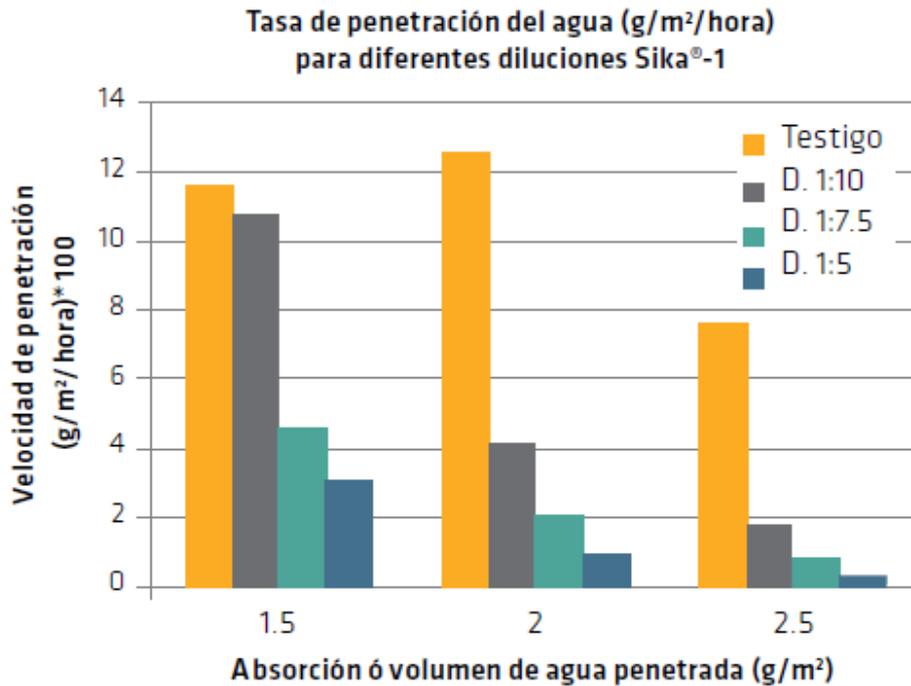
- Generación de sólidos que bloquean la porosidad interna de la pasta. En este caso reaccionan con los hidratos del cemento (CH, CSH) y generan nuevos compuestos.
- Generación de oleatos que igualmente saturan la solución capilar y se precipitan dentro de la porosidad.
- Generación de aire. El aire interrumpe la formación de capilares que logren llegar a la superficie del concreto. Eliminando así los canales de entrada futura del líquido.

Un aditivo como Sika®-1 puede disminuir o eliminar la penetración de agua por absorción capilar como lo demuestran los resultados de la figura 12 y 14, de acuerdo a la cantidad del aditivo usado. Así la figura 14 muestra que la velocidad de penetración de agua para alcanzar un volumen de 2 g/m² se disminuye en un factor de más de 12 veces en un mortero donde se ha usado una dilución de Sika®-1: Agua de 1:5 en masa. (Hermida G., 2014, pág.21)

Gráfica 6. Efecto del Sika®-1 diluido a (1:5, 1:7.5 y 1:10- Sika®-1: Agua) con un A/C =0.75.



Gráfica 7. Efecto del Sika®-1 diluido a (1:5, 1:7.5 y 1:10- Sika®-1: Agua) con un A/C =0.75.



(Hermida G., 2014, pág.21)

2.2.8. ECUACIÓN DE VALENTA OLDRICH.

La presencia de agua en los poros abiertos de un material en estructuras, especialmente en el caso de exposición severa, generalmente tiene un efecto negativo sobre sus propiedades y comportamiento a largo plazo. La variación del contenido de agua tiene, por lo tanto, que analizarse en relación con efectos externos importantes o decisivos, desfavorables o agresivos. Cualquier estado instantáneo del contenido de agua es el resultado de las sucesivas ganancias y pérdidas de agua. la cinemática de ambos fenómenos debería estar en la base de cualquier estudio a fondo. La ganancia de agua generalmente tiene un efecto nocivo sobre el comportamiento de un material. (propiedad de aislamiento perdida, acción de escarcha, acción de sales agresivas).

Dos casos deben ser considerados:

- Flujo inestable de agua a través de un cuerpo poroso. este es el caso más frecuente de agua que penetra en el hormigón desde su superficie. La altura del agua generalmente es constante, pero la profundidad de penetración y, por lo tanto, la tasa de absorción de agua varía con el tiempo.

- Flujo constante de agua a través de un cuerpo poroso como a través de paredes de galerías, túneles, etc. Este flujo generalmente es precedido por un flujo sin prueba antes de que el agua penetre a través del espesor.

Para ambos casos, es necesario conocer el coeficiente de permeabilidad k en la ley darcy.

$$v = K I = K \frac{H_r}{X} \dots \dots \dots (2.2)$$

donde:

H_r : presión.

x : profundidad de penetración de agua.

Todas las pruebas de laboratorio de permeabilidad deben conducir a esta característica física para el sistema de poro abierto continuo necesario para estudios y diseño. En el caso de un estado inestable de flujo:

$$v = K \frac{H_r}{X} \quad , \quad dx = V dt \quad , \quad X^2 = 2 K H_r t$$

$$K = \frac{X^2 P}{2 H_r t} \dots \dots \dots (2.3)$$

Para cualquier H_r , X y t deben medirse para el cálculo de k . en el caso de un estado estable de flujo:

$$v = K \frac{H_r}{L} \quad , \quad Q = f V \quad , \quad \frac{Q}{f} = K \frac{H_r}{L}$$

$$K = \frac{Q L}{f H_r} \dots \dots \dots (2.4)$$

Donde:

Q : Caudal.

f : sección del flujo.

L : espesor de la muestra.

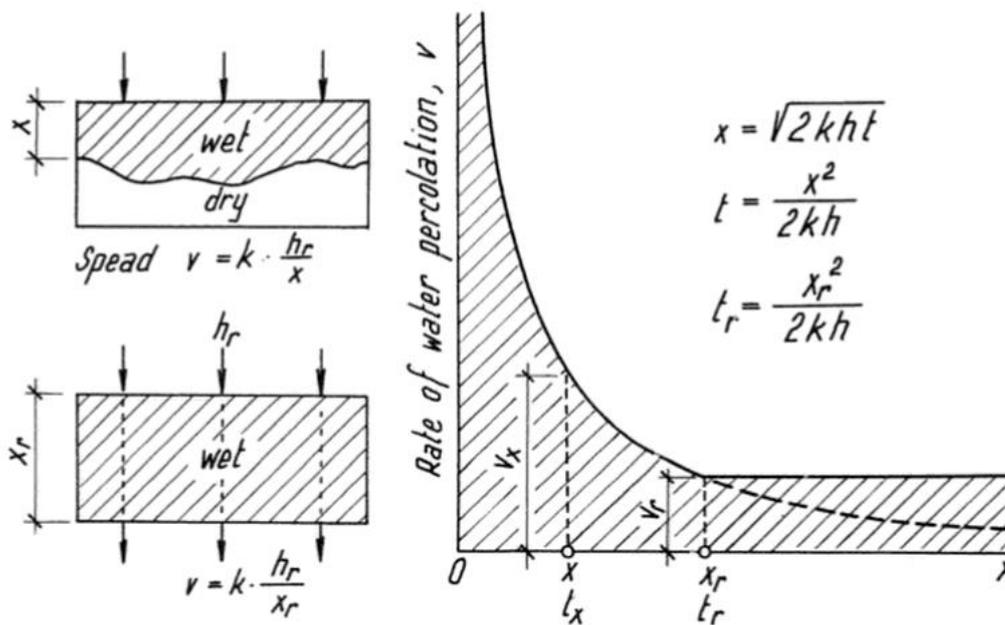
Diferentes arreglos experimentales son posibles para la prueba de modo que el coeficiente de permeabilidad K se pueda obtener a partir de los resultados. Esto es válido también para el caso de un régimen de prueba más complicado, como se muestra en la siguiente figura, donde solo se dan el tiempo t correspondiente y la profundidad de la penetración del agua x . Una etapa adicional para aumentar la fiabilidad de los resultados de la prueba y la determinación de la característica física del sistema de poros viene dada por la determinación de las propiedades capilares del sistema de poros. Desde el punto de vista de la penetración del agua, pueden describirse bien mediante la elevación capilar h_0 . debido al carácter muy complicado del sistema de poros, h_0 tiene un significado bastante estadístico y se representa por elevación capilar después de un período muy largo. Elevación capilar h_0 es una parte muy importante de la cabeza de agua efectiva: $h_r = h_0 + h$. especialmente en el caso de un nivel bajo de agua real h , como en el caso de las pruebas de absorción.

Sobre la base de estas relaciones teóricas mostradas en otra parte, la prueba de absorción modificada fue introducida y aplicada para la determinación del coeficiente de permeabilidad k . en muestras que prevén la fuga de aire y la posibilidad de observar continuamente durante la prueba la profundidad de la penetración del agua en 2 caras de la muestra que fueron provistas con capas transparentes e impermeables. Este método de medición de la profundidad de penetración de agua puede aplicarse también a la prueba de permeabilidad unidireccional en el estado inestable de la masa de hielo flotante. Estos y otros detalles también se mostraron en otro lugar. Es importante tanto para la práctica (diseño) como para la investigación basar nuestro análisis en leyes y características físicas. para esta posibilidad, por lo tanto, especialmente las pruebas de laboratorio tienen que organizarse adecuadamente para que pueda lograrse la determinación de dicha característica.

La aplicación consistente incluso de leyes simples para la penetración de agua (o vapor) a través de materiales proporciona la posibilidad de una mejor comprensión e interpretación de las pruebas, y cuando se aplica a problemas prácticos, factores distintos de la carga. La cinética de la penetración del agua en los materiales es el primer y probablemente más importante paso en el estudio científico de la cinética del deterioro por muchos factores agresivos (especialmente en estructuras subterráneas). Sobre la base de las características del sistema de poros continuos, tenemos la posibilidad de calcular cuánto tiempo tomará antes de que el agua penetre a través de una pared de una estructura

subterránea, y cuál será la tasa de impermeabilidad apropiada del agua (coeficiente de permeabilidad k) del material y su espesor se puede especificar y diseñar. En aguas agresivas, se puede obtener una idea objetiva del grado de deterioro a largo plazo por factores agresivos que pueden penetrar en el material con agua. Este es el primer paso de cualquier evaluación objetiva de los efectos de deterioro a largo plazo en los materiales de las estructuras.

Grafica 8. Flujo de agua continuo y no derivado a través de poros de material.



Fuente: Mechanics and kinetics of water permeation into materials, its factors and their determination – Valenta Oldrich 1969.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CANTERA DE AGREGADOS

3.1.1. UBICACIÓN

Los agregados que se utilizaron para el desarrollo de esta investigación fueron de la cantera “La Victoria”. Esta cantera está ubicada con un rumbo de S 69° E, a 6 km de la ciudad de Cajamarca, a orillas del río Cajamarquino, se halla constituido de agregado fino (arena) y agregado grueso (grava) de río. Para extraer el material existe buena accesibilidad durante la época que no llueve.

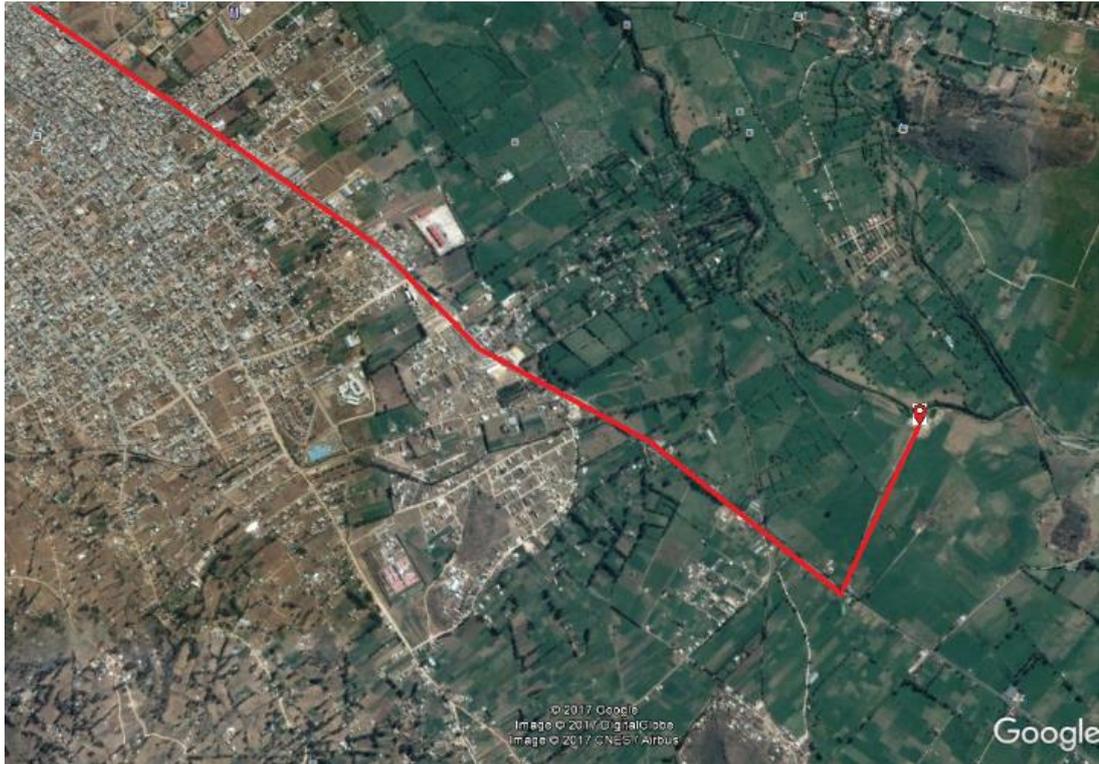


Imagen 1. Ubicación de la cantera "La Victoria". Fuente: Google Earth (2016).

Tabla 4. Coordenadas de ubicación.

Ubicación	Coordenadas UTM (Norte)	Coordenadas UTM (Este)
Ciudad de Cajamarca	9206784	777733
Cantera “La Victoria”	9204332	779527

3.1.2. SELECCIÓN DE MUESTRAS DEL AGREGADOS FINO Y GRUESO

La selección de las muestras del agregado fino y grueso se realiza con un método aleatorio, tal como la Norma ASTM D75 (práctica estándar para muestreo de agregados), desde la producción.

- Para el agregado grueso se tomó 3 muestras de la pila; parte superior, intermedia y fondo.
- Para el agregado fino se tomó 3 muestras de la pila, pero evitando tomar el material superficial.

3.2. ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Para iniciar con los trabajos en laboratorio, se trasladó los agregados desde la cantera ubicada a un costado de la carretera a Jesús, a orillas del río Cajamarquino.

Seguidamente se procedió a realizar los ensayos respectivos:

- Toma de muestras del agregado grueso (piedra chancada) y agregado fino (arena), mediante el método de cuarteo (ASTM D-75).
- Análisis granulométrico de los agregados para determinar: tamaño máximo, porcentaje de finos, módulo de fineza, huso granulométrico (ASTM C33 o NTP 400.037).
- Ensayo para determinar en contenido de humedad (ASTM D2216).
- Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso (ASTM C- 127 y NTP 400.021).
- Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino (ASTM C-128).
- Ensayo para determinar el peso unitario suelto del agregado grueso y fino (ASTM C-29).
- Ensayo para determinar el peso unitario compactado del agregado grueso y fino (ASTM C-29).

3.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

3.2.1.1. Granulometría del agregado fino

Los requisitos de las normas ASTM C33, NTP400.037, permiten un rango relativamente amplio en la granulometría del agregado fino. La granulometría más deseable para el agregado fino depende del tipo de obra. En general, si se mantiene constante la relación agua-cemento y se elige correctamente la relación agregado fino-agregado grueso, se puede usar un amplio rango de granulometrías, sin efectos considerables sobre la resistencia. Sin embargo, algunas veces, se logrará la mayor economía con el ajuste de la mezcla de concreto para que se adapte a la granulometría de los agregados locales.

La granulometría de los agregados finos de acuerdo con las normas ASTM C 33 y NTP400.037, es generalmente satisfactoria para la mayoría de los concretos.

3.2.1.2. Granulometría del agregado grueso.

Los requisitos de granulometría del agregado grueso de las normas ASTM C 33 y NTP400.037, permiten límites amplios en la granulometría y una gran variedad de tamaños granulométricos. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación y uso de la mezcla.

3.2.1.3. Análisis granulométrico de los agregados.

El presente método usado de prueba cubre la determinación de la distribución del tamaño de partículas de agregados finos y gruesos mediante cribado bajo los estándares ya establecidos en la norma ASTM C136.

Algunas especificaciones para los agregados que hacen referencia a este método contienen requerimientos de clasificación que incluyen tanto fracciones de agregados gruesos como de agregados finos. Se incluyen las instrucciones para la determinación granulométrica de dichos agregados.

3.2.1.4. Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

El tamaño máximo nominal es otro parámetro que se deriva del análisis granulométrico y está definido por la norma NTP 400.037 como el siguiente tamiz que le sigue en abertura (mayor) a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. La mayoría de los especificadores granulométricos se dan en función del tamaño máximo nominal y comúnmente se estipula de tal manera que el agregado cumpla con los siguientes requisitos. El tamaño máximo nominal del agregado ensayado fue de 3/4”.

3.2.1.5. Módulo de fineza del agregado.

El módulo de finura se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar (nombrados más abajo) y dividiendo la suma entre 100. Cambios significativos en la granulometría de la arena tienen una repercusión importante en la demanda de agua y, en consecuencia, en la trabajabilidad del hormigón, por lo que si hubiese una variación significativa en la granulometría de la arena deben hacerse ajustes en el contenido de cemento y agua para conservar la resistencia del hormigón. Para no tener que recalcularse la dosificación del hormigón el módulo de finura del agregado fino, entre envíos sucesivos, no debe variar en más de ± 0.2 . Los tamices especificados que deben usarse en la determinación del módulo de finura son: No. 100, No. 50, No. 30, No. 16, No. 8, No. 4, 3/8", 3/4", 1 1/2", 3" y el módulo de finura será:

$$MF = \frac{\sum \%ret. acum. (3" + 1 1/2" + 3/4" + 3/8" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100} \dots (3.1)$$

3.2.2. CONTENIDO DE HUMEDAD.

3.2.2.1. Fórmula para determinar el contenido de humedad.

El contenido de humedad en los agregados se calculó mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$W\% = \frac{Ps - Ph}{Ph} \times 100 \dots (3.2)$$

Donde:

W%: contenidos de humedad (%)

Ps: masa inicial de la muestra o muestra húmeda.

Ph: masa final de la muestra o muestra seca.

3.2.2.2. Procedimiento.

Para determinar el contenido de humedad W% del agregado fino y agregado grueso, se realizó los procedimientos establecidos en la norma ASTM D2216.

- Se Seleccionó una muestra representativa por cuarteo.
- Se determinó la masa de la muestra.
- En un recipiente, se anotó su identificación y determino su peso.
- Se pesó la muestra húmeda más el recipiente que lo contiene.
- Se colocó la muestra más la tara en el horno a una temperatura constante de 110°C por un periodo de 24hrs.
- Luego se retiró la muestra del horno y dejarla enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente, y pesar la muestra seca más el recipiente.

3.2.3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO.

3.2.3.1. Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso.

La muestra a utilizarse debe rechazar todo el material pasante de la malla N°4 lavando o removiendo todo el polvo u otros recubrimientos de la superficie. Si el material contiene una cantidad significativa de agregado fino pues entonces en vez de usarse la malla N°4 se usará la malla N°8.

a) Procedimiento:

- Se lavó la muestra hasta eliminar el polvo, luego se secó en el horno.
- Se esperó que enfrié hasta una temperatura cómoda al tacto y que la muestra tenga un peso constante.
- Se dejó la muestra en agua por un par de horas, luego de ello se secó partículas sobre una tela, hasta eliminar el agua superficial, en esto obtuvo el estado saturado superficialmente seco (SSS).
- Se determinó la masa de la muestra en el aire en su estado SSS.
- Se colocó la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determinó su peso sumergido en agua.
- Después de ello se colocó la muestra en el horno y se deja reposar por 24 horas, luego se retiró y se dejó enfriar.

b) Fórmulas:

Peso específico de masa: $Pe = \frac{A}{B-C} \dots \dots \dots (3.3)$

Peso específico saturado superficialmente seco: $Pe = \frac{B}{B-C} \dots \dots \dots (3.4)$

Peso específico aparente: $Pe = \frac{A}{A-C} \dots \dots \dots (3.5)$

Absorción: $Pe = \frac{B-A}{A} \times 100 \dots \dots (3.6)$

Donde:

A: Peso seco en el aire

B: Peso de la muestra saturado superficialmente seco

C: Peso de la muestra en el agua

3.2.3.2. Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.

a) Procedimiento:

- Se seleccionó por cuarteo 1kg de muestra y se llevó en el horno, luego se dejó enfriar a una temperatura cómoda al tacto, una vez seca se repite el proceso hasta tener un peso constante.
- Se cubrió a la muestra completamente con agua, por 24hrs.

- Terminando se decantó la muestra evitando la pérdida de finos, luego de ello se secó su superficie con una moderada corriente de aire caliente, para asegurarnos de ello, se hizo la prueba del cono, llenándolo y dándole 25 golpes.
- Luego se introdujo la muestra en el picnómetro de 500g del agregado fino, y se añadió agua hasta los 500cm³, determinado el agua introducida, luego se sacó el material del recipiente y se secó determinado su peso.

b) Fórmulas:

Peso específico de masa:
$$Pe = \frac{W_o}{V-Va} \dots \dots \dots (3.7)$$

Peso específico de masa saturada de superficie seca:
$$Pe = \frac{500}{V-Va} \dots \dots \dots (3.8)$$

Peso específico aparente:
$$Pe = \frac{W_o}{(V-Va)-(500-W_o)} \dots \dots (3.9)$$

Absorción:
$$Pe = \left(\frac{500-W_o}{W_o} \right) \times 100 \dots \dots (3.10)$$

Donde:

Wo: peso en el aire de la muestra secada

V: volumen del frasco

Vo: peso del agua añadida al frasco

3.2.4. PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO.

a) procedimiento:

- Se seleccionó una muestra representativa por cuarteo del agregado a ensayar (grava o arena).
- La muestra debe estar previamente seca (secada al horno) a una temperatura constante de 110°C.
- Se pesó el recipiente volumétrico.
- Se depositó el material en el recipiente procurando efectuar esta operación con ayuda de un recipiente volumétrico pequeño, utilizando una altura constante.
- Una vez llenado el recipiente se enraso, tomando en cuenta para realizar esta operación cuando el material es grava utilizamos los dedos de la mano y en el caso de la arena nos auxiliamos de un enrazado, y finalmente se pesó el recipiente con el material.

b) fórmula:

Peso unitario suelto:

$$P_{us} = \frac{(peso\ del\ material+recipiente)-(peso\ de\ recipiente)}{volumen\ de\ recipiente} \dots \dots \dots (3.11)$$

3.2.5. PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO.

a) procedimiento:

- Se seleccionó una muestra representativa por cuarteo del agregado a ensayar (Grava o Arena).
- La muestra debe estar previamente seca (Secada al Horno) a una temperatura constante de 110 ± 5 °C.
- Se pesó el recipiente volumétrico.
- Se depositó el material en el recipiente en tres capas procurando efectuar esta operación a una altura constante.
- Esta operación se realizó hasta $1/3$ de la capacidad del recipiente aplicándole 25 golpes con ayuda de la varilla, distribuida en toda el área.
- Una vez llenado el recipiente habiéndole aplicado los 25 golpes a la última capa, se enraza, tomando en cuenta para realizar esta operación si el material fuese grava utilizamos los dedos de la mano y en el caso de la arena nos auxiliamos de un enrazado.
- Finalmente se pesó el recipiente con el material.

b) fórmula:

Peso unitario compactado:

$$P_{uc} = \frac{(\text{peso del material+recipiente})-(\text{peso de recipiente})}{\text{volumen de recipiente}} \dots \dots \dots (3.12)$$

3.3. MATERIALES COPLEMENTARIOS.

3.3.1. AGUA.

El agua que se utilizó en la elaboración del concreto de esta investigación fue de la red universitaria, apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas, por lo cual cumple los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la norma NTP 339.088.

3.3.2. CEMENTO.

Para la investigación se usó el cemento Portland Tipo I de Cementos Pacasmayo, que es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales.

3.3.3. ADITIVO.

El aditivo empleado en la preparación de la mezcla fue el “Sika 1”, aditivo impermeabilizante a base acuosa de materiales inorgánicos de forma coloidal, que obstruye los poros y capilares del concreto o mortero mediante gel incorporador.

3.4. DISEÑO DE MEZCLA.

3.4.1. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS.

Es importante saber que se han realizado una gran cantidad de trabajos relacionados con los aspectos teóricos del diseño de mezclas de concreto, en buena parte se entiende que el diseño de mezcla es un procedimiento empírico, existiendo varios métodos de diseño. En esta investigación se trabajó con el método del módulo de fineza de la combinación de agregados, ya que este método proporciona cantidades similares de agregados fino y grueso, dando una dosificación apropiada en estado fresco y mejorando la trabajabilidad, resistencia, durabilidad y economía.

3.4.1.1. Trabajabilidad.

Es importante que el concreto se diseñe con la trabajabilidad adecuada para la colocación, esta depende principalmente de las propiedades y características de los agregados y la calidad del cemento. Para presentar una óptima trabajabilidad se evitó tener perfil sobre gravoso o sobre arenoso.

3.4.1.2. Resistencia.

El concreto se diseñó para una resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a compresión, ya que esta resistencia es la más usada en nuestra ciudad en diferentes tipos de construcción. Para llegar a esta resistencia se llevó a cabo todos los procedimientos apropiados de colocación, compactación acabado, protección y curado.

3.4.1.3. Consistencia.

Para el diseño de mezcla del concretos de $f'c=210\text{Kg/cm}^2$, se consideró que el concreto no endurecido, cumpla con una consistencia plástica (asentamiento de 3" – 4").

3.4.2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA.

3.4.2.1. Propiedades del agregado fino.

Las propiedades del agregado fino cumplen con la norma NTP 400.037.

- Contenido de humedad: 3.34%
- Absorción: 1.32%
- Módulo de fineza: 3.25
- Peso unitario suelto seco: 1.617 gr/cm^2
- Peso unitario compactado seco: 1.798 gr/cm^2
- Peso específico de masa: 2.67 gr/cm^2

3.4.2.2. Propiedades del agregado grueso.

Las propiedades del agregado grueso cumplen con la norma NTP 400.037.

- Tamaño máximo nominal: 3/4"
- Contenido de humedad: 1.55%
- Absorción: 1.09%
- Módulo de fineza: 7.43
- Peso unitario suelto seco: 1.605 gr/cm^2
- Peso unitario compactado seco: 1.687 gr/cm^2
- Peso específico de masa: 2.61 gr/cm^2
- Perfil: angular

3.4.2.3. Propiedades del cemento.

Las propiedades del cemento cumplen con la norma ASTM C150 y NTP 334.009.

- Tipo: Cemento Portland tipo I
- Marca: Cementos Pacasmayo S.A.
- Peso Específico: 3.13 gr/cm^3

3.4.2.4. Propiedades de los Aditivos usados.

Tabla 5. Propiedades de los aditivos.

MARCA	NOMBRE	TIPO	DENSIDAD
SIKA	"SIKA-1"	Impermeabilizante	0.95kg/lit
ZETA	"ZETA-1"	Impermeabilizante	0.98kg/lit

3.4.3. PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR LAS PROPORCIONES DE LA MEZCLA – METODO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.

Los métodos de diseño de mezclas de concreto van desde los analíticos experimentales y empíricos, todos estos métodos han evolucionado y ha llevado a procedimientos acordes con las necesidades de los proyectos y se han desarrollado algunas guías ya normalizadas para darle cumplimiento a la calidad del concreto.

3.4.3.1. Proceso para el diseño de mezclas de concreto

1. Estudio de las especificaciones requeridas.
2. Definición de la resistencia promedio a Compresión
3. Elección del asentamiento
4. Determinación tamaño máximo nominal del agregado (TMN)
5. Estimación cantidad de aire
6. Estimación contenido de agua

7. Estimación de la relación agua/cemento
8. Determinación de material cementante
9. Determinación del módulo de fineza de la combinación de agregados
10. Determinación de agregado grueso
11. Determinación de agregado fino
12. Determinación de los pesos secos de los agregados
13. Determinación de los valores de diseño
14. Corrección por humedad de los agregados
15. Ajuste del diseño de mezcla
16. Determinación de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto

3.4.3.2. Dosificación de materiales corregidos por humedad del agregado.

El cálculo teórico de las proporciones del diseño patrón, que hay que mezclar los componentes ya corregidos por resistencia y por humedad son:

Tabla 6. Dosificación de materiales para 0% de aditivo y un $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Material	Peso por m^3 .	Tanda para 5 especímenes (kg)
Cemento	308.339 kg	9.429
Agua efectiva	179.746 lts	5.497
Agregado fino	1060.834 kg	32.440
Agregado grueso	776.622 kg	23.749

La proporción de materiales es: **1.00; 3.44; 2.52; 24.78 lts/bolsa**

El cálculo teórico de las proporciones del diseño con 1% de aditivo, que hay que mezclar los componentes ya corregidos por resistencia y por humedad son:

Tabla 7. Dosificación de materiales para 1% de aditivo y un $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Material	Peso por m^3 .	Tanda para 5 especímenes (kg)
Cemento	308.339 kg	9.429
Agua efectiva	179.862 lts	5.500
Agregado fino	1055.752 kg	32.285
Agregado grueso	772.901 kg	23.635
Aditivo	3.083 lts	94 mlts

El cálculo teórico de las proporciones del diseño con 3% de aditivo, que hay que mezclar los componentes ya corregidos por resistencia y por humedad son:

Tabla 8. Dosificación de materiales para 3% de aditivo y un $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Material	Peso por m^3 .	Tanda para 5 especímenes (kg)
Cemento	308.339 kg	9.429
Agua efectiva	180.094 lts	5.507
Agregado fino	1045.588 kg	31.974
Agregado grueso	765.460 kg	23.408
Aditivo	9.250 lts	283 mlts

El cálculo teórico de las proporciones del diseño con 5% de aditivo, que hay que mezclar los componentes ya corregidos por resistencia y por humedad son:

Tabla 9. Dosificación de materiales para 5% de aditivo y un $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Material	Peso por m^3 .	Tanda para 5 especímenes (kg)
Cemento	308.339 kg	9.429
Agua	180.327 lts	5.514
Agregado fino	1035.424 kg	31.663
Agregado grueso	758.019 kg	23.180
Aditivo	15.417 lts	471 mlts

3.4.3.3. Unidades de estudio.

Con las cantidades de materiales del cuadro anterior se elaboraron los especímenes de concreto, distribuidos por aditivos “ZETA 1” y “SIKA 1”; 120 especímenes para ensayo a resistencia a la compresión y 56 especímenes para ensayo de profundidad de penetración de agua bajo presión. En total se elaboraron 176 especímenes de concreto.

Tabla 10. Muestras de concreto con aditivo “ZETA 1” para ensayo a compresión.

porcentaje de aditivo	7 días	14 días	28 días	TOTAL
0%	5	5	5	15
1%	5	5	5	15
3%	5	5	5	15
5%	5	5	5	15
TOTAL	20 especímenes para 7 días	20 especímenes para 14 días	20 especímenes para 28 días	60 especímenes con aditivo ZETA 1

Tabla 11. Muestras de concreto con aditivo “SIKA 1” para ensayo a compresión.

porcentaje de aditivo	7 días	14 días	28 días	TOTAL
0%	5	5	5	15
1%	5	5	5	15
3%	5	5	5	15
5%	5	5	5	15
TOTAL	20 especímenes para 7 días	20 especímenes para 14 días	20 especímenes para 28 días	60 especímenes con aditivo SIKA 1

Tabla 12. Muestras de concreto con aditivo “ZETA 1” para ensayo a penetración.

porcentaje de aditivo	0%	1%	3%	5%
28 días	7	7	7	7
TOTAL	28 especímenes para ensayo de penetración de agua bajo presión - aditivo "ZETA 1"			

Tabla 13. Muestras de concreto con aditivo “SIKA 1” para ensayo a penetración.

porcentaje de aditivo	0%	1%	3%	5%
28 días	7	7	7	7
TOTAL	28 especímenes para ensayo de penetración de agua bajo presión - aditivo "SIKA 1"			

3.5. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

El concreto utilizado para la elaboración de especímenes moldeados debe ser muestreado después de que hayan sido hechos todos los ajustes de la dosificación de la mezcla, incluyendo la incorporación de agua de mezclado y aditivos. La elaboración de los especímenes de concreto se hizo siguiendo los pasos de la norma NTP 339.033.

3.5.1. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS USADOS.

3.5.1.1. Moldes cilíndricos (NTP 339.209)

Los moldes fueron de acero, fierro fundido u otro material no absorbente que no reaccione con el concreto, la superficie del interior de los moldes deberá ser lisa. Los lados fondo y extremos deberán estar en ángulo recto entre ellos y serán planos. Las dimensiones del molde usado fueron de: altura=6” y diámetro=12”.

3.5.1.2. Varilla compactadora.

La varilla es de sección circular recta de acero liso y de extremos terminados en punta semiesférica, de 5/8” de diámetro y 20” de longitud. Ver **ANEXO XIII**.

3.5.1.3. Martillo o maso.

El martillo es de goma (caucho) o cuero, con una masa de 0.6kg ±0.2kg.

3.5.1.4. Herramientas.

Pala, cucharón, espátula, plancha o paleta de albañil y recipiente de muestreo.

3.5.1.5. Balanza electrónica.

Se usó una balanza de aproximación de un 1gr y de capacidad máxima de 30kg.

3.5.1.6. Mescladora eléctrica.

La mescladora fue de una capacidad de 6 *pies*³.

3.5.2. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO.

Se midió el asentamiento de cada tanda de concreto de la cual se elaboraron los especímenes con el cono de Abrams, inmediatamente después de extraer de la mezcladora hacia el recipiente (carretilla) conforme establece en la NTP 339.035.

3.5.3. VACIADO DE LOS CILINDROS.

Se colocó el concreto al molde con la cuchara, se mueve la cuchara alrededor del perímetro del molde para asegurar una distribución del concreto con la mínima segregación. Se usó la varilla de 5/8" para el apisonamiento 25 veces por cada capa. Al colocar la capa final, se adiciono una cantidad de concreto de manera de enrasar a tope con el borde superior del molde después de la consolidación. Después de la consolidación de la última capa, se dio el acabado a la superficie superior, utilizando la barra compactadora lisa para enrasar, y se dio el acabado con un badilejo de tal modo la parte superior quede totalmente plano.

3.5.4. CURADO DE ESPECIMENES DE CONCRETO.

Inmediatamente después de terminado el vaciado, se llevó a un lugar donde se realizó el curado inicial para su almacenamiento. Los especímenes se almacenaron en un lugar plano y así evitar la inclinación.

3.5.4.1. Curado inicial.

Luego de moldeados y acabados, estos especímenes fueron almacenados por un periodo de 24h en un ambiente que evite la pérdida de humedad, protegiendo a estos de la luz directa del sol como indica la norma ASTM C192. Se usó bolsa plástica en la parte superior del espécimen de modo que no pierda la humedad.

3.5.4.2. Curado final.

Después de desmoldar las probetas y antes de que transcurran 30 minutos después de haber removido los moldes, se almacenó las probetas en condiciones adecuadas de humedad, siempre cubiertas por agua en los pozos del laboratorio de ingeniería de la UNC. Se mantuvo las probetas en las mismas condiciones de la estructura origen (protección, humedad, temperatura, etc).

3.6. ENSAYO A COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES A EDADES DE 7, 14 Y 28 DIAS, CON CANTIDADES DE ADITIVO DE 0%, 1%, 3% Y 5%.

La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar estructuras. Se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión.

La resistencia a la compresión se calculó a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de kg/cm^2 .

3.6.1. PROCEDIMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

- a) Con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga, se colocó almohadillas de neopreno en la parte superior e inferior del espécimen (ASTM C1231).
- b) El diámetro del cilindro se debe medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí a media altura de la probeta para luego promediarse para calcular el área de la sección.
- c) Los cilindros se centraron en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. También se anotó el tipo de ruptura.
- d) La resistencia del concreto se calculó dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir la fractura entre el área promedio de la sección (ASTM C 39).
- e) Se anotó la fecha del ensayo de la prueba, la identificación de la probeta, el diámetro del cilindro, la edad de los cilindros de prueba, la máxima carga aplicada, el tipo de fractura y todos los defectos que presentaron los cilindros.

3.6.2. PESO UNITARIO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO.

Se calculó el peso del espécimen dividiendo entre el volumen determinado de cada espécimen. El peso unitario del concreto varía entre 2200 y 2400 kg/cm^2 dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado (ocluido) o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento.

3.7. MÓDULO DE ELASTICIDAD Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO.

El módulo de elasticidad del hormigón representa la rigidez de este material ante una carga impuesta sobre el mismo. El ensayo para la determinación del módulo de elasticidad estático del concreto se hace por medio de la Norma técnica ASTM C 469 y tiene como principio la aplicación de carga estática y de la correspondiente deformación unitaria producida. En esta investigación se usó una ecuación de amplio uso para calcular el módulo de elasticidad, dado en el ACI 318M-02, relaciona el módulo de elasticidad con la resistencia a la compresión, f'_c (kg/cm^2), y el peso unitario del hormigón (kg/m^3). Esta ecuación es satisfactoria para valores de peso unitario entre 1500 y 2500 kg/m^3 .

$$E_c = 0.14 PU^{1.5} \sqrt{f'_c} \dots \dots \dots (3.13)$$

3.8. ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN EN CONCRETO. NORMA EN 12390-8

3.8.1. MANEJO DEL EQUIPO DE PENETRACIÓN.

El equipo se fabricó copiando el funcionamiento y estructura del equipo FORM TEST en la cual se realiza el ensayo EN 12390-8. Funciona con un compresor de aire de forma anexa. Este compresor de aire se activa y comienza a aplicar presión en cuanto las válvulas de ingreso de presión estén abiertas. El compresor le da presión de aire a la cámara de agua que se encuentra conectada por una manguera, y el agua que se encuentra en su interior es desplazada hacia el espécimen de muestra. De esta manera el espécimen es sometido a presión que se gradúa en el manómetro del compresor, la presión a la que se someten las probetas es de 50 m.c.a (500KPa) según la EN 12390-8.

3.8.2. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESION.

3.8.2.1. Preparación de las probetas.

- Las probetas ensayadas fueron de 6"x12".
- Después de desencofradas las probetas se curaron durante 28 días.
- Luego de los 28 días se limpió con un trapo seco y se pesó.
- Se dejó secar en el horno durante 24 horas a 110°C y se pesó, con estos 2 pesos se halló la porosidad y absorción del espécimen mediante las siguiente formulas:

$$Porosidad = \frac{V_v}{V_t} \times 100 \dots \dots \dots (3.14)$$

$$Absorción = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 \dots \dots \dots (3.15)$$

Dónde:

Vv: volumen de vacíos

Vt: volumen total

Ph: peso húmedo

Ps: peso seco

- Es necesario que el espécimen este completamente seco para que se note la penetración del agua en el concreto.

3.8.2.2. Ejecución de ensayo.

- Se regular el compresor de modo que la presión de este sea de 72 PSI (500KPa, 50 m.c.a).
- Se llenó el tanque de agua para luego cerrarlo de tal modo no escape la presión y/o agua.
- Se verificar que todas las conexiones, de agua, aire comprimido y descarga, estén conformes.
- Se colocó la probeta centrado adecuadamente sobre el dispositivo de penetración,
- Se colocó en la parte superior de la probeta un sellador de neopreno para evitar la fuga de presión y/o agua, este sellador de neopreno tiene que cubrir todo el perímetro de la probeta.
- Se fijó manualmente mediante los 4 pernos de ajuste. Es necesario fijar adicionalmente con una llave francesa N12 girando los pernos en sentido horario. La probeta fue puesta de tal manera que la presión debe ser aplicada sobre la cara no cortada o base (no aplicar sobre la cara cortada).
- Luego se abrió la válvula principal del compresor (llave de paso) verificando que en el manómetro indique la presión requerida y purgar el aire atrapado en la red de tuberías evitando que el aire choque con la probeta.
- Se observó que no ocurran fugas de agua, de ser el caso, previo cierre de la válvula, agregar ajuste mediante las tuercas; luego proseguir con la operación. En caso no se logre eliminar las fugas, suspender la operación, revisar la probeta y el dispositivo de sellado.
- Se observó la probeta durante el tiempo del ensayo, apuntando y fotografiando las incidencias ocurridas.
- Luego de concluido el tiempo establecido para el ensayo, se cerró la válvula principal del compresor, se abrió la válvula de fuga para despresurizar el equipo, se destornillo los cuatro pernos y retiró la probeta e inmediatamente llevarla al equipo de compresión donde se ensayó con el método brasilero (tracción indirecta).
- Centrando la probeta y aplicando la carga continuamente hasta que la probeta falle. La falla dividió la probeta en dos, separando ambos especímenes, se identificó la penetración del agua y con un marcador, delinearla. Se midió la profundidad máxima con un vernier y se anotó en el formato de ensayos el valor con precisión de 0.1 mm para cada mitad de espécimen de la probeta.

3.8.2.3. Toma y procesamiento de datos.

Una vez registrado los resultados obtenidos en el formato de ensayos para ensayo de determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión EN 12390-8. Se reportó el promedio de la profundidad máxima de penetración de agua bajo presión de las mitades del espécimen y se ubicó en las gráficas calibradas según las características de la probeta.

3.8.2.4. Coeficiente de permeabilidad (Ecuación de Valenta).

De acuerdo a la Norma EN 12390-8 el resultado final del ensayo es la medida de la profundidad máxima de penetración del agua, no obstante, este valor no permite determinar directamente la permeabilidad. Por ello se usó la ecuación de Valenta para calcular el coeficiente de permeabilidad basado en la profundidad de penetración. El uso de la ecuación de Valenta requiere el incremento en masa de cada espécimen a medir con precisión para determinar la fracción de volumen de poros en el concreto (porosidad) lo cual no es parte de la EN 12390-8".

La fórmula de Valenta es la siguiente:

$$k = \frac{P^2 V}{2TH} \dots \dots \dots (3.16)$$

Donde:

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

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

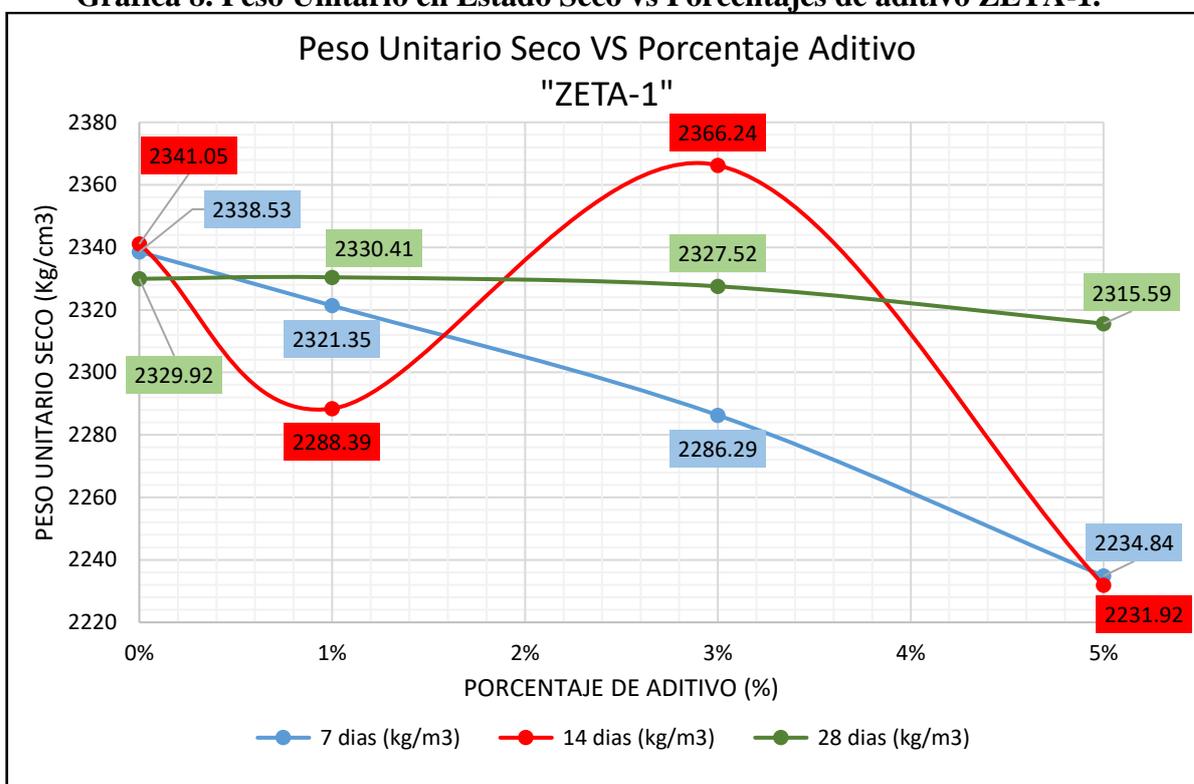
4.1. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO SECO.

4.1.1. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO CON ADITIVO ZETA-1.

Tabla 14. Peso unitario del concreto en estado seco con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de aditivo "ZETA-1" a 7, 14 y 28 días.

% de Aditivo	Peso Unitario 7 días (kg/m ³)	Peso Unitario 14 días (kg/m ³)	Peso Unitario 28 días (kg/m ³)
0%	2338.53	2341.05	2329.92
1%	2321.35	2288.39	2330.41
3%	2286.29	2366.24	2327.52
5%	2234.84	2231.92	2315.59

Gráfica 8. Peso Unitario en Estado Seco vs Porcentajes de aditivo ZETA-1.



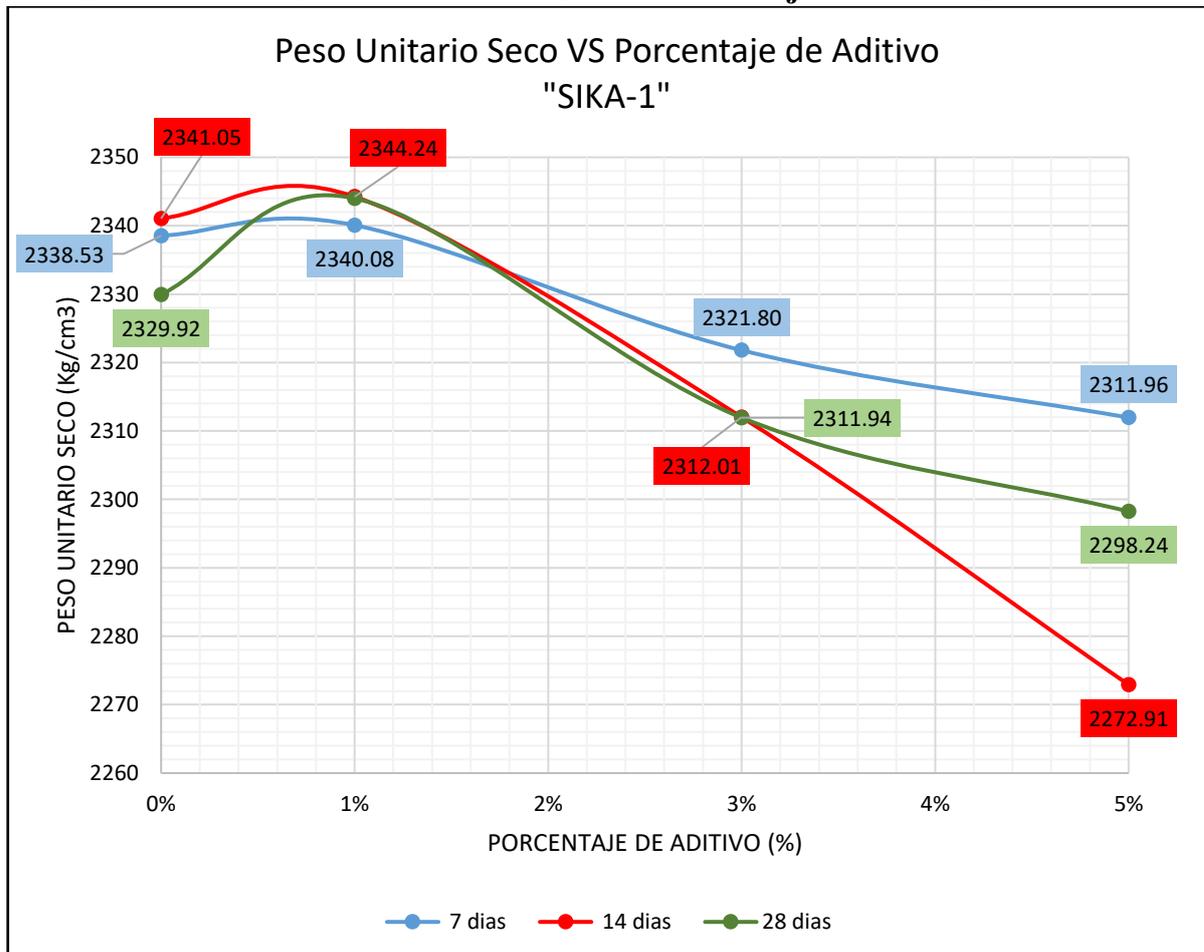
Del gráfico se puede determinar que los valores obtenidos están en el rango de 2400kg/m^3 y 2200kg/m^3 , valores recomendables. Donde el menor Peso Unitario en estado Seco se da en los especímenes que fueron diseñados con el 5% de aditivo a los 14 días, y el mayor Peso Unitario en estado Seco se da con el 3% de aditivo a los 14 días. Se observa también que el peso unitario en estado seco a los 28 días de edad no tiene mucha variación con sus diferentes cantidades de aditivo,

4.1.2. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO CON ADITIVO SIKA-1.

Tabla 15. Peso unitario del concreto en estado seco con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de aditivo "SIKA-1" a 7, 14 y 28 días.

% de Aditivo	Peso Unitario 7 días (kg/m ³)	Peso Unitario 14 días (kg/m ³)	Peso Unitario 28 días (kg/m ³)
0%	2338.53	2341.05	2329.92
1%	2340.08	2344.24	2343.99
3%	2321.80	2312.01	2311.94
5%	2311.96	2272.91	2298.24

Gráfica 9. Peso Unitario en Estado Seco vs Porcentajes de aditivo SIKA-1.



Del gráfico se puede determinar que los valores obtenidos están en el rango de 2400kg/m^3 y 2200kg/m^3 . Donde el menor Peso Unitario en estado Seco se da en los especímenes que fueron diseñados con el 5% de aditivo SIKA-1 a los 14 días, y el mayor Peso Unitario en estado Seco se da en los especímenes que fueron diseñados con el 1% de aditivo SIKA-1 a los 14 días.

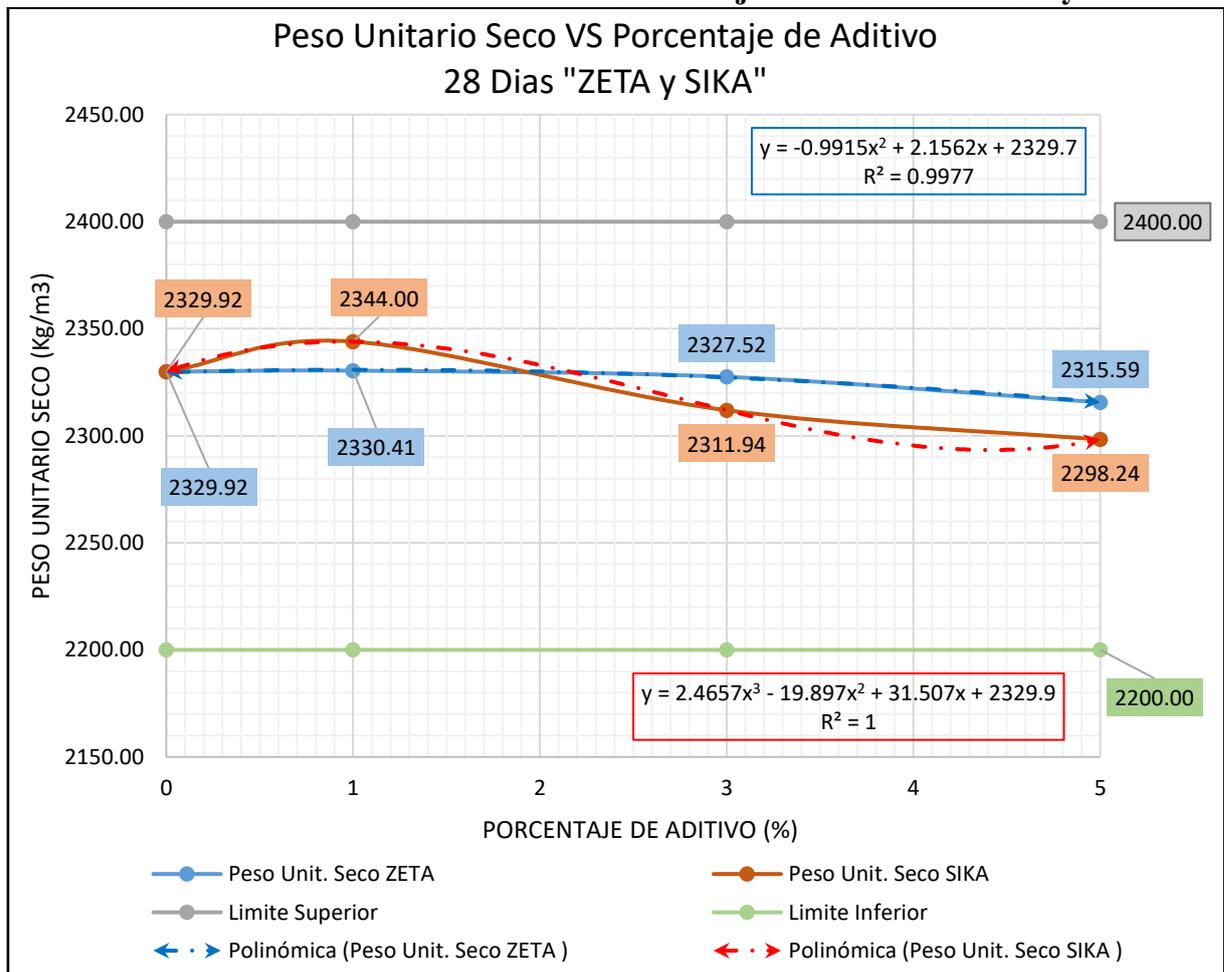
4.1.3. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO CON ADITIVOS

ZETA-1 Y SIKA-1.

Tabla 16. Peso unitario del concreto en estado seco con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.

% de aditivos	Peso Unit. Seco ZETA (kg/m ³)	Peso Unit. Seco SIKA (kg/m ³)
0	2329.92	2329.92
1	2330.41	2344.00
3	2327.52	2311.94
5	2315.59	2298.24

Gráfica 10. Peso Unitario en Estado Seco vs Porcentajes de aditivos ZETA-1 y SIKA-1.



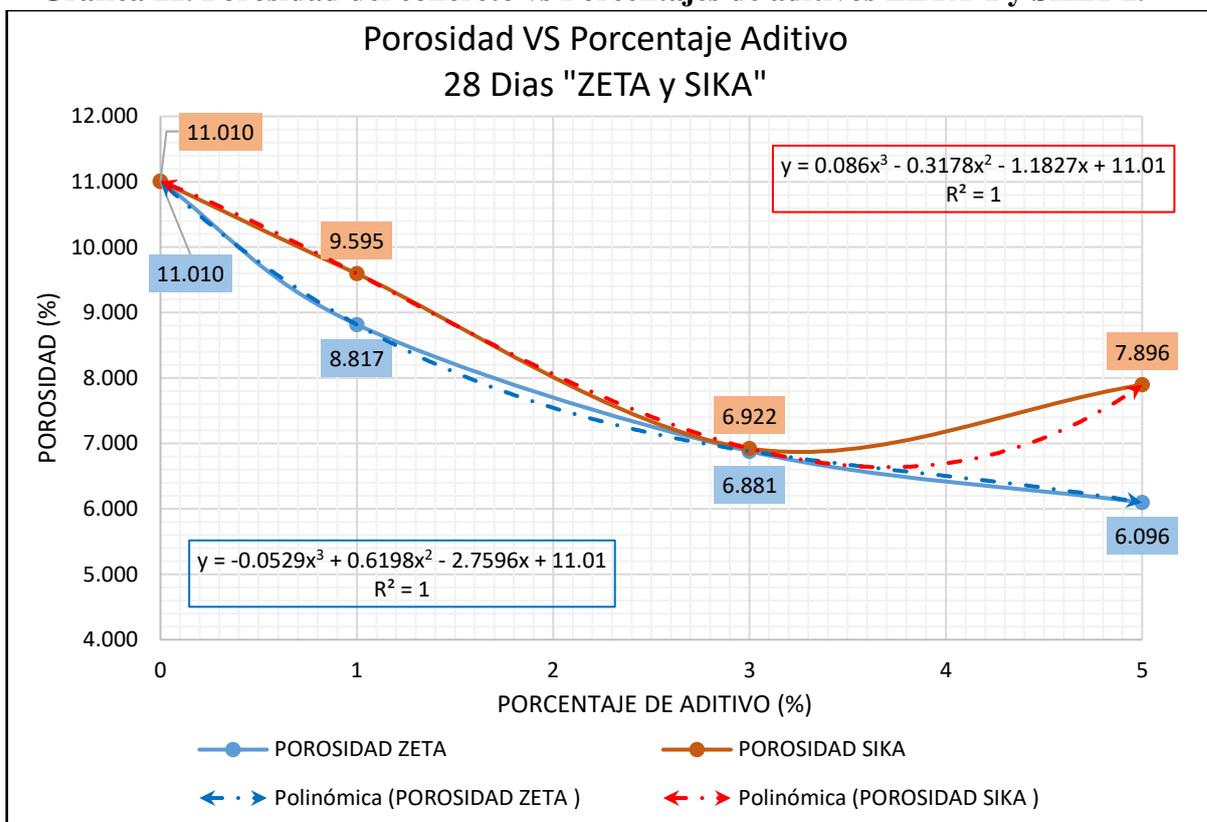
Del gráfico se aprecia que a mayor cantidad de ambos aditivos el Peso Unitario en estado Seco disminuye de 2329.92 kg/m³ a 2315.59 kg/m³ en “ZETA-1” y de 2329.92 kg/m³ a 2298.24 kg/m³ en “SIKA-1”. Los valores obtenidos están en el rango recomendable de 2400kg/m³ y 2200kg/m³.

4.2. ANÁLISIS DE LA POROSIDAD DEL CONCRETO CON ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.

Tabla 17. Porosidad del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos "ZETA-1" y "SIKA-1" a los 28 días.

% de aditivos	POROSIDAD ZETA (%)	POROSIDAD SIKA (%)
0	11.010	11.010
1	8.817	9.595
3	6.881	6.922
5	6.096	7.896

Gráfica 11. Porosidad del concreto vs Porcentajes de aditivos ZETA-1 y SIKA-1.



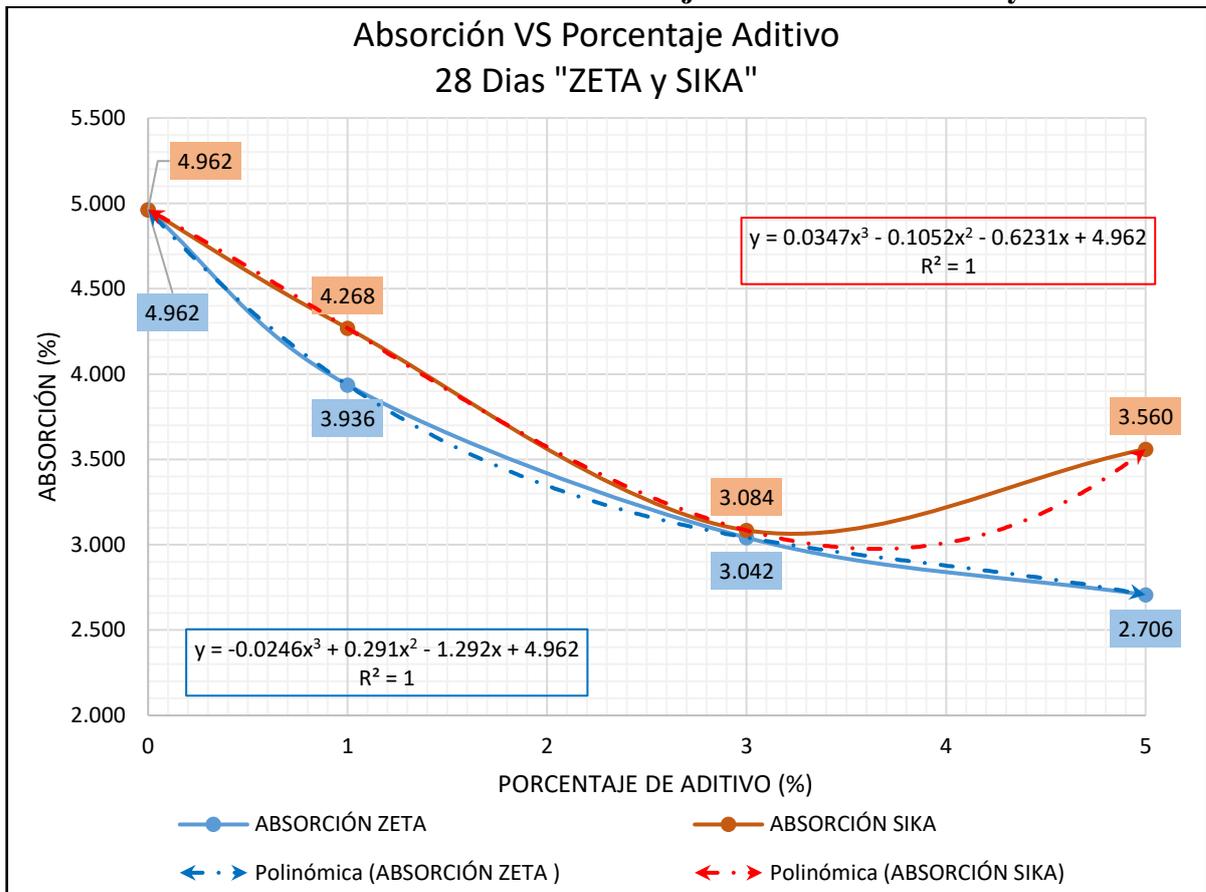
Del gráfico se observa que a mayor cantidad de ambos aditivos la Porosidad baja considerablemente. En el caso de ZETA-1 la porosidad mínima se da con el 5% de aditivo, bajando de 11.010% a 6.096%. Mientras que SIKA-1 la porosidad mínima se da con el 3% de aditivo, bajando de 11.010% a 6.922%. Analizando los datos obtenidos resulta que el aditivo ZETA-1 genera una mínima porosidad, requerida para una mejor impermeabilidad en el concreto.

4.3. ANÁLISIS DE LA ABSORCIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.

Tabla 18. Absorción del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.

% de aditivos	ABSORCIÓN ZETA (%)	ABSORCIÓN SIKA (%)
0	4.962	4.962
1	3.936	4.268
3	3.042	3.084
5	2.706	3.560

Gráfica 12. Absorción del concreto vs Porcentajes de aditivos ZETA-1 y SIKA-1.



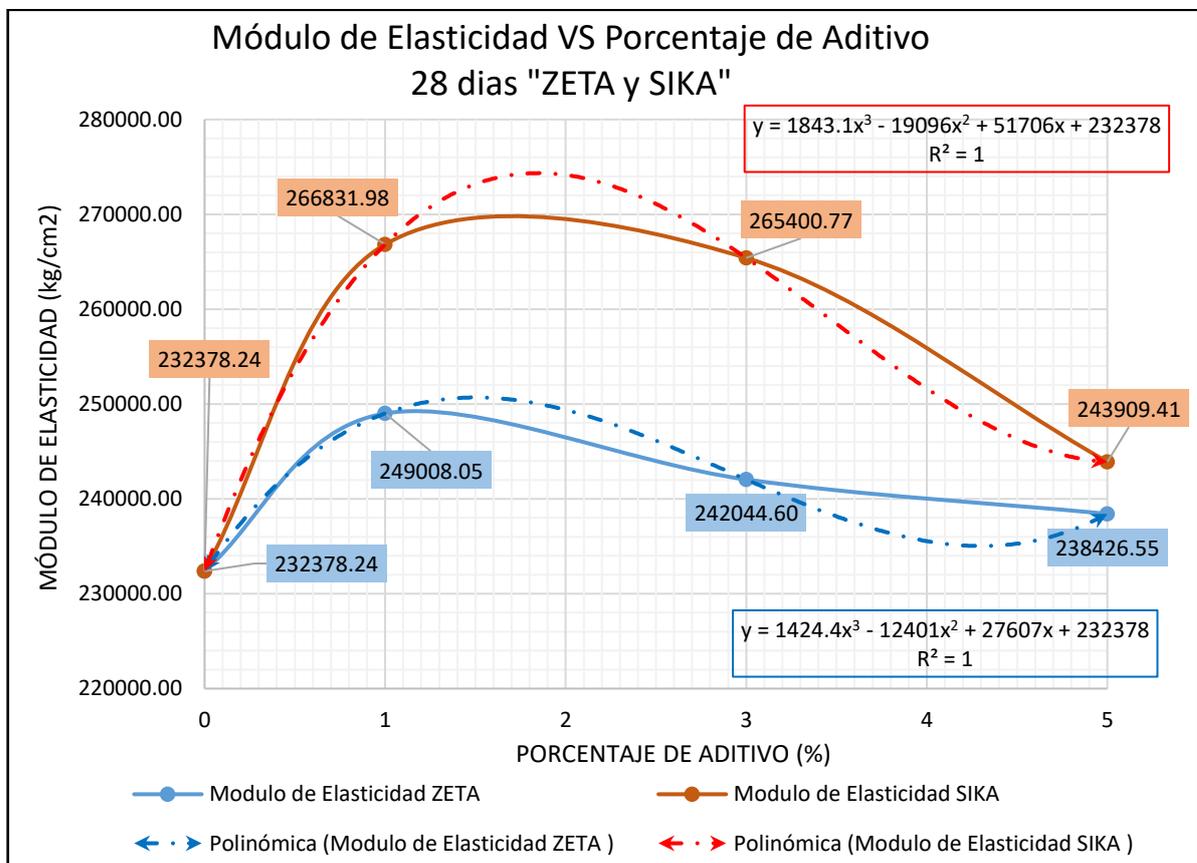
Observando el gráfico se puede determinar que a mayor cantidad de ambos aditivos la Absorción baja considerablemente. En el caso de ZETA-1 la absorción mínima se da con el 5% de aditivo, bajando de 4.962% a 2.706%. Mientras que SIKA-1 la absorción mínima se da con el 3% de aditivo, bajando de 4.962% a 3.084%. Analizando los datos obtenidos resulta que el aditivo ZETA-1 genera una mínima absorción, requerida para una mejor impermeabilidad en el concreto.

4.4. ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO CON ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.

Tabla 19. Módulo de elasticidad del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.

% de aditivos	Módulo de Elasticidad ZETA 28 días (kg/cm ²)	Módulo de Elasticidad SIKA 28 días (kg/cm ²)
0	232378.24	232378.24
1	249008.05	266831.98
3	242044.60	265400.77
5	238426.55	243909.41

Gráfica 13. Módulo de elasticidad vs Porcentajes de aditivos ZETA-1 y SIKA-1.



Del gráfico se puede determinar que: En el caso de ZETA-1 el módulo de elasticidad llega a su máximo valor 249008.05 kg/cm² con 1% de aditivo. En el caso de SIKA-1 el módulo de elasticidad llega a su máximo valor 266831.98 kg/cm² con 1% de aditivo. Comparando ambos aditivos, SIKA-1 aumenta en 7.16% el módulo de elasticidad que ZETA-1, pero ambos están entre 140000 kg/cm² y 420000 kg/cm² que son valores usualmente normales.

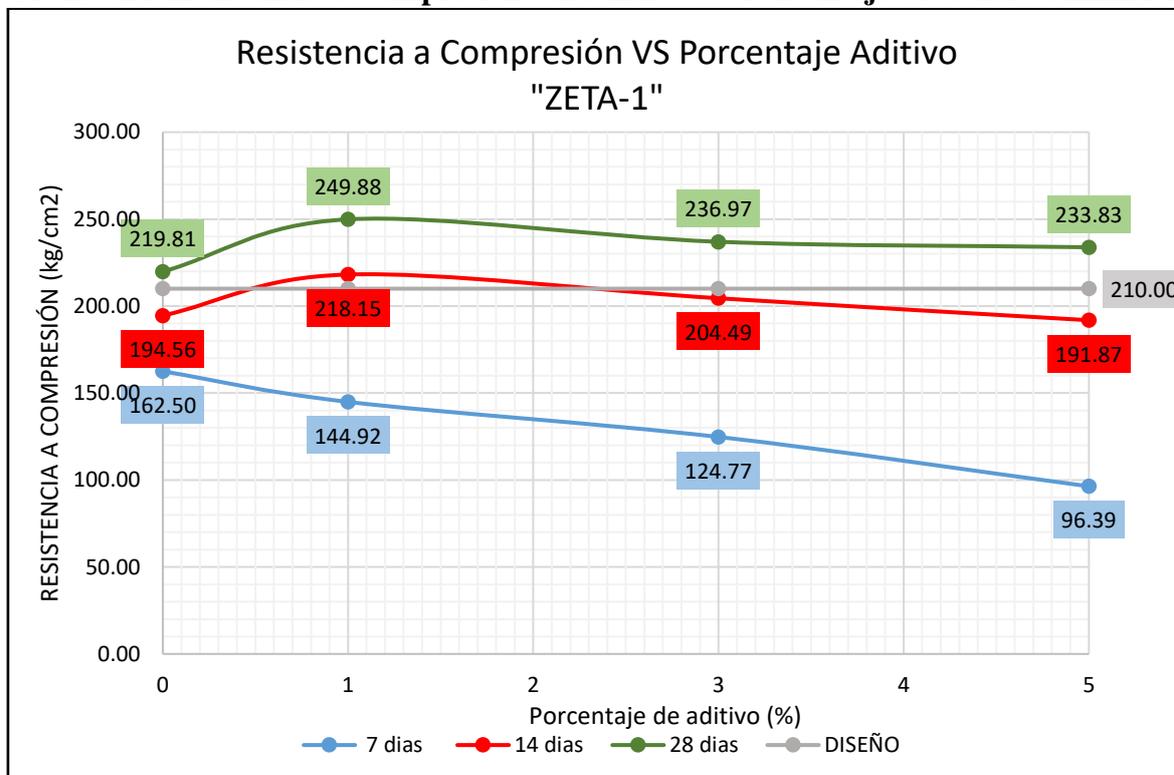
4.5. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO

4.5.1. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVO ZETA-1.

Tabla 20. Resistencia a Compresión del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos "ZETA-1" a los 7, 14 y 28 días.

% de Aditivo	Resistencia a Compresión 7 días (kg/cm ²)	Resistencia a Compresión 14 días (kg/cm ²)	Resistencia a Compresión 28 días (kg/cm ²)
0	162.50	194.56	219.81
1	144.92	218.15	249.88
3	124.77	204.49	236.97
5	96.39	191.87	233.83

Gráfica 14. Resistencia a Compresión del concreto vs Porcentajes de aditivos ZETA-1.



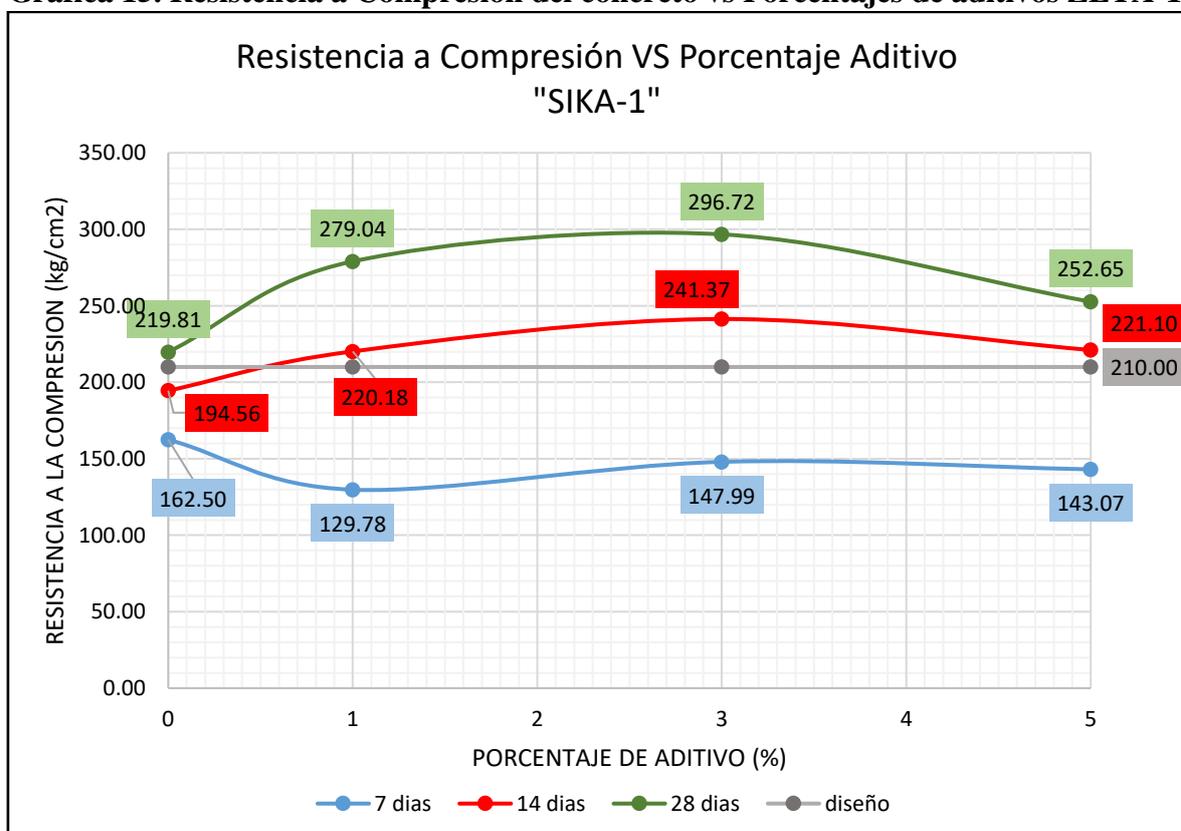
Del gráfico 14, se observa que: A los 7 días, a mayor cantidad de aditivo tiende a bajar la resistencia a compresión llegando a 96.39 kg/cm^2 con 5% de aditivo (punto más bajo). A los 14 días, llega a su máxima resistencia a compresión con 1% de aditivo llegando a 218.15 kg/cm^2 . A los 28 días, llega a su máxima resistencia a compresión con 1% de aditivo llegando a 249.88 kg/cm^2 , aumentando 18.99% de la resistencia de diseño.

4.5.2. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVO SIKKA-1.

Tabla 21. Resistencia a Compresión del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “SIKA-1” a los 7, 14 y 28 días.

% de aditivo	Resistencia a Compresión 7 días (kg/cm ²)	Resistencia a Compresión 14 días (kg/cm ²)	Resistencia a Compresión 28 días (kg/cm ²)
0	162.50	194.56	219.81
1	129.78	220.18	279.04
3	147.99	241.37	296.72
5	143.07	221.10	252.65

Gráfica 15. Resistencia a Compresión del concreto vs Porcentajes de aditivos ZETA-1.



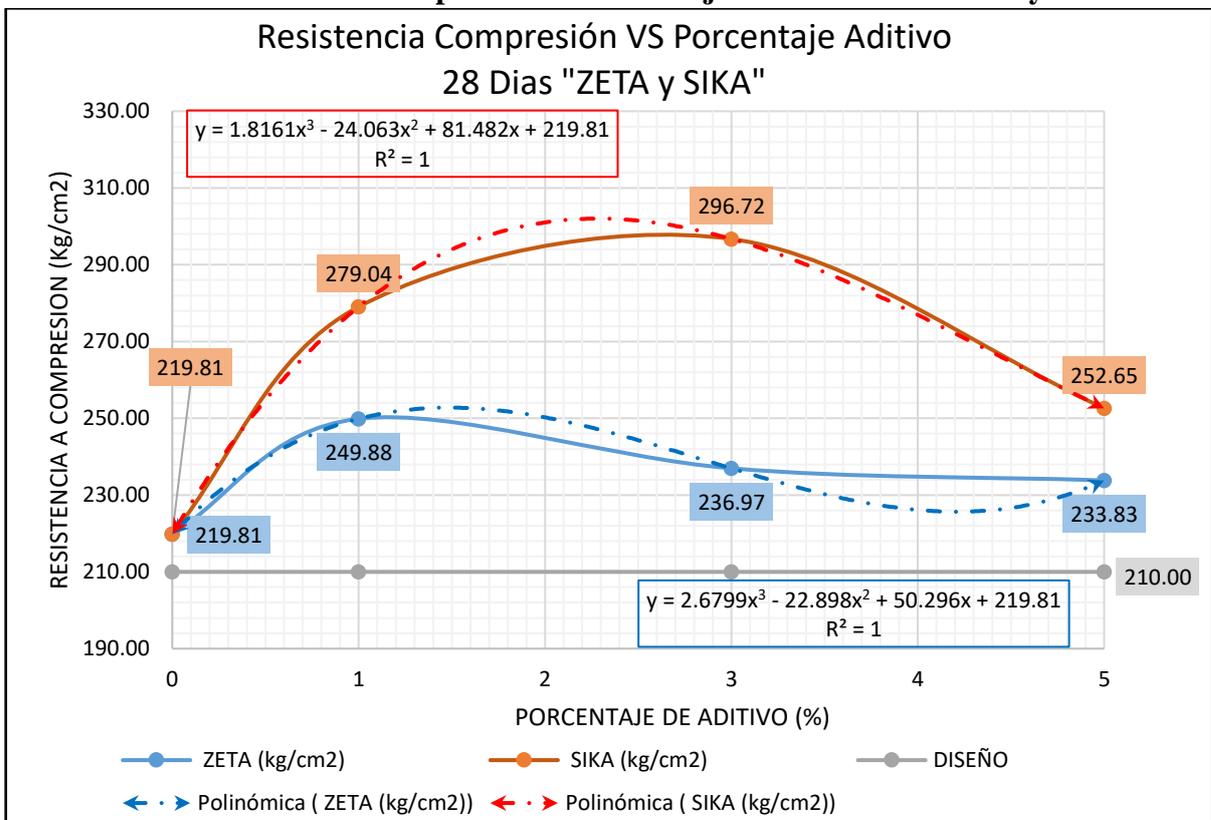
Del gráfico se puede determinar que: A los 7 días, llega a su máxima resistencia a compresión los especímenes “patrón” llegando a 162.50 kg/cm^2 . A los 14 días, llega a su máxima resistencia a compresión con 3% de aditivo llegando a 241.37 kg/cm^2 . A los 28 días, llega a su máxima resistencia a compresión con 3% de aditivo llegando a 296.72 kg/cm^2 , aumentando 41.29% de la resistencia de diseño.

4.5.3. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.

Tabla 22. Resistencia a Compresión del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.

% de aditivos	Resistencia a Compresión ZETA (kg/cm ²)	Resistencia a Compresión SIKA (kg/cm ²)
0	219.81	219.81
1	249.88	279.04
3	236.97	296.72
5	233.83	252.65

Gráfica 16. Resistencia a Compresión vs Porcentajes de aditivos ZETA-1 y SIKA-1.



Del gráfico 16 observamos que: En el caso de ZETA-1 la resistencia a la compresión llega a 249.88 kg/cm² con 1% de aditivo, aumentando en 18.99% la resistencia de diseño. En el caso de SIKA-1 la resistencia a la compresión llega a 296.72 kg/cm² con 3% de aditivo, aumentando en 41.29% la resistencia de diseño. Comparando ambos aditivos, SIKA-1 genera más resistencia a compresión.

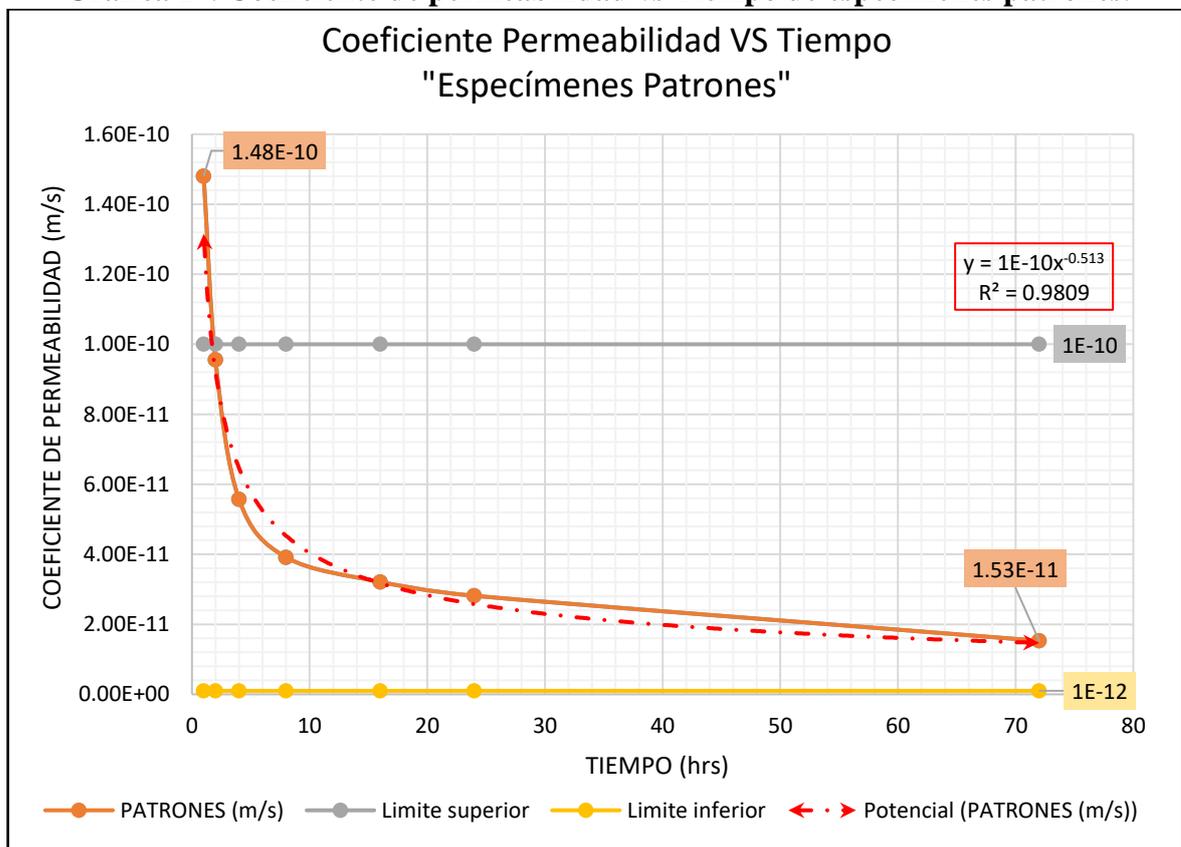
4.6. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO

4.6.1. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD DE ESPECÍMENES PATRONES.

Tabla 23. Coeficiente de Permeabilidad del concreto de especímenes patrones a los 28 días.

Tiempo (horas)	Coeficiente de Permeabilidad Patrón (m/s)
1	1.48E-10
2	9.56E-11
4	5.58E-11
8	3.92E-11
16	3.21E-11
24	2.82E-11
72	1.53E-11

Gráfica 17. Coeficiente de permeabilidad vs Tiempo de especímenes patrones.



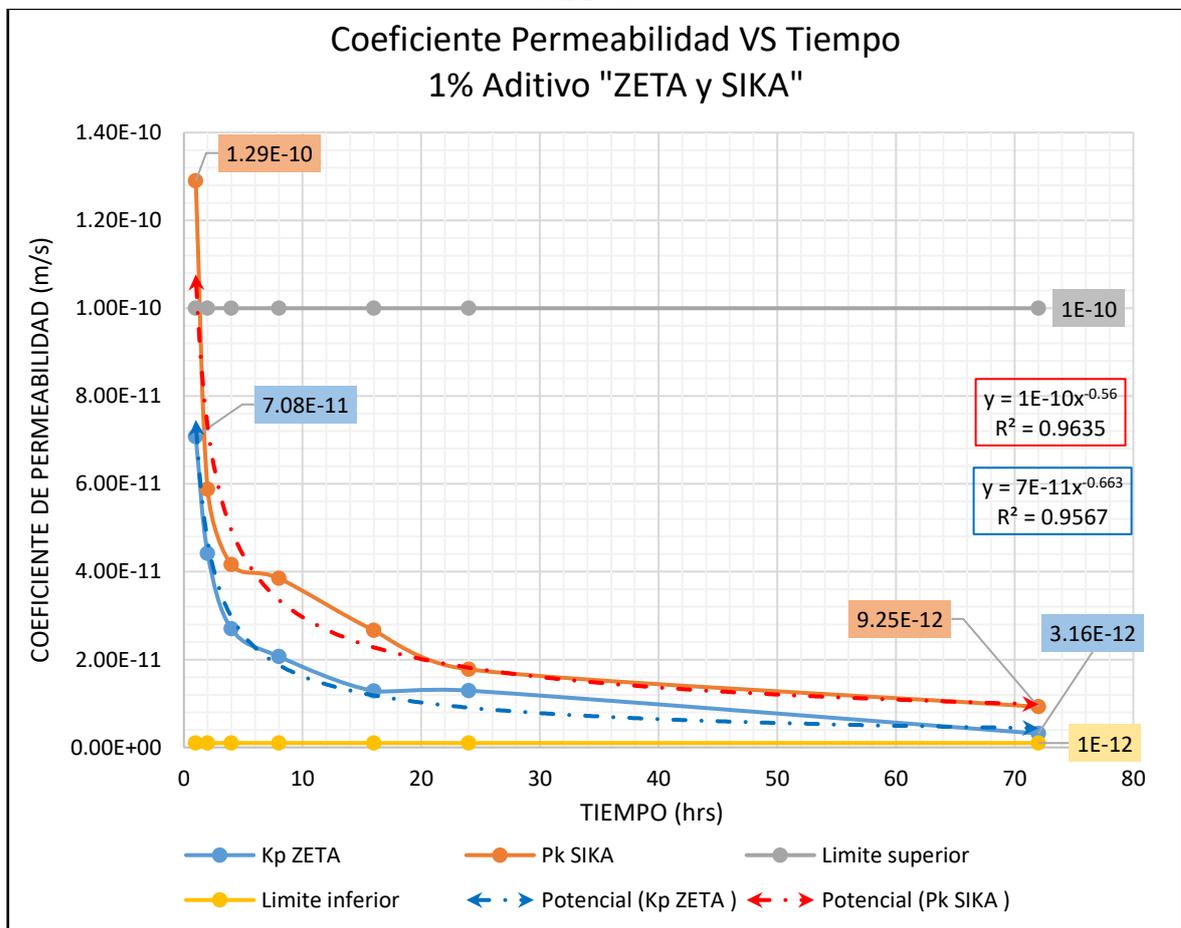
Del gráfico se puede determinar que el coeficiente de permeabilidad a mayor tiempo que se somete el concreto al ensayo de profundidad de penetración de agua bajo presión, baja de $11.48 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ (en 1 hora) a $1.53 \times 10^{-11} \text{ m/s}$ (en 3 días), entrando al rango de concreto de media impermeabilidad.

4.6.2. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD CON 1% DE ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.

Tabla 24. Coeficiente de Permeabilidad del concreto de especímenes con 1% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.

Tiempo (horas)	Coeficiente de Permeabilidad ZETA (m/s)	Coeficiente de Permeabilidad SIKA (m/s)
1	7.08E-11	1.29E-10
2	2.40E-11	5.88E-11
4	2.70E-11	4.16E-11
8	2.07E-11	3.85E-11
16	1.29E-11	2.67E-11
24	1.29E-11	1.78E-11
72	3.16E-12	9.25E-12

Gráfica 18. Coeficiente de permeabilidad vs Tiempo de especímenes con 1% de aditivos.



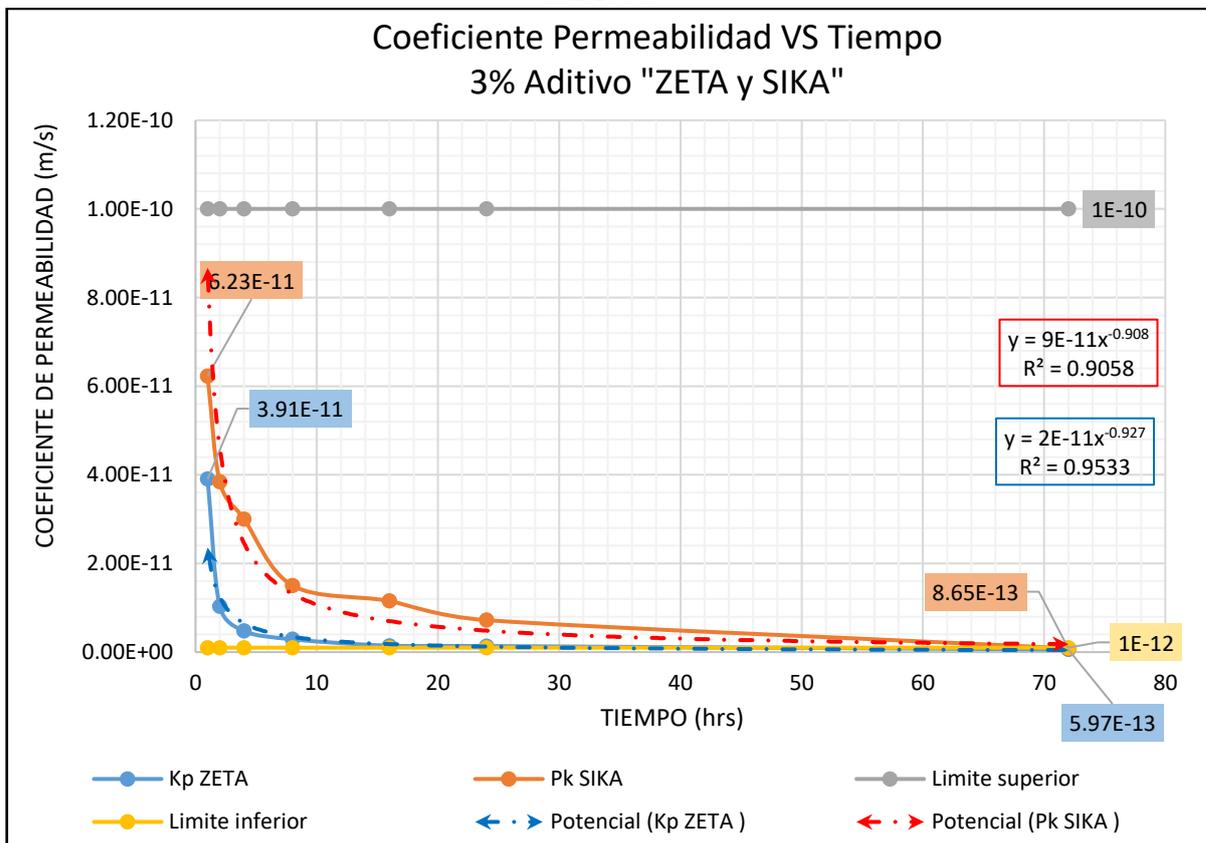
Del gráfico se observa que a los 3 días se da el mínimo valor del coeficiente de permeabilidad, llegando a $9.25 \times 10^{-12} m/s$ con aditivo SIKA-1 y a $3.16 \times 10^{-12} m/s$ con aditivo ZETA-1, siendo este último el mejor en cuanto a impermeabilidad por tener menor valor. También se puede observar que ambos aditivos se encuentran en el rango ($10^{-10} m/s - 10^{-12} m/s$) de concreto de media impermeabilidad.

4.6.3. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD CON 3% DE ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.

Tabla 25. Coeficiente de Permeabilidad del concreto de especímenes con 3% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.

Tiempo (horas)	Coeficiente de Permeabilidad ZETA (m/s)	Coeficiente de Permeabilidad SIKA (m/s)
1	3.91E-11	6.23E-11
2	1.03E-11	3.85E-11
4	4.78E-12	3.00E-11
8	2.89E-12	1.50E-11
16	1.45E-12	1.15E-11
24	1.37E-12	7.21E-12
72	5.97E-13	8.65E-13

Gráfica 19. Coeficiente de permeabilidad vs Tiempo de especímenes con 3% de aditivos.



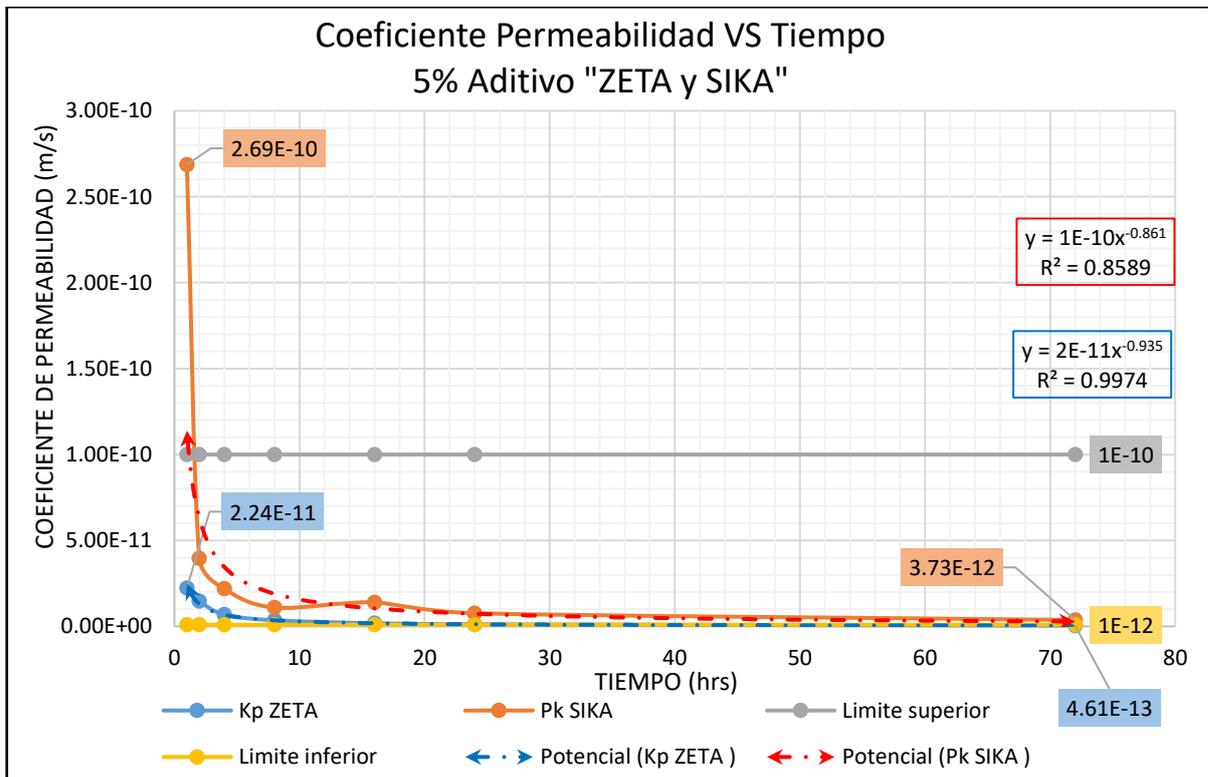
Del gráfico se puede determinar que a los 3 días se da el mínimo valor del coeficiente de permeabilidad, llegando a $8.65 \times 10^{-13} m/s$ con aditivo SIKA-1 y a $5.97 \times 10^{-13} m/s$ con aditivo ZETA-1, siendo este último el mejor en cuanto a impermeabilidad por tener menor valor. También se puede observar que ambos aditivos están por debajo de $10^{-12} m/s$ dando un concreto de alta impermeabilidad.

4.6.4. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD CON 5% DE ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.

Tabla 26. Coeficiente de Permeabilidad del concreto de especímenes s con 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1” a los 28 días.

Tiempo (horas)	Coeficiente de Permeabilidad ZETA (m/s)	Coeficiente de Permeabilidad SIKA (m/s)
1	2.24E-11	2.69E-10
2	1.48E-11	3.96E-11
4	6.83E-12	2.19E-11
8	3.58E-12	1.10E-11
16	1.84E-12	1.40E-11
24	1.21E-12	7.69E-12
72	4.61E-13	3.73E-12

Gráfica 20. Coeficiente de permeabilidad vs Tiempo de especímenes con 5% de aditivos.



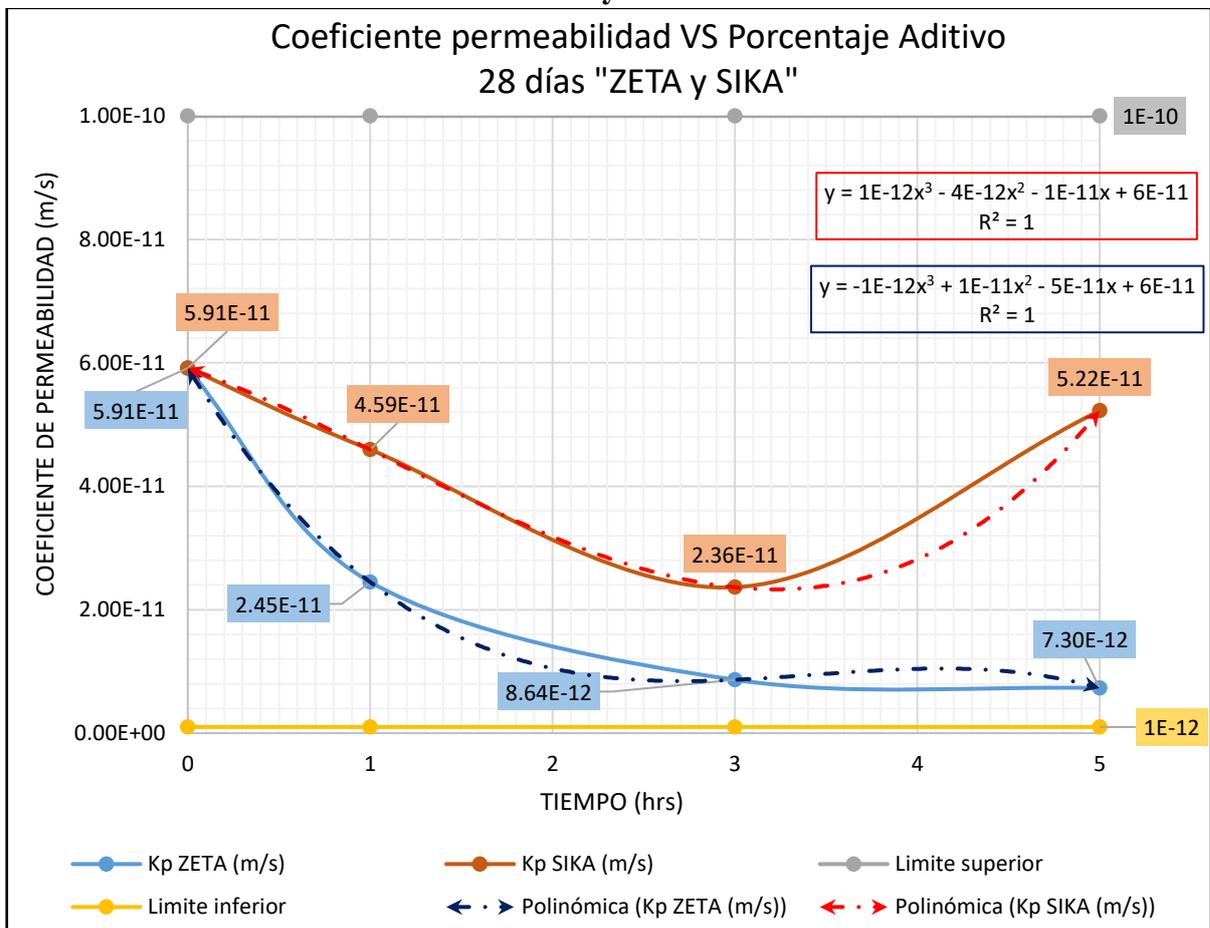
Del gráfico se puede determinar que a los 3 días se da el mínimo valor del coeficiente de permeabilidad, llegando a $3.73 \times 10^{-12} m/s$ con aditivo SIKA-1 y a $4.61 \times 10^{-13} m/s$ con aditivo, siendo este último el mejor en cuanto a impermeabilidad por tener menor valor. También se puede observar que el coeficiente de permeabilidad de SIKA-1 se encuentra entre $10^{-10} m/s - 10^{-12} m/s$ siendo un concreto de media impermeabilidad, y el coeficiente de permeabilidad de ZETA-1 se encuentra debajo de $10^{-12} m/s$ siendo un concreto de alta impermeabilidad.

4.6.5. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD PROMEDIO CON ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1.

Tabla 27. Coeficiente de Permeabilidad Promedio del concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos "ZETA-1" y "SIKA-1" a los 28 días.

% de aditivos	Coeficiente de Permeabilidad Promedio ZETA (m/s)	Coeficiente de Permeabilidad Promedio SIKA (m/s)
0	5.91E-11	5.91E-11
1	2.45E-11	4.59E-11
3	8.64E-12	2.36E-11
5	7.30E-12	5.22E-11

Gráfica 21. Coeficiente de Permeabilidad Promedio vs Porcentajes de aditivos ZETA-1 y SIKA-1.



Del gráfico 21, se observa que: En el caso de SIKA-1 el coeficiente de permeabilidad promedio mínimo llega a $2.36 \times 10^{-11} m/s$ con 3% de aditivo, siendo el óptimo valor con respecto a la cantidad de aditivo. En el caso de ZETA-1 el coeficiente de permeabilidad promedio mínimo llega a $7.30 \times 10^{-12} m/s$ con 5% de aditivo, siendo el óptimo valor con respecto a la cantidad de aditivo. Se observa también que los coeficientes de permeabilidad de ambos aditivos se encuentran en el rango ($10^{-10} m/s$ - $10^{-12} m/s$) de concreto de media impermeabilidad.

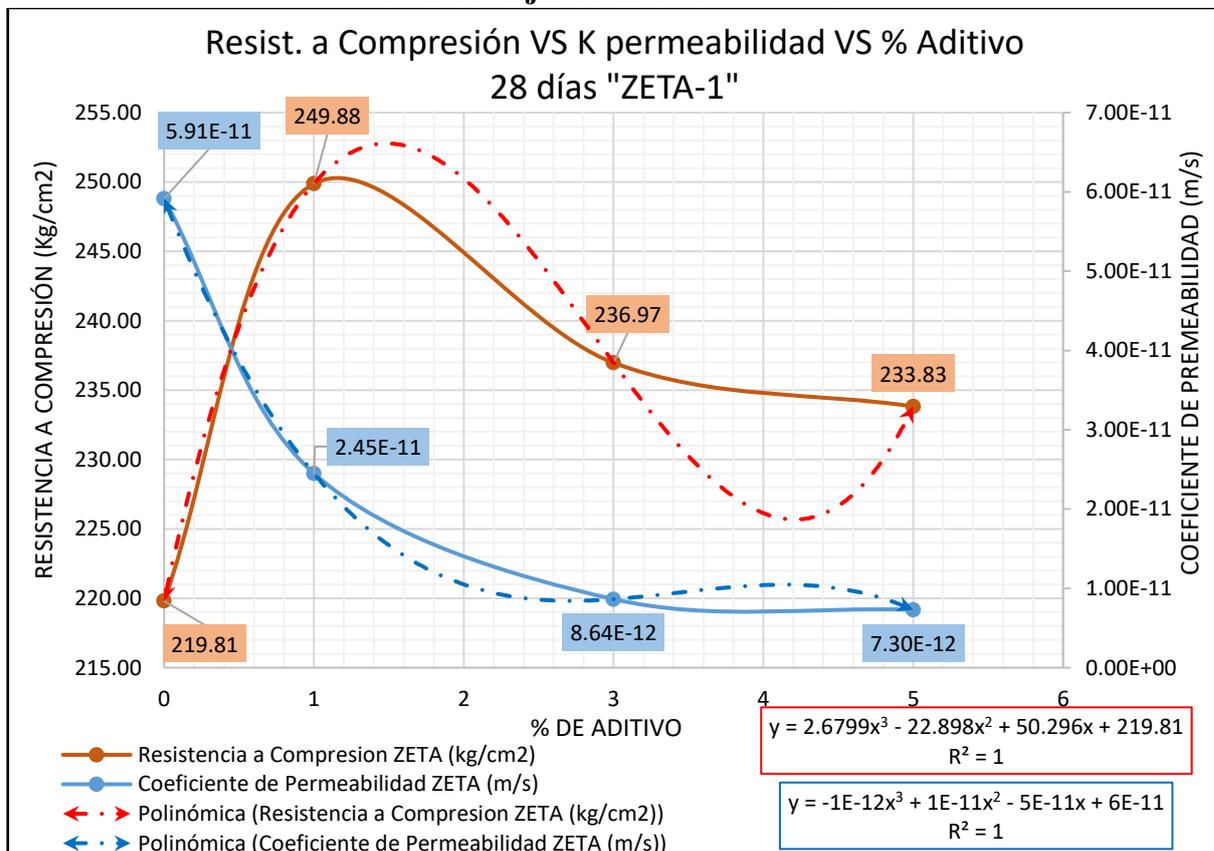
4.7. RELACIÓN ENTRE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

4.7.1. RELACIÓN ENTRE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ADITIVOS ZETA-1.

Tabla 28. Relación entre coeficiente de Permeabilidad Promedio y Resistencia a la Compresión con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% del aditivo “ZETA-1” a los 28 días.

% de aditivos	Coefficiente de Permeabilidad ZETA (m/s)	Resistencia a Compresión ZETA (kg/cm2)
0	5.91E-11	219.81
1	2.45E-11	249.88
3	8.64E-12	236.97
5	7.30E-12	233.83

Gráfica 22. Resistencia a la Compresión vs Coeficiente de Permeabilidad Promedio vs Porcentajes de aditivo ZETA-1.



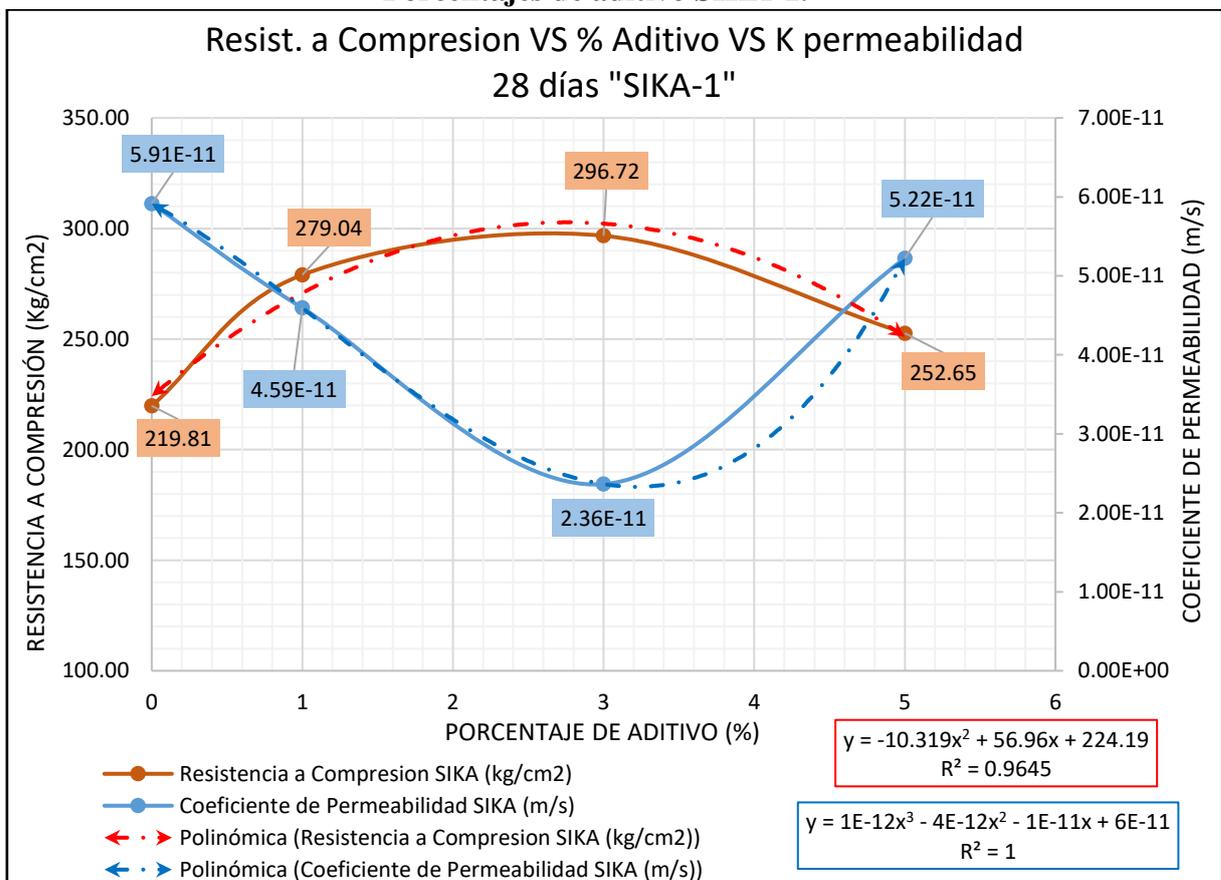
Del gráfico se determina que: Con el 0% de aditivo la resistencia a la compresión no genera aumento en la resistencia de diseño (210kg/cm²), y el coeficiente de permeabilidad es $5.92 \times 10^{-11} m/s$. Con el 1% de aditivo la resistencia a compresión aumenta 18.99%, y el coeficiente de permeabilidad es $2.45 \times 10^{-11} m/s$. Con el 3% de aditivo la resistencia a compresión aumenta 12.84%, y el coeficiente de permeabilidad es $8.64 \times 10^{-12} m/s$. Con el 5% de aditivo la resistencia a compresión aumenta 11.35%, y el coeficiente de permeabilidad es $7.30 \times 10^{-12} m/s$. De estos valores podemos elegir de acuerdo a la necesidad que se requiera, sea mayor resistencia a la compresión o mayor impermeabilidad.

4.7.2. RELACIÓN ENTRE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ADITIVOS SIKA-1.

Tabla 29. Relación entre coeficiente de Permeabilidad Promedio y Resistencia a la Compresión con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% del aditivo “SIKA-1” a los 28 días.

% de aditivos	Coefficiente de Permeabilidad SIKA (m/s)	Resistencia a Compresión SIKA (kg/cm ²)
0	5.91E-11	219.81
1	4.59E-11	279.04
3	2.36E-11	296.72
5	5.22E-11	252.65

Gráfica 23. Resistencia a la Compresión vs Coeficiente de Permeabilidad Promedio vs Porcentajes de aditivo SIKA-1.



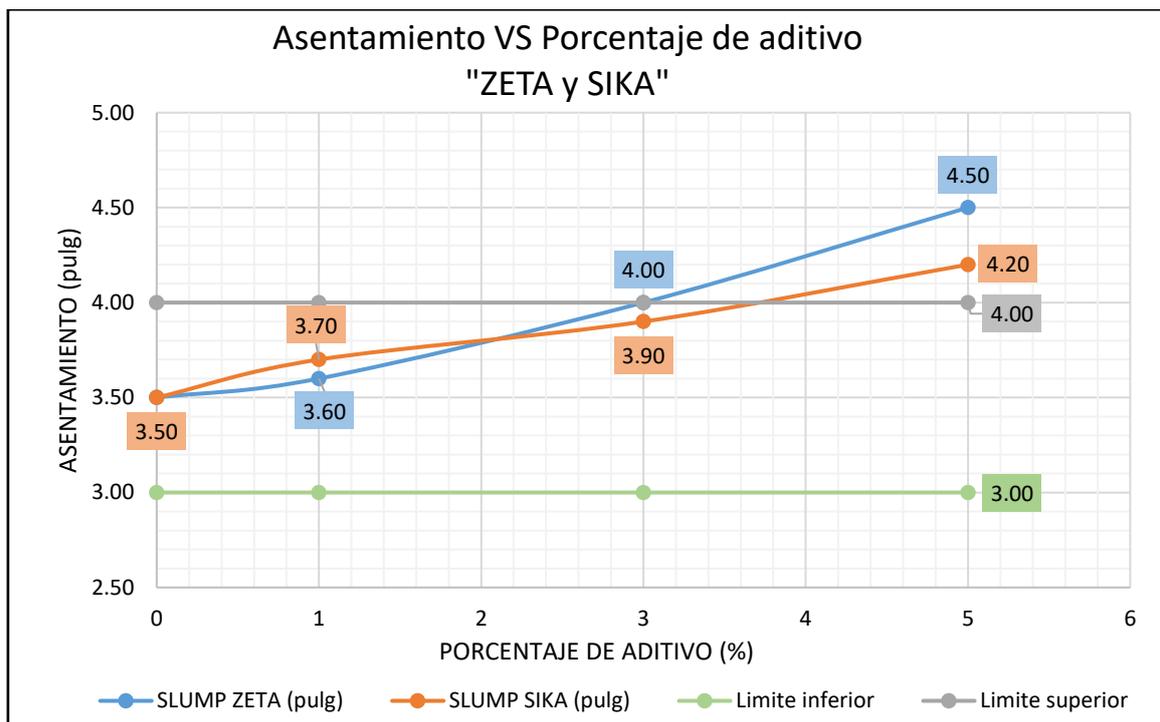
Del gráfico 23 se determina que: Con el 0% de aditivo la resistencia a la compresión no genera aumento en la resistencia de diseño (210kg/cm²), y el coeficiente de permeabilidad es $5.91 \times 10^{-11} m/s$. Con el 1% de aditivo la resistencia a compresión aumenta 32.88%, y el coeficiente de permeabilidad es $4.59 \times 10^{-11} m/s$. Con el 3% de aditivo la resistencia a compresión aumenta 41.29%, y el coeficiente de permeabilidad es $2.36 \times 10^{-11} m/s$. Con el 5% de aditivo la resistencia a compresión aumenta 20.31%, y el coeficiente de permeabilidad es $5.22 \times 10^{-11} m/s$. De estos valores se nota que con el 3% de aditivo obtenemos la resistencia e impermeabilidad óptima.

4.8. ANALISIS DEL ASENTAMIENTO CON ADITIVOS ZETA-1 Y SIKA-1

Tabla 30. Asentamiento concreto con cantidades 0%, 1%, 3% y 5% de los aditivos “ZETA-1” y “SIKA-1”.

% de aditivos	SLUMP ZETA (pulg)	SLUMP SIKA (pulg)
0	3.50	3.50
1	3.60	3.70
3	4.00	3.90
5	4.50	4.20

Gráfica 24. Asentamiento del concreto vs Porcentajes de aditivo ZETA-1 y SIKA-1.



Del gráfico se puede determinar que: Con el 0% de aditivo el asentamiento es 3.5”, siendo una consistencia plástica ya que se encuentra en el rango de 3” a 4” previsto en el diseño. Con el 1% de aditivo el asentamiento aumenta a 3.6” en ZETA-1 y 3.7” en SIKA-1 siendo al igual que el anterior de consistencia plástica. Con el 3% de aditivo el asentamiento se incrementa a 4.0” en ZETA-1 y 3.9” en SIKA-1, siendo también de consistencia plástica. Con el 5% de aditivo el asentamiento se incrementa a 4.5” en ZETA-1 y 4.2” en SIKA-1, siendo de consistencia fluida sobrepasando los 4” prevista del diseño.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La adición del aditivo Sika-1 en cantidades que se aproximan al 3% del peso del cemento, genera el máximo valor, aumentando la resistencia a la compresión en 41.29% con respecto a la resistencia de diseño ($210\text{kg}/\text{cm}^2$). Por otro lado, disminuye la porosidad de 11.01% a 6.92%, y la absorción de 4.96% a 3.08%, factores que son indispensables para una alta impermeabilización del concreto.
- La incorporación del aditivo Sika-1 en cantidades de 1% del peso del cemento, disminuyó el coeficiente de permeabilidad de $5.91 \times 10^{-11} \text{m/s}$ a $4.59 \times 10^{-11} \text{m/s}$, en 3% de $5.91 \times 10^{-11} \text{m/s}$ a $2.36 \times 10^{-11} \text{m/s}$ y en 5% de $5.91 \times 10^{-11} \text{m/s}$ a $5.22 \times 10^{-11} \text{m/s}$, siendo las cantidades que aproximan al 3% de aditivo, las óptimas que generan una mayor impermeabilidad.
- Se concluye que con respecto a la resistencia de diseño ($210\text{kg}/\text{cm}^2$), la variación de la resistencia a compresión a edades de 7, 14 y 28 días es 61.80%, 70.47%, 68.13% respectivamente, en especímenes con 1% de aditivo; 104.85%, 114.94%, 105.29% en especímenes con 3% de aditivo y 132.88%, 141.29%, 120.31% en especímenes con 5% de aditivo.
- El Peso Unitario de los especímenes diseñados con aditivo SIKKA-1, resulta que el menor valor es con el 5% a los 14 días, y el mayor valor es con el 1% de aditivo a los 14 días, y el Peso Unitario de los especímenes diseñados con aditivo ZETA-1, resulta que el menor valor es con el 5% de aditivo a los 14 días, y el mayor valor es con el 3% de aditivo a los 14 días.
- El módulo de elasticidad con aditivo ZETA-1 llega a su máximo valor $249008.05 \text{ kg}/\text{cm}^2$ con cantidades que aproximan al 1% de aditivo. En el caso de SIKKA-1 el módulo de elasticidad llega a su máximo valor $266831.98 \text{ kg}/\text{cm}^2$ con con cantidades que se aproximan al 1% de aditivo. Comparando ambos aditivos, SIKKA-1 aumenta en 7.16% el módulo de elasticidad que ZETA-1, los cuales ambos están en el rango de $140000 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y $420000 \text{ kg}/\text{cm}^2$ que son valores usualmente normales.

- Se concluye que con el 3% de aditivo SIKA-1 la resistencia a compresión aumenta 41.29%, y el coeficiente de permeabilidad es $2.36 \times 10^{-11} m/s$ a los 28 días de edad. De estos valores se nota que con cantidades que se aproximan al 3% de aditivo obtenemos la resistencia e impermeabilidad óptima.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en futuras investigaciones se considere trabajar con la Ley de Darcy para identificar la variación de resultados.
- Se debe investigar normas extranjeras como son las europeas debido a que no existe normas peruanas ni americanas relacionadas con el concreto de baja permeabilidad.
- Se recomienda investigar la impermeabilidad del concreto con diferentes relaciones de a/c.
- Se recomienda para el ensayo de profundidad de penetración de agua bajo presión usar un espécimen de diámetro de 6 pulg, y altura de 6 pulg. para evitar el desperdicio de mezcla, respetar la esbeltez, y facilitar el ensayo de penetración de agua y ensayo de tracción indirecta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Rivva, Enrique. (2004). “Naturaleza y Materiales del Concreto”, Instituto de la Construcción y Gerencia, Lima – Perú.
- Rivva, Enrique. (2010). “CONCRETO, TOMO II: Diseño de Mezclas”, Instituto de la Construcción y Gerencia, Lima – Perú.
- Norma NTP 400.043 (2006) AGREGADOS. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo.
- Norma NTP 400.037. (2002) AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto).
- Norma NTP 400.022. (2002) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. 2a. ed.
- Norma NTP 400.021. (2002) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para espeso específico y absorción del agregado grueso. 2a. ed.
- Norma NTP 339.034 (2008) HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas de concreto. 3a. ed.
- Norma NTP 339.035 (2009) HORMIGON. (CONCRETO) Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. 3a. ed.
- Norma NTP 339.185 (2002) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- Norma ASTM C 192 (2012) Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Concreto para Ensayo en Laboratorio.
- Norma ASTM C 150 (2012) Especificaciones estándar para cementos portland.
- Norma ASTM C 138 (2010) Método de Ensayo Normalizado de Densidad (Peso Unitario), Rendimiento, y Contenido de Aire (Gravimétrico) del Concreto.
- Norma ASTM C 128 (2004) Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Finos.
- Norma ASTM C 136 (2005) Método de Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos.
- Norma Europea EN 12390-8 (2000) Profundidad de penetración de agua bajo presión.

ANEXOS

ANEXO I: Cálculo del contenido de humedad de los agregados

Tabla 31. Contenido de humedad del agregado fino.

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D 2216 - NTP 339.127			
DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO		
Nº de Tara	T-01	T-02	T-03
PESO DE LA TARA (gr)	92.43	94.58	89.22
PESO TARA + MUESTRA HÚMEDA (gr)	500.00	518.20	485.01
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	486.80	504.64	472.16
PESO DEL AGUA (gr)	13.20	13.56	12.85
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	394.36	410.06	382.94
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.35%	3.31%	3.36%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	3.34%		

Tabla 32. Contenido de humedad del agregado grueso.

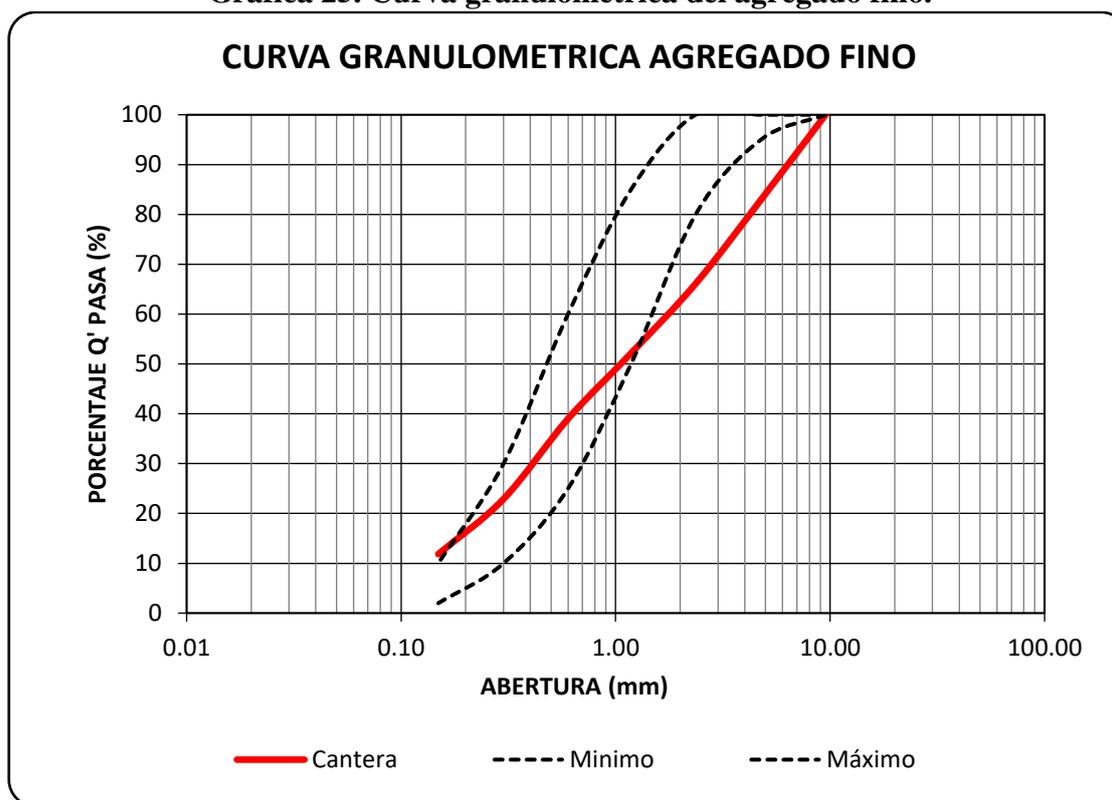
CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D 2216 - NTP 339.127			
DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO		
Nº de Tara	T-01	T-02	T-03
PESO DE LA TARA (gr)	75.00	74.00	76.00
PESO TARA + MUESTRA HÚMEDA (gr)	532.00	578.00	556.00
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	525.00	570.00	549.00
PESO DEL AGUA (gr)	7.00	8.00	7.00
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	450.00	496.00	473.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.56%	1.61%	1.48%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	1.55%		

ANEXO II: Cálculo de análisis granulométrico de los agregados

Tabla 33. Análisis granulométrico del agregado fino.

ASTM C 136 - NPT 400.012				
TAMICES	ABERTURA (mm)	AGREGADO FINO		
		PESO SECO INICIAL (gr):		5000.00
		PESO RETENIDO	% RTDO ACUM	% ACUM. QUE PASA
3/8"	9.520	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.760	853.00	17.06	82.94
Nº 8	2.360	841.00	33.88	66.12
Nº 16	1.180	699.00	47.86	52.14
Nº 30	0.600	657.00	61.00	39.00
Nº 50	0.300	805.00	77.10	22.90
Nº 100	0.149	553.00	88.16	11.84
Nº 200	0.074	434.00	96.84	3.16
Cazoleta	.-	19.00	97.22	2.78
Módulo de Finura Agregado Grueso (MFAg)=				7.43

Gráfica 25. Curva granulométrica del agregado fino.

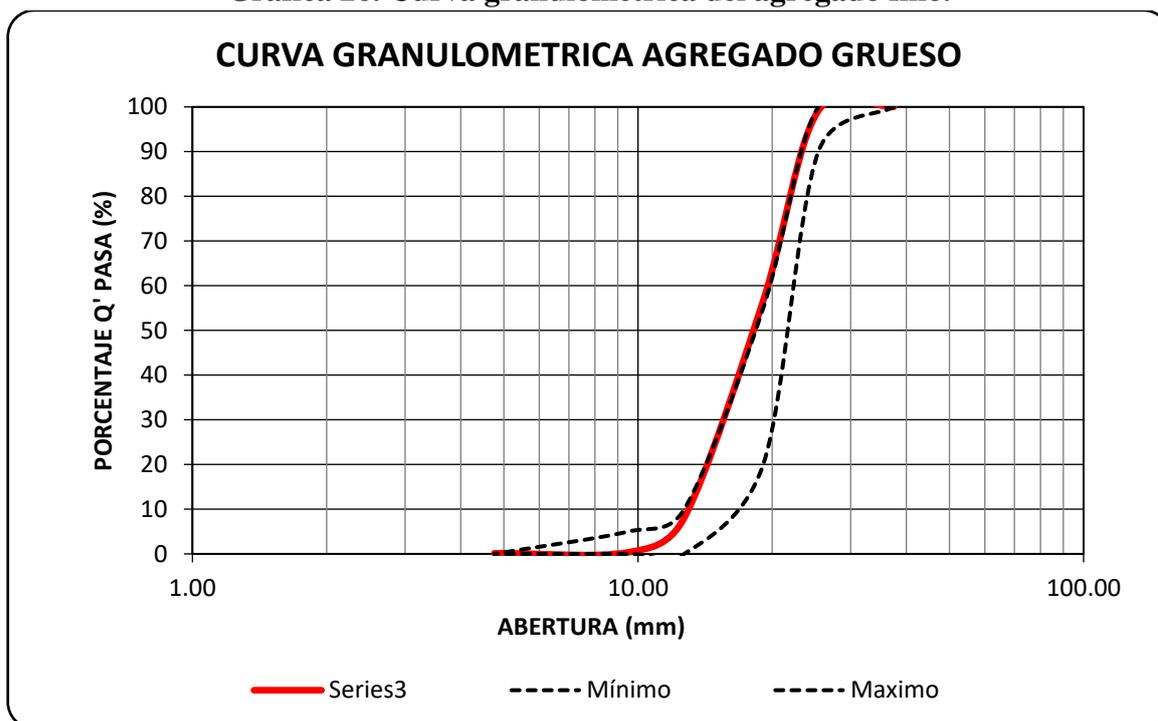


Huso granulométrico agregado fino - NTP 400.037

Tabla 34. Análisis granulométrico del agregado grueso.

ASTM C 136 - NPT 400.012				
TAMICES	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		
		PESO SECO INICIAL (gr):		7000.00
		PESO RETENIDO	% RTDO ACUM	% ACUM. QUE PASA
3"	75.000	0.0	0.00	100.00
2"	50.800	0.0	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.0	0.00	100.00
1"	25.400	60.0	0.86	99.14
3/4"	19.100	2975.0	43.36	56.64
1/2"	12.700	3400.0	91.93	8.07
3/8"	9.520	540.0	99.64	0.36
Nº 4	4.760	15.0	99.86	0.14
Cazoleta	-.-	9.0	99.99	0.01
Módulo de Finura Agregado Fino (MFAf)=				3.25

Gráfica 26. Curva granulométrica del agregado fino.



Huso granulométrico N° 5 agregado grueso - NTP 400.037

ANEXO III: Cálculo de peso específico y absorción de los agregados

Tabla 35. Peso específico y absorción del agregado fino.

ASTM C 128 - NTP 400.022			
MUESTRA	AGREGADO FINO		
	M1	M2	M3
Peso del agregado S.S.S. (gr)	500.00	500.00	500.00
Peso de la fiola (gr)	145.00	145.00	145.00
Peso agregado + fiola (gr)	645.00	645.00	645.00
P. fiola + agregado + agua (gr)	959.20	961.70	960.00
Wo= Peso de la muestra en el aire secada al horno (gr)	493.80	493.20	493.50
V= Volumen del frasco (cm3)	500.00	500.00	500.00
Va= Volumen del añadida al frasco (cm3)	314.20	316.70	315.00
Peso Específico de masa $Pe = Wo/(V-Va)$	2.66	2.69	2.67
Peso Específico de masa promedio (gr/cm3)	2.67		
P. específico de masa saturado superficie seco $Pe = 500/(V-Va)$	2.69	2.73	2.70
P. específico de masa saturado superficie seco (gr/cm3)	2.71		
P. específico aparente $Pe = Wo/((V-Va)-(500-Wo))$	2.75	2.79	2.76
P. específico aparente (gr/cm3)	2.77		
Absorción $Abs = ((500-Wo)/Wo)*100$	1.26%	1.38%	1.32%
Absorción Promedio(%)	1.32%		

Tabla 36. Peso específico y absorción del agregado grueso.

ASTM C 127 - NTP 400.021			
MUESTRA	AGREGADO GRUESO		
	M1	M2	M3
Peso de malla + muestra (gr)	4,705	4,708	4,705
Peso de la malla sumergida (gr)	2,220	2,220	2,220
A= Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)	3,958	3,957	3,956
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	4,000	4,000	4,000
C= Peso en el agua de la muestra saturada (gr)	2,485	2,488	2,485
Peso específico de masa $Pe = A/(B-C)$	2.61	2.62	2.61
Peso específico de masa promedio (gr/cm3)	2.61		
Peso específico saturado superficialmente seco $Pe = B/(B-C)$	2.64	2.65	2.64
Peso específico saturado superficialmente seco (gr/cm3)	2.64		
Peso específico aparente $P = A/(A-C)$	2.687	2.694	2.689
Peso específico aparente (gr/cm3)	2.69		
Absorción $Abs = ((B-A)/A)*100$	1.06%	1.09%	1.11%
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	1.09%		

ANEXO IV: Cálculo de peso unitario volumétrico compactado y suelto de los agregados.

Tabla 37. Peso unitario volumétrico compactado del agregado fino.

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO - ASTM C 29 - NTP 400.017			
DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO		
	M1	M2	M3
PESO MOLDE (gr)	4,198	4,198	4,198
PESO DE MOLDE + PESO DE MUESTRA (gr)	21,773	21,712	21,693
PESO MUESTRA COMPACTADAS (gr)	17575	17514	17495
VOLUMEN DE RECIPIENTE o VOLUMEN DE AGUA(cm3)	9,750	9,750	9,750
PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm3)	1.803	1.796	1.794
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO (gr/cm3)	1.798		

Tabla 38. Peso unitario volumétrico compactado del agregado grueso.

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO - ASTM C 29 - NTP 400.017			
DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO		
	M1	M2	M3
PESO MOLDE (gr)	4,198	4,198	4,198
PESO DE MOLDE + PESO DE MUESTRA (gr)	20,604	20,655	20,679
PESO MUESTRA COMPACTADAS (gr)	16,406	16,457	16,481
VOLUMEN DE RECIPIENTE o VOLUMEN DE AGUA(cm3)	9,750	9,750	9,750
PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm3)	1.683	1.688	1.690
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO (gr/cm3)	1.687		

Tabla 39. Peso unitario volumétrico suelto del agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO - ASTM C 29 - NTP 400.017			
DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO		
	M1	M2	M3
PESO MOLDE (gr)	4,198	4,198	4,198
PESO DE MOLDE + PESO DE MUESTRA (gr)	19,994	19,976	19,912
PESO MUESTRA SUELTA (gr)	15,396	15,378	15,314
VOLUMEN DE RECIPIENTE o VOLUMEN DE AGUA(cm3)	9,750	9,750	9,750
PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)	1.579	1.577	1.571
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO (gr/cm3)	1.617		

Tabla 40. Peso unitario volumétrico suelto del agregado grueso.

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO - ASTM C 29 - NTP 400.017			
DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO		
	M1	M2	M3
PESO MOLDE (gr)	4,198	4,198	4,198
PESO DE MOLDE + PESO DE MUESTRA (gr)	19,854	19,831	19,842
PESO MUESTRA SUELTA (gr)	15,556	15,533	15,544
VOLUMEN DE RECIPIENTE o VOLUMEN DE AGUA(cm3)	9,750	9,750	9,750
PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)	1.595	1.593	1.594
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO (gr/cm3)	1.605		

ANEXO V: Cálculo de cantidad de material que pasa la malla N°200 de los agregados.

Tabla 41. Cantidad de material que pasa la malla N°200 del agregado fino.

ASTM C 117 - NTP 400.018		
DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO	
	M1	M2
PESO MUESTRA SECA (gr)	1,000	1,000
PESO MUESTRA LAVADA SECA (gr)	968	961
% Q' PASA N° 200	3.20%	3.90%
% Q' PASA N° 200 PROMEDIO	3.55%	

Tabla 42. Cantidad de material que pasa la malla N°200 del agregado grueso.

ASTM C 117 - NTP 400.018		
DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO	
	M1	M2
PESO MUESTRA SECA (gr)	1,000	1,000
PESO MUESTRA LAVADA SECA	987	991
% Q' PASA N° 200	1.30%	0.90%
% Q' PASA N° 200 PROMEDIO	1.10%	

ANEXO VI: Diseño de mezclas del concreto para un $f'c = 210\text{kg/cm}^2$.

A. Propiedades de los materiales usados en el diseño

Tabla 43. Propiedades de los agregados, aditivos, agua y cemento.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES			
CEMENTO	Tipo	Portland Tipo I	
	Peso específico	3.13	gr/cm ³
ADITIVO SIKA	Tipo	impermeabilizante	
	Peso específico	0.95	kg/lt
ADITIVO ZETA	Tipo	impermeabilizante	
	Peso específico	0.98	kg/lt
AGUA	Potable de red publica		
AG. FINO	peso unitario compactado:	1.798	gr/cm ³
	peso unitario suelto:	1.617	gr/cm ³
	Peso Específico de masa:	2.67	gr/cm ³
	absorción:	1.32	%
	contenido de humedad:	3.34	%
	módulo de fineza:	3.25	
AG. GRUESO	Perfil	Angular	
	tamaño máximo nominal:	3/4"	
	peso unitario compactado:	1.687	gr/cm ³
	peso unitario suelto:	1.605	gr/cm ³
	Peso Específico de masa:	2.61	gr/cm ³
	absorción:	1.09	%
	contenido de humedad:	1.55	%
	módulo de fineza:	7.43	

B. Resistencia promedio requerida

Al no contar con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de desviación estándar, el $f'cr$ se obtuvo del siguiente cuadro:

Cuadro 1. Resistencia promedio requerido.

$f'c$	$f'cr$
menos de 210	f_c+70
210 a 350	f_c+84
sobre 350	f_c+98

Fuente: Diseño de mezclas – Enrique Rivva López

Del cuadro anterior se obtuvo que el $f'cr = 294\text{kg/cm}^2$.

C. Asentamiento

Cuadro 2. Asentamiento por tipo de construcción recomendables.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	MÁXIMO	MÍNIMO
zapatas y muros de contención	3"	1"
cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
vigas y muros armados	4"	1"
columnas de edificios	4"	1"
losas y pavimentos	3"	1"
concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: Diseño de mezclas – Enrique Rivva López

Para esta investigación se tomó el asentamiento de 3"- 4" por ser un concreto de baja permeabilidad que con frecuencia trabaja en contacto con el suelo en zapatas o muros de contención.

D. Volumen unitario de agua

El volumen unitario de agua es 204 lts/m^3 que se seleccionó con el asentamiento de 3"- 4" y perfil angular del agregado grueso. El cuadro que mostramos a continuación corresponden a concretos sin aire incorporado.

Cuadro 3. Volumen unitario de agua para asentamientos y perfiles del agregado.

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	VOLUMEN UNITARIO DE AGUA EXPRESADO EN lts/m ³ , PARA LOS ASENTAMIENTOS					
	1" - 2"		3" - 4"		6" - 7"	
	Redondeado	Angular	Redondeado	Angular	Redondeado	Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: comité 211 del ACI, 2002

E. Contenido de aire

El cuadro que se muestra a continuación nos da el porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas sin aire incorporado, para diferentes tamaños máximos del agregado grueso. Del cuadro, el contenido de aire es 2% por tener un tamaño máximo nominal de 3/4".

Cuadro 4. Contenido de aire atrapado.

CONT. AIRE ATRAPADO	
TMN	Aire atrapado (%)
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

Fuente: comité 211 del ACI, 2002

F. Relación agua-cemento

A continuación, se muestra el cuadro que nos da la relación agua-cemento, que interpolando resulta 0.56, se fabricó especímenes de prueba dando como resistencia a compresión promedio 282.09 kg/cm^2 , por el cual se corrigió por la ley de powers para optimizar la cantidad de cemento.

Cuadro 5. Relación agua-cemento por resistencia.

RELACION A/C PARA f'_{cr}		
f'_{cr} (28 días)	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
420	0.41	
450	0.38	

Fuente: comité 211 del ACI, 2002

$$R = 2380X^3$$

$$X = \frac{0.678 \alpha}{0.319 \alpha + \frac{a}{c} + \frac{\text{aire}}{V_{\text{cemento}}}}$$

R: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

X: Relación Gel/Espacio

α : Grado de hidratación

a/c: Relación agua – cemento

Tabla 44. Corrección por la ley de Powers.

DATOS	DISEÑO	CORREGIDO
R=	282.09	210.00
X=	0.491	0.445
a/c=	0.56	0.66
α =	0.712	0.712

Corregido por la ley de Powers la nueva relación agua-cemento es 0.66.

G. Factor cemento

Conociendo la relación agua-cemento y el volumen unitario de agua, determinamos el factor cemento expresada en kilogramos por metro cúbico.

$$\text{factor cemento} = \frac{\text{agua}}{\text{agua} - \text{cemento}}$$

reemplazando obtenemos factor cemento es 308.34 kg/m^3 o 7.26 bolsas/m^3

H. Volumen absoluto de la pasta y agregados

Para hallar el valor del volumen absoluto se dividió el peso de cada material por su respectivo peso específico obteniendo sus valores en siguiente cuadro.

Tabla 45. Cálculo de volumen absoluto de los materiales de la pasta.

Material	Volumen absoluto	unid.
Cemento	0.099	m ³
Agua	0.204	m ³
Aire	0.020	m ³
Suma de volumen absoluto de pasta	0.323	m³

Dando la suma total de volúmenes absolutos un total de 0.323 m^3 , y el volumen absoluto del agregado es $1 - 0.323 = 0.677 \text{ m}^3$.

I. Módulo de fineza de la combinación de agregados

Con el tamaño máximo nominal del agregado grueso 3/4" y el factor cemento 7.52 *bolsas/m³* se obtuvo el valor del módulo de fineza de la combinación de agregados en la siguiente tabla.

Cuadro 6. Módulo de fineza de la combinación de agregados.

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS QUE DA LAS MEJORES CONDICIONES DE TRABAJABILIDAD PARA LOS CONTENIDOS DE CEMENTO EN SACOS/METRO CUBICO 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

Fuente: comité 211 del ACI, 2002

Al encontrarse entre los valores de 5.04 y 5.11 se interpolo obteniéndose 5.06.

J. Porcentaje de agregado fino y grueso

Con el valor del módulo de fineza de la combinación de agregados y los valores de los módulos de finezas del agregado fino y grueso se calculó el porcentaje del agregado fino empleando la siguiente ecuación:

$$Rr = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100$$

Donde:

m : Modulo de fineza de la combinación de agregados.

m_f : Modulo de fineza del agregado fino.

m_g : Modulo de fineza del agregado grueso.

Rr : Porcentaje del agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado.

Reemplazando obtenemos:

Porcentaje de agregado fino = 56.75%

Porcentaje de agregado grueso = 43.25%

K. Volúmenes y pesos secos totales del agregado fino y grueso

Volumen absoluto del agregado fino: $0.677m^3 \times 56.75\% = 0.384 m^3$
Volumen absoluto del agregado grueso: $0.677m^3 \times 43.25\% = 0.293 m^3$
Peso por m^3 del agregado fino: $0.384m^3 \times 2.67 \times 1000 = 1026.55 kg/m^3$
Peso por m^3 del agregado grueso: $0.293m^3 \times 2.61 \times 1000 = 764.77 kg/m^3$

L. Materiales de diseño por m^3

Peso por m^3 del cemento: $308.34 kg/m^3$
Volumen por m^3 del agua: $204.00 lt/m^3$
Peso por m^3 del agregado fino: $1026.55 kg/m^3$
Peso por m^3 del agregado grueso: $764.77 kg/m^3$

M. Corrección por humedad de los agregados

Los pesos húmedos de los agregados se obtienen:

del agregado fino: $1026.55 \times 1.0334 = 1060.83 kg/m^3$

del agregado grueso: $764.77 \times 1.0155 = 776.62 kg/m^3$

A continuación, se determina la humedad superficial del agregado:

del agregado fino: $3.34\% - 1.32\% = 2.02\%$

del agregado grueso: $1.55\% - 1.09\% = 0.46\%$

Los aportes por humedad de los agregados serán:

del agregado fino: $1026.55 \times 2.02\% = 20.736 lts/m^3$

del agregado grueso: $764.77 \times 0.46\% = 3.518 lts/m^3$

aporte de humedad de los agregados = $24.254 lts/m^3$

agua efectiva : $204 - 23.996 = 179.75 lts/m^3$

N. Valores de diseño corregidos por humedad

Cemento: $308.34 kg/m^3$

Agua efectiva: $179.75 lts/m^3$

Agregado fino húmedo: $1060.83 kg/m^3$

Agregado grueso húmedo: $776.62 kg/m^3$

Proporción en peso:

$1.00 ; 3.44 ; 2.52 / 24.77 lts/bolsa$

ANEXO VII: Resultados del peso unitario del concreto en estado seco.

Tabla 46. Peso unitario del concreto con aditivo ZETA-1 a edad de 7 días.

Peso Unitario del Concreto con aditivo ZETA-1 a la Edad de 7 Días						
Espécimen	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Peso Unitario (Kg/m ³)	Promedio de P.U.
P1-0%	15.290	183.614	30.400	12.975	2324.497	2338.533
P2-0%	15.080	178.605	30.200	12.830	2378.631	
P3-0%	15.190	181.220	30.250	12.845	2343.167	
P4-0%	15.210	181.697	30.200	12.795	2331.766	
P5-0%	15.250	182.654	30.300	12.810	2314.605	
P1-1%	15.090	178.842	30.350	12.815	2360.976	2321.346
P2-1%	15.230	182.175	30.200	12.835	2332.917	
P3-1%	15.430	186.991	30.200	13.150	2328.612	
P4-1%	15.330	184.576	30.250	12.855	2302.356	
P5-1%	15.350	185.057	30.300	12.795	2281.871	
P1-3%	15.260	182.894	30.480	12.820	2299.716	2286.287
P2-3%	15.230	182.175	30.480	12.750	2296.178	
P3-3%	15.330	184.576	30.480	12.770	2269.874	
P4-3%	15.210	181.697	30.480	12.690	2291.386	
P5-3%	15.240	182.415	30.480	12.645	2274.281	
P1-5%	15.240	182.415	30.480	12.425	2234.712	2234.836
P2-5%	15.250	182.654	30.480	12.410	2229.088	
P3-5%	15.310	184.094	30.480	12.355	2201.849	
P4-5%	15.220	181.936	30.480	12.578	2268.180	
P5-5%	15.230	182.175	30.480	12.440	2240.349	

Tabla 47. Peso unitario del concreto con aditivo ZETA-1 a edad de 14 días.

Peso Unitario del Concreto con aditivo ZETA-1 a la Edad de 14 Días						
Diseño	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Peso Unitario (Kg/m ³)	Promedio de P.U.
P1-0%	15.320	184.335	30.10	12.885	2322.258	2341.051
P2-0%	15.220	181.936	30.25	12.990	2360.286	
P3-0%	15.240	182.415	30.15	12.935	2351.902	
P4-0%	15.230	182.175	30.15	12.945	2356.813	
P5-0%	15.310	184.094	30.20	12.865	2313.996	
P1-1%	15.25	182.65	30.48	12.675	2276.688	2288.386
P2-1%	15.22	181.94	30.48	12.750	2299.196	
P3-1%	15.36	185.30	30.48	12.745	2256.590	
P4-1%	15.20	181.46	30.48	12.755	2306.155	
P5-1%	15.26	182.89	30.48	12.840	2303.303	
P1-3%	15.27	183.13	30.48	12.570	2251.917	

P2-3%	15.25	182.65	30.48	15.580	2798.485	2366.235
P3-3%	15.30	183.85	30.48	12.630	2253.801	
P4-3%	15.23	182.18	30.48	12.560	2261.960	
P5-3%	15.25	182.65	30.48	12.610	2265.012	
P1-5%	15.25	182.65	30.48	12.370	2221.903	2231.925
P2-5%	15.19	181.22	30.48	12.450	2253.974	
P3-5%	15.29	183.61	30.48	12.395	2214.760	
P4-5%	15.24	182.41	30.48	12.510	2250.000	
P5-5%	15.34	184.82	30.48	12.500	2218.985	

Tabla 48. Peso unitario del concreto con aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.

Peso Unitario del Concreto con aditivo ZETA-1 a la Edad de 28 Días						
Diseño	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Peso Unitario (Kg/cm ³)	Promedio de P.U.
P1-0%	15.230	182.175	30.45	12.800	2307.454	2329.920
P2-0%	15.340	184.816	30.40	12.875	2291.570	
P3-0%	15.300	183.854	30.30	12.890	2313.862	
P4-0%	15.200	181.458	30.10	12.815	2346.254	
P5-0%	15.140	180.029	30.35	12.865	2354.558	
P1-1%	15.750	194.828	29.80	13.855	2386.378	2330.415
P2-1%	15.730	194.333	30.30	13.105	2225.600	
P3-1%	15.820	196.563	30.10	13.970	2361.169	
P4-1%	15.850	197.310	30.00	13.965	2359.235	
P5-1%	15.350	185.057	30.40	13.050	2319.692	
P1-3%	15.230	182.175	30.20	12.780	2322.920	2327.524
P2-3%	15.040	177.658	30.30	12.775	2373.191	
P3-3%	15.430	186.991	30.20	12.945	2292.310	
P4-3%	15.250	182.654	30.30	12.905	2331.771	
P5-3%	15.330	184.576	30.10	12.875	2317.430	
P1-5%	15.280	183.374	30.10	12.830	2324.468	2315.595
P2-5%	15.190	181.220	30.20	12.810	2340.652	
P3-5%	15.380	185.782	30.25	12.805	2278.514	
P4-5%	15.210	181.697	30.10	12.745	2330.371	
P5-5%	15.260	182.894	30.40	12.810	2303.969	

Tabla 49. Peso unitario del concreto con aditivo SIKA-1 a edad de 7 días.

Peso Unitario del Concreto con aditivo SIKA-1 a la Edad de 7 Días						
Espécimen	Diámetro (cm)	Área (cm²)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Peso Unitario (Kg/m³)	Promedio de P.U.
P1-0%	15.290	183.614	30.400	12.975	2324.497	2338.533
P2-0%	15.080	178.605	30.200	12.830	2378.631	
P3-0%	15.190	181.220	30.250	12.845	2343.167	
P4-0%	15.210	181.697	30.200	12.795	2331.766	
P5-0%	15.250	182.654	30.300	12.810	2314.605	
P1-1%	15.150	180.267	30.200	12.865	2363.130	2340.077
P2-1%	15.040	177.658	30.300	12.580	2336.966	
P3-1%	15.100	179.079	30.100	12.530	2324.560	
P4-1%	15.140	180.029	30.300	12.695	2327.279	
P5-1%	15.090	178.842	30.250	12.705	2348.448	
P1-3%	15.090	178.842	30.200	12.685	2348.633	2321.796
P2-3%	15.310	184.094	30.500	12.870	2292.126	
P3-3%	15.240	182.415	30.400	12.860	2319.036	
P4-3%	15.270	183.134	30.300	12.750	2297.733	
P5-3%	15.150	180.267	30.350	12.865	2351.451	
P1-5%	15.280	183.374	30.400	12.690	2276.415	2311.962
P2-5%	15.160	180.505	30.150	12.645	2323.503	
P3-5%	15.110	179.316	30.200	12.650	2335.957	
P4-5%	15.220	181.936	30.300	12.680	2300.157	
P5-5%	15.140	180.029	30.250	12.655	2323.781	

Tabla 50. Peso unitario del concreto con aditivo SIKA-1 a edad de 14 días.

Peso Unitario del Concreto con aditivo SIKA-1 a la Edad de 14 Días						
Espécimen	Diámetro (cm)	Área (cm²)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Peso Unitario (Kg/m³)	Promedio de P.U.
P1-0%	15.320	184.335	30.10	12.885	2322.258	2341.051
P2-0%	15.220	181.936	30.25	12.990	2360.286	
P3-0%	15.240	182.415	30.15	12.935	2351.902	
P4-0%	15.230	182.175	30.15	12.945	2356.813	
P5-0%	15.310	184.094	30.20	12.865	2313.996	
P1-1%	15.280	183.374	30.10	12.885	2334.433	2344.242
P2-1%	15.320	184.335	30.15	12.990	2337.300	
P3-1%	15.190	181.220	30.25	12.935	2359.585	
P4-1%	15.250	182.654	30.20	12.965	2350.369	
P5-1%	15.290	183.614	30.10	12.930	2339.522	
P1-3%	15.200	181.458	30.20	12.685	2314.763	2301.618
P2-3%	15.310	184.094	30.15	12.775	2301.618	

P3-3%	15.260	182.894	30.20	12.750	2308.364	2312.014
P4-3%	15.220	181.936	30.15	12.740	2322.539	
P5-3%	15.270	183.134	30.15	12.770	2312.787	
P1-5%	15.460	187.719	30.30	12.605	2216.110	2272.913
P2-5%	15.200	181.458	30.20	12.605	2300.164	
P3-5%	15.400	186.265	30.15	12.650	2252.537	
P4-5%	15.240	182.41	30.30	12.610	2281.459	
P5-5%	15.150	180.27	30.25	12.620	2314.296	

Tabla 51. Peso unitario del concreto con aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.

Peso Unitario del Concreto con aditivo SIKA-1 a la Edad de 28 Días						
Diseño	Diámetro (cm)	Área (cm²)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Peso Unitario (Kg/m³)	Promedio de P.U.
P1-0%	15.230	182.175	30.45	12.800	2307.454	2329.920
P2-0%	15.340	184.816	30.40	12.875	2291.570	
P3-0%	15.300	183.854	30.30	12.890	2313.862	
P4-0%	15.200	181.458	30.10	12.815	2346.254	
P5-0%	15.140	180.029	30.35	12.865	2354.558	
P1-1%	15.340	184.816	30.30	13.045	2329.490	2343.996
P2-1%	15.200	181.458	30.25	12.980	2364.679	
P3-1%	15.160	180.505	30.10	12.955	2384.419	
P4-1%	15.100	179.079	30.30	12.755	2350.683	
P5-1%	15.340	184.816	30.20	13.020	2332.724	
P1-3%	15.360	185.299	30.05	12.565	2256.554	2311.943
P2-3%	15.140	180.029	30.40	12.795	2337.895	
P3-3%	15.330	184.576	30.20	12.770	2290.919	
P4-3%	15.220	181.936	30.30	12.660	2296.529	
P5-3%	15.200	181.458	30.30	12.650	2300.757	
P1-5%	15.400	186.265	30.15	12.595	2242.743	2298.244
P2-5%	15.130	179.791	30.05	12.540	2321.054	
P3-5%	15.280	183.374	30.00	12.605	2291.316	
P4-5%	15.200	181.458	29.50	12.495	2334.195	
P5-5%	15.370	185.540	30.00	12.585	2260.968	

ANEXO VIII: Resultados de la resistencia a compresión con aditivo.

Tabla 52. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo ZETA-1 a edad de 7 días.

Resistencia a la compresión con aditivo ZETA-1 a edad de 7 días							
Espécimen	Diámetro (cm)	Carga (Tn)	Carga (Kg)	Área (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Eficiencia (%)	Tipo de Fractura
P1 - 0%	15.290	29.5	29500	183.614	160.66	76.51%	TIPO 3
P2 - 0%	15.080	29.5	29500	178.605	165.17	78.65%	TIPO 3
P3 - 0%	15.190	30.0	30000	181.220	165.54	78.83%	TIPO 6
P4 - 0%	15.210	28.5	28500	181.697	156.85	74.69%	TIPO 3
P5 - 0%	15.250	30.0	30000	182.654	164.24	78.21%	TIPO 5
P1 - 1%	15.090	25.5	25500	178.842	142.58	67.90%	TIPO 3
P2 - 1%	15.230	26.5	26500	182.175	145.46	69.27%	TIPO 6
P3 - 1%	15.430	27.5	27500	186.991	147.07	70.03%	TIPO 6
P4 - 1%	15.330	27.0	27000	184.576	146.28	69.66%	TIPO 5
P5 - 1%	15.350	26.5	26500	185.057	143.20	68.19%	TIPO 3
P1 - 3%	15.260	21.50	21500	182.89	117.55	55.98%	TIPO 3
P2 - 3%	15.230	22.50	22500	182.18	123.51	58.81%	TIPO 5
P3 - 3%	15.330	23.00	23000	184.58	124.61	59.34%	TIPO 6
P4 - 3%	15.210	23.50	23500	181.70	129.34	61.59%	TIPO 3
P5 - 3%	15.240	23.50	23500	182.41	128.83	61.35%	TIPO 3
P1 - 5%	15.240	18.00	18000	182.41	98.68	46.99%	TIPO 3
P2 - 5%	15.250	16.50	16500	182.65	90.33	43.02%	TIPO 5
P3 - 5%	15.310	15.50	15500	184.09	84.20	40.09%	TIPO 6
P4 - 5%	15.220	19.00	19000	181.94	104.43	49.73%	TIPO 5
P5 - 5%	15.230	19.00	19000	182.18	104.30	49.66%	TIPO 6

Tabla 53. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo ZETA-1 a edad de 14 días.

Resistencia a la compresión con aditivo ZETA-1 a edad de 14 días							
Espécimen	Diámetro (cm)	Carga (Tn)	Carga (Kg)	Área (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Eficiencia (%)	Tipo de Fractura
P1 - 0%	15.320	35.0	35000	184.33	189.88	90.42%	TIPO 5
P2 - 0%	15.220	37.0	37000	181.93	203.37	96.84%	TIPO 5
P3 - 0%	15.240	35.0	35000	182.41	191.88	91.37%	TIPO 5
P4 - 0%	15.230	35.0	35000	182.17	192.13	91.49%	TIPO 3
P5 - 0%	15.310	36.0	36000	184.09	195.56	93.12%	TIPO 3
P1 - 1%	15.250	41.5	41500	182.65	227.21	108.19%	TIPO 3
P2 - 1%	15.220	40.0	40000	181.94	219.86	104.69%	TIPO 3
P3 - 1%	15.360	42.0	42000	185.30	226.66	107.93%	TIPO 3
P4 - 1%	15.200	34.0	34000	181.46	187.37	89.22%	TIPO 6
P5 - 1%	15.260	42.0	42000	182.89	229.64	109.35%	TIPO 3
P1 - 3%	15.270	37.0	37000	183.13	202.04	96.21%	TIPO 3
P2 - 3%	15.250	36.5	36500	182.65	199.83	95.16%	TIPO 6

P3 - 3%	15.300	37.0	37000	183.85	201.25	95.83%	TIPO 5
P4 - 3%	15.230	37.0	37000	182.18	203.10	96.71%	TIPO 3
P5 - 3%	15.250	39.5	39500	182.65	216.26	102.98%	TIPO 3
P1 - 5%	15.250	35.0	35000	182.65	191.62	91.25%	TIPO 6
P2 - 5%	15.190	36.0	36000	181.22	198.65	94.60%	TIPO 6
P3 - 5%	15.290	37.0	37000	183.61	201.51	95.96%	TIPO 3
P4 - 5%	15.240	32.5	32500	182.41	178.17	84.84%	TIPO 3
P5 - 5%	15.340	35.0	35000	184.82	189.38	90.18%	TIPO 6

Tabla 54. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.

Resistencia a la compresión con aditivo ZETA-1 a edad de 28 días							
Espécimen	Diámetro (cm)	Carga (Tn)	Carga (Kg)	Área (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Eficiencia (%)	Tipo de Fractura
P1 - 0%	15.230	39.0	39000	182.18	214.08	101.94%	TIPO 5
P2 - 0%	15.340	38.5	38500	184.82	208.31	99.20%	TIPO 5
P3 - 0%	15.300	41.5	41500	183.85	225.72	107.49%	TIPO 6
P4 - 0%	15.200	41.0	41000	181.46	225.95	107.59%	TIPO 3
P5 - 0%	15.140	40.5	40500	180.03	224.96	107.13%	TIPO 6
P1 - 1%	15.750	48.0	48000	194.83	246.37	117.32%	TIPO 6
P2 - 1%	15.730	47.0	47000	194.33	241.85	115.17%	TIPO 6
P3 - 1%	15.820	47.0	47000	196.56	239.11	113.86%	TIPO 5
P4 - 1%	15.850	54.5	54500	197.31	276.22	131.53%	TIPO 6
P5 - 1%	15.350	45.5	45500	185.06	245.87	117.08%	TIPO 5
P1 - 3%	15.230	43.5	43500	182.18	238.78	113.71%	TIPO 5
P2 - 3%	15.040	44.0	44000	177.66	247.67	117.94%	TIPO 5
P3 - 3%	15.430	42.5	42500	186.99	227.28	108.23%	TIPO 6
P4 - 3%	15.250	43.5	43500	182.65	238.15	113.41%	TIPO 3
P5 - 3%	15.330	43.0	43000	184.58	232.97	110.94%	TIPO 5
P1 - 5%	15.280	40.5	40500	183.37	220.86	105.17%	TIPO 5
P2 - 5%	15.190	41.0	41000	181.22	226.24	107.74%	TIPO 3
P3 - 5%	15.380	47.0	47000	185.78	252.99	120.47%	TIPO 2
P4 - 5%	15.210	43.5	43500	181.70	239.41	114.00%	TIPO 5
P5 - 5%	15.260	42.0	42000	182.89	229.64	109.35%	TIPO 6

Tabla 55. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo SIKA-1 a edad de 7 días.

Resistencia a la compresión con aditivo SIKA-1 a edad de 7 días							
Espécimen	Diámetro (cm)	Carga (Tn)	Carga (Kg)	Área (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Eficiencia (%)	Tipo de Fractura
P1 - 0%	15.290	29.5	29500	183.614	160.66	76.51%	TIPO 3
P2 - 0%	15.080	29.5	29500	178.605	165.17	78.65%	TIPO 3
P3 - 0%	15.190	30.0	30000	181.220	165.54	78.83%	TIPO 6
P4 - 0%	15.210	28.5	28500	181.697	156.85	74.69%	TIPO 3
P5 - 0%	15.250	30.0	30000	182.654	164.24	78.21%	TIPO 5
P1 - 1%	15.150	22.5	22500	180.267	124.82	59.44%	TIPO 5
P2 - 1%	15.040	24.0	24000	177.658	135.09	64.33%	TIPO 3
P3 - 1%	15.100	24.0	24000	179.079	134.02	63.82%	TIPO 3
P4 - 1%	15.140	23.3	23250	180.029	129.15	61.50%	TIPO 6
P5 - 1%	15.090	22.5	22500	178.842	125.81	59.91%	TIPO 5
P1 - 3%	15.090	26.0	26000	178.842	145.38	69.23%	TIPO 5
P2 - 3%	15.310	27.0	27000	184.094	146.66	69.84%	TIPO 3
P3 - 3%	15.240	27.5	27500	182.415	150.76	71.79%	TIPO 3
P4 - 3%	15.270	27.5	27500	183.134	150.16	71.51%	TIPO 3
P5 - 3%	15.150	26.5	26500	180.267	147.00	70.00%	TIPO 6
P1 - 5%	15.280	26.5	26500	183.374	144.51	68.82%	TIPO 3
P2 - 5%	15.160	26.0	26000	180.505	144.04	68.59%	TIPO 3
P3 - 5%	15.110	26.0	26000	179.316	145.00	69.05%	TIPO 5
P4 - 5%	15.220	25.5	25500	181.936	140.16	66.74%	TIPO 3
P5 - 5%	15.140	25.5	25500	180.029	141.64	67.45%	TIPO 3

Tabla 56. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo SIKA-1 a edad de 14 días.

Resistencia a la compresión con aditivo SIKA-1 a edad de 14 días							
Espécimen	Diámetro (cm)	Carga (Tn)	Carga (Kg)	Área (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Eficiencia (%)	Tipo de Fractura
P1 - 0%	15.320	35.0	35000	184.33	189.87	90.42%	TIPO 5
P2 - 0%	15.220	37.0	37000	181.94	203.37	96.84%	TIPO 5
P3 - 0%	15.240	35.0	35000	182.41	191.87	91.37%	TIPO 5
P4 - 0%	15.230	35.0	35000	182.18	192.12	91.49%	TIPO 3
P5 - 0%	15.310	36.0	36000	184.09	195.55	93.12%	TIPO 3
P1 - 1%	15.280	39.0	39000	183.37	212.68	101.28%	TIPO 5
P2 - 1%	15.320	40.0	40000	184.33	217.00	103.33%	TIPO 6
P3 - 1%	15.190	40.0	40000	181.22	220.73	105.11%	TIPO 5
P4 - 1%	15.250	41.0	41000	182.65	224.47	106.89%	TIPO 3
P5 - 1%	15.290	41.5	41500	183.61	226.02	107.63%	TIPO 5
P1 - 3%	15.200	44.0	44000	181.46	242.48	115.47%	TIPO 2
P2 - 3%	15.310	44.0	44000	184.09	239.01	113.81%	TIPO 3
P3 - 3%	15.260	44.5	44500	182.89	243.31	115.86%	TIPO 2
P4 - 3%	15.220	43.0	43000	181.94	236.35	112.55%	TIPO 3
P5 - 3%	15.270	45.0	45000	183.13	245.72	117.01%	TIPO 5

P1 - 5%	15.460	41.0	41000	187.72	218.41	104.01%	TIPO 2
P2 - 5%	15.200	40.0	40000	181.46	220.44	104.97%	TIPO 3
P3 - 5%	15.400	42.0	42000	186.27	225.49	107.37%	TIPO 5
P4 - 5%	15.240	40.0	40000	182.41	219.28	104.42%	TIPO 3
P5 - 5%	15.150	40.0	40000	180.27	221.89	105.66%	TIPO 5

Tabla 57. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.

Resistencia a la compresión con aditivo SIKA-1 a edad de 28 días							
Espécimen	Diámetro (cm)	Carga (Tn)	Carga (Kg)	Área (cm²)	Resistencia (Kg/cm²)	Eficiencia (%)	Tipo de Fractura
P1 - 0%	15.230	39.0	39000	182.18	214.08	101.94%	TIPO 5
P2 - 0%	15.340	38.5	38500	184.82	208.31	99.20%	TIPO 5
P3 - 0%	15.300	41.5	41500	183.85	225.72	107.49%	TIPO 6
P4 - 0%	15.200	41.0	41000	181.46	225.95	107.59%	TIPO 3
P5 - 0%	15.140	40.5	40500	180.03	224.96	107.13%	TIPO 6
P1 - 1%	15.340	49.0	49000	184.82	265.13	126.25%	TIPO 5
P2 - 1%	15.200	51.0	51000	181.46	281.06	133.84%	TIPO 6
P3 - 1%	15.160	51.5	51500	180.50	285.31	135.86%	TIPO 5
P4 - 1%	15.100	52.5	52500	179.08	293.17	139.60%	TIPO 5
P5 - 1%	15.340	50.0	50000	184.82	270.54	128.83%	TIPO 3
P1 - 3%	15.360	55.0	55000	185.30	296.82	141.34%	TIPO 3
P2 - 3%	15.140	55.0	55000	180.03	305.51	145.48%	TIPO 5
P3 - 3%	15.330	56.5	56500	184.58	306.11	145.77%	TIPO 6
P4 - 3%	15.220	51.0	51000	181.94	280.32	133.48%	TIPO 6
P5 - 3%	15.200	53.5	53500	181.46	294.83	140.40%	TIPO 5
P1 - 5%	15.400	46.5	46500	186.27	249.64	118.88%	TIPO 5
P2 - 5%	15.130	46.0	46000	179.79	255.85	121.83%	TIPO 5
P3 - 5%	15.280	47.0	47000	183.37	256.31	122.05%	TIPO 6
P4 - 5%	15.200	46.0	46000	181.46	253.50	120.72%	TIPO 3
P5 - 5%	15.370	46.0	46000	185.54	247.92	118.06%	TIPO 3

ANEXO IX: Resultados del módulo de elasticidad con aditivo.

Tabla 58. Módulo de elasticidad del concreto con aditivo ZETA-1.

Módulo de elasticidad del Concreto con aditivo ZETA-1				
Espécimen	Peso Unitario (Kg/m3)	f'c a los 28 días (Kg/cm2)	Módulo de Elasticidad (Kg/cm2)	Promedio (kg/cm2)
P1 - 0%	2307.45	214.08	227046.58	232378.24
P2 - 0%	2291.57	208.31	221660.18	
P3 - 0%	2313.86	225.72	234111.11	
P4 - 0%	2346.25	225.95	239163.02	
P5 - 0%	2354.56	224.96	239910.32	
P1 - 1%	2386.38	246.37	256172.24	249008.05
P2 - 1%	2225.60	241.85	228598.78	
P3 - 1%	2361.17	239.11	248379.73	
P4 - 1%	2359.24	276.22	266629.98	
P5 - 1%	2319.69	245.87	245259.50	
P1 - 3%	2322.92	238.78	242202.80	242044.60
P2 - 3%	2373.19	247.67	254718.62	
P3 - 3%	2292.31	227.28	231644.34	
P4 - 3%	2331.77	238.15	243268.90	
P5 - 3%	2317.43	232.97	238388.33	
P1 - 5%	2324.47	220.86	233169.97	238426.55
P2 - 5%	2340.65	226.24	238463.76	
P3 - 5%	2278.51	252.99	242188.30	
P4 - 5%	2330.37	239.41	243689.08	
P5 - 5%	2303.97	229.64	234621.66	

Tabla 59. Módulo de elasticidad del concreto con aditivo SIKA-1.

Módulo de elasticidad del Concreto con aditivo SIKA-1				
Espécimen	Peso Unitario (Kg/m3)	f'c a los 28 días (Kg/cm2)	Módulo de Elasticidad (Kg/cm2)	Promedio (kg/cm2)
P1 - 0%	2307.45	214.08	227046.58	232378.24
P2 - 0%	2291.57	208.31	221660.18	
P3 - 0%	2313.86	225.72	234111.11	
P4 - 0%	2346.25	225.95	239163.02	
P5 - 0%	2354.56	224.96	239910.32	
P1 - 1%	2329.49	265.13	256299.09	266831.98
P2 - 1%	2364.68	281.06	269887.63	
P3 - 1%	2384.42	285.31	275335.03	
P4 - 1%	2350.68	293.17	273197.60	
P5 - 1%	2332.72	270.54	259440.58	
P1 - 3%	2256.55	296.82	258548.36	265400.77
P2 - 3%	2337.90	305.51	276615.29	
P3 - 3%	2290.92	306.11	268583.80	
P4 - 3%	2296.53	280.32	257965.35	
P5 - 3%	2300.76	294.83	265291.09	
P1 - 5%	2242.74	249.64	234940.64	243909.41
P2 - 5%	2321.05	255.85	250409.65	
P3 - 5%	2291.32	256.31	245830.73	
P4 - 5%	2334.20	253.50	251376.23	
P5 - 5%	2260.97	247.92	236989.81	

ANEXO X: Resultados de la porosidad y absorción del concreto

Tabla 60. Porosidad y absorción del concreto con aditivo ZETA-1.

Porosidad y absorción del Concreto con aditivo ZETA-1									
Espécimen	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso saturado (Kg)	peso seco (kg)	porosidad (%)	porosidad promedio (%)	Absorción (%)	absorción promedio (%)
PP1-0%	15.25	182.65	30.37	12.800	12.275	9.464	11.010	4.277	4.962
PP2-0%	15.32	184.33	30.48	12.875	12.350	9.344		4.251	
PP3-0%	15.31	184.09	30.26	12.890	12.175	12.835		5.873	
PP4-0%	15.19	181.22	30.14	12.815	12.270	9.978		4.442	
PP5-0%	15.16	180.50	30.27	12.865	12.175	12.628		5.667	
PP6-0%	15.30	183.85	30.10	12.975	12.270	12.739		5.746	
PP7-0%	15.15	180.27	30.00	12.715	12.170	10.078		4.478	
PP1-1%	15.76	195.08	29.76	13.855	13.395	7.923	8.817	3.434	3.936
PP2-1%	15.71	193.84	30.38	13.105	12.655	7.642		3.556	
PP3-1%	15.79	195.82	30.21	13.970	13.390	9.803		4.332	
PP4-1%	15.83	196.81	30.08	13.965	13.465	8.447		3.713	
PP5-1%	15.36	185.30	30.36	13.050	12.505	9.688		4.358	
PP6-1%	15.25	182.65	30.15	12.765	12.255	9.261		4.162	
PP7-1%	15.24	182.41	30.00	12.740	12.250	8.954		4.000	
PP1-3%	15.25	182.65	30.12	12.780	12.450	5.998	6.881	2.651	3.042
PP2-3%	15.04	177.63	30.30	12.775	12.350	7.895		3.441	
PP3-3%	15.41	186.51	30.28	12.945	12.465	8.500		3.851	
PP4-3%	15.26	182.89	30.26	12.905	12.495	7.408		3.281	
PP5-3%	15.31	184.09	30.18	12.875	12.490	6.930		3.082	
PP6-3%	15.13	179.79	30.10	12.820	12.495	6.005		2.601	
PP7-3%	15.25	182.65	30.25	12.885	12.585	5.430		2.384	
PP1-5%	15.30	183.85	30.02	12.830	12.380	8.153	6.096	3.635	2.706
PP2-5%	15.18	180.98	30.24	12.810	12.595	3.928		1.707	
PP3-5%	15.35	185.06	30.37	12.805	12.550	4.537		2.032	
PP4-5%	15.22	181.94	30.06	12.745	12.415	6.034		2.658	
PP5-5%	15.25	182.65	30.44	12.810	12.495	5.665		2.521	
PP6-5%	15.28	183.37	30.20	12.715	12.315	7.223		3.248	
PP7-5%	15.00	176.71	30.15	12.475	12.095	7.132		3.142	

Tabla 61. Porosidad y absorción del concreto con aditivo SIKA-1.

Porosidad y absorción del Concreto con aditivo ZETA-1									
Espécimen	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso saturado (Kg)	peso seco (kg)	porosidad (%)	porosidad promedio (%)	Absorción (%)	absorción promedio (%)
PP1-0%	15.25	182.65	30.37	12.800	12.275	9.464	11.010	4.277	4.962
PP2-0%	15.32	184.33	30.48	12.875	12.350	9.344		4.251	
PP3-0%	15.31	184.09	30.26	12.890	12.175	12.835		5.873	
PP4-0%	15.19	181.22	30.14	12.815	12.270	9.978		4.442	
PP5-0%	15.16	180.50	30.27	12.865	12.175	12.628		5.667	
PP6-0%	15.30	183.85	30.10	12.975	12.270	12.739		5.746	
PP7-0%	15.15	180.27	30.00	12.715	12.170	10.078		4.478	
PP1-1%	15.32	184.33	30.38	13.045	12.495	9.822	9.595	4.402	4.268
PP2-1%	15.22	181.94	30.17	12.980	12.455	9.564		4.215	
PP3-1%	15.17	180.74	30.06	12.955	12.390	10.399		4.560	
PP4-1%	15.12	179.55	30.22	12.755	12.265	9.030		3.995	
PP5-1%	15.33	184.58	30.24	13.020	12.505	9.227		4.118	
PP6-1%	15.25	182.65	30.15	12.765	12.205	10.169		4.588	
PP7-1%	15.24	182.41	30.00	12.740	12.250	8.954		4.000	
PP1-3%	15.36	185.30	30.05	12.565	12.250	5.657	6.922	2.571	3.084
PP2-3%	15.15	180.27	30.36	12.795	12.450	6.304		2.771	
PP3-3%	15.31	184.09	30.28	12.770	12.465	5.472		2.447	
PP4-3%	15.25	182.65	30.18	12.660	12.365	5.351		2.386	
PP5-3%	15.20	181.46	30.30	12.650	12.350	5.456		2.429	
PP6-3%	15.13	179.79	30.10	12.820	12.250	10.533		4.653	
PP7-3%	15.25	182.65	30.25	12.885	12.350	9.683		4.332	
PP1-5%	15.39	186.02	30.19	12.595	12.180	7.390	7.896	3.407	3.560
PP2-5%	15.15	180.27	29.97	12.540	12.095	8.237		3.679	
PP3-5%	15.27	183.13	30.04	12.605	12.150	8.271		3.745	
PP4-5%	15.20	181.46	29.50	12.495	12.055	8.220		3.650	
PP5-5%	15.37	185.54	30.00	12.585	12.095	8.803		4.051	
PP6-5%	15.28	183.37	30.20	12.715	12.315	7.223		3.248	
PP7-5%	15.00	176.71	30.15	12.475	12.095	7.132		3.142	

ANEXO XI: Resultados coeficiente de permeabilidad el concreto

Tabla 62. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 0% de aditivo ZETA-1.

Coeficiente de permeabilidad con 0% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días					
Espécimen	Penetración (m)	Tiempo (Seg)	Porosidad (%)	Presión (m)	Coeficiente de Permeabilidad (m/s)
PP1 - 0%	0.0220	3600	11.010	50.00	1.48E-10
PP2 - 0%	0.0250	7200	11.010	50.00	9.56E-11
PP3 - 0%	0.0270	14400	11.010	50.00	5.57E-11
PP4 - 0%	0.0320	28800	11.010	50.00	3.91E-11
PP5 - 0%	0.0410	57600	11.010	50.00	3.21E-11
PP6 - 0%	0.0470	86400	11.010	50.00	2.81E-11
PP7 - 0%	0.0600	259200	11.010	50.00	1.53E-11
Promedio :					5.91E-11

Tabla 63. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 1% de aditivo ZETA-1.

Coeficiente de permeabilidad con 1% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días					
Espécimen	Penetración (m)	Tiempo (Seg)	Porosidad (%)	Presión (m)	Coeficiente de Permeabilidad (m/s)
PP1 - 1%	0.0170	3600	8.817	50.00	7.08E-11
PP2 - 1%	0.0140	7200	8.817	50.00	2.40E-11
PP3 - 1%	0.0210	14400	8.817	50.00	2.70E-11
PP4 - 1%	0.0260	28800	8.817	50.00	2.07E-11
PP5 - 1%	0.0290	57600	8.817	50.00	1.29E-11
PP6 - 1%	0.0356	86400	8.817	50.00	1.29E-11
PP7 - 1%	0.0305	259200	8.817	50.00	3.16E-12
Promedio :					2.45E-11

Tabla 64. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 3% de aditivo ZETA-1.

Coeficiente de permeabilidad con 3% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días					
Espécimen	Penetración (m)	Tiempo (Seg)	Porosidad (%)	Presión (m)	Coeficiente de Permeabilidad (m/s)
PP1 - 3%	0.0143	3600	6.881	50.00	3.91E-11
PP2 - 3%	0.0104	7200	6.881	50.00	1.03E-11
PP3 - 3%	0.0100	14400	6.881	50.00	4.78E-12
PP4 - 3%	0.0110	28800	6.881	50.00	2.89E-12
PP5 - 3%	0.0110	57600	6.881	50.00	1.45E-12
PP6 - 3%	0.0131	86400	6.881	50.00	1.37E-12
PP7 - 3%	0.0150	259200	6.881	50.00	5.97E-13
Promedio :					8.64E-12

Tabla 65. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 5% de aditivo ZETA-1.

Coeficiente de permeabilidad con 5% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días					
Espécimen	Penetración (m)	Tiempo (Seg)	Porosidad (%)	Presión (m)	Coeficiente de Permeabilidad (m/s)
PP1 - 5%	0.0115	3600	6.096	50.00	2.24E-11
PP2 - 5%	0.0132	7200	6.096	50.00	1.48E-11
PP3 - 5%	0.0127	14400	6.096	50.00	6.83E-12
PP4 - 5%	0.0130	28800	6.096	50.00	3.58E-12
PP5 - 5%	0.0132	57600	6.096	50.00	1.84E-12
PP6 - 5%	0.0131	86400	6.096	50.00	1.21E-12
PP7 - 5%	0.0140	259200	6.096	50.00	4.61E-13
Promedio :					7.30E-12

Tabla 66. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 0% de aditivo SIKA-1

Coeficiente de permeabilidad con 0% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días					
Espécimen	Penetración (m)	Tiempo (Seg)	Porosidad (%)	Presión (m)	Coeficiente de Permeabilidad (m/s)
PP1 - 0%	0.022	3600	11.010	50.00	1.48E-10
PP2 - 0%	0.025	7200	11.010	50.00	9.56E-11
PP3 - 0%	0.027	14400	11.010	50.00	5.57E-11
PP4 - 0%	0.032	28800	11.010	50.00	3.91E-11
PP5 - 0%	0.041	57600	11.010	50.00	3.21E-11
PP6 - 0%	0.047	86400	11.010	50.00	2.81E-11
PP7 - 0%	0.060	259200	11.010	50.00	1.53E-11
Promedio :					5.91E-11

Tabla 67. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 1% de aditivo SIKA-1.

Coeficiente de permeabilidad con 1% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días					
Espécimen	Penetración (m)	Tiempo (Seg)	Porosidad (%)	Presión (m)	Coeficiente de Permeabilidad (m/s)
PP1 - 1%	0.022	3600	9.595	50.00	1.29E-10
PP2 - 1%	0.021	7200	9.595	50.00	5.88E-11
PP3 - 1%	0.025	14400	9.595	50.00	4.16E-11
PP4 - 1%	0.034	28800	9.595	50.00	3.85E-11
PP5 - 1%	0.040	57600	9.595	50.00	2.67E-11
PP6 - 1%	0.040	86400	9.595	50.00	1.78E-11
PP7 - 1%	0.050	259200	9.595	50.00	9.25E-12
Promedio :					4.59E-11

Tabla 68. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 3% de aditivo SIKA-1.

Coeficiente de permeabilidad con 3% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días					
Espécimen	Penetración (m)	Tiempo (Seg)	Porosidad (%)	Presión (m)	Coeficiente de Permeabilidad (m/s)
PP1 - 3%	0.018	3600	6.922	50.00	6.23E-11
PP2 - 3%	0.020	7200	6.922	50.00	3.85E-11
PP3 - 3%	0.025	14400	6.922	50.00	3.00E-11
PP4 - 3%	0.025	28800	6.922	50.00	1.50E-11
PP5 - 3%	0.031	57600	6.922	50.00	1.15E-11
PP6 - 3%	0.030	86400	6.922	50.00	7.21E-12
PP7 - 3%	0.018	259200	6.922	50.00	8.65E-13
Promedio :					2.36E-11

Tabla 69. Coeficiente de permeabilidad del concreto con 5% de aditivo SIKA-1.

Coeficiente de permeabilidad con 5% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días					
Espécimen	Penetración (m)	Tiempo (Seg)	Porosidad (%)	Presión (m)	Coeficiente de Permeabilidad (m/s)
PP1 - 5%	0.035	3600	7.896	50.00	2.69E-10
PP2 - 5%	0.019	7200	7.896	50.00	3.96E-11
PP3 - 5%	0.020	14400	7.896	50.00	2.19E-11
PP4 - 5%	0.020	28800	7.896	50.00	1.10E-11
PP5 - 5%	0.032	57600	7.896	50.00	1.40E-11
PP6 - 5%	0.029	86400	7.896	50.00	7.69E-12
PP7 - 5%	0.030	259200	7.896	50.00	2.74E-12
Promedio :					5.22E-11

ANEXO XII: Resultados de peso unitario del concreto en estado seco.

Tabla 70. Peso unitario del concreto en estado fresco con 0%, 1%, 3% y 5% de aditivo.

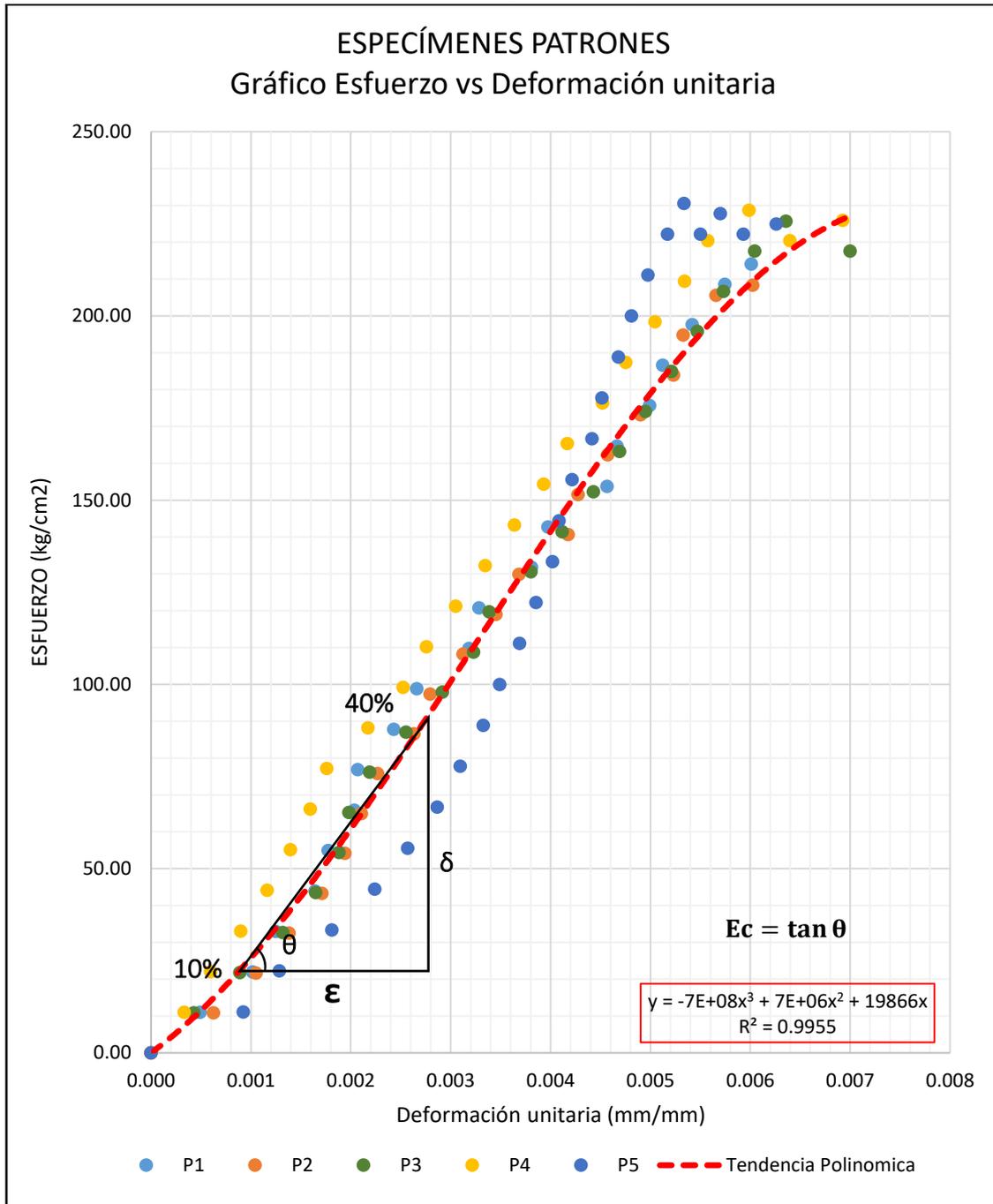
Peso Unitario del concreto en estado fresco							
Espécimen	peso de molde(kg)	peso de molde + muestra (kg)	peso de muestra (kg)	Altura (cm)	área (cm ²)	Peso Unitario (Kg/m ³)	Promedio de P.U.
P1-0%	4.835	18.085	13.250	30.45	182.175	2388.575	2409.551
P2-0%	4.800	18.085	13.285	30.40	184.816	2364.544	
P3-0%	4.820	18.260	13.440	30.30	183.854	2412.592	
P4-0%	4.930	18.345	13.415	30.10	181.458	2456.106	
P5-0%	4.860	18.115	13.255	30.35	180.029	2425.936	
P1-1%	4.800	18.755	13.955	29.80	194.828	2403.602	2361.535
P2-1%	7.175	20.680	13.505	30.30	194.333	2293.531	
P3-1%	4.815	18.875	14.060	30.10	196.563	2376.381	
P4-1%	4.870	18.820	13.950	30.00	197.310	2356.701	
P5-1%	7.180	20.555	13.375	30.40	185.057	2377.462	
P1-3%	7.625	20.460	12.835	30.20	182.175	2332.917	2344.524
P2-3%	6.290	19.170	12.880	30.30	177.658	2392.697	
P3-3%	6.310	19.385	13.075	30.20	186.991	2315.331	
P4-3%	6.345	19.360	13.015	30.30	182.654	2351.646	
P5-3%	7.705	20.650	12.945	30.10	184.576	2330.029	
P1-5%	8.635	21.550	12.915	30.10	183.374	2339.868	2326.241
P2-5%	8.525	21.300	12.775	30.20	181.220	2334.256	
P3-5%	8.500	21.385	12.885	30.25	185.782	2292.749	
P4-5%	8.040	20.890	12.850	30.10	181.697	2349.570	
P5-5%	8.505	21.375	12.870	30.40	182.894	2314.760	

ANEXO XIII: Resultados de deformación unitaria del concreto.

Tabla 71. Deformación unitaria de especímenes patrones a edad de 28 días.

ESPECIMEN PATRONES									
Cemento Pacasmayo TIPO I (ASTM C150)									
Diseño f'c:	210	Edad (días):	28	Fecha de Elaboración		01/09	Fecha de Ensayo:		29/09
ESPECIMEN P1		ESPECIMEN P2		ESPECIMEN P3		ESPECIMEN P4		ESPECIMEN P5	
Esfuerzo (Kg/cm2)	Def.Uni (mm/m m)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Def.Uni t(mm/mm)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Def.Unit (mm/m m)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Def.Unit (mm/m m)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Def.Uni (mm/m m)
0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000
10.98	0.0005	10.82	0.0006	10.88	0.0004	11.02	0.0003	11.11	0.0009
21.96	0.0010	21.64	0.0011	21.76	0.0009	22.04	0.0006	22.22	0.0013
32.94	0.0012	32.46	0.0014	32.63	0.0013	33.07	0.0009	33.33	0.0018
43.91	0.0016	43.29	0.0017	43.51	0.0017	44.09	0.0012	44.44	0.0022
54.89	0.0018	54.11	0.0019	54.39	0.0019	55.11	0.0014	55.55	0.0026
65.87	0.0020	64.93	0.0021	65.27	0.0020	66.13	0.0016	66.66	0.0029
76.85	0.0021	75.75	0.0023	76.15	0.0022	77.15	0.0018	77.77	0.0031
87.83	0.0024	86.57	0.0026	87.03	0.0026	88.17	0.0022	88.87	0.0033
98.81	0.0027	97.39	0.0028	97.90	0.0029	99.20	0.0025	99.98	0.0035
109.78	0.0032	108.22	0.0031	108.78	0.0032	110.22	0.0028	111.09	0.0037
120.76	0.0033	119.04	0.0035	119.66	0.0034	121.24	0.0031	122.20	0.0039
131.74	0.0038	129.86	0.0037	130.54	0.0038	132.26	0.0033	133.31	0.0040
142.72	0.0040	140.68	0.0042	141.42	0.0041	143.28	0.0036	144.42	0.0041
153.70	0.0046	151.50	0.0043	152.29	0.0044	154.31	0.0039	155.53	0.0042
164.68	0.0047	162.32	0.0046	163.17	0.0047	165.33	0.0042	166.64	0.0044
175.65	0.0050	173.14	0.0049	174.05	0.0050	176.35	0.0045	177.75	0.0045
186.63	0.0051	183.97	0.0052	184.93	0.0052	187.37	0.0048	188.86	0.0047
197.61	0.0054	194.79	0.0053	195.81	0.0055	198.39	0.0050	199.97	0.0048
208.59	0.0057	205.61	0.0057	206.69	0.0057	209.41	0.0053	211.08	0.0050
214.08	0.0060	208.31	0.0060	217.56	0.0060	220.44	0.0056	222.19	0.0052

Gráfica 27. Deformación unitaria de especímenes patrones a edad de 28 días.



$$Esfuerzo = 228.56 \text{ kg/cm}^2$$

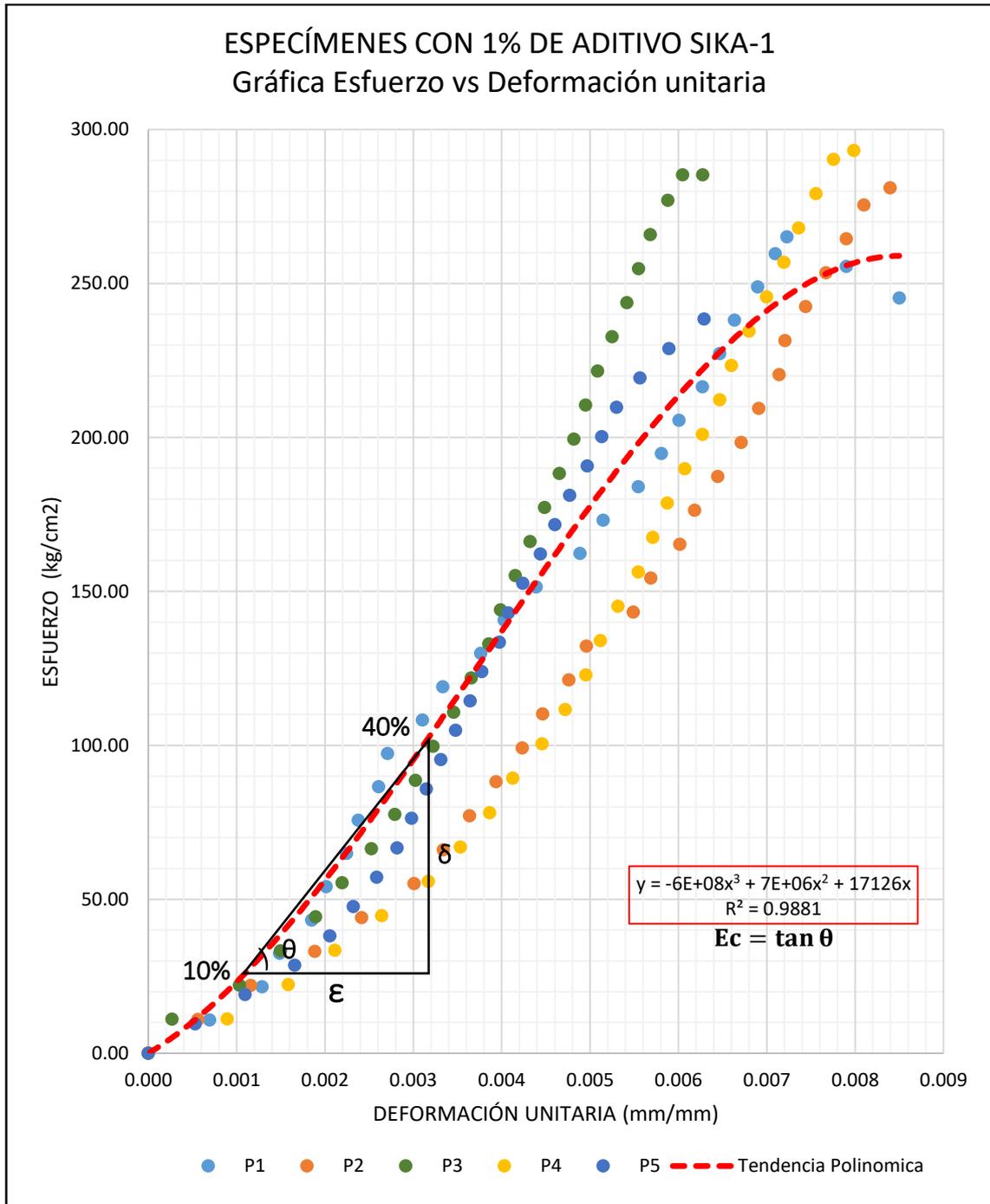
$$\epsilon = \frac{91.424 - 22.852}{0.0019 - 0.0008} = 58608.55$$

	Módulo de elasticidad
Gráfico	58608.55 kg/cm ²
ACI 318M-02	232378 kg/cm ²

Tabla 72. Deformación unitaria de especímenes con 1% de aditivo sika-1 a edad de 28 días.

ESPECÍMENES CON ADITIVO "SIKA 1" AL 1%									
Cemento Pacasmayo TIPO I (ASTM C150)									
Diseño f'c:	210	Edad (días):	28	Fecha de Elaboración	01/09	Fecha de Ensayo:	29/09		
ESPECIMEN P1		ESPECIMEN P2		ESPECIMEN P3		ESPECIMEN P4		ESPECIMEN P5	
Esfuerzo (Kg/cm ²)	Def.Uni (mm/m)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Def.Uni (mm/m)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Def.Uni (mm/m)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Def.Uni (mm/m)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Def.Uni (mm/m)
0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000
10.82	0.0007	11.02	0.0006	11.08	0.0003	11.17	0.0009	9.54	0.0005
21.64	0.0013	22.04	0.0012	22.16	0.0010	22.34	0.0016	19.08	0.0011
32.46	0.0015	33.07	0.0019	33.24	0.0015	33.50	0.0021	28.61	0.0017
43.29	0.0018	44.09	0.0024	44.32	0.0019	44.67	0.0026	38.15	0.0021
54.11	0.0020	55.11	0.0030	55.40	0.0022	55.84	0.0032	47.69	0.0023
64.93	0.0022	66.13	0.0033	66.48	0.0025	67.01	0.0035	57.23	0.0026
75.75	0.0024	77.15	0.0036	77.56	0.0028	78.18	0.0039	66.76	0.0028
86.57	0.0026	88.17	0.0039	88.64	0.0030	89.35	0.0041	76.30	0.0030
97.39	0.0027	99.20	0.0042	99.72	0.0032	100.51	0.0045	85.84	0.0031
108.22	0.0031	110.22	0.0045	110.80	0.0035	111.68	0.0047	95.38	0.0033
119.04	0.0033	121.24	0.0048	121.88	0.0037	122.85	0.0050	104.91	0.0035
129.86	0.0038	132.26	0.0050	132.96	0.0039	134.02	0.0051	114.45	0.0036
140.68	0.0040	143.28	0.0055	144.04	0.0040	145.19	0.0053	123.99	0.0038
151.50	0.0044	154.31	0.0057	155.12	0.0042	156.36	0.0055	133.53	0.0040
162.32	0.0049	165.33	0.0060	166.20	0.0043	167.52	0.0057	143.06	0.0041
173.14	0.0051	176.35	0.0062	177.28	0.0045	178.69	0.0059	152.60	0.0042
183.97	0.0055	187.37	0.0064	188.36	0.0047	189.86	0.0061	162.14	0.0044
194.79	0.0058	198.39	0.0067	199.44	0.0048	201.03	0.0063	171.68	0.0046
205.61	0.0060	209.41	0.0069	210.52	0.0050	212.20	0.0065	181.21	0.0048
216.43	0.0063	220.44	0.0071	221.60	0.0051	223.37	0.0066	190.75	0.0050
227.25	0.0065	231.46	0.0072	232.68	0.0052	234.53	0.0068	200.29	0.0051
238.07	0.0066	242.48	0.0074	243.76	0.0054	245.70	0.0070	209.83	0.0053
248.90	0.0069	253.50	0.0077	254.84	0.0055	256.87	0.0072	219.36	0.0056
259.72	0.0071	264.52	0.0079	265.92	0.0057	268.04	0.0074	228.90	0.0059
265.13	0.0072	275.55	0.0081	277.00	0.0059	279.21	0.0076	238.44	0.0063

Gráfica 28. Deformación unitaria de especímenes con 1% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.



$$Esfuerzo = 259.12 \text{ kg/cm}^2$$

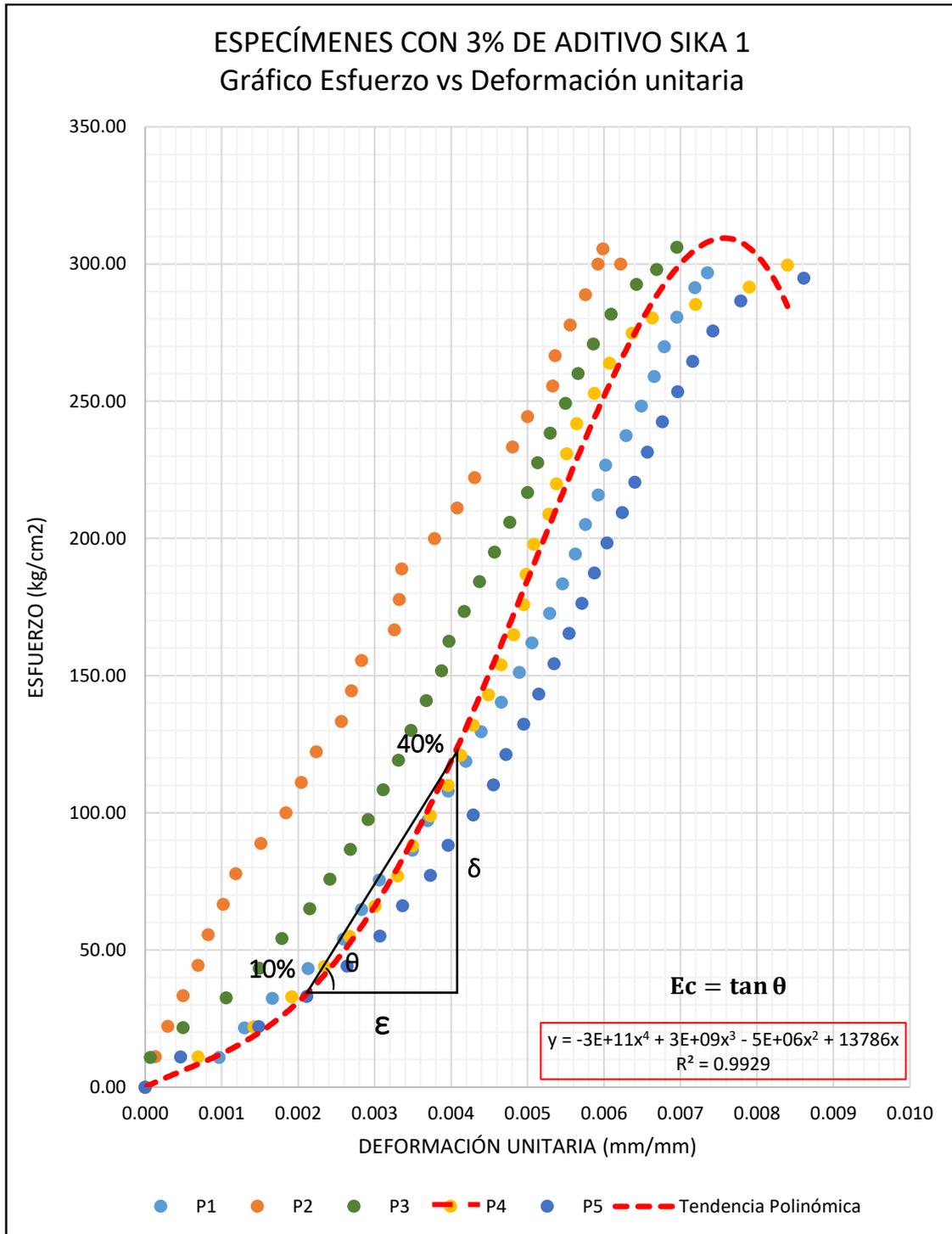
$$\varepsilon = \frac{103.648 - 25.912}{0.0032 - 0.0014} = 43186.67$$

	Módulo de elasticidad
Gráfico	43186.67 kg/cm ²
ACI 318M-02	266832 kg/cm ²

Tabla 73. Deformación unitaria de especímenes con 3% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.

ESPECÍMENES CON ADITIVO "SIKA 1" AL 3%									
Cemento Pacasmayo TIPO I (ASTM C150)									
Diseño f'c:	210	Edad (días):	28	Fecha de Elaboración		01/09	Fecha de Ensayo:		29/09
ESPECIMEN P1		ESPECIMEN P2		ESPECIMEN P3		ESPECIMEN P4		ESPECIMEN P5	
Esfuerzo Kg/cm2	Def.Uni (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Uni (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Unit (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Uni (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Uni (mm/m m)
0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000
10.79	0.0010	11.11	0.0001	10.84	0.0001	10.99	0.0007	11.02	0.0005
21.59	0.0013	22.22	0.0003	21.67	0.0005	21.99	0.0014	22.04	0.0015
32.38	0.0017	33.33	0.0005	32.51	0.0011	32.98	0.0019	33.07	0.0021
43.17	0.0021	44.44	0.0007	43.34	0.0015	43.97	0.0023	44.09	0.0026
53.97	0.0026	55.55	0.0008	54.18	0.0018	54.96	0.0027	55.11	0.0031
64.76	0.0028	66.66	0.0010	65.01	0.0022	65.96	0.0030	66.13	0.0034
75.55	0.0031	77.77	0.0012	75.85	0.0024	76.95	0.0033	77.15	0.0037
86.35	0.0035	88.87	0.0015	86.69	0.0027	87.94	0.0035	88.17	0.0040
97.14	0.0037	99.98	0.0018	97.52	0.0029	98.94	0.0037	99.20	0.0043
107.93	0.0040	111.09	0.0020	108.36	0.0031	109.93	0.0040	110.22	0.0046
118.73	0.0042	122.20	0.0022	119.19	0.0033	120.92	0.0041	121.24	0.0047
129.52	0.0044	133.31	0.0026	130.03	0.0035	131.91	0.0043	132.26	0.0050
140.31	0.0047	144.42	0.0027	140.86	0.0037	142.91	0.0045	143.28	0.0051
151.11	0.0049	155.53	0.0028	151.70	0.0039	153.90	0.0047	154.31	0.0053
161.90	0.0051	166.64	0.0033	162.54	0.0040	164.89	0.0048	165.33	0.0055
172.69	0.0053	177.75	0.0033	173.37	0.0042	175.89	0.0050	176.35	0.0057
183.49	0.0055	188.86	0.0034	184.21	0.0044	186.88	0.0050	187.37	0.0059
194.28	0.0056	199.97	0.0038	195.04	0.0046	197.87	0.0051	198.39	0.0060
205.07	0.0058	211.08	0.0041	205.88	0.0048	208.86	0.0053	209.41	0.0062
215.87	0.0059	222.19	0.0043	216.71	0.0050	219.86	0.0054	220.44	0.0064
226.66	0.0060	233.30	0.0048	227.55	0.0051	230.85	0.0055	231.46	0.0066
237.45	0.0063	244.41	0.0050	238.38	0.0053	241.84	0.0056	242.48	0.0068
248.25	0.0065	255.51	0.0053	249.22	0.0055	252.84	0.0059	253.50	0.0070
259.04	0.0067	266.62	0.0054	260.06	0.0057	263.83	0.0061	264.52	0.0072
269.83	0.0068	277.73	0.0056	270.89	0.0059	274.82	0.0064	275.55	0.0074
280.63	0.0070	288.84	0.0058	281.73	0.0061	280.32	0.0066	286.57	0.0078

Gráfica 29. Deformación unitaria de especímenes con 3% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.



$$Esfuerzo = 309.91 \text{ kg/cm}^2$$

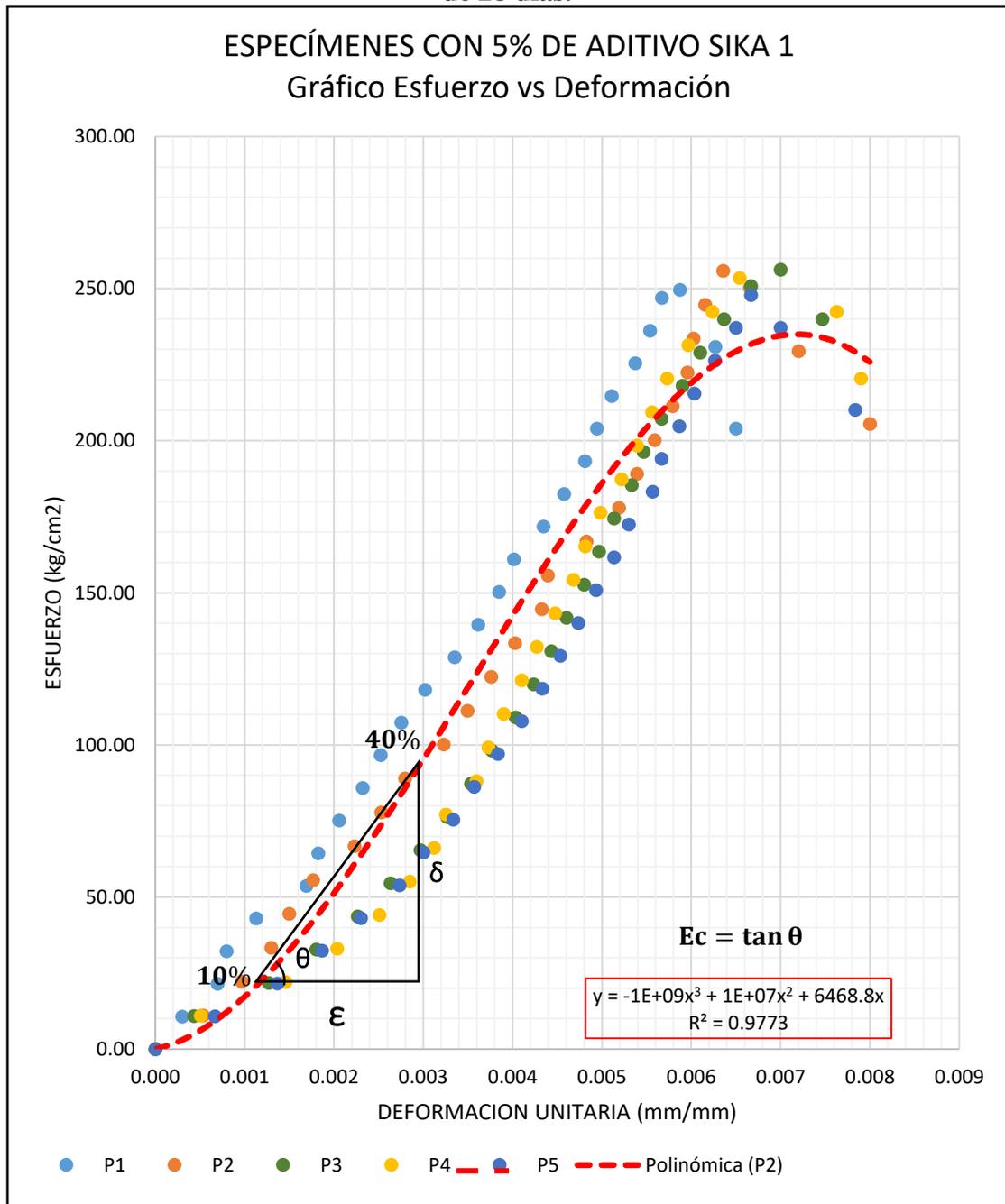
$$\epsilon = \frac{123.964 - 30.991}{0.0044 - 0.0025} = 48933.16$$

	Módulo de elasticidad
Gráfico	48933.16 kg/cm ²
ACI 318M-02	265401 kg/cm ²

Tabla 74. Deformación unitaria de especímenes con 5% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.

ESPECÍMENES CON ADITIVO "SIKA 1" AL 5%									
Cemento Pacasmayo TIPO I (ASTM C150)									
Diseño f'c:	210	Edad (días):	28	Fecha de Elaboración	01/09	Fecha de Ensayo:	29/09		
ESPECIMEN P1		ESPECIMEN P2		ESPECIMEN P3		ESPECIMEN P4		ESPECIMEN P5	
Esfuerzo Kg/cm2	Def.Uni (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Uni (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Uni (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Uni (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Uni (mm/m m)
0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000
10.74	0.0003	11.12	0.0005	10.91	0.0004	11.02	0.0005	10.78	0.0007
21.47	0.0007	22.25	0.0010	21.81	0.0013	22.04	0.0015	21.56	0.0014
32.21	0.0008	33.37	0.0013	32.72	0.0018	33.07	0.0020	32.34	0.0019
42.95	0.0011	44.50	0.0015	43.63	0.0023	44.09	0.0025	43.12	0.0023
53.69	0.0017	55.62	0.0018	54.53	0.0026	55.11	0.0028	53.90	0.0027
64.42	0.0018	66.74	0.0022	65.44	0.0030	66.13	0.0031	64.68	0.0030
75.16	0.0021	77.87	0.0025	76.35	0.0033	77.15	0.0033	75.46	0.0033
85.90	0.0023	88.99	0.0028	87.25	0.0035	88.17	0.0036	86.23	0.0036
96.64	0.0025	100.12	0.0032	98.16	0.0038	99.20	0.0037	97.01	0.0038
107.37	0.0028	111.24	0.0035	109.07	0.0040	110.22	0.0039	107.79	0.0041
118.11	0.0030	122.36	0.0038	119.97	0.0042	121.24	0.0041	118.57	0.0043
128.85	0.0033	133.49	0.0040	130.88	0.0044	132.26	0.0043	129.35	0.0045
139.59	0.0036	144.61	0.0043	141.79	0.0046	143.28	0.0045	140.13	0.0047
150.32	0.0038	155.74	0.0044	152.69	0.0048	154.31	0.0047	150.91	0.0049
161.06	0.0040	166.86	0.0048	163.60	0.0050	165.33	0.0048	161.69	0.0051
171.80	0.0043	177.98	0.0052	174.51	0.0051	176.35	0.0050	172.47	0.0053
182.54	0.0046	189.11	0.0054	185.41	0.0053	187.37	0.0052	183.25	0.0056
193.27	0.0048	200.23	0.0056	196.32	0.0055	198.39	0.0054	194.03	0.0057
204.01	0.0049	211.36	0.0058	207.23	0.0057	209.41	0.0056	204.81	0.0059
214.75	0.0051	222.48	0.0060	218.13	0.0059	220.44	0.0057	215.59	0.0060
225.49	0.0054	233.60	0.0060	229.04	0.0061	231.46	0.0060	226.37	0.0063
236.22	0.0055	244.73	0.0062	239.95	0.0064	242.48	0.0062	237.15	0.0065
246.96	0.0057	255.85	0.0064	250.85	0.0067	253.50	0.0065	247.92	0.0067
249.64	0.0059	250.29	0.0067	256.31	0.0070	242.48	0.0076	237.15	0.0070

Gráfica 30. Deformación unitaria de especímenes con 5% de aditivo SIKA-1 a edad de 28 días.



$$Esfuerzo = 235.54 \text{ kg/cm}^2$$

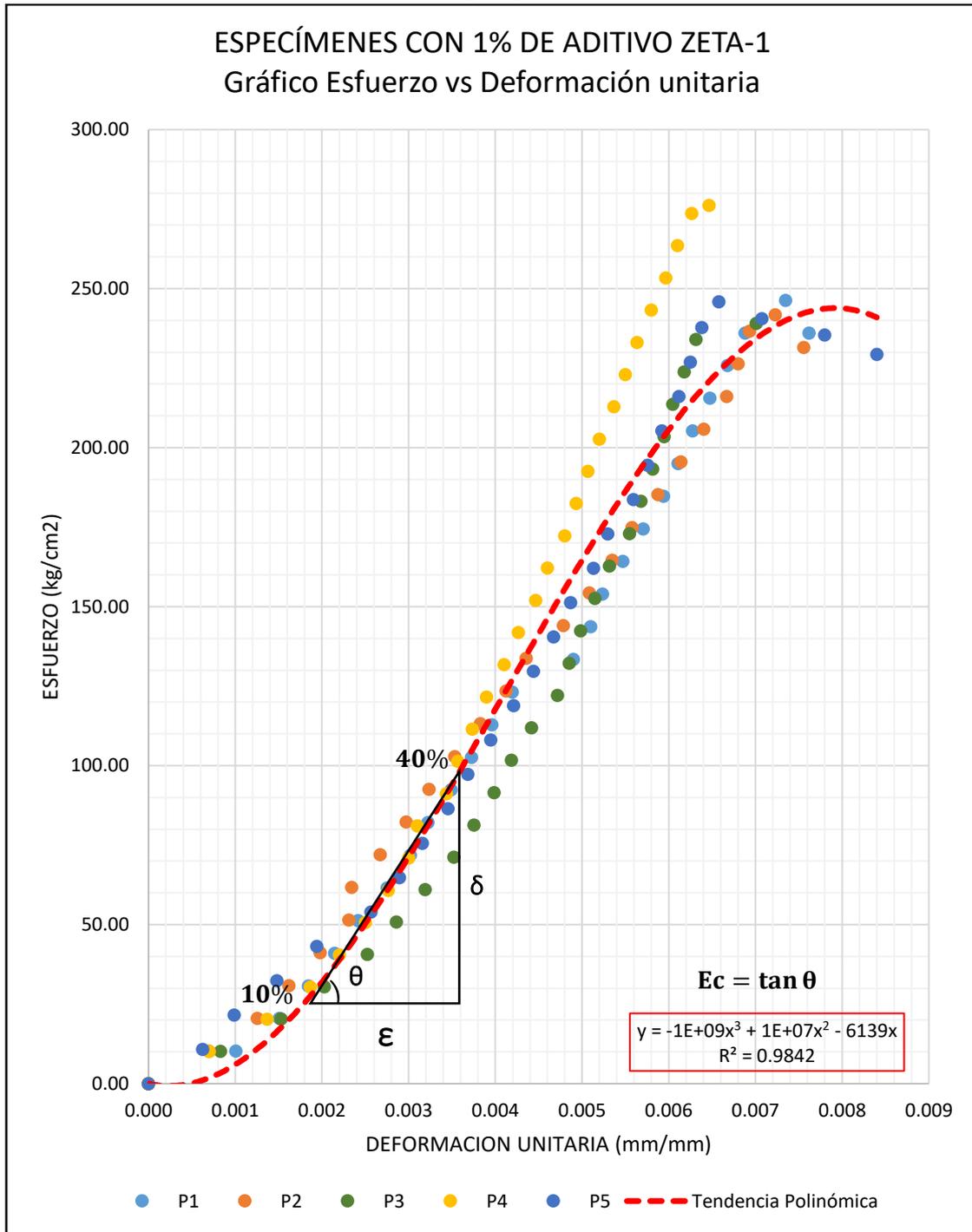
$$\varepsilon = \frac{94.216 - 23.554}{0.0029 - 0.0011} = 39256.67$$

	Módulo de elasticidad
Gráfico	39256.67 kg/cm ²
ACI 318M-02	243909 kg/cm ²

Tabla 75. Deformación unitaria de especímenes con 1% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.

ESPECÍMENES CON ADITIVO "ZETA-1" AL 1%									
Cemento Pacasmayo TIPO I (ASTM C150)									
Diseño f'c:	210	Edad (días):	28	Fecha de Elaboración	05/08	Fecha de Ensayo:	04/09		
ESPECIMEN P1		ESPECIMEN P2		ESPECIMEN P3		ESPECIMEN P4		ESPECIMEN P5	
Esfuerzo Kg/cm2	Def.Unit (mm/m m)	Esfuerz Kg/cm2	Def.Unit (mm/m m)	Esfuerz Kg/cm2	Def.Uni (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Unit. (mm/mm)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Uni (mm/m m)
0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000
10.27	0.0010	10.29	0.0007	10.17	0.0008	10.14	0.0007	10.81	0.0006
20.53	0.0015	20.58	0.0013	20.35	0.0015	20.27	0.0014	21.61	0.0010
30.80	0.0018	30.87	0.0016	30.52	0.0020	30.41	0.0019	32.42	0.0015
41.06	0.0021	41.17	0.0020	40.70	0.0025	40.55	0.0022	43.23	0.0019
51.33	0.0024	51.46	0.0023	50.87	0.0029	50.68	0.0025	54.04	0.0026
61.59	0.0028	61.75	0.0023	61.05	0.0032	60.82	0.0028	64.84	0.0029
71.86	0.0030	72.04	0.0027	71.22	0.0035	70.95	0.0030	75.65	0.0032
82.12	0.0032	82.33	0.0030	81.40	0.0038	81.09	0.0031	86.46	0.0035
92.39	0.0035	92.62	0.0032	91.57	0.0040	91.23	0.0034	97.27	0.0037
102.65	0.0037	102.92	0.0035	101.75	0.0042	101.36	0.0036	108.07	0.0039
112.92	0.0040	113.21	0.0038	111.92	0.0044	111.50	0.0037	118.88	0.0042
123.19	0.0042	123.50	0.0041	122.10	0.0047	121.64	0.0039	129.69	0.0044
133.45	0.0049	133.79	0.0044	132.27	0.0049	131.77	0.0041	140.50	0.0047
143.72	0.0051	144.08	0.0048	142.45	0.0050	141.91	0.0043	151.30	0.0049
153.98	0.0052	154.37	0.0051	152.62	0.0051	152.05	0.0045	162.11	0.0051
164.25	0.0055	164.67	0.0053	162.80	0.0053	162.18	0.0046	172.92	0.0053
174.51	0.0057	174.96	0.0056	172.97	0.0055	172.32	0.0048	183.73	0.0056
184.78	0.0059	185.25	0.0059	183.15	0.0057	182.45	0.0049	194.53	0.0058
195.04	0.0061	195.54	0.0061	193.32	0.0058	192.59	0.0051	205.34	0.0059
205.31	0.0063	205.83	0.0064	203.50	0.0059	202.73	0.0052	216.15	0.0061
215.57	0.0065	216.12	0.0067	213.67	0.0060	212.86	0.0054	226.96	0.0063
225.84	0.0067	226.42	0.0068	223.85	0.0062	223.00	0.0055	237.76	0.0064
236.11	0.0069	236.71	0.0069	234.02	0.0063	233.14	0.0056	245.87	0.0066
246.37	0.0073	241.85	0.0072	239.11	0.0070	243.27	0.0058	226.96	0.0071

Gráfica 31. Deformación unitaria de especímenes con 1% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.



$$Esfuerzo = 243.89 \text{ kg/cm}^2$$

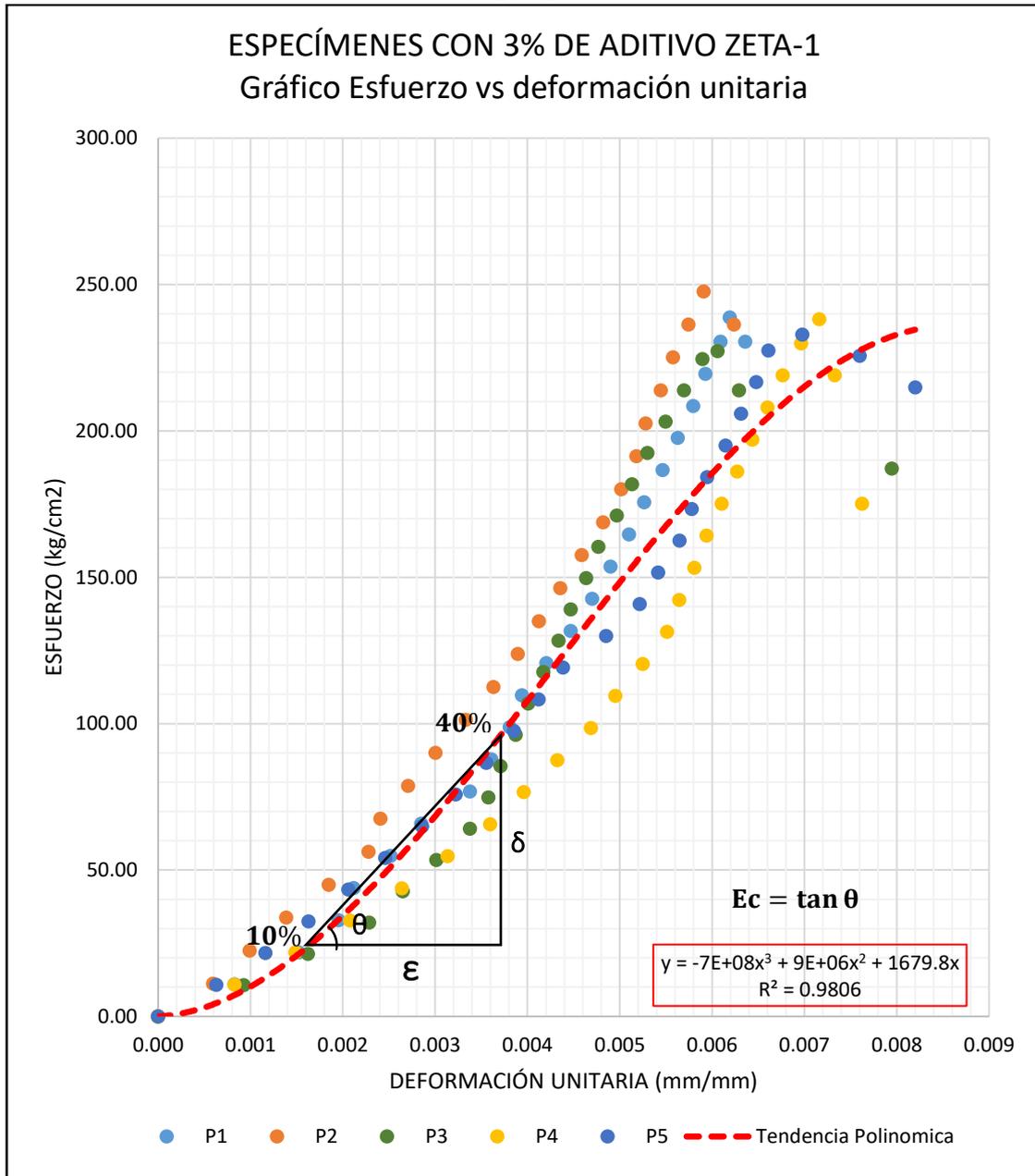
$$\epsilon = \frac{97.556 - 24.389}{0.0036 - 0.0018} = 40648.33$$

	Módulo de elasticidad
Gráfico	40648.33 kg/cm ²
ACI 318M-02	249008 kg/cm ²

Tabla 76. Deformación unitaria de especímenes con 3% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.

ESPECÍMENES CON ADITIVO "ZETA-1" AL 3%									
Cemento Pacasmayo TIPO I (ASTM C150)									
Diseño f'c:	210	Edad (días):	28	Fecha de Elaboración	05/08	Fecha de Ensayo:	04/09		
ESPECIMEN P1		ESPECIMEN P2		ESPECIMEN P3		ESPECIMEN P4		ESPECIMEN P5	
Esfuerzo Kg/cm2	Def.Unit. (mm/m m)	Esfuerz Kg/cm2	Def.Unit. (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Uni (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Unit. (mm/m m)	Esfuerz Kg/cm 2	Def.Unit. (mm/m m)
0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000
10.98	0.0008	11.26	0.0006	10.70	0.0009	10.95	0.0008	10.84	0.0006
21.96	0.0015	22.52	0.0010	21.39	0.0016	21.90	0.0015	21.67	0.0012
32.94	0.0020	33.77	0.0014	32.09	0.0023	32.85	0.0021	32.51	0.0016
43.91	0.0021	45.03	0.0018	42.78	0.0026	43.80	0.0026	43.34	0.0021
54.89	0.0025	56.29	0.0023	53.48	0.0030	54.75	0.0031	54.18	0.0025
65.87	0.0028	67.55	0.0024	64.17	0.0034	65.70	0.0036	65.01	0.0029
76.85	0.0034	78.80	0.0027	74.87	0.0036	76.65	0.0040	75.85	0.0032
87.83	0.0036	90.06	0.0030	85.57	0.0037	87.60	0.0043	86.69	0.0036
98.81	0.0038	101.32	0.0033	96.26	0.0039	98.55	0.0047	97.52	0.0039
109.78	0.0039	112.58	0.0036	106.96	0.0040	109.50	0.0050	108.36	0.0041
120.76	0.0042	123.83	0.0039	117.65	0.0042	120.45	0.0052	119.19	0.0044
131.74	0.0045	135.09	0.0041	128.35	0.0043	131.40	0.0055	130.03	0.0049
142.72	0.0047	146.35	0.0044	139.04	0.0045	142.35	0.0056	140.86	0.0052
153.70	0.0049	157.61	0.0046	149.74	0.0046	153.30	0.0058	151.70	0.0054
164.68	0.0051	168.86	0.0048	160.44	0.0048	164.24	0.0059	162.54	0.0056
175.65	0.0053	180.12	0.0050	171.13	0.0050	175.19	0.0061	173.37	0.0058
186.63	0.0055	191.38	0.0052	181.83	0.0051	186.14	0.0063	184.21	0.0059
197.61	0.0056	202.64	0.0053	192.52	0.0053	197.09	0.0064	195.04	0.0061
208.59	0.0058	213.89	0.0054	203.22	0.0055	208.04	0.0066	205.88	0.0063
219.57	0.0059	225.15	0.0056	213.91	0.0057	218.99	0.0068	216.71	0.0065
230.55	0.0061	236.41	0.0057	224.61	0.0059	229.94	0.0070	227.55	0.0066
238.78	0.0062	247.67	0.0059	227.28	0.0061	238.15	0.0072	232.97	0.0070

Gráfica 32. Deformación unitaria de especímenes con 3% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.



$$Esfuerzo = 235.12 \text{ kg/cm}^2$$

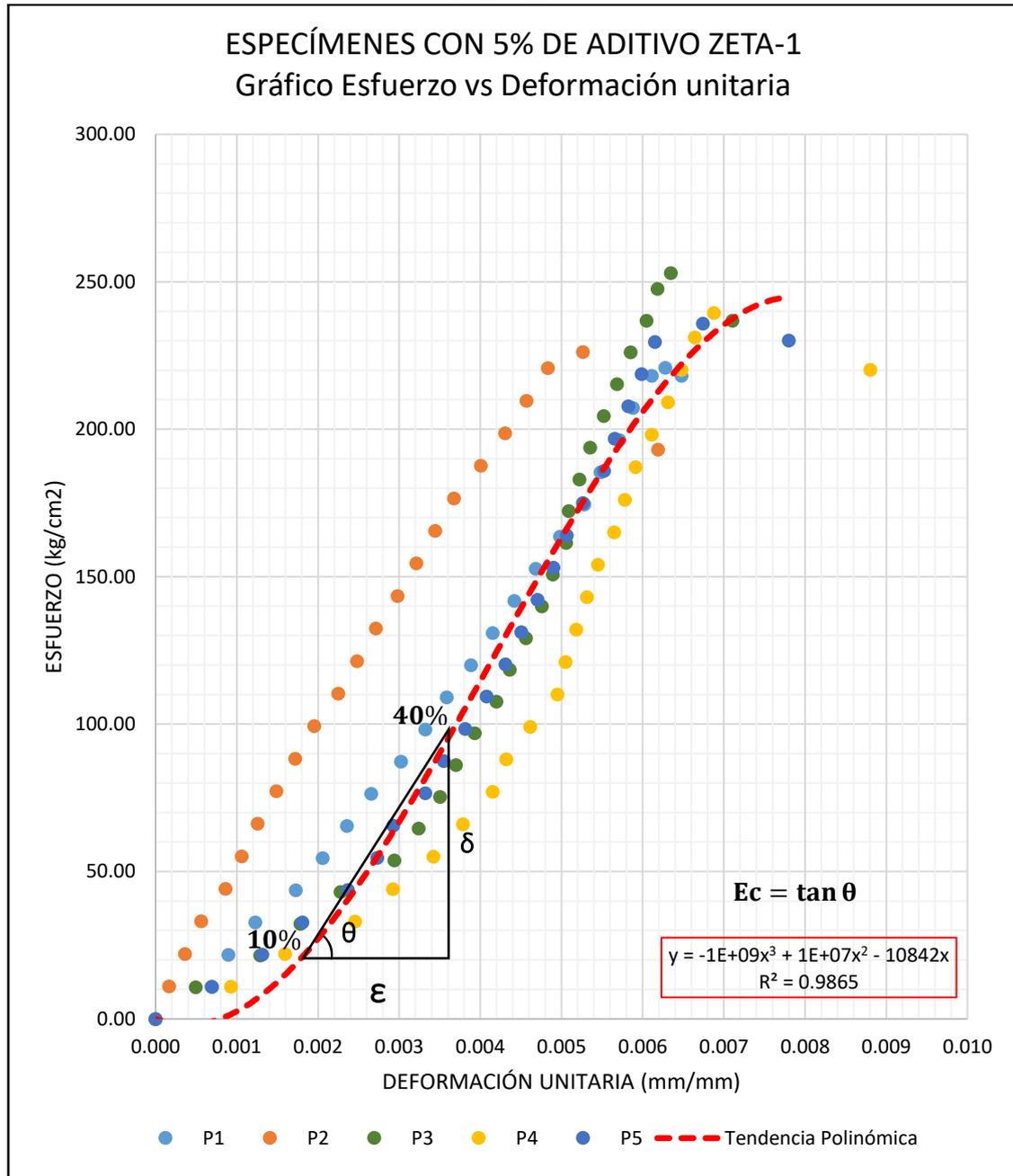
$$\varepsilon = \frac{94.048 - 23.512}{0.0036 - 0.0016} = 34407.80$$

	Módulo de elasticidad
Gráfico	34407.80 kg/cm ²
ACI 318M-02	242045 kg/cm ²

Tabla 77. Deformación unitaria de especímenes con 5% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.

ESPECÍMENES CON ADITIVO "ZETA-1" AL 5%									
Cemento Pacasmayo TIPO I (ASTM C150)									
Diseño f'c:	210	Edad (días):	28	Fecha de Elaboración		05/08	Fecha de Ensayo:		04/09
ESPECIMEN P1		ESPECIMEN P2		ESPECIMEN P3		ESPECIMEN P4		ESPECIMEN P5	
Esfuerzo Kg/cm2	Def.Unit (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Unit (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Unit (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Unit (mm/m m)	Esfuerzo Kg/cm2	Def.Unit (mm/m m)
0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000
10.91	0.0007	11.04	0.0002	10.77	0.0005	11.01	0.0009	10.94	0.0007
21.81	0.0009	22.07	0.0004	21.53	0.0013	22.01	0.0016	21.87	0.0013
32.72	0.0012	33.11	0.0006	32.30	0.0018	33.02	0.0025	32.81	0.0018
43.63	0.0017	44.15	0.0009	43.06	0.0023	44.03	0.0029	43.74	0.0024
54.53	0.0021	55.18	0.0011	53.83	0.0029	55.04	0.0034	54.68	0.0027
65.44	0.0024	66.22	0.0013	64.59	0.0032	66.04	0.0038	65.61	0.0029
76.35	0.0027	77.25	0.0015	75.36	0.0035	77.05	0.0042	76.55	0.0033
87.25	0.0030	88.29	0.0017	86.12	0.0037	88.06	0.0043	87.48	0.0036
98.16	0.0033	99.33	0.0020	96.89	0.0039	99.07	0.0046	98.42	0.0038
109.07	0.0036	110.36	0.0023	107.65	0.0042	110.07	0.0050	109.35	0.0041
119.97	0.0039	121.40	0.0025	118.42	0.0044	121.08	0.0050	120.29	0.0043
130.88	0.0042	132.44	0.0027	129.18	0.0046	132.09	0.0052	131.22	0.0045
141.79	0.0044	143.47	0.0030	139.95	0.0048	143.10	0.0053	142.16	0.0047
152.69	0.0047	154.51	0.0032	150.71	0.0049	154.10	0.0054	153.09	0.0049
163.60	0.0050	165.54	0.0034	161.48	0.0051	165.11	0.0056	164.03	0.0051
174.51	0.0053	176.58	0.0037	172.25	0.0051	176.12	0.0058	174.96	0.0053
185.41	0.0055	187.62	0.0040	183.01	0.0052	187.12	0.0059	185.90	0.0055
196.32	0.0057	198.65	0.0043	193.78	0.0054	198.13	0.0061	196.84	0.0057
207.23	0.0059	209.69	0.0046	204.54	0.0055	209.14	0.0063	207.77	0.0058
218.13	0.0061	220.73	0.0048	215.31	0.0057	220.15	0.0065	218.71	0.0060
220.86	0.0063	226.24	0.0053	226.07	0.0059	231.15	0.0066	229.64	0.0062
218.13	0.0065	193.14	0.0062	236.84	0.0060	239.41	0.0069	218.71	0.0067

Gráfica 33. Deformación unitaria de especímenes con 5% de aditivo ZETA-1 a edad de 28 días.



$$Esfuerzo = 245.32 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon = \frac{98.128 - 24.532}{0.0036 - 0.0018} = 40886.67$$

	Módulo de elasticidad
Gráfico	40886.67 kg/cm ²
ACI 318M-02	238427 kg/cm ²

ANEXO XIV: Análisis de la permeabilidad con la Ley de Darcy.

$$K_p = \frac{a \times L}{A \times \Delta t} \times \ln \frac{H_o}{H_f}$$

Dónde:

A: sección de la muestra.

H_o: altura inicial de carga.

H_f: altura final de carga.

a: sección del permeámetro.

Δt: diferencial del tiempo.

L: altura de la muestra.

PRIMER ENSAYO			SEGUNDO ENSAYO		
A	0.0081	m ²	A	0.0081	m ²
a	0.0020	m ²	a	0.0020	m ²
L	0.10	m ²	L	0.10	m ²
H_o	1.7500	m	H_o	1.7500	m
H_f	1.7438	m	H_f	1.7453	m
ΔT	3	días	ΔT	3	días
K1	3.4232E-10	m/s	K1	2.5939E-10	m/s

TERCER ENSAYO			CUARTO ENSAYO		
A	0.0081	m ²	A	0.0081	m ²
a	0.0020	m ²	a	0.0020	m ²
L	0.10	m ²	L	0.10	m ²
H_o	1.7500	m	H_o	1.7500	m
H_f	1.7458	m	H_f	1.7468	m
ΔT	3	días	ΔT	3	días
K1	2.3176E-10	m/s	K1	1.7653E-10	m/s

Coefficiente de permeabilidad promedio:

$$K_p = 2.525 \times 10^{-10} \text{ m/s.}$$

ANEXO XV: Tabla de requisitos de barra compactadora.

REQUISITOS DE LA BARRA COMPACTADORA					
DIÁMETRO DEL CILINDRO O ANCHO DE LA VIGA		DIMENSIONES DE LA VARILLA			
		DIÁMETRO DE VARILLA		LONGITUD DE LA VARILLA	
(mm)	(pulg)	(mm)	(Pulg)	(mm)	(pulg)
< 150	< 6	10	3/8	300	12
150	6	16	5/8	500	20
225	9	16	5/8	650	26

nota: tolerancia en la longitud, ± 100 mm. Tolerancia en el diámetro ± 2 mm. Martillo de goma 0.6 ± 0.2 kg

Fuente: NTP 339.033

ANEXO XVI: Tabla de requisitos de moldeo de especímenes por apisonamiento.

REQUISITOS DE MOLDEO DE ESPECIMENES POR APISONAMIENTO.			
TIPO DE ESPECIMEN Y TAMAÑO		NUMERO DE CAPAS DE IGUAL ALTURA	NUMERO DE GOLPES POR CAPA
cilindro: diámetro			
mm	pulg		
100	4	2	25
150	6	3	25
225	9	4	50
vigas: ancho			
150a 200		2	
> 200		3 o más de igual altura, sin exceder 150mm	

Fuente: NTP 339.033

ANEXO XVII: Imágenes.



Imagen 2. Pila de agregado grueso en cantera La Victoria.



Imagen 3. Pila de agregado fino en cantera La Victoria.



Imagen 4. Método de cuarteo del agregado fino.

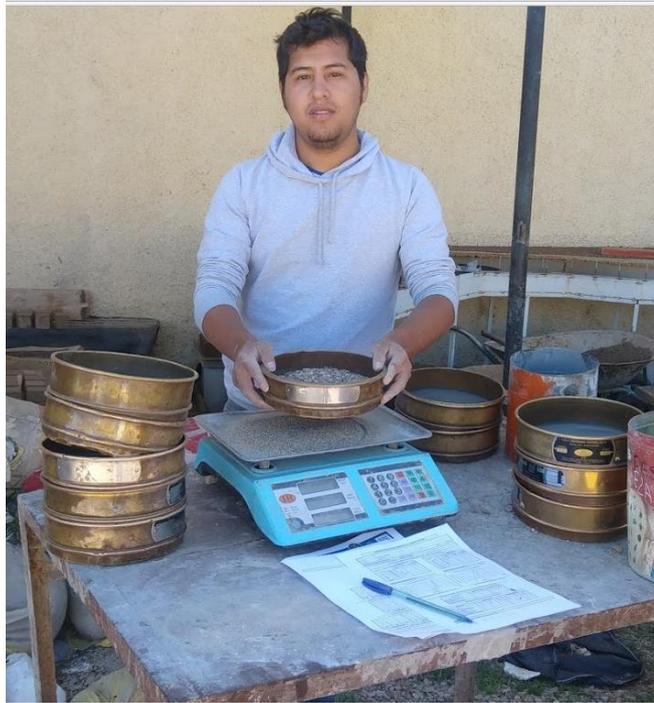


Imagen 5. Análisis granulométrico del agregado fino.



Imagen 6. Análisis granulométrico del agregado grueso.



Imagen 7. Determinación del contenido de humedad del agregado fino y grueso.



Imagen 8. Muestra de agregado fino para ensayo de peso específico.



Imagen 9. Determinación del peso específico del agregado fino y grueso.



Imagen 10. Determinación del peso unitario suelto del agregado fino.



Imagen 11. Determinación del peso unitario suelto del agregado fino.



Imagen 12. Determinación del peso unitario compactado del agregado grueso.



Imagen 13. Presentación del aditivo “Sika 1” de 01 galón.



Imagen 14. Determinación del asentamiento con el cono de abrams.



Imagen 15. Determinación del asentamiento con el cono de abrams.



Imagen 16. Colocación de la primera capa de concreto en el molde.



Imagen 17. Compactación de 25 golpes con varilla de 5/8" lisa.



Imagen 18. Almacenamiento de los especímenes en superficie plana.



Imagen 19. Curado inicial, cubriendo con bolsa plástica.



Imagen 20. Curado final, introduciendo las probetas en agua.



Imagen 21. Colocación del espécimen en la prensa hidráulica.



Imagen 22. Ejecución de la ruptura del espécimen con EPP.



Imagen 23. Especimen ensayado a compresión con falla tipo 5.



Imagen 24. Especímenes ensayados a compresión a edad de 7 días.



Imagen 25. Peso del espécimen para el peso unitario del concreto.

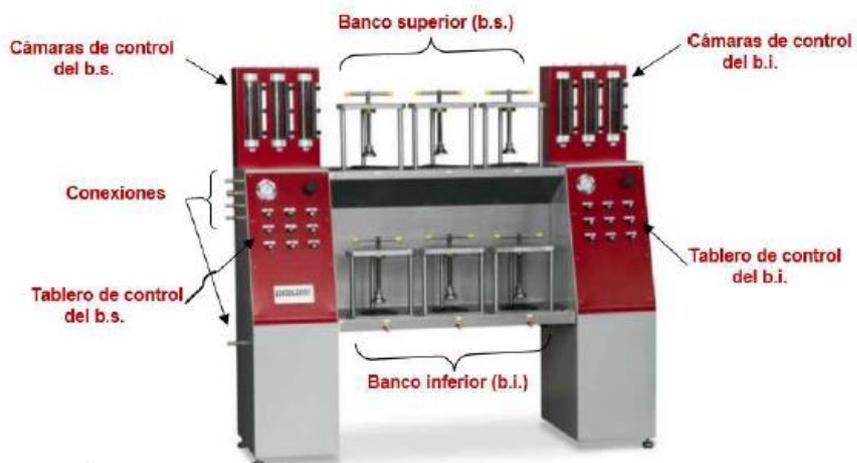


Imagen 26. Equipo de penetración hidráulica FORM TEST.



Imagen 27. Equipo de penetración fabricado por el tesista.



Imagen 28. Secado de los especímenes en el horno a 110°C.



Imagen 29. Preparación de la probeta que va ser sometida a presión de agua.



Imagen 30. Colocación de neopreno sellador para evitar la fuga de agua.



Imagen 31. Fijación de las tuercas con llave graduada.



Imagen 32. Extracción del espécimen sometido a presión de agua por un tiempo determinado.



Imagen 33. Colocación del espécimen de concreto en la prensa hidráulica.

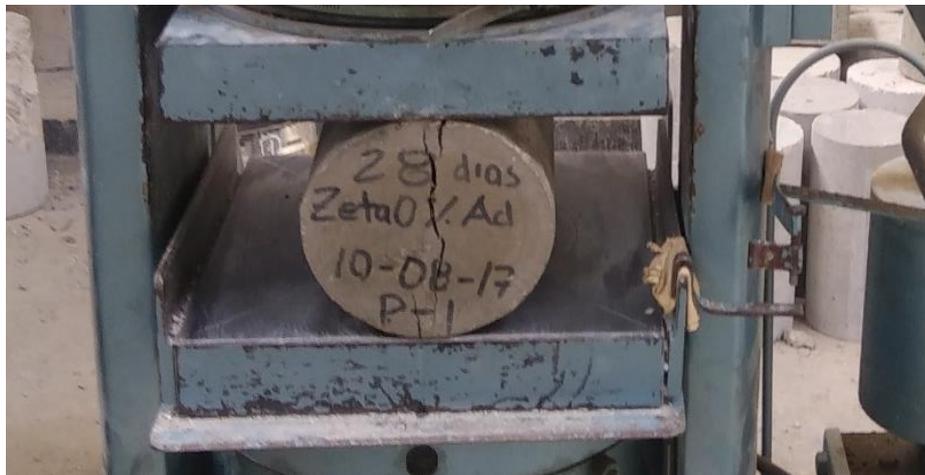


Imagen 34. Ensayo del espécimen a tracción indirecta.



Imagen 35. Medición de la penetración del agua en el espécimen.

HOJA TÉCNICA

Sika®-1

Impermeabilizante integral de fraguado normal.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika®-1 es un aditivo impermeabilizante a base acuosa de materiales inorgánicos de forma coloidal, que obstruye los poros y capilares del concreto o mortero mediante el gel incorporado.

USOS

- Subterráneos, cimientos, sobre cimientos y bases en contacto con el terreno.
- Mortero de asentado en las primeras hiladas de ladrillo (evitando la ascensión de la humedad por capilaridad).
- Tarrajeos exteriores, especialmente en fachadas expuestas a lluvia y riego.
- Tarrajeos interiores, especialmente en baños y cocinas.
- Tanques y estanques de agua, piscinas, canales, reservorios y otros.
- Obras hidráulicas en general.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

El empleo de Sika®-1 como aditivo hidrófugo de masa ofrece las siguientes ventajas:

- Asegura la impermeabilidad de morteros y concretos aún bajo presión de agua.
- Permite la ventilación natural de los elementos constructivos.

NORMA

Cumple con la norma IRAM 1572: Porcentaje de absorción de agua < 50% en 24 horas.

DATOS BÁSICOS

FORMA

ASPECTO

Suspensión líquida ligeramente cremosa.

COLORES

Amarillo Tenue

PRESENTACIÓN

- Paquete x 4 envases PET x 4 L.
- Balde x 20 L.
- Cilindro x 200 L.

ALMACENAMIENTO

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL

2 años en lugar fresco y bajo techo en su envase original bien cerrado.

DATOS TÉCNICOS	<p>DENSIDAD 0.95 ± 0.03 kg/L</p> <p>USGBC VALORACIÓN LEED Sika®-1 cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants. Conenido de VOC < 250 g/L (menos agua)</p>
-----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN	<p>CONSUMO / DOSIS</p> <p>En morteros: Proporción de 1:10 (Sika®-1: Agua).</p> <p>En concretos: La dosis recomendada es de 42 cm³ por kilogramo de cemento</p>
-------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

MÉTODO DE APLICACIÓN	<p>MODO DE EMPLEO</p> <p>Sika®-1 se utiliza diluido en el agua de amasado del concreto o mortero. El empleo de este en el concreto garantiza una buena impermeabilidad en la obra, lo que hace innecesario los tarrajeos impermeables posteriores, siempre que la faena de vaciado continuo de concreto cumpla con los requisitos mínimos de: dosificación, calidad de los materiales, confección, métodos de colocación adecuados y protección posterior (curado). En la confección de morteros impermeables no deben utilizarse arenas excesivamente finas, debido a que éstas producen mayores retracciones, es decir, mayor tendencia a la fisuración. Para lograr buena impermeabilidad se aconseja no utilizar morteros muy ricos en cemento ya que tienden a fisurarse. Las relaciones cemento:arena más aconsejables son 1:3 ó 1:4.</p>
-----------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN	<p>Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma naturales o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.</p>
-------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

OBSERVACIONES	<p>La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe</p>
----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

NOTAS LEGALES	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.</p> <p>Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.</p>
----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 8
la misma que deberá ser destruida”**

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika®-1 :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Concrete
Centro industrial "Las Praderas
de Lurín" s/n MZ B, Lotes 5 y
6, Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sika®-1
22.01.15, Edición 9

**Versión elaborada por: Sika Perú
S.A.**
CG, Departamento Técnico
Telf: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: informacion@pe.sika.com





Impermeabilizante para tarrajeo

Z 1 Líquido

Descripción: Impermeabilizante integral para morteros y concretos, se presenta como un líquido espeso. Cumple con la Norma IRAM 1572, ASTM C 31 – ASTM C 39.

Ventajas:

- Disminuye la permeabilidad del concreto.
- Evita la humedad.
- Fácil aplicación.
- No necesita manos expertas.
- Se diluye en el agua donde se va a preparar el mortero, hormigón o concreto.
- Brinda plasticidad a la mezcla.
- Resistencia a carburantes.

Usos

- Se usa en jardineras, pisos, contrapisos, cimientos, sobre cimientos, estuco de baño, cocinas, bloqueando los poros capilares.
- Reservorios, Tanques, Elevador.

Aplicación

A. Morteros:

- Utilizar ½ galón de Z 1 LÍQUIDO + 12.5 galones de agua. La superficie debe estar limpia de barnices, curadores, grasas, aceites.
- Primera capa: Volumen 1:2 (1 cemento x 2 de arena seca), después agregar la solución Z 1 LÍQUIDO y agua con esta mezcla que cubra el 50 %, aproximadamente, cubrir 1.5 cm de espesor.
- Segunda capa: Volumen 1:3 (1 de cemento x 3 de arena seca) después agregar la solución de Z 1 LÍQUIDO y agua, con esta mezcla, sobre la capa anterior humedecida, formar la segunda capa hasta obtener el espesor especificado, luego reglear y frotachar con la llana o plancha hasta obtener una superficie lisa.
- Curar la superficie con Z MEMBRANA “A” para evitar la evaporación del agua de la mezcla.



B. Concretos:

- Previamente disuelva el Z 1 LÍQUIDO con el agua que se va a usar en el concreto.
- Una vez mezclado en seco, el cemento y los agregados, agregar esta solución Z 1 LÍQUIDO y agua.
- Agítese antes de Usar.

Cuidados

- Mezclar primero el Z 1 LÍQUIDO con el agua de la mezcla.
- Ver que la arena esté seca.
- Resanar la estructura y que esté limpia.
- Si cae en las manos o la vista lavar con abundante agua y enjuagar bien.

Rendimiento

- Morteros = 1Gal. x 5 BC = 25m²
- Concreto = 2% peso del cemento.
- Contención de Carburantes = 2 gal x 5 BC = 25 m²
- Densidad = 0.98 Kg/L

Envases

- 1 Galón
- 5 galones
- 55 Galones.

FICHA TÉCNICA

CEMENTO PORTLAND TIPO I

De uso general en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales.

DESCRIPCIÓN

El cemento portland Tipo I es un cemento de uso general que cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150.

El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de clinker Tipo I y yeso que le brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.

PROPIEDADES

Mayor resistencia inicial

Debido a su óptima formulación el cemento Tipo I desarrolla mayor resistencia a edades tempranas y menores tiempos de fraguado.

En el cuadro adjunto se indican las propiedades específicas del cemento portland Tipo I.



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002 -
Versión 01

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 01 de marzo del 2012

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	1.9	Máximo 6.0
SO3	%	2.6	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	2.6	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.61	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.16	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3940	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.13	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (kg/cm ²)	27.0 (275)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (kg/cm ²)	32.8 (335)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (kg/cm ²)	39.1 (399)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	149	Mínimo 45
Fraguado Final	min	292	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados corresponden al promedio del cemento despachado en el año 2011.

(*) Requisito opcional.

APLICACIONES

De uso tradicional en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales de ningún tipo:

- Obras de concreto y de concreto armado en general.
- Para estructuras que requieren rápido desencofrado.
- Concreto en clima frío.
- Prefabricados.
- Pavimentos y cimentaciones.



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería



EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DEJA :

CONSTANCIA:

Que el señor HUMBERTO EZEQUIEL SOTA SOLIS, Bachiller de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, **ha realizado sus ensayos en el Laboratorio de Ensayo de Materiales** de la Facultad de Ingeniería de la UNC, para la Tesis Titulada "INFLUENCIA DEL ADITIVO SIKA 1 Y AGREGADO CHANCADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PROPIEDADES FISICAS EN CONCRETO DE BAJA PERMEABILIDAD". Dichos ensayos se realizaron desde el 01 junio al 30 de septiembre del 2017.

Se expide la presente, para los fines que estime conveniente.

Cajamarca, 23 de noviembre de 2017.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería

M.Cs. Ing. MAURO CENARRON VARGAS
DIRECTOR