

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO
POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO
CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO**

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

AUTOR

GEORCK BAGNER ARAUJO HUAMAN

ASESOR

CARMEN CHILÓN MUÑOZ

<https://orcid.org/0000-0002-7644-4201>

Chiclayo, 2021

**EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO
APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN
CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA
CIUDAD DE CHICLAYO**

PRESENTADA POR:

GEORCK BAGNER ARAUJO HUAMAN

A la facultad de ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar por el título de
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

FIDEL ORTIZ ZAPATA
PRESIDENTE

LUIS QUIROZ QUIÑONES
SECRETARIO

CARMEN CHILÓN MUÑOZ
VOCAL

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres (Keyla y Jerson) y a mi hermano (Patrick), quienes siempre han estado conmigo en todos mis fracasos dándome aliento y creyendo en mí, ahora ya no puedo parar.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Ing. Carmen Chilón Muñoz, docente asesor, por su seguimiento, motivación y recomendaciones; también agradece a los técnicos de laboratorio (Sr. Wilson y Sr. Henry) quienes me brindaron todas las maquinarias necesarias para culminar este trabajo y finalmente un agradecimiento a Pedro y a Daniel por su apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE

RESUMEN.....	22
ABSTRACT.....	23
I. INTRODUCCIÓN.....	24
II. MARCO TEÓRICO.....	30
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	30
2.2. BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS.....	48
2.2.1. AUTOCURADO DEL CONCRETO.....	48
2.2.2. POLIETILENGLICOL.....	54
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	56
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	56
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	56
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	58
3.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	63
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	63
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	65
3.7. PROCEDIMIENTOS.....	66
3.7.1. PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS A LOS AGREGADOS.....	66
3.7.2. PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DEL ADITIVO.....	74
3.7.3. PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	76
3.7.4. PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	80
3.8. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	90
3.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	91
3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	93
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	94
4.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL AGREGADO FINO.....	94
4.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO.....	94
4.1.2. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.....	95
4.1.3. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO.....	95
4.1.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN.....	96
4.1.5. MATERIAL MÁS FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200.....	97
4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL AGREGADO GRUESO	

4.2.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	98
4.2.2.	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	100
4.2.3.	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO.....	101
4.2.4.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN.....	103
4.3.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	104
4.3.1.	ENSAYO DE ASENTAMIENTO	104
4.3.2.	ENSAYO DE EXUDACIÓN.....	105
4.3.3.	ENSAYO DE MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO U OCLUÍDO.....	112
4.3.4.	CONTROL DE TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO.....	113
4.3.5.	PESO UNITARIO DEL CONCRETO	114
4.4.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	115
4.4.1.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	115
4.4.2.	ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO	126
4.4.3.	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO.....	127
4.4.4.	ENSAYO DE FISURACIÓN DEL CONCRETO	133
4.4.5.	ENSAYO DE FLEXIÓN	138
4.4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	139
4.5.	DISCUSIÓN.....	152
V.	CONCLUSIONES	156
VI.	RECOMENDACIONES.....	159
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	160
VIII.	ANEXOS.....	164

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Efectos de los agentes de autocurado en las distintas propiedades del concreto a los 28 días	33
Tabla 2: Efecto en las propiedades mecánicas del concreto tras aplicar polietilenglicol 400 .	34
Tabla 3: Efecto en la resistencia a la compresión del concreto tras aplicar porcentajes de polietilenglicol 400 y granito	36
Tabla 4: Efecto en la resistencia a la tracción del concreto tras aplicar porcentajes de polietilenglicol 400 y granito	36
Tabla 5: Porcentajes óptimos de aditivos químicos para obtener un aumento en la resistencia a la compresión	38
Tabla 6: Porcentajes óptimos de aditivos químicos para obtener un aumento en la resistencia a la flexión y tracción.....	39
Tabla 7: Muestreo del estudio "Experimental Investigation On Internally Cured Concrete" ..	40
Tabla 8: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto aplicando PEG600	45
Tabla 9: Resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto aplicando PEG600...	46
Tabla 10: Características generales y resultados analíticos del polietilenglicol 4000	54
Tabla 11: Elementos del diseño de la investigación	57
Tabla 12: Denominación de los grupos establecidos	57
Tabla 13: Muestreo para el ensayo de asentamiento.....	58
Tabla 14: Muestreo para el ensayo de exudación	59
Tabla 15: Muestreo para el ensayo de tiempo de fraguado inicial.....	60
Tabla 16: Muestreo para el ensayo de contenido de aire	60
Tabla 17: Muestreo para el ensayo de resistencia a la compresión.....	61
Tabla 18: Muestreo para el ensayo de flexión.....	61
Tabla 19: Muestreo para el ensayo de permeabilidad	62
Tabla 20: Muestreo para el ensayo de fisuración	63
Tabla 21: Operacionalización de variables	64
Tabla 22: Métodos, técnicas e instrumentos	65
Tabla 23: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.....	67
Tabla 24: Límites granulométricos del agregado fino	69
Tabla 25: Límites granulométricos del agregado grueso	69
Tabla 26: Cantidad mínima de muestra para ensayo de humedad del agregado grueso	70
Tabla 27: Cantidad de muestra mínima.....	73
Tabla 28: Matriz de consistencia.....	92
Tabla 29: Resultado del análisis granulométrico para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo.....	94
Tabla 30: Resultado del ensayo de contenido de humedad para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo	95
Tabla 31: Resultado del ensayo de peso unitario suelto para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo.....	95
Tabla 32: Resultado del ensayo de peso unitario compactado para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo.....	96
Tabla 33: Resultado del ensayo de peso específico y absorción para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo.....	96

Tabla 34: Resultado del ensayo para determinar el material más fino que pasa por el tamiz N° 200 para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo	97
Tabla 35: Resultado del análisis granulométrico para el agregado grueso de la cantera El Pedregal - Reque	98
Tabla 36: Resultado del análisis granulométrico para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe	99
Tabla 37: Resultado del ensayo de contenido de humedad para el agregado grueso de la cantera El Pedregal - Reque	100
Tabla 38: Resultado del ensayo de contenido de humedad para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe.....	100
Tabla 39: Resultado del ensayo de peso unitario suelto para el agregado grueso de la cantera El Pedregal -Reque.....	101
Tabla 40: Resultado del ensayo de peso unitario compactado para el agregado grueso de la cantera El Pedregal -Reque	101
Tabla 41: Resultado del ensayo de peso unitario suelto para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe	102
Tabla 42: Resultado del ensayo de peso unitario compactado para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe.....	102
Tabla 43: Resultado del ensayo de peso específico y absorción para el agregado grueso de la cantera El Pedregal - Reque	103
Tabla 44: Resultado del ensayo de peso específico y absorción para el agregado grueso de la cantera El Pedregal - Reque	103
Tabla 45: Resultados del ensayo de asentamiento para las distintas dosificaciones en estudio	104
Tabla 46: Resultados del ensayo de exudación para el concreto patrón	105
Tabla 47: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 0.5%	106
Tabla 48: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 1%	107
Tabla 49: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 1.5%	108
Tabla 50: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 1.75%	109
Tabla 51: Resumen de los resultados del tiempo de exudación para las distintas dosificaciones en estudio.....	110
Tabla 52: Resultados del ensayo de contenido de aire para las distintas dosificaciones en estudio	112
Tabla 53: Resultado del control de temperatura del concreto fresco para las distintas dosificaciones en estudio.....	113
Tabla 54: Resultado del ensayo de peso unitario del concreto para las distintas dosificaciones en estudio.....	114
Tabla 55: Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión	115
Tabla 56: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días para las distintas dosificaciones en estudio.....	116
Tabla 57: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días para las distintas dosificaciones en estudio.....	117
Tabla 58: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días para las distintas dosificaciones en estudio.....	118
Tabla 59: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días para las distintas dosificaciones en estudio.....	119
Tabla 60: Desarrollo de la resistencia del concreto patrón	120

Tabla 61: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 0.5%	121
Tabla 62: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1%	122
Tabla 63: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1.5%	123
Tabla 64: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1.75%	124
Tabla 65: Resultados del ensayo de permeabilidad del concreto para las distintas dosificaciones en estudio.....	126
Tabla 66: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto patrón	127
Tabla 67: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 0.5%.....	128
Tabla 68: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 1%.....	129
Tabla 69: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 1.5%.....	130
Tabla 70: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 1.75%.....	131
Tabla 71: Resumen de los ensayos de tiempo de fraguado para las distintas dosificaciones en estudio	132
Tabla 72: Registro de la temperatura del ambiente, humedad relativa y velocidad del viento para el ensayo de fisuración del concreto.....	133
Tabla 73: Resultados del ensayo de fisuración para el concreto patrón.....	135
Tabla 74: Resultados del ensayo de fisuración para el concreto + PEG 0.5%.....	135
Tabla 75: Resultados del ensayo de fisuración para el concreto + PEG 1%.....	136
Tabla 76: Resultados del ensayo de fisuración para el concreto + PEG 1.5%.....	136
Tabla 77: Resultados del ensayo de fisuración para el concreto + PEG 1.75%.....	136
Tabla 78: Resumen de los ensayos de fisuración para las distintas dosificaciones en estudio	137
Tabla 79: Resumen del ancho promedio de fisura a las 24 horas para las distintas dosificaciones en estudio.....	137
Tabla 80: Resumen de la relación de reducción de grietas para las distintas dosificaciones en estudio	137
Tabla 81: Registro del ensayo de flexión	138
Tabla 82: Resultados del ensayo de resistencia a la flexión	138
Tabla 83: Costo unitario al emplear concreto sin aditivo.....	139
Tabla 84: Costo unitario al emplear concreto + PEG 0.5%	140
Tabla 85: Costo unitario al emplear concreto + PEG 1%	141
Tabla 86: Costo unitario al emplear concreto + PEG 1.5%	142
Tabla 87: Costo unitario al emplear concreto + PEG 1.5%	143
Tabla 88: Resumen de los costos unitarios por m ³ de concreto	143
Tabla 89: Costo unitario al curar de forma convencional el concreto patrón	145
Tabla 90: Costo unitario al curar aditivo curador membranal el concreto patrón	145
Tabla 91: Costo unitario al picar las fisuras en el concreto	146
Tabla 92: Costo unitario al limpiar las fisuras en el concreto	146
Tabla 93: Costo unitario al resanar con mortero	147
Tabla 94: Resumen de los costos unitarios adicionales	147
Tabla 95: Costo de preparación del concreto para losa de ensayo de fisuración.....	148
Tabla 96: Costos adicionales producto del curado y posible resane de la losa de ensayo de fisuración.....	148
Tabla 97: Costo del m ³ de concreto más curado en soles.....	149
Tabla 98: Costo del m ³ de concreto más curado y resane en soles.....	150
Tabla 99: Comparación de los porcentajes de la resistencia a la compresión de diseño a los 28 días alcanzados en distintas investigaciones donde involucran al aditivo polietilenglicol	153

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentaje de aditivo mineral usado en un concreto autopolimerizable.....	38
Gráfico 2: Variación del slump a medida que se aumenta el contenido de polietilenglicol 400	42
Gráfico 3: Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días aplicando Polietilenglicol 400.....	42
Gráfico 4: Contenido de agentes reductores de contracción vs. la resistencia a la flexión de morteros modificados con polímeros que utilizan polvos poliméricos redispersables	43
Gráfico 5: Contenido de agentes reductores de contracción vs. la resistencia a la compresión de morteros modificados con polímeros que utilizan polvos poliméricos redispersables	44
Gráfico 6: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto aplicando PEG600	45
Gráfico 7: Resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto aplicando PEG600	46
Gráfico 8: Efecto de los glicoles usados sobre el contenido de aire de los morteros de escoria activada por álcalis	47
Gráfico 9: Efecto de los glicoles usados sobre la resistencia a la compresión de los morteros de escoria activada por álcalis	47
Gráfico 10: Relación existente entre la humedad relativa y el radio de vaciado de los poros en el sistema basado en el cemento hidratado.....	52
Gráfico 11: Resultado del análisis granulométrico para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo.....	94
Gráfico 12: Resultado del análisis granulométrico para el agregado grueso de la cantera El Pedregal - Reque	98
Gráfico 13: Resultado del análisis granulométrico para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe	99
Gráfico 14: Resultados del ensayo de asentamiento para las distintas dosificaciones en estudio	104
Gráfico 15: Resultados del ensayo de exudación para el concreto patrón	105
Gráfico 16: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 0.5%	106
Gráfico 17: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 1%	107
Gráfico 18: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 1.5%	108
Gráfico 19: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 1.75%	109
Gráfico 20: Resumen del volumen exudado para las distintas dosificaciones en estudio	110
Gráfico 21: Resumen del porcentaje acumulado del agua neta de mezcla en la muestra de ensayo para las distintas dosificaciones en estudio	111
Gráfico 22: Resultados del ensayo de contenido de aire para las distintas dosificaciones en estudio	112
Gráfico 23: Resultado del control de temperatura del concreto fresco para las distintas dosificaciones en estudio.....	113
Gráfico 24: Resultado del ensayo de peso unitario del concreto para las distintas dosificaciones en estudio.....	114
Gráfico 25: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días para las distintas dosificaciones en estudio	116

Gráfico 26: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días para las distintas dosificaciones en estudio	117
Gráfico 27: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días para las distintas dosificaciones en estudio	118
Gráfico 28: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días para las distintas dosificaciones en estudio	119
Gráfico 29: Desarrollo de la resistencia del concreto patrón	120
Gráfico 30: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 0.5%	121
Gráfico 31: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1%	122
Gráfico 32: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1.5%	123
Gráfico 33: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1.75%	124
Gráfico 34: Desarrollo de la resistencia a la compresión de las distintas dosificaciones	125
Gráfico 35: Tiempo de ensayo para las distintas dosificaciones en estudio	126
Gráfico 36: Resultados del ensayo de permeabilidad del concreto para las distintas dosificaciones en estudio.....	126
Gráfico 37: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto patrón	127
Gráfico 38: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 0.5%	128
Gráfico 39: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 1%	129
Gráfico 40: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 1.5%	130
Gráfico 41: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 1.75% ..	131
Gráfico 42: Resumen de los ensayos de tiempo de fraguado inicial para las distintas dosificaciones en estudio.....	132
Gráfico 43: Resumen de los ensayos de tiempo de fraguado final para las distintas dosificaciones en estudio.....	132
Gráfico 44: Registro de la temperatura del ambiente para el ensayo de fisuración del concreto	134
Gráfico 45: Registro de la humedad relativa para el ensayo de fisuración del concreto	134
Gráfico 46: Registro de la velocidad del viento para el ensayo de fisuración del concreto..	135
Gráfico 47: Resultados del ensayo de resistencia a la flexión	138
Gráfico 48: Resumen de los costos unitarios por m ³ de concreto	144
Gráfico 49: Costo de preparación del concreto para losa de ensayo de fisuración.....	149
Gráfico 50: Costo de preparación y curado del concreto para losa de ensayo de fisuración	150
Gráfico 51: Costo de preparación y curado del concreto para losa de ensayo de fisuración incluyendo costos adicionales por resane de fisuras	151
Gráfico 52: Comparación de los porcentajes de la resistencia a la compresión de diseño a los 28 días alcanzados en distintas investigaciones donde involucran al aditivo polietilenglicol	154

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fisuras presentes en una losa de cimentación producto de un mal curado del concreto a pesar de haber aplicado un aditivo curador membranil	26
Figura 2: Fisuras presentes en las paredes de un canal producto de un mal curado del concreto a pesar de haber aplicado un aditivo curador membranil.....	26
Figura 3: Diferencia entre el curado externo y el curado interno inducido por el contenido parcial de agregados livianos saturados (Modelo de Philleo).....	49
Figura 4: Principio y efectos de un aditivo reductor de contracción donde se evidencia la ausencia (a) y presencia (b) del mismo	50
Figura 5: Metodologías de curado del concreto	52
Figura 6: Comportamiento del polietilenglicol con el agua.....	55
Figura 7: Máquina de trituración en la cantera El Pedregal - Reque	66
Figura 8: Tesista obteniendo muestras de agregado.....	66
Figura 9: Cuarteo del agregado grueso	67
Figura 10: Cantidad de muestra de ensayo (Cantera El Pedregal – Reque).....	67
Figura 11: Cantidad de muestra de ensayo (Cantera Tres Tomas - Ferreñafe).....	67
Figura 12: Cantidad de muestra de ensayo (cantera La Victoria - Pátapo	68
Figura 13: Tamices normalizados para agregado fino	68
Figura 14: Tesista realizando el ensayo de granulometría al agregado grueso con tamices normalizados	68
Figura 15: Muestra de agregado puesta en el horno precalentado	70
Figura 16: Instrumentos empleados para determinar el peso unitario del agregado	71
Figura 17: Peso del molde más el agregado grueso contenido	71
Figura 18: Llenado de las capas de agregado fino	71
Figura 19: Peso del molde más el agregado grueso contenido	71
Figura 20: Saturación y secado superficial de la muestra de la cantera El Pedregal - Reque..	72
Figura 21: Saturación y secado superficial de la muestra de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe	72
Figura 22: Muestra colocada en el horno y peso de la muestra en la canastilla.....	72
Figura 23: Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.....	73
Figura 24: Ensayo para determinar el material más fino que pasa por el tamiz N° 200	74
Figura 25: Aditivo Polietilenglicol 4000 presentación en escamas	75
Figura 26: Aditivo Polietilenglicol 4000 disuelto en agua a temperatura ambiente	75
Figura 27: Aditivo Polietilenglicol 4000 disuelto en agua a 90 °C.....	75
Figura 28: Aditivo Polietilenglicol 4000 pesado para cada una de las dosificaciones en estudio	75
Figura 29: Aditivo Polietilenglicol 4000 disuelto en agua a 90 °C para cada una de las dosificaciones en estudio.....	75
Figura 30: Preparación convencional de la mezcla de concreto	76
Figura 31: Adición a la mezcla del volumen de agua faltante con el aditivo diluido en él	76
Figura 32: Tesista realizando el ensayo de asentamiento del concreto.....	77
Figura 33: Concreto para ensayo de exudación	77
Figura 34: Extracción del agua de exudación	77
Figura 35: Muestra enrasada	78
Figura 36: Tesista utilizando la olla Washington.....	78
Figura 37: Control de temperatura del concreto.....	79

Figura 38: Peso del molde	80
Figura 39: Peso de la muestra más el molde	80
Figura 40: Moldeado de probetas	81
Figura 41: Probetas para el ensayo de resistencia a la compresión.....	81
Figura 42: Desencofrado de probetas	81
Figura 43: Curado de probetas para concreto patrón sumergidas en agua.....	81
Figura 44: Probetas para concreto con aditivo expuestas a la intemperie en una zona sin sombra	81
Figura 45: Procedimiento realizado para la rotura de probetas.....	81
Figura 46: Cepillado de la cara inferior de la probeta.....	82
Figura 47: Tesista cepillando las caras de las probetas	82
Figura 48: Tesista puliendo las caras inferiores de las probetas	82
Figura 49: Llenado de los tanques de agua	83
Figura 50: Eliminación de burbujas de aire en las tuberías de conducción	83
Figura 51: Posición inicial del agua para el ensayo	83
Figura 52: Probetas en posición inicial	83
Figura 53: Presión de 500 kPa.....	83
Figura 54: Ensayo brasileño	84
Figura 55: Probetas fracturadas	84
Figura 56: Presencia de coquera.....	84
Figura 57: Medida de la profundidad máxima penetrada ignorando la coquera.....	84
Figura 58: Encharcamiento en probeta PEG 1%	85
Figura 59: Encharcamiento en probeta PEG 0.5%	85
Figura 60: Tamizado de la mezcla de concreto	85
Figura 61: Muestras para ensayo.....	85
Figura 62: Penetrómetro.....	86
Figura 63: Agujas normalizadas.....	86
Figura 64: Realización del ensayo de tiempo de fraguado.....	86
Figura 65: Muestras ensayadas	86
Figura 66: Molde con dimensiones normalizadas	87
Figura 67: Llenado del molde para fisuración	87
Figura 68: Desencofrado de probetas	87
Figura 69: Tarjeta para medir ancho de fisuras, Anemómetro - termómetro, e higrómetro	87
Figura 70: Tesista preparando los las probetas a ensayar	88
Figura 71: Preparación de moldes para ensayo de flexión.....	88
Figura 72: Preparación de moldes para ensayo de flexión.....	88
Figura 73: Registro de medidas.....	89
Figura 74: Tesista y prensa hidráulica en el fondo.....	89
Figura 75: Ensayo de flexión	89
Figura 76: Dimensiones del molde para el ensayo de fisuración del concreto	148
Figura 77: Asentamiento obtenido del concreto patrón	207
Figura 78: Asentamiento obtenido del concreto + PEG 0.5%	207
Figura 79: Asentamiento obtenido del concreto + PEG 1%	207
Figura 80: Asentamiento obtenido del concreto + PEG 1.5%	207
Figura 81:Asentamiento obtenido del concreto + PEG 1.75%	207
Figura 82: Contenido de aire obtenido del concreto patrón	208
Figura 83: Contenido de aire obtenido del concreto + PEG 0.5%	208

Figura 84: Contenido de aire obtenido del concreto + PEG 1%	208
Figura 85: Contenido de aire obtenido del concreto + PEG 1.5%	208
Figura 86: Contenido de aire obtenido del concreto + PEG 1.75%	208
Figura 87: Posición inicial de la Olla Washington.....	208
Figura 88: Temperatura obtenida del concreto patrón	209
Figura 89: Temperatura obtenida del concreto + PEG 0.5%	209
Figura 90: Temperatura obtenida del concreto + PEG 1%	209
Figura 91: Temperatura obtenida del concreto + PEG 1.5%	209
Figura 92: Temperatura obtenida del concreto + PEG 1.75%	209
Figura 93: Control de pesos para el concreto patrón.....	210
Figura 94: Control de pesos para el concreto + PEG 0.5%	210
Figura 95: Control de pesos para el concreto + PEG 1%	210
Figura 96: Control de pesos para el concreto + PEG 1.5%	210
Figura 97: Control de pesos para el concreto + PEG 1.75%	211
Figura 98: Control de peso del molde	211
Figura 99: Carga resistida a los 7 días para el concreto patrón (1)	212
Figura 100: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto patrón (1)	212
Figura 101: Carga resistida a los 7 días para el concreto patrón (2)	212
Figura 102: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto patrón (2)	212
Figura 103: Carga resistid y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto patrón (1)	213
Figura 104: Carga resistid y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto patrón (2)	213
Figura 105: Carga resistida a los 28 días para el concreto patrón (1)	214
Figura 106: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 28 días para el concreto patrón (1).....	214
Figura 107: Carga resistida a los 28 días para el concreto patrón (2)	214
Figura 108: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 28 días para el concreto patrón (2).....	214
Figura 109: Carga resistida tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto patrón (1)	215
Figura 110: Carga resistida tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto patrón (2)	215
Figura 111: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 0.5% (1)	216
Figura 112: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 0.5% (1).....	216
Figura 113: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 0.5% (2)	216
Figura 114: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 0.5% (2).....	216
Figura 115: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 0.5% (1)	217
Figura 116: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 0.5% (1)	217
Figura 117: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 0.5% (2)	217
Figura 118: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 0.5% (2)	217

Figura 119: Carga resistida a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (1)	218
Figura 120: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (1)	218
Figura 121: Carga resistida a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (2)	218
Figura 122: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (2)	218
Figura 123: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto + PEG 0.5% (1)	219
Figura 124: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto + PEG 0.5% (2)	219
Figura 125: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 1% (1)	220
Figura 126: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 1% (1).....	220
Figura 127: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 1% (2)	220
Figura 128: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 1% (2).....	220
Figura 129: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 1% (1)	221
Figura 130: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1% (1)	221
Figura 131: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 1% (2)	221
Figura 132: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1% (2)	221
Figura 133: Carga resistida a los 28 días para el concreto + PEG 1% (1)	222
Figura 134: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 28 días para el concreto + PEG 1% (1)	222
Figura 135: Carga resistida a los 28 días para el concreto + PEG 1% (2)	222
Figura 136: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto + PEG 1% (1)	223
Figura 137: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto + PEG 1% (2)	223
Figura 138: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 1.5% (1)	224
Figura 139: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 1% (1).....	224
Figura 140: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 1.5% (2)	224
Figura 141: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 1% (2).....	224
Figura 142: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 1.5% (1)	225
Figura 143: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1.5% (1)	225
Figura 144: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 1.5% (2)	225
Figura 145: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1.5% (2)	225
Figura 146: Carga resistida a los 28 días para el concreto + PEG 1.5% (1)	226
Figura 147: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1.5% (1)	226
Figura 148: Carga resistida a los 28 días para el concreto + PEG 1.5% (2)	226

Figura 149: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto + PEG 1.5% (1)	227
Figura 150: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto + PEG 1.5% (2)	227
Figura 151: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 1.75% (1)	228
Figura 152: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 1.75% (1).....	228
Figura 153: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 1.75% (2)	228
Figura 154: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 1.75% (2).....	228
Figura 155: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 1.75% (1)	229
Figura 156: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1.75% (1)	229
Figura 157: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 1.75% (2)	229
Figura 158: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1.75% (2)	229
Figura 159: Carga resistida a los 28 días para el concreto + PEG 1.75% (1)	230
Figura 160: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 28 días para el concreto + PEG 1.75% (1)	230
Figura 161: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto + PEG 1.75% (1)	231
Figura 162: Carga resistida a los 56 días para el concreto + PEG 1.75% (2)	231
Figura 163: Profundidad máxima de penetración para concreto patrón (1A).....	232
Figura 164: Profundidad máxima de penetración para concreto patrón (1B)	232
Figura 165: Profundidad máxima de penetración para concreto patrón (2A).....	232
Figura 166: Profundidad máxima de penetración para concreto patrón (2B)	232
Figura 167: Profundidad máxima de penetración para concreto patrón (3A).....	232
Figura 168: Profundidad máxima de penetración para concreto patrón (3B)	232
Figura 169: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 0.5% (1A).....	233
Figura 170: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 0.5% (1B)	233
Figura 171: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 0.5% (2A).....	233
Figura 172: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 0.5% (2B)	233
Figura 173: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 0.5% (3A).....	233
Figura 174: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 0.5% (3B)	233
Figura 175: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1% (1A).....	234
Figura 176: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1% (1B)	234
Figura 177: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1% (2A).....	234
Figura 178: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1% (2B)	234
Figura 179: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1% (3A).....	234
Figura 180: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1% (3B)	234
Figura 181: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.5% (1A).....	235
Figura 182: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.5% (1B)	235
Figura 183: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.5% (2A).....	235
Figura 184: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.5% (2B)	235
Figura 185: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.5% (3A).....	235
Figura 186: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.5% (3B)	235
Figura 187: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.75% (1A).....	236

Figura 188: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.75% (1B)	236
Figura 189: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.75% (2A).....	236
Figura 190: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.75% (2B)	236
Figura 191: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.75% (3A).....	236
Figura 192: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.75% (3B)	236
Figura 193: Primera grieta para el panel 1 de concreto patrón	237
Figura 194: Ancho de grieta a las 10h para el panel 1 de concreto patrón	237
Figura 195: Ancho de grieta a las 24h para el panel 1 de concreto patrón	237
Figura 196: Primera grieta para el panel 2 de concreto patrón	237
Figura 197: Ancho de grieta a las 10h para el panel 2 de concreto patrón	237
Figura 198: Ancho de grieta a las 24h para el panel 2 de concreto patrón	237
Figura 199: Primera grieta para el panel 1 de concreto + PEG 0.5%	238
Figura 200: Ancho de grieta a las 9h para el panel 1 de concreto + PEG 0.5%	238
Figura 201: Ancho de grieta a las 24h para el panel 1 de concreto + PEG 0.5%	238
Figura 202: Primera grieta para el panel 2 de concreto + PEG 0.5%	238
Figura 203: Ancho de grieta a las 9h para el panel 2 de concreto + PEG 0.5%	238
Figura 204: Ancho de grieta a las 24h para el panel 2 de concreto + PEG 0.5%	238
Figura 205: Primera grieta para el panel 1 de concreto + PEG 1%	239
Figura 206: Ancho de grieta a las 9h para el panel 1 de concreto + PEG 1%	239
Figura 207: Ancho de grieta a las 24h para el panel 1 de concreto + PEG 1%	239
Figura 208: Primera grieta para el panel 2 de concreto + PEG 1%	239
Figura 209: Ancho de grieta a las 9h para el panel 2 de concreto + PEG 1%	239
Figura 210: Ancho de grieta a las 24h para el panel 2 de concreto + PEG 1%	239
Figura 211: Panel 1 para concreto PEG 1.5% sin fisuras.....	240
Figura 212: Primera grieta para el panel 2 de concreto + PEG 1.5%	240
Figura 213. Ancho de grieta a las 8h para el panel 2 de concreto + PEG 1.5%.....	240
Figura 214: Ancho de grieta a las 24h para el panel 2 de concreto + PEG 1.5%	240
Figura 215: Primera grieta para el panel 1 de concreto + PEG 1.75%	241
Figura 216: Ancho de grieta a las 8h para el panel 1 de concreto + PEG 1.75%	241
Figura 217: Ancho de grieta a las 24h para el panel 1 de concreto + PEG 1.75%	241
Figura 218: Primera grieta para el panel 2 de concreto + PEG 1.75%	241
Figura 219: Ancho de grieta a las 8h para el panel 2 de concreto + PEG 1.75%	241
Figura 220: Ancho de grieta a las 24h para el panel 2 de concreto + PEG 1.57%	241
Figura 221: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto patrón (1)	242
.....	242
Figura 222: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto patrón (2)	242
.....	242
Figura 223: Falla presentada tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto patrón (1	242
y 2).....	242
Figura 224: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG	242
0.5% (1).....	242
Figura 225: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG	242
0.5% (2).....	242
Figura 226: Falla presentada tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG	242
0.5% (1).....	242
Figura 227: Falla presentada tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG	242
0.5% (2).....	242

Figura 228: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 1% (1)	243
Figura 229: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 1% (1)	243
Figura 230: Falla presentada tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (1 y 2).....	243
Figura 231: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 1.5% (1).....	243
Figura 232: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 1.5% (1).....	243
Figura 233: Falla presentada tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (1 y 2).....	243

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Informe del ensayo de contenido de humedad del agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo.....	164
Anexo 2: Informe del análisis granulométrico del agregado fino de la cantera La Victoria-Pátapo.....	165
Anexo 3: Informe del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino de la cantera La Victoria-Pátapo.....	166
Anexo 4: Informe del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino de la cantera La Victoria-Pátapo	167
Anexo 5: Informe del ensayo para determinar el material más fino que pasa por el tamiz n°200 del agregado fino de la cantera La Victoria-Pátapo.....	168
Anexo 6: Informe del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de la cantera Tres Tomas-Ferreñafe	169
Anexo 7: Informe del análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera Tres Tomas-Ferreñafe.....	170
Anexo 8: Informe del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso de la cantera Tres Tomas-Ferreñafe.....	171
Anexo 9: Informe del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso de la cantera Tres Tomas-Ferreñafe	172
Anexo 10: Informe del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de la cantera El Pedregal-Reque	173
Anexo 11: Informe del análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera El Pedregal-Reque.....	174
Anexo 12: Informe del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso de la cantera El Pedregal-Reque	175
Anexo 13: Informe del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso de la cantera El Pedregal-Reque	176
Anexo 14: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días del concreto patrón	177
Anexo 15: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días del concreto + PEG 1.75%.....	178
Anexo 16: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días del concreto + PEG (0.5 %, 1 %, y 1.5 %)	179
Anexo 17: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días del concreto patrón	180
Anexo 18: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días del concreto + PEG 1.75%.....	181
Anexo 19: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días del concreto + PEG (0.5 %, 1 %, y 1.5 %)	182
Anexo 20: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días del concreto patrón	183
Anexo 21: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días del concreto +PEG (0.5%, 1%, 1.5% y 1.75%).....	184

Anexo 22: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días del concreto patrón y concreto + PEG (0.5%, 1%, 1.5% y 1.75%)	185
Anexo 23: Informe del ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días del concreto patrón y concreto + PEG (0.5%, 1%, 1.5% y 1.75%)	186
Anexo 24: Informe del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto patrón.....	187
Anexo 25: Informe del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto + PEG 0.5%	188
Anexo 26: Informe del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto + PEG 1%	189
Anexo 27: Informe del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto + PEG 1.5%	190
Anexo 28: Informe del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto + PEG 1.75%	191
Anexo 29: Informe del ensayo de tiempo de permeabilidad para el concreto patrón	192
Anexo 30: Informe del ensayo de tiempo de permeabilidad para el concreto + PEG 0.5% ..	193
Anexo 31: Informe del ensayo de tiempo de permeabilidad para el concreto + PEG 1%	194
Anexo 32: Informe del ensayo de tiempo de permeabilidad para el concreto + PEG 1.5% ..	195
Anexo 33: Informe del ensayo de tiempo de permeabilidad para el concreto + PEG 1.75% .	196
Anexo 34: Diseño final de mezclas por el método del Comité 211-ACI.....	197
Anexo 35: Certificado de análisis del aditivo Polietilenglicol 4000.....	205
Anexo 36: Certificado de calidad del cemento Pacasmayo fortimax tipo HS (MH)	206
Anexo 37: Evidencia fotográfica del ensayo de asentamiento.....	207
Anexo 38: Evidencia fotográfica del ensayo de contenido de aire	208
Anexo 39: Evidencia fotográfica del control de temperatura del concreto fresco	209
Anexo 40: Evidencia fotográfica del ensayo de peso unitario del concreto	210
Anexo 41: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto patrón a los 7 días.....	212
Anexo 42: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto patrón a los 14 días.....	213
Anexo 43: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto patrón a los 28 días.....	214
Anexo 44: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto patrón a los 56 días.....	215
Anexo 45: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 0.5% a los 7 días.....	216
Anexo 46: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 0.5% a los 14 días.....	217
Anexo 47: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 0.5% a los 28 días.....	218
Anexo 48: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 0.5% a los 56 días.....	219
Anexo 49: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1% a los 7 días.....	220
Anexo 50: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1% a los 14 días.....	221
Anexo 51: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1% a los 28 días.....	222
Anexo 52: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1% a los 56 días.....	223
Anexo 53: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.5% a los 7 días.....	224

Anexo 54: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.5% a los 14 días	225
Anexo 55: Evidencia fotográfica de los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.5% a los 28 días	226
Anexo 56: Evidencia fotográfica de los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.5% a los 56 días	227
Anexo 57: Evidencia fotográfica de los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.75% a los 7 días	228
Anexo 58: Evidencia fotográfica de los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.75% a los 14 días	229
Anexo 59: Evidencia fotográfica de los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.75% a los 28 días	230
Anexo 60: Evidencia fotográfica de los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.75% a los 56 días	231
Anexo 61: Evidencia fotográfica de los ensayos de permeabilidad del concreto patrón	232
Anexo 62: Evidencia fotográfica de los ensayos de permeabilidad del concreto + PEG 0.5%	233
Anexo 63: Evidencia fotográfica de los ensayos de permeabilidad del concreto + PEG 1%	234
Anexo 64: Evidencia fotográfica de los ensayos de permeabilidad del concreto + PEG 1.5%	235
Anexo 65: Evidencia fotográfica de los ensayos de permeabilidad del concreto + PEG 1.75%	236
Anexo 66: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto patrón	237
Anexo 67: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto + PEG 0.5%	238
Anexo 68: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto + PEG 1%	239
Anexo 69: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto + PEG 1.5%	240
Anexo 70: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto + PEG 1.75%	241
Anexo 71: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto patrón y concreto + PEG 0.5%	242
Anexo 72: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto + PEG 1% y 1.5%	243
Anexo 73: Certificados de calibración	244
Anexo 74: Tabla comparativa entre los resultados derivados del análisis al concreto patrón y del concreto más aditivo Polietilenglicol 4000	253

RESUMEN

Ante el deficiente curado del concreto que ofrecen las prácticas convencionales, surge la propuesta de eliminar este proceso a través de la aplicación del autocurado del concreto empleando como agente de autocurado al aditivo Polietilenglicol 4000 en dosificaciones de 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento siendo esta la variable independiente del estudio, por otro lado, las variables dependientes analizadas fueron el asentamiento, exudación, contenido de aire, temperatura, tiempo de fraguado, peso unitario, resistencia a la compresión, permeabilidad, resistencia a la flexión y fisuración, también se complementó el estudio con una evaluación económica; todos los resultados obtenidos de las mezclas con Polietilenglicol 4000 se compararon con los resultados obtenidos de un concreto curado sumergido en agua.

Se concluyó que las mejores dosificaciones con Polietilenglicol 4000 fueron las que tenían 1% y 1.5% del peso del cemento, no obstante, estas dosificaciones solo alcanzaron el 81.5% y 80.9 % de la resistencia a la compresión de diseño a los 28 días (210 kgf/cm²) respectivamente.

Palabras Clave: Autocurado, Polietilenglicol, Concreto, Tensión Superficial, Aditivo Reductor de Contracción.

ABSTRACT

Given the poor curing of concrete offered by conventional practices, the proposal arises to eliminate this process through the application of self-curing of concrete using the additive Polyethylene glycol 4000 as a self-curing agent in dosages of 0.5%, 1%, 1.5% and 1.75% of the cement weight, this being the independent variable of the study, on the other hand, the dependent variables analyzed were settlement, exudation, air content, setting time, temperature, unit weight, compressive strength, resistance to bending, permeability and cracking, the study was also complemented with an economic evaluation; all the results obtained from the mixtures with Polyethylene glycol 4000 were compared with the results obtained from a cured concrete immersed in water.

It was concluded that the best dosages with Polyethylene Glycol 4000 were those that had 1% and 1.5% of the weight of cement, however, these dosages only reached 81.5% and 80.9% of the design compressive strength at 28 days (210 kgf / cm^2) respectively.

Keywords: Self-cured, Cured, Polyethylene glycol, Concrete, Surface Tension, Shrinkage Reducing Admixture.

I. INTRODUCCIÓN

El concreto posee unas características y propiedades que lo convierten en un material muy versátil con el cual el hombre ha podido reconstruir ciudades devastadas; frenar el mar a través de barreras; atravesar cuerpos de agua, valles, cañones a través de puentes; es decir, este material ha sido la base del desarrollo moderno [1]; sin embargo uno de los problemas más comunes y perjudiciales que se presentan en las estructuras de concreto armado son las fisuraciones, pues, estas generan una serie de efectos negativos siendo la corrosión del acero de refuerzo, la más perjudicial ya que este estado compromete la seguridad estructural, el tiempo de vida útil de la estructura y por consiguiente eleva el costo de mantenimiento de las estructuras; tan solo en Estados Unidos se estima que cada año se invierten 20 millones de dólares para mantener o reparar las estructuras de concreto armado. [2]

La fisuración del concreto tiene su origen en una serie de causas, así pues, estas fisuras pueden pasar de ser una manifestación que no compromete la resistencia de la estructura a una que sí lo haga. La importancia dependerá del tipo de estructura comprometida ya que la funcionalidad adecuada de ciertas estructuras, como por ejemplo las estructuras destinadas a almacenamientos de fluidos, dependerá de que las grietas no sean lo suficientemente grandes como para generar fugas. [3]

No importa como sea mezclado el concreto, las fisuras siempre terminan apareciendo, la probabilidad de que aparezcan en mayor o menor medida dependerá de la forma en la que se prepare la mezcla, de los procedimientos constructivos empleados o de la forma en la que se almacenan los materiales componentes del concreto. [2]

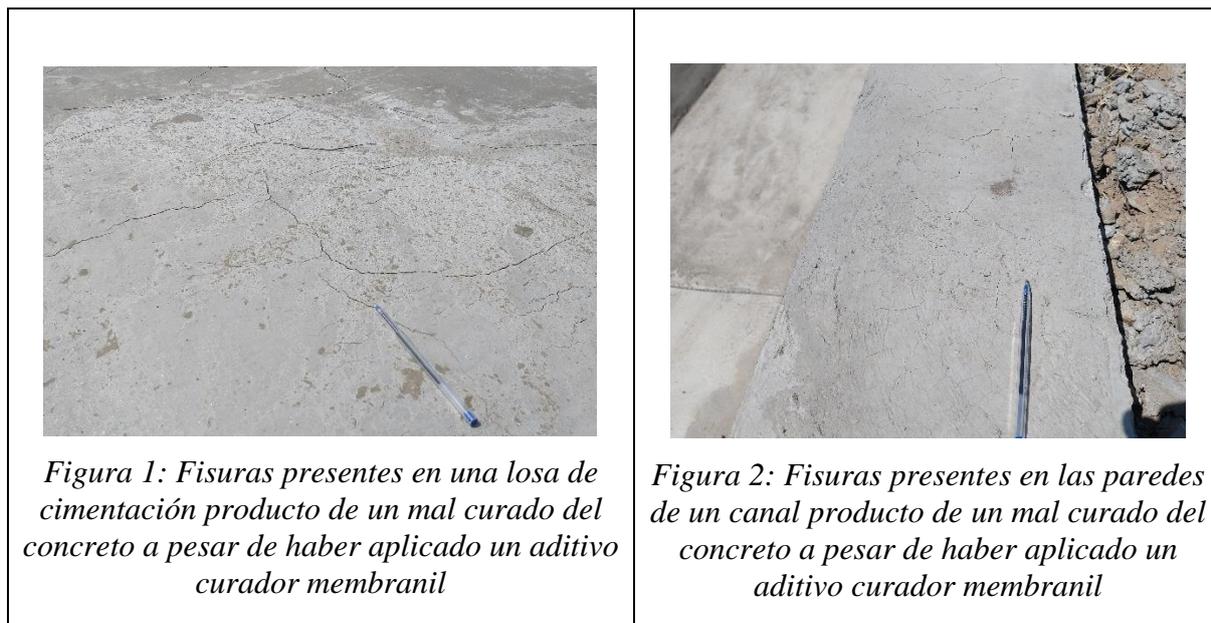
La calidad de las infraestructuras de América Latina solo es superior a las infraestructuras del continente africano, y en comparación con las infraestructuras de los países desarrollados la calidad es casi la mitad, siendo este un dato alarmante. Al ritmo de crecimiento que llevan los países latinoamericanos, se estima que tendrían que pasar veinte años para que las infraestructuras del continente latinoamericano tengan la calidad que poseen actualmente los países desarrollados [4]. La deficiente calidad de las infraestructuras tiene su origen en una serie de causas y dentro de ellas están las malas prácticas constructivas.

Perú como país en vías de desarrollo, en uno de los sectores en los que el país invierte más es en el sector constructivo ya que de las infraestructuras servirán como puente hacia el desarrollo [5]; sin embargo, en Perú, el problema de la calidad estructural se agrava ya que existen altos índices de informalidad del sector construcción pues en el año 2017, la Cámara

Peruana de la Construcción (CAPECO) informó que el 70% de las viviendas de Lima son informales esto representa una seria amenaza para los habitantes de dichas viviendas [6]. En el año 2018 según la oficina de Defensa Civil de Chiclayo se dio a conocer que la autoconstrucción de viviendas alcanza un 80% tan solo en la periferia de la ciudad lambayecana [7]; las cifras de informalidad reflejan que los procesos constructivos en el país no son los adecuados, no obstante, este problema no solo ocurre en la construcción informal sino que también se presenta en las construcciones formales ya que en algunos distritos de Lima (San Isidro, Miraflores, San Borja, Santiago de Surco y La Molina) tan solo en los periodos de agosto del 2013 a julio de 2014 se presentaron 13 demandas por fisuraciones (54 demandas en el territorio peruano, 50 pertenecientes a Lima y 4 a Cusco) [8], en la muestra de las 13 demandas se encontraron que el 85% de estas demandas por fisuras eran del tipo no estructurales y el 15% eran fisuras estructurales; una de las causas fueron los deficientes procedimientos constructivos, en específico, un deficiente curado del concreto. [9]

Resulta necesaria la búsqueda de alternativas que nos aseguren un curado adecuado del concreto en Perú ya que a pesar de las mayores exigencias de las normativas como muestrear el concreto que se va a emplear en obra, no suele ser representativo del elemento de pie de obra ya que los especímenes muestreados al estar en inmersión en agua tras 28 días alcanzan una resistencia a la compresión del 99% mientras que los elementos de obra al no ser curados adecuadamente solo llegan a alcanzar del 60% al 70% de la resistencia a la compresión a los 28 días [10], evidenciando principalmente que el curado tradicional en obra no es eficiente en las construcciones formales ni mucho menos en las construcciones informales.

Aunque dispongamos en el mercado aditivos curadores como los aditivos curadores de membrana, se ha demostrado que esta metodología no resulta ser más efectiva que las probetas curadas a base de agua, la deficiencia fue del orden del 19% a 25% de la resistencia a la compresión a los 28 días [11], no obstante, en obra no siempre es posible realizar un curado por inmersión y en los casos donde sí es posible el gasto del recurso hídrico es elevado; por lo que realizar investigaciones de nuevas metodologías y nuevos materiales se hace evidente.



Fuente: Propia

Tras lo expuesto, se puede sintetizar la problemática en la siguiente interrogante: ¿Qué otras metodologías viables y económicas se pueden aplicar en la ciudad de Chiclayo para evitar los problemas relacionados a un inadecuado curado del concreto?

La justificación técnica para llevar a cabo la investigación presente es que ante los problemas relacionados con un inadecuado curado del concreto resulta necesaria la aplicación de nuevas metodologías y la incorporación de nuevos materiales que propicien una adecuada resistencia y durabilidad al concreto; así pues, este proyecto pretende emplear polietilenglicol como agente de autocurado del concreto siendo un material nuevo en nuestro país dentro del sector construcción, se pretende aplicar este aditivo en distintas dosificaciones (0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento); las dosificaciones elegidas para llevar a cabo la presente investigación han sido seleccionadas en base a los mejores resultados obtenidos en investigaciones precedentes.

Resulta válido emplear polietilenglicol como agente de autocurado del concreto ya que al ser un polímero con propiedades hidrófilas podrá retener el agua de la mezcla; es decir que el polietilenglicol es un material que dentro de la mezcla de concreto solo tiene una única función la cual es evitar la evaporación del agua y para ello forma una delgada concha de aproximadamente 2nm alrededor de las partículas del agua por lo que se propiciaría un curado interno que garantizará la calidad del concreto, al mismo tiempo la reducción de grietas en el concreto será menor; además, de acuerdo a los antecedentes presentados en este informe el uso de polietilenglicol no presentó reacciones adversas con los demás materiales empleados para la preparación del concreto.

Se ha decidido estudiar un concreto cuya resistencia a la compresión en estudio sea la de 210 kgf/cm^2 puesto que en Chiclayo (lugar donde se llevará a cabo la investigación) la mayoría de construcciones utilizan esta resistencia a la compresión; el problema en las edificaciones informales se agrava puesto que a pesar de que los maestros de obra conocen que la resistencia a la compresión mínima debe ser 210 kgf/cm^2 manejan unas dosificaciones que pretenden llegar a este valor y en casos contados sí es posible alcanzar esas resistencias con las dosificaciones que manejan, sin embargo al no curar adecuadamente el concreto se llegan a obtener resistencias que son mucho menores a la resistencia a la compresión mínima para zonas sísmicas (210 kgf/cm^2) por lo que estudiar esta resistencia aportaría mucho más al sector construcción.

La justificación Económica de este proyecto de investigación es que al conseguir un autocurado del concreto será posible obtener beneficios económicos ya que tendremos una reducción de costos al eliminar las cuadrillas destinadas al curado del concreto, reducción de costos al ya no ser necesaria la aplicación de mayores volúmenes de agua con la finalidad de curar adecuadamente el concreto a través de las metodologías convencionales ineficientes y finalmente existirán reducciones de costos al no ser necesarias las reparaciones originadas por un curado no apropiado.

Como justificación Social se tiene que muchos conceptos tratados en este trabajo de investigación ayudarán a profundizar los conocimientos relacionados a la tecnología del concreto que poseen los estudiantes de la carrera de ingeniería civil, además este estudio podrá servir como antecedente o podría llegar a ser el punto de partida de futuras investigaciones relacionadas a los polímeros en el concreto como agente de autocurado como alternativa de solución a las problemáticas latentes en la ciudad de Chiclayo relacionadas a un deficiente curado y al desperdicio de agua durante los procesos constructivos deficientes como el curado del concreto.

Otro sector que se verá beneficiado es el sector constructivo puesto que en esta investigación se estudiará un concreto con la resistencia a la compresión más empleada en la ciudad de Chiclayo (210 kgf/cm^2) por lo que, si los resultados de la investigación resultan favorables, los constructores podrán aplicar esta metodología del autocurado del concreto empleando polietilenglicol 4000.

Dentro de la Justificación Ambiental se tiene que el agua es uno de los recursos más utilizados en el sector constructivo ya que se encuentra presente en las distintas fases de ejecución de los proyectos, no obstante, el agua es un recurso limitado que se desperdicia en procesos ineficientes como en la etapa del curado convencional del concreto. A través de este

proyecto de investigación aplicando polietilenglicol como agente de autocurado del concreto se buscará reducir estos volúmenes de agua.

Dentro de la justificación por Viabilidad se tiene que el proyecto se llevará a cabo en la ciudad de Chiclayo ubicado en el departamento de Lambayeque, Perú; por lo que es un escenario válido para realizar una investigación relacionada al curado del concreto ya que dicha ciudad cuenta con temperaturas mínimas promedio de 15.4 °C y temperaturas máximas promedio de 28.8°, bajo estas estas condiciones climáticas los problemas relacionadas a un curado inadecuado tienen mayores probabilidades de ocurrencia.

En la ciudad de Chiclayo, los materiales para la elaboración del concreto como agregados, cemento y agua son accesibles; con respecto al polietilenglicol, al ser un material muy utilizado en la industria farmacéutica su obtención es relativamente económica y accesible.

El aporte de este proyecto de investigación radica en que se empleará Polietilenglicol (PEG 4000) con el que se evaluará no solo la resistencia de este tipo de concreto, como usualmente ocurre con la mayoría de investigaciones de este rubro, sino que también se evaluará la durabilidad del mismo para un concreto cuya resistencia a la compresión sea de 210 kgf/cm² ya que es la resistencia a la compresión más empleada en la ciudad de Chiclayo; además en la mayoría de investigaciones precedentes se ha empleado Polietilenglicol más agregado ligero (ambos son materiales que propician un autocurado del concreto) mientras que en esta investigación se empleará solo uno (Polietilenglicol) y se intentará acercarse más a la realidad de la ciudad de Chiclayo puesto que se emplearán agregados locales y los resultados estarán en función a las condiciones ambientales de la ciudad lambayecana.

La presente investigación no solo será una evaluación técnica sino también es una evaluación económica la cual pretende demostrar que el uso de Polietilenglicol como agente de autocurado del concreto en el Perú (específicamente Chiclayo) resulta ser un método eficiente y más económico que los procesos de curado que se emplean actualmente; realizar y demostrar la viabilidad económica del empleo de este aditivo químico resulta esencial en este tipo de proyectos puesto que la intención es obtener un producto atractivo que cuya aplicación en el día a día sea fácil y económica.

Tras lo argumentado se puede concluir que resulta viable realizar la ejecución del proyecto de investigación en la ciudad de Chiclayo.

La hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación es la siguiente: La elaboración de concreto añadiendo en el agua de mezcla el agente de autocurado polietilenglicol en distintas dosificaciones (0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento) es una metodología

cuya aplicación en la ciudad de Chiclayo resulta viable y económica que nos permitirá obtener un concreto con mejores propiedades con respecto a un concreto con curado convencional.

El objetivo general del presente trabajo de investigación es realizar una evaluación técnica y económica del autocurado del concreto aplicando polietilenglicol frente a un concreto con curado convencional en la ciudad de Chiclayo; como objetivos específicos que ayuden a alcanzar el objetivo general se tienen: determinar las propiedades físicas de los agregados naturales; elaborar los diseños de mezclas pertinentes; determinar los tiempos de fraguado iniciales para la mezcla patrón y para las mezclas elaboradas con dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento; determinar la resistencia a compresión de probetas cilíndricas elaboradas con un concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento para las edades de 7, 14, 28 y 56 días; determinar la resistencia a la flexión de probetas prismáticas elaboradas con un concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento para la edad 28 días; determinar el grado de permeabilidad del concreto a la edad de 28 días para el concreto de la mezcla patrón y para el concreto de las mezclas elaboradas con dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento; realizar una evaluación económica al emplear polietilenglicol dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento frente a un concreto convencional.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El problema de un curado deficiente del concreto viene siendo estudiado por muchos investigadores alrededor del mundo para buscar alternativas de solución ante tal problemática. A continuación, se presentan antecedentes relacionados al tema EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO:

S. R. Pinchi Morey y H. J. Ramirez Mejía, «PROPUESTA DE APLICACIÓN DEL MÉTODO DE AUTO-CURADO ADICIONANDO LADRILLO TRITURADO AL AGREGADO GRUESO PARA DISMINUIR LAS FISURAS SUPERFICIALES Y AUMENTAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN ZÓNAS CÁLIDAS (LIMA NORTE),» TESIS, LIMA, 2020. [9]

El punto de partida para la investigación de los autores fueron los problemas por fisuración del concreto en el Perú tanto de construcciones formales como informales, las denuncias por fisuración señalan que estas surgieron a partir de los deficientes procesos constructivos en la fase de ejecución, específicamente en el proceso de un curado inadecuado. Los autores investigaron la influencia que presenta reemplazar un porcentaje del agregado grueso por ladrillo triturado con la finalidad de reducir las fisuras superficiales y al mismo tiempo aumentar la resistencia a la compresión del concreto a través del método del auto-curado como propuesta de solución ante la problemática mencionada con anterioridad.

Se realizaron pruebas con porcentajes del remplazo del agregado grueso por ladrillo triturado del 15%, 21% y 27% del peso del agregado grueso; la resistencia de diseño seleccionada por los autores fue de $f'c=280\text{kgf/cm}^2$ a través de la metodología ACI 211, el tipo de cemento empleado para la investigación fue el cemento Portland Tipo I.

La muestra en estudio fue de 15 probetas cilíndricas de 6"x12" por cada porcentaje de remplazo y 15 para las probetas de control.

Las conclusiones del estudio señalan que el porcentaje de absorción del ladrillo triturado es trece veces más que el de un agregado normal por lo que emplear porcentajes de ladrillo triturado garantizará obtener un efecto de autocurado del concreto pues durante la investigación obtuvieron una reducción de grietas provocadas por la retracción plástica; se debe tener en

cuenta que el porcentaje de reemplazo del agregado grueso por ladrillo triturado no debe ser superior al 21%, además se concluyó que ni la trabajabilidad ni la temperatura presentarán diferencias significativas con respecto al concreto convencional.

Dentro de las conclusiones más relevantes de la investigación también se puede encontrar un aumento del 3.9% de la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con un contenido del 21% de reemplazo del agregado grueso por ladrillo triturado ($f'_c=355.55 \text{ kgf/cm}^2$) con respecto al concreto patrón ($f'_c=341.85 \text{ kgf/cm}^2$). Aunque emplear ladrillo reciclado es una gran opción para abaratar costos es necesario realizar los ensayos pertinentes para conocer sus propiedades pues estas difieren de acuerdo a la fabricación de cada ladrillo.

A. Y. Vásquez Taico, «CONCRETO AUTOCURABLE F'C=210Kgf/cm², REEMPLAZANDO UN PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO CON TRAQUITA,» TESIS, CAJAMARCA, 2019. [10]

La problemática tratada en el trabajo de investigación fue que los procesos de construcción en el Perú son deficientes pues detectaron que los elementos estructurales en el proyecto pueden llegar a desarrollar solo del 60% al 70% de la resistencia a compresión a los 28 días ya que no se curó correctamente al concreto. La propuesta de solución del autor ante tal problemática es reemplazar cierto porcentaje del agregado grueso por traquita saturada para obtener un efecto de autocurado del concreto.

El objetivo general de la investigación fue el de determinar la variación de la resistencia a la compresión y el efecto del autocurado del concreto al reemplazar el agregado grueso con traquita saturada (5%, 10% y 15%). La muestra en estudio fue de un total de 210 probetas cilíndricas.

Dentro de las conclusiones de este estudio fue que a los 28 días la muestra patrón (sin traquita) presentó una mayor resistencia a la compresión ($f'_c=306.58 \text{ kgf/cm}^2$) con respecto a las probetas que sí poseían traquita en cualquiera de sus dosificaciones; sin embargo, todas alcanzaron la resistencia de diseño (210 kgf/cm^2). La resistencia a la compresión más alta para las probetas con traquita fue con una dosificación de 5% de traquita saturada ($f'_c=228.96 \text{ kgf/cm}^2$).

G. Rajamanickam y R. Vaiyapuri, «SELF COMPACTING SELF CURING CONCRETE WITH LIGHTWEIGHT AGGREGATES,» *GRADEVINAR*, vol. 68, pp. 279-285, 2016. [12]

Los investigadores abordaron el tema del concreto autocompactante y autopolimerizable el cual fue preparado reemplazando parcialmente el agregado fino por un agregado de arcilla expandida ligera y por agregado de cenizas volantes. El agregado de arcilla ligera se empleó con la finalidad de otorgarle al concreto la capacidad de autocurado al concreto, la forma esférica de los agregados de reemplazo mejoró las propiedades reológicas de las mezclas de hormigón fresco.

La absorción de agua del agregado de arcilla expandida ligera fue de un 38%, además a la mezcla se le adicionó un aditivo autocompactante para otorgarle trabajabilidad a la mezcla de concreto autocompactante. Se prepararon mezclas con una sustitución del agregado fino del 5%, 10%, 15%, 20% y 25% como máximo para compararlas con un concreto sin volúmenes de reemplazo.

Dentro de las conclusiones de estudio mezcla de concreto que presentaron reemplazos del 15 % del volumen del agregado fino por agregados de arcilla expandida ligera y por agregados de cenizas volantes, presentaron un incremento en la resistencia a la compresión a los 28 días con respecto al concreto de la mezcla patrón.

M. Mousa, M. Mahdy, A. Abdel-Reheem y A. Yehia, «MECHANICAL PROPERTIES OF SELF-CURING CONCRETE (SCUC),» *HBRC Journal*, vol. 11, n° 3, pp. 311-320, 2015. [13]

Los autores realizaron esta investigación para proponer alternativas de solución con respecto a las deficiencias de las propiedades del concreto puesto que cuando se realiza un curao convencional del concreto, el agua de la superficie se evapora y de este modo se elimina cierta cantidad de agua que ya no estará a disposición de la pasta de cemento para que se realice la hidratación de las partículas cementantes; además el curado de elementos verticales sigue siendo una problemática técnica. Los tiempos que se asignan para realizar el curado del concreto suele demandar un aumento de costos y esfuerzos que podrían ser mejor aprovechados. El problema del curado inadecuado del concreto también está presente también dentro de la metodología de construcción denominado encofrado o formaletas deslizantes. También presentan problemas relacionados a los efectos negativos de un curado inadecuado los concretos

autocompactantes pues presentan bajas relaciones agua/cemento y poseen contenidos elevados de cemento que la hacen propensa a una auto desecación. El problema del curado convencional es que el agua aportada desde el exterior penetra lentamente y una cantidad mínima llega al interior del miembro.

El objetivo principal de la investigación es evaluar los efectos que tiene aplicar agentes polimerizables (agregado ligero y polietilenglicol) en las propiedades del concreto; los agregados ligeros (leca) se añadieron a la mezcla siendo saturados previamente) en dosificaciones del 0.0%, 10%, 15% y 20% del volumen de arena mientras que las dosificaciones del polietilenglicol (denominado Ch en el estudio) fue del 1%, 2% y 3% del peso del cemento, el estudio investigó tres relaciones agua/cemento (0.5, 0.4 y 0.3), también añadieron humo de sílice (SF) en algunas mezclas (0% y 15%), las probetas fueron curadas en un ambiente cuya temperatura ambiental estaba alrededor del 25°C; se realizaron doce mezclas de concreto.

Los resultados de los ensayos se pueden resumir en la siguiente tabla donde se puede apreciar los efectos de los agentes de autocurado en las distintas propiedades del concreto a los 28 días:

Tabla 1: Efectos de los agentes de autocurado en las distintas propiedades del concreto a los 28 días

Agentes de autocurados		Porcentaje de variación			
Tipo	Porcentaje (%)	Resistencia a la compresión (%)	Resistencia a la tensión (%)	Resistencia a la flexión (%)	Módulo de elasticidad (%)
Leca	10	+10	+3.7	+1.6	+1.4
	15	+17.5	+7.4	+7.2	+4.1
	20	+15	+5.6	+3.4	+2.1
CH	1	+20	+7.4	+2	+3.1
	2	+23.5	+14.8	+6.8	+5
	3	+25	+10	+3.6	+3.5
CH+SF	2 CH + 15 SF	+50	+22.2	+13.6	+7.1

Fuente: [13]

Las conclusiones de este estudio revelan que aplicar polietilenglicol como agente de autocurado del concreto hace que el material alcance valores superiores que las mezclas que emplearon agregado ligero saturado (leca); las proporciones de 2% polietilenglicol (CH) y el 15% de Leca han sido las dosificaciones óptimas. Otra conclusión relevante del estudio es que los agentes de autocurado del concreto alcanzan un punto de eficiencia cuando lo aplicamos en mezclas con un mayor contenido de cemento y/o una menor relación de agua/cemento; también concluyeron que las propiedades absorbentes y reacciones puzolánicas del humo de sílice se logró mejorar todas las propiedades mecánicas del concreto.

Tras la investigación no se evidenciaron reacciones adversar de los agentes de autocurado utilizados en este estudio con los demás materiales componentes de la mezcla de concreto, tampoco se evidenció un comportamiento anormal del mismo.

J. Kumar, Srikanth y J. Rao, «STRENGTH CHARACTERISTICS OF SELF-CURING CONCRETE,» *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 1, n° 1, pp. 51-57, 2012. [14]

Antes las problemáticas de la escasez del agua y su desperdicio en la construcción dentro de ejecuciones de procesos ineficientes como el curado convencional del concreto resultan necesaria la investigación relacionada a nuevas metodologías de curado del concreto; los autores de la investigación proponen emplear polietilenglicol (PEG 400) como agente de curado; el objetivo principal del estudio es estudiar las características del concreto (resistencia a la compresión, tracción y módulo de ruptura) tras aplicar este aditivo reductor de contracción aplicado en dosificaciones del 0.5% 1%,1.5% y 2% del peso del cemento para concretos cuya resistencia a la compresión fue de 20 Mpa y 40 Mpa

Tabla 2: Efecto en las propiedades mecánicas del concreto tras aplicar polietilenglicol 400

Tipo	f'c (N/mm ²)		f tracción (N/mm ²)		f ruptura (N/mm ²)	
	20 Mpa	40 Mpa	20 Mpa	40 Mpa	20 Mpa	40 Mpa
Convencional	26.6	46.65	1.81	2.42	3.50	4.62
+0.5% PEG	27.61	47.23	1.96	2.50	3.75	4.75
+1.0% PEG	28.49	45.93	2.02	2.45	3.80	4.64
+1.5% PEG	26.74	44.62	1.92	2.34	3.68	4.53
+2.0% PEG	25.03	42.44	1.85	2.25	3.55	4.46

Fuente. [14]

Tras los ensayos respectivos, los autores concluyeron que la dosificación de polietilenglicol al 1% del peso de cemento fue óptima para una resistencia a la compresión de 20 MPa y que la dosificación de 0.5% del peso de cemento fue óptima para una resistencia a la compresión de 40 Mpa; no se encontraron reacciones adversas con los demás componentes del concreto y el comportamiento del mismo fue normal.

Ankith, «SELF CURING CONCRETE WITH LIGHT WEIGHT AGREGGATE,» *International Journal of Scientific Engineering and Research*, vol. 3, n° 7, pp. 107-111, 2015. [15]

La problemática en la que el investigador se enfocó es la escasez del recurso hídrico (agua), la investigación es una alternativa para el ahorro del agua en la fabricación de concreto y construcción puesto que, según estimaciones, por cada metro cubico de concreto se requiere 3 metros cúbicos de agua donde la mayor parte de este volumen se emplea para realizar un curado convencional del concreto y si no se cura adecuadamente, la durabilidad y el rendimiento se ven afectados debido a un deficiente desarrollo de la microestructura del concreto y a una deficiente estructura de los poros.

El estudio investigó el uso de Polietilenglicol (PEG 400 disuelto en agua en dosificaciones dadas en función del peso del cemento) como agente de autocurado del concreto y el uso de agregado de peso ligero (granito), el objetivo de dicha investigación fue estudiar las propiedades de resistencia y durabilidad del concreto cuando se le añade estos dos componentes a la mezcla; la resistencia a la compresión de diseño fue de M20 (20 MPa), se diseñaron 4 tipos de mezcla las cuales contenían variaciones de polietilenglicol de la siguiente manera:

- _ Mezcla 1: Concreto convencional (0% PEG y 0% de granito)
- _ Mezcla 2: concreto con 0% PEG y 10% de granito
- _ Mezcla 3: concreto con 0.1 % PEG y 10% de granito
- _ Mezcla 4: concreto con 0.2 % PEG y 10% de granito

Los ensayos de resistencia a la compresión mostraron los siguientes resultados:

Tabla 3: Efecto en la resistencia a la compresión del concreto tras aplicar porcentajes de polietilenglicol 400 y granito

Designación de la mezcla	Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión
	7 días (N/mm ²)	14 días (N/mm ²)	28 días (N/mm ²)	32 días (N/mm ²)
M20: Concreto convencional	13.5	15.73	20.27	22.05
M20: 0% PEG y 10% de granito	31.4	36.11	40.12	42.55
M20: 0.1% PEG y 10% de granito	27.56	30.38	34.92	38.47
M20: 0.2% PEG y 10% de granito	35.78	38.35	51.53	55.13

Fuente: [15]

Los ensayos de resistencia a la tracción mostraron los siguientes resultados:

Tabla 4: Efecto en la resistencia a la tracción del concreto tras aplicar porcentajes de polietilenglicol 400 y granito

Designación de la mezcla	Resistencia a la tracción	Resistencia a la tracción	Resistencia a la tracción
	7 días (N/mm ²)	28 días (N/mm ²)	32 días (N/mm ²)
M20: Concreto convencional	2.24	2.69	2.81
M20: 0% PEG y 10% de granito	2.98	3.30	3.59
M20: 0.1% PEG y 10% de granito	2.39	2.85	3.13
M20: 0.2% PEG y 10% de granito	3.01	3.52	3.81

Fuente: [15]

De los resultados obtenidos se puede ver que para la resistencia a la compresión de 20 Mpa, el concreto convencional apenas llegó a la resistencia de diseño a los 28 días mientras que tan solo añadiendo 0.1% PEG y 10% de granito a los 7 días ya se había superado dicha resistencia, siendo esta mezcla la más óptima puesto que para las demás dosificaciones se

superó con creces esta resistencia; este prematuro resultado a los 7 días se debe en parte a que se combinaron dos métodos para el autocurado del concreto: uso de polímeros (Polietilenglicol) y el uso de agregados de peso ligero saturado. Los resultados de la resistencia a la tracción son valores que siguen el patrón de crecimiento de la resistencia a la compresión del orden del 10% de la resistencia a la compresión aproximadamente. A pesar de que se realizaron ensayos más allá de los 28 días se apreció un comportamiento normal del concreto cuya curva de resistencia seguía un patrón de crecimiento, además no se presentaron reacciones adversas con los demás componentes de la mezcla.

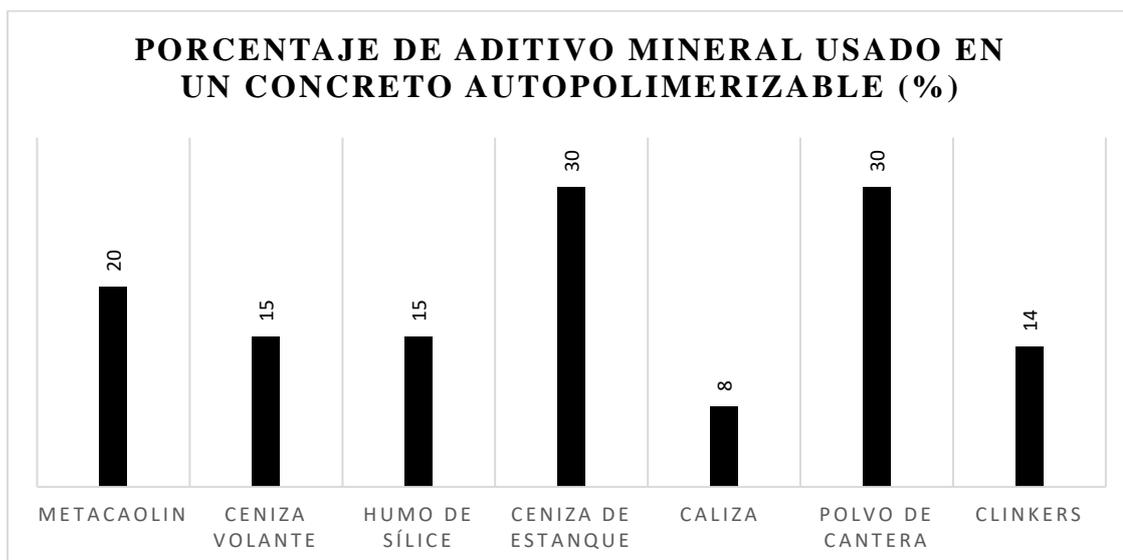
R. Ali-Khan y C. Gupta, «A REVIEW ON THE STUDY OF SELF CURING CONCRETE,» *Journal Of Engineering Sciences*, vol. 11, n° 2, 2020. [16]

Los investigadores tomaron como punto de partida la problemática relacionada a los grandes volúmenes de agua que se emplean para curar el concreto pues la resistencia del material dependerá de la tasa de hidratación por lo que realizar adecuadamente este proceso es necesario, es por ello que recopilan información acerca del autocurado del concreto la cual es una técnica desarrollada en los últimos años que cura al concreto internamente al retener el contenido de humedad; esta técnica se puede emplear utilizando aditivos químicos como polietilenglicol (PGA), (PEA), Alcohol Polivinílico(PVA) y Polímero superabsorbente(SAP), Parafina líquida (PWA), Cera de Parafina sólida (LSW) además se han realizado estudios alrededor de agregados ligeros que tienen un efecto de autocurado en el concreto como el agregado ligero de arcilla expandida (LECA).

Los investigadores recopilan la información acerca del concreto elaborado con estos agentes de autocurado realizado con proporciones de aditivos minerales y aditivos químicos.

Los porcentajes óptimos de aditivos minerales usados para conseguir un autocurado del concreto y por consiguiente un aumento en la resistencia a la compresión del concreto se pueden apreciar en el siguiente gráfico:

Gráfico 1: Porcentaje de aditivo mineral usado en un concreto autopolimerizable



Fuente: [16]

Los porcentajes óptimos de aditivos químicos usados para conseguir un autocurado del concreto y por consiguiente un aumento máximo en la resistencia a la compresión del concreto se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 5: Porcentajes óptimos de aditivos químicos para obtener un aumento en la resistencia a la compresión

Aditivo químico	Dosificación en peso del cemento para una resistencia a la compresión de diseño:			
	20 Mpa	25 Mpa	30 Mpa	40 Mpa
PEG 200	-	0.25 %	-	-
PEG 400	1 %	-	-	0.5 %
PEG 600	1 %	-	-	2 %
PEG 4000	-	1.5 %	0.5 %	-
PEG 6000	-	1 %	-	-
PVA	-	0.25 %	0.5 %	0.24 %
PEA	-	1 %		
SAP	-	0.25 %	0.6 %	0.3 %
Poliacrilato De Sodio	-	-	0.3 %	-
Lignosulfonato De Sodio	0.5 %	-	-	-
LECA	-	-	-	20 %

Fuente: [16]

Los porcentajes óptimos de aditivos químicos usados para conseguir un autocurado del concreto y una máxima resistencia a la flexión y tracción concreto se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 6: Porcentajes óptimos de aditivos químicos para obtener un aumento en la resistencia a la flexión y tracción

Aditivo químico	Dosificación en peso del cemento para una resistencia a la compresión de diseño:			
	20 Mpa	25 Mpa	30 Mpa	40 Mpa
PEG 200	-	1 %	-	-
PEG 400	1 %	-	-	0.5 %
PEG 600	-	-	-	-
PEG 4000	-	1 %	-	-
PEG 6000	-	-	-	-
PVA	-	-	0.5 %	-
PEA	-	1 %	-	-
SAP	-	0.4 %	-	-
Poliacrilato De Sodio	-	-	0.5 %	-
Lignosulfonato De Sodio	0.5 %	-	-	-
LECA	-	-	-	20%

Fuente: [16]

De los resultados recopilados por los investigadores se puede apreciar una mejora en las propiedades mecánicas de un concreto autopolimerizable y que las dosis óptimas de polietilenglicol (PGA) fueron de 0.5% y 1% del peso del cemento.

También analizaron las investigaciones que estudiaron la durabilidad del concreto con aditivos químicos y los resultados encontrados fueron que el concreto autopolimerizable o autocurable presentaba una menor pérdida de resistencia a la compresión que un concreto convencional cuando se sometía a condiciones de ambientes marinos.

Los resultados recopilados por los investigadores mostraron que los aditivos minerales que pueden lograr el efecto de autocurado del concreto también lo comprenden los áridos reciclados como Dolomita, concreto triturado y ladrillo rojo triturado.

En ninguna de las investigaciones recopiladas por los autores se encontraron reacciones adversas con los demás materiales para la preparación de concreto, además no existen registros

de un comportamiento anormal del concreto, es decir, no existieron pérdidas en la resistencia a la compresión ni pérdidas en la resistencia a la flexión del concreto para los aditivos minerales y aditivos químicos expuestos anteriormente; además, no se encontraron resultados que revelen una pérdida de la durabilidad del concreto sino todo lo contrario, el uso de los aditivos mencionados con anterioridad propiciaron una ganancia tanto de durabilidad como de resistencia.

M. Bhadki Safwan, M. A. Bodale Ahamad, K. Sayyad y N. Ulde Nuh, «AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON INTERNALLY CURED CONCRETE,» TESIS, Navi Mumbai, 2015-2016. [17]

Los escasos del agua fue la problemática principal de esta investigación, sin embargo, para conseguir que el concreto alcance una resistencia y durabilidad adecuada es necesario curarla por 28 días como mínimo, este es un proceso que no siempre es práctico en el que se desperdicia el recurso hídrico al emplear métodos convencionales que nos son eficientes. Los investigadores plantean el uso del polietilenglicol (PEG 400) en dosificaciones del 1%, 2% y 3% del peso del cemento como propuesta de solución ante tal problemática ya que al emplear dicho aditivo se consigue obtener un curado interno del concreto, las resistencias a la compresión estudiadas fueron de 20Mpa y 50 Mpa.

Las muestras que fueron ensayadas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 7: Muestreo del estudio "Experimental Investigation On Internally Cured Concrete"

Dosificación de PEG	Tiempo de rotura							
	20 Mpa				50 Mpa			
	3 días	7 días	14 días	28 días	3 días	7 días	14 días	28 días
Concreto convencional	3	3	3	3	3	3	3	3
PEG 1 %	3	3	3	3	3	3	3	3
PEG 2 %	3	3	3	3	3	3	3	3
PEG 3 %	3	3	3	3	3	3	3	3
Total							96	

Fuente: [17]

Tras los ensayos y análisis respectivos los investigadores concluyeron en que el agente de autocurado Polietilenglicol (PEG 400) es efectivo, las dosis óptimas para un concreto cuya

resistencia a la compresión sea de 20 Mpa es del 1% del peso del cemento mientras que la dosificación óptima para un concreto cuya resistencia a la compresión sea de 50 Mpa es del 2 % del peso del cemento, las mejoras ante un concreto convencional quedaron evidenciadas. El ahorro del agua de curado al emplear PEG fue del 100% gracias al curado interno que propicia dicho aditivo; además se concluyó que el costo del concreto convencional fue el mismo que el concreto curado internamente. Un punto importante a tener en cuenta es que los investigadores utilizaron arena de Gujart que es de una calidad superior por lo que el costo fue un poco superior al del habitual por lo que queda como futura investigación el análisis con agregados disponibles localmente.

H. Dhull, «An Experimental Investigation on Compressive Strength of Self-Curing Concrete Incorporated With Polyethylene Glycol-400,» *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, vol. 5, n° IX, 2017. [18]

Los investigadores emplearon como agente de autocurado al Polietilenglicol 400 el cual fue aplicado en proporciones del 0.5% (B1), 1% (B2), 1.5% (B3) y 2% (B4) del peso del cemento para un concreto cuya resistencia de diseño fue de 20Mpa y se compararon con un concreto sin aditivo (A); las pruebas de resistencia a la compresión se realizaron en probetas cúbicas de dimensiones 15x15x15cm a los 7 y 28 días, en el reporte no se especifican las características de los agregados empleados en esta investigación.

Cuando se realizó en ensayo del asentamiento o slump del concreto se encontró una reducción de este parámetro a medida que aumentaban la dosificación del aditivo pues los resultados obtenidos fueron:

Concreto sin aditivo (A): 80 mm

0.5% (B1): 92 mm

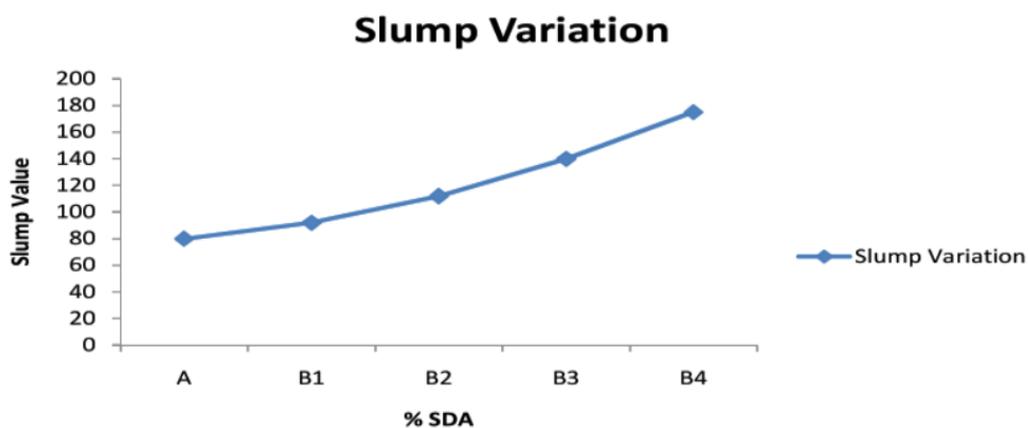
1% (B2): 112 mm

1.5% (B3): 140 mm

2% (B4): 175 mm

Estos datos se pueden apreciar mejor en la siguiente gráfica:

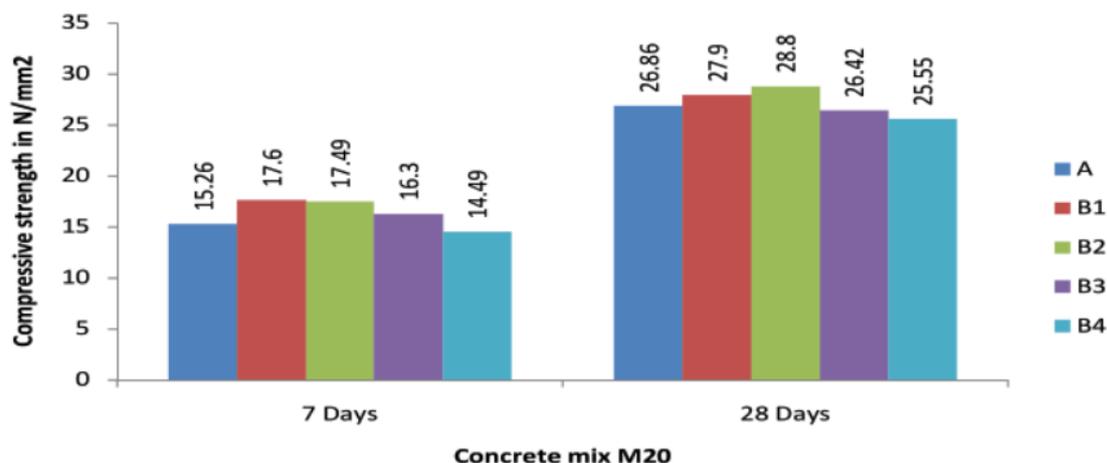
Gráfico 2: Variación del slump a medida que se aumenta el contenido de polietilenglicol 400



Fuente: [18]

Con respecto a los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión

Gráfico 3: Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días aplicando Polietilenglicol 400



Fuente: [18]

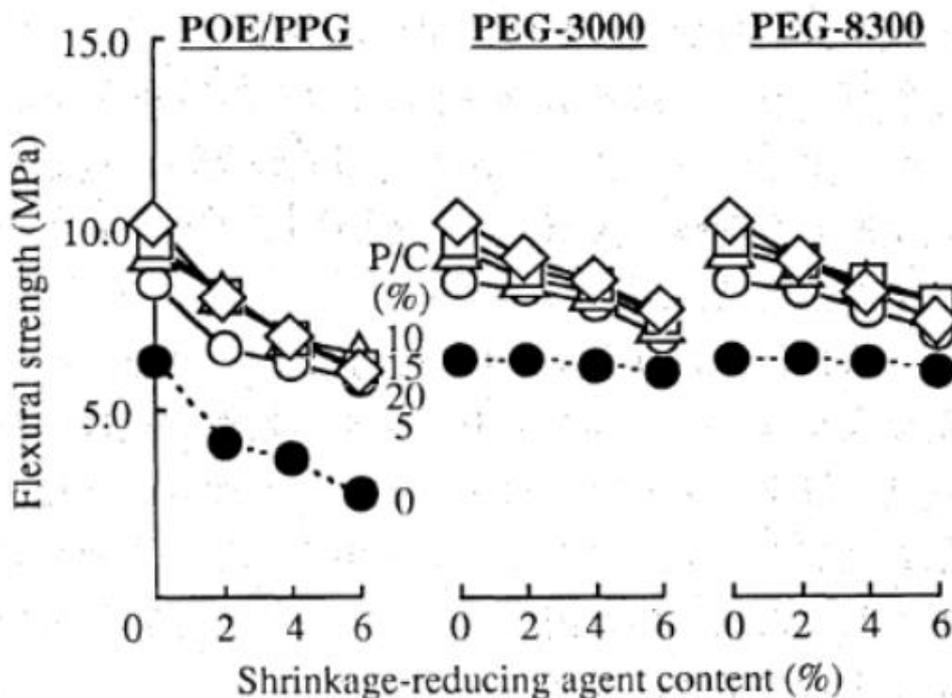
Se aprecia que a los 7 días solo la dosificación de 2% de PEG400 obtuvo un resultado inferior al concreto patrón, mientras que los resultados a los 28 días señalan que las dosificaciones de PEG400 al 1.5% y 2% fueron las más desfavorables comparadas con el concreto patrón, sin embargo todas las dosificaciones superaron la resistencia de diseño; concluyeron que superar el 2% de dosificación del aditivo resultaba desfavorable a cualquier edad comparada con el concreto patrón.

K. WANI, Y. OHAMA y K. DEMURA, «Drying Shrinkage Reduction of Polymer-Modified Mortars Using Redispersible Polymer Powder by Use of Shrinkage-Reducing Agents,» *J. Soc. Mat. Sci.*, vol. 46, n° 1, pp. 84-88, 1997. [19]

Los investigadores emplearon en su estudio agentes reductores de contracción como el Etileno acetato de vinilo (EVA) con el que modificaron el mortero (POE/PPG), el polietilenglicol 3000 (PEG3000) y el polietilenglicol 8300 (PEG8300); las proporciones empleadas fueron del 0%, 2%, 4% y 6%; la arena empleada en este estudio fue de la ciudad Toyoura, Japón; también se analizó con distintos porcentajes de cemento polimérico (P/C al 0%, 5%,10%,15% y 20%); todo para una relación 1:3 de cemento y arena.

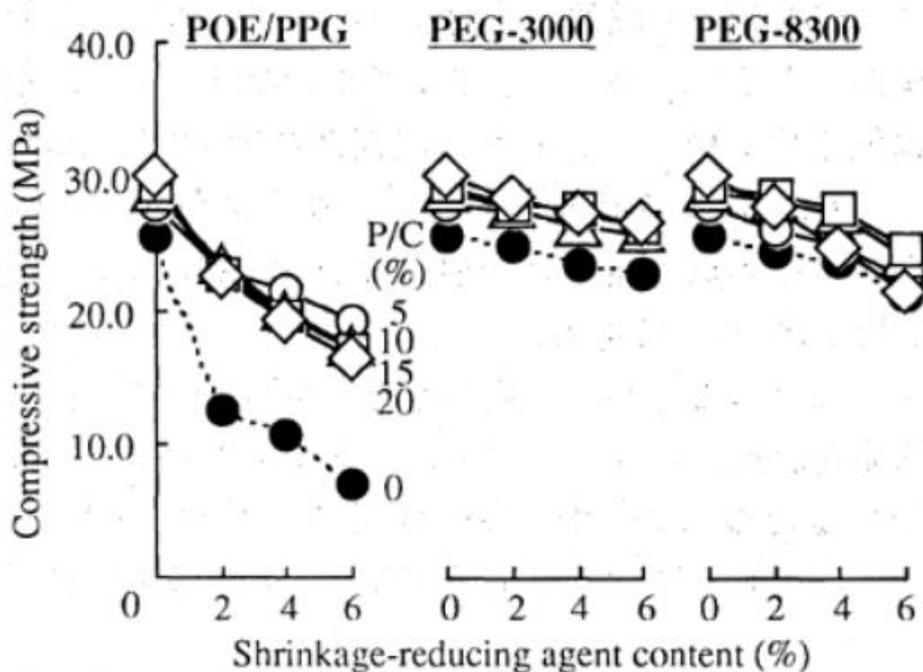
Los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión y flexión para los tres grupos de prueba (POE/PPG, PEG3000 y PEG8300) dieron resultados desfavorables comparados con el grupo de control (0% de aditivo), sin embargo, todos los valores ascendían a medida que se aumentaba la relación de cemento polimérico (P/C):

Gráfico 4: Contenido de agentes reductores de contracción vs. la resistencia a la flexión de morteros modificados con polímeros que utilizan polvos poliméricos redispersables



Fuente: [19]

Gráfico 5: Contenido de agentes reductores de contracción vs. la resistencia a la compresión de morteros modificados con polímeros que utilizan polvos poliméricos redispersables



Fuente: [19]

Los resultados reflejaron una reducción de hasta del 28% en la resistencia a la flexión y de hasta un 20% en la resistencia a la flexión cuando se emplearon los agentes reductores de contracción antes mencionados.

Sarathschandra, Venkateswarlu, Venkateswarlu y Sundeep, «MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH STRENGTH SELF - COMPACTING CONCRETE USING SELF CURING COMPOUND (PEG- 600),» *International Journal of Research and Analytical Reviews*, vol. 4, n° 1, 2017. [20]

Los investigadores utilizaron como agente de autocurado del concreto autocompactante (M60) al polietilenglicol 600 (PEG600) en dosificaciones del 0%, 0.5%, 1% y 1.5% del peso del cemento, se ensayaron probetas a los 7, 14, 21 y 28 días; el cemento empleado fue el denominado cemento Portland grado 53, el agregado fino poseía un módulo de finura de 3.07 y un peso específico de 2.65, el agregado grueso poseía un peso específico de 2.8 y su densidad fue de 1487 kg/m³, también se emplearon adiciones como ceniza volante y humo de sílice, y aditivos superplastificante.

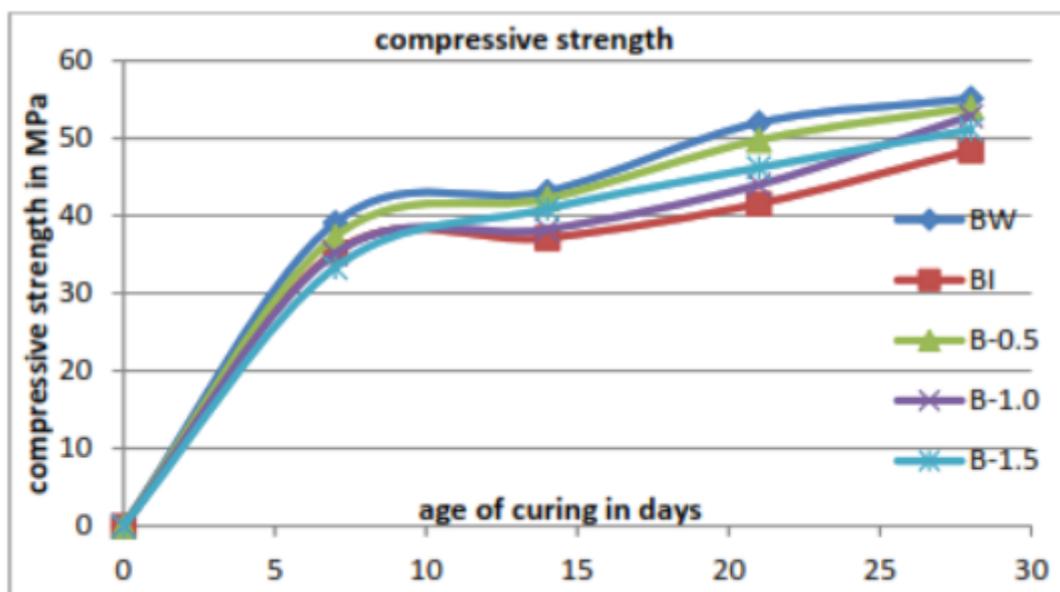
De los resultados obtenidos con respecto al ensayo de compresión se obtuvieron que a todas las edades las probetas curadas sumergidas en agua dieron mejores resultados (BW), de las probetas con PEG600 la mejor fue la que contenía un porcentaje de 0.5%; ninguna de las muestras llegó a la resistencia de diseño de M60, la dosificación de PEG600 al 0.5% alcanzó tan solo un 90% de la resistencia de diseño.

Tabla 8: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto aplicando PEG600

Designation	Age of curing in days			
	7	14	21	28
BW	39.11	43.11	52.00	55.11
BI	35.33	37.11	41.56	48.44
B0.5	37.33	42.22	49.78	54.00
B1.0	35.11	38.22	44.00	52.89
B1.5	33.33	40.89	46.22	51.11

Fuente: [20]

Gráfico 6: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto aplicando PEG600



Fuente: [20]

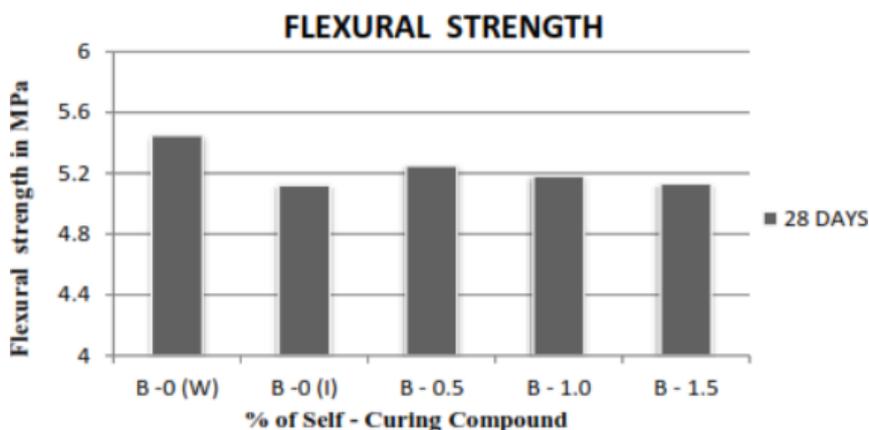
Con respecto a los resultados de los ensayos para determinar la resistencia a la flexión, los investigadores obtuvieron resultados coincidentes con los ensayos de resistencia a la compresión pues la mejor dosificación fue la de 0% PEG600 curado sumergido en agua y para las dosificaciones que contenían aditivo la mejor fue de PEG600 al 0,5% obteniendo un resultado del orden del 95% de la resistencia obtenida por la mezcla sin aditivo.

Tabla 9: Resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto aplicando PEG600

S.NO	Mix Proportion	Flexural Strength in Mpa
1	B -0 (W)	5.45
2	B -0 (I)	5.12
3	B - 0.5	5.25
4	B - 1.0	5.18
5	B - 1.5	5.13

Fuente: [20]

Gráfico 7: Resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto aplicando PEG600



Fuente: [20]

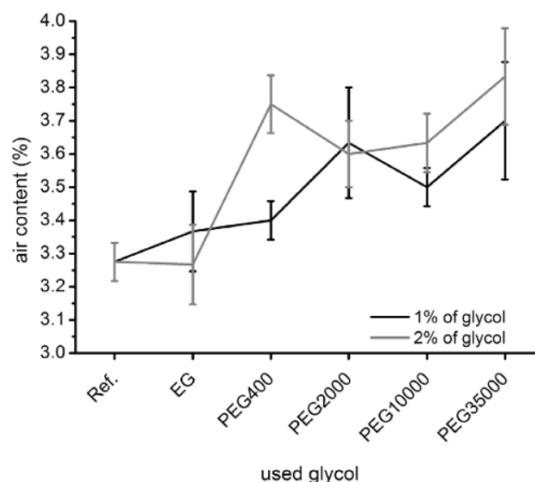
Concluyeron que la dosificación que les proporcionó mejores resultados fue la que contenía PEG600 al 0.5% del peso del cemento.

V. Bílek, L. Kalina y R. Novotny', «Polyethylene glycol molecular weight as an important parameter affecting drying shrinkage and hydration of alkali-activated slag mortars and pastes,» de *Construction and Building Materials*, Praga, 2018, pp. 564-571.[21]

Los autores investigaron la influencia del glicol (EG) y polietilenglicol (PEG de masas moleculares de 400, 2000, 10000 y 35000) en la contracción por secado y la hidratación de los morteros y pastas de escoria activadas con álcali (ASS). Dentro de los múltiples ensayos realizados, realizaron ensayos de resistencia a la compresión a los 1, 7 y 28 días y ensayos de contenido de aire.

De los resultados se tiene que no se encontró un patrón con relación al contenido de aire del mortero pues este se alteraba para distintos porcentajes (1% y 2%) de aditivos con distintas masas moleculares.

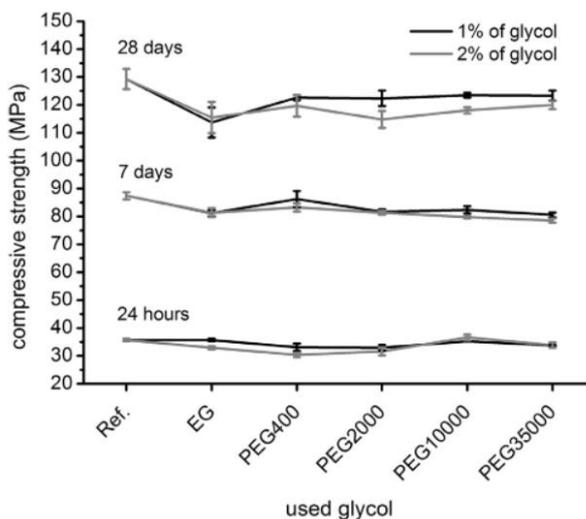
Gráfico 8: Efecto de los glicoles usados sobre el contenido de aire de los morteros de escoria activada por álcalis



Fuente: [21]

De los resultados de la resistencia a la compresión, excepto para el glicol (EG), los aditivos PEG brindaron mejores resultados a los 28 días cuando se aplicaban en dosificaciones del 1%, sin embargo estas no superaban al valor referencial del mortero sin aditivo.

Gráfico 9: Efecto de los glicoles usados sobre la resistencia a la compresión de los morteros de escoria activada por álcalis



Fuente: [21]

Otras conclusiones relevantes del estudio fueron que los aditivos PEG2000 y PEG10000 resultaron ser los más eficaces en la reducción de la contracción, también se atribuyó a los PEG

a una reducción más eficaz de la tensión superficial; así mismo, todos los glicoles probados redujeron el calor total liberado durante la hidratación concluyendo que los polietilenglicoles son adecuados para sistemas ASS.

2.2.BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS

2.2.1. AUTOCURADO DEL CONCRETO

El concreto se define como aquel material heterogéneo cuya composición está dada por cemento, agua, agregados finos, agregados gruesos, pequeños volúmenes de aire atrapado y dependiendo del propósito que se persiga esta mezcla puede contener aditivos (acelerantes, retardantes, puzolanas, cenizas, escorias de alto horno, etc). [22] Las proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto están alrededor del 60% - 75% de agregados, 15%-22% de agua, 7%-15% de cemento y 1% - 3% de aire. [23]

El concreto tiene la peculiaridad que inicialmente es un material cuya consistencia es plástica y debido a las reacciones químicas entre el Clinker y el agua va adquiriendo características de rigidez y resistencia a través del tiempo (a la velocidad de estas reacciones químicas se le conoce como tasa de hidratación del cemento). [24]

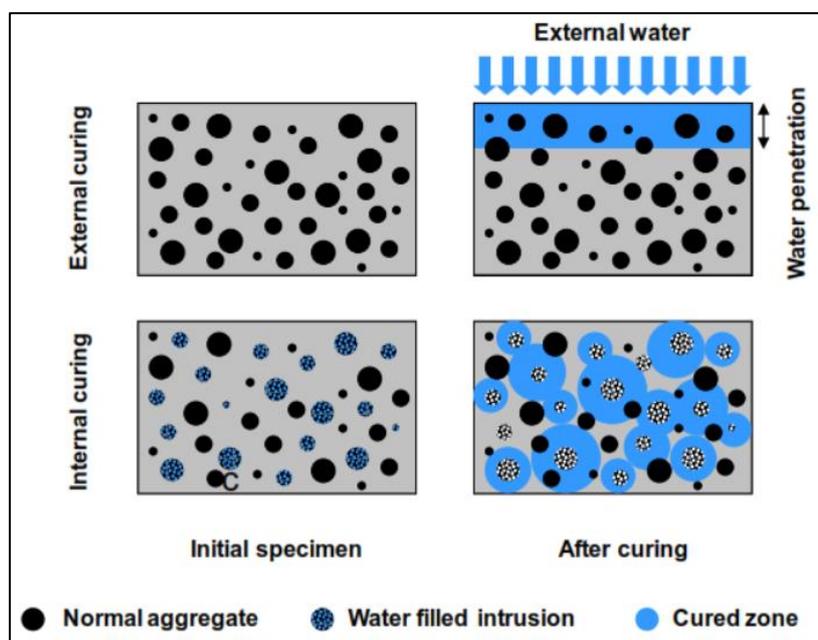
La composición del concreto en estado endurecido está conformada por la pasta la cual es el medio ligante conformado por el material cementante, agua y aire atrapado; por otro lado, están los agregados gruesos y finos que también son denominados como medio ligado. El material ligante durante el proceso de fraguado genera cristales hidratados los cuales unen químicamente (reacción química exotérmica) a los agregados. [25]

Los elementos fundamentales de la pasta son el gel (parte sólida producto de las reacciones químicas e hidratación del cemento), los poros (poros por aire atrapado, por aire incorporado, poros gel, poros capilares), el cemento hidratado y los cristales de hidróxido de calcio o cal libre. [25]

No obstante, para que el concreto alcance la resistencia de diseño y tenga propiedades adecuadas que garanticen la durabilidad del mismo es necesario hidratar las partículas de cemento a través del proceso de curado; sin embargo, a través de las metodologías convencionales de curado externo no se obtiene una hidratación uniforme pues el agua aplicada externamente solo penetra unos milímetros provocando que aumente la relación existente entre el agua y el cemento de la parte superior del elemento de concreto mermando las propiedades mecánicas del mismo y reduciendo su durabilidad. Para solucionar esta problemática surge la

metodología de curado interno, autocurado o también conocido como auto polimerización del concreto donde a través de metodologías que se detallan más adelante en este informe, se logra una distribución uniforme del agua disponible para la hidratación de las partículas cementosas y al mismo tiempo reducir la auto desecación junto con las tensiones que acompañan este proceso que son las causantes del agrietamiento; este proceso de autocurado del concreto garantiza que el material obtenga propiedades mecánicas uniformes en el elemento y su durabilidad sea la esperada. [26]

Figura 3: Diferencia entre el curado externo y el curado interno inducido por el contenido parcial de agregados livianos saturados (Modelo de Philleo)



Fuente: [26]

El agua que se encuentra contenida en los productos formados tras la hidratación del cemento ocupan un espacio menor lo que provoca una contracción química (los productos ocupan un espacio menor que los reactivos), los cálculos realizados por investigadores señalan que la hidratación del Silicato Tricálcico (C_3S) requiere de una reducción neta del 9.6% del volumen base lo que es equivalente a 0.07 mL/g de C_3S ; antes de que se produzca el fraguado esta contracción química implicará una contracción física equivalente de la microestructura tridimensional. Cuando la pasta cementosa fragua y desarrolla una resistencia finita a la deformación, se producirá una auto desecación puesto que existirá una ausencia de una fuente adicional de agua por lo que dentro de la microestructura se crearán poros parcialmente llenos.

Los meniscos de la solución que queda dentro de los poros parcialmente llenos, crean una presión capilar que es directamente proporcional a la tensión superficial de la solución de los poros e inversamente proporcional a la dimensión del poro más grande parcialmente lleno [26]; así pues, la ecuación de Young describe esta relación:

$$\sigma = \frac{-2 * \gamma * \cos\theta}{r}$$

Donde:

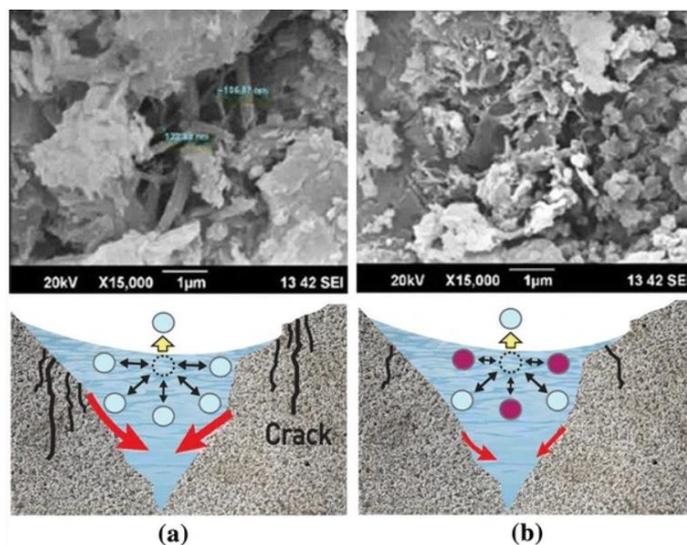
σ : Tensión o presión capilar.

γ : Tensión superficial de la solución de los poros.

θ : Ángulo de contacto.

r : Radio del poro parcialmente lleno.

Figura 4: Principio y efectos de un aditivo reductor de contracción donde se evidencia la ausencia (a) y presencia (b) del mismo



Fuente: [27]

Tras el análisis de la expresión anterior, para poder reducir las tensiones capilares se debe reducir la tensión superficial de la solución de los poros a través del uso de aditivos reductores de contracción o se debe aumentar el tamaño de los poros que se vacían a través de proporcionar depósitos de agua en poros a mayor escala dentro de la microestructura (curado interno) [26]. Al no poseer estos depósitos de agua a mayor escala, las tensiones capilares aumentan de manera rápida a través del tiempo lo que produce una contracción de la microestructura que es medible a través de la ecuación modificada de MacKenzie:

$$\varepsilon = \left(\frac{\sigma * S}{3}\right) * \left[\left(\frac{1}{K}\right) - \left(\frac{1}{K_s}\right)\right]$$

Donde:

ε : Deformación lineal medida.

S: Nivel de saturación en el espacio poroso (0-1).

K: Módulo volumétrico del material poroso.

K_s : Módulo de la estructura sólida.

Cuando estas tensiones producidas se convierten en sustanciales, contribuyen a la formación de grietas en edades tempranas del concreto llegando a mermar su vida útil puesto que las grietas permitirán el acceso a agentes nocivos [26].

Mientras la auto desecación va teniendo lugar, la tensión capilar (σ) aumenta y como consecuencia la humedad relativa interna de la pasta de cemento hidratado va disminuyendo [26], esto se explica con la ecuación de Kelvin:

$$\sigma = \frac{R * T * \ln(RH)}{V_m}$$

Donde:

R: Constante universal de los gases.

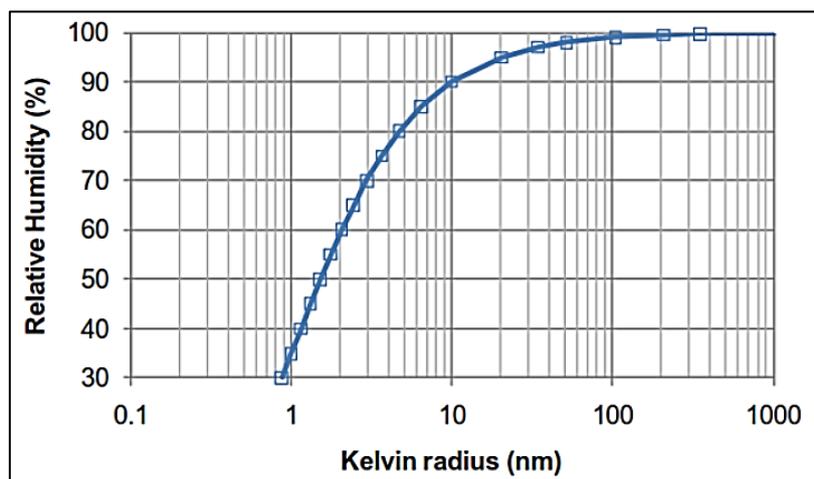
T: Temperatura absoluta.

RH: Humedad relativa.

V_m : Volumen molar de la solución de los poros

Esta última expresión nos ayuda a calcular la eficiencia de un sistema de un sistema de curado interno al medir la humedad relativa interna del cemento hidratado. Al combinar la ecuación de Kelvin con la ecuación de Young, se puede establecer una relación entre la humedad relativa y el tamaño de los poros que están siendo vaciados la cual se presenta a continuación [26]:

Gráfico 10: Relación existente entre la humedad relativa y el radio de vaciado de los poros en el sistema basado en el cemento hidratado

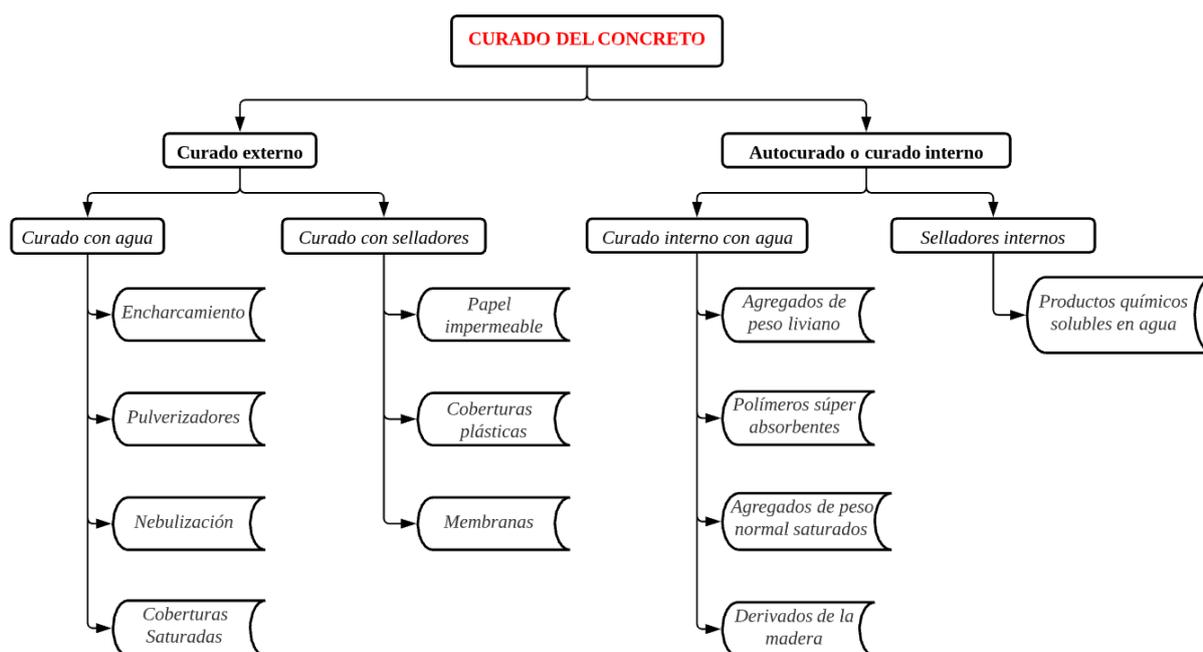


Fuente: [26]

En síntesis, el objetivo del autocurado del concreto es garantizar una fuente de agua adicional en cantidades adecuadas y con una distribución espacial que garantice que la microestructura tridimensional de la pasta de cemento hidratado se mantenga saturado para reducir las tensiones de estrés autógeno y evitando una auto desecación sustancial en el interior.

El curado interno del concreto se puede conseguir a través de distintas metodologías (Ver Figura 5); sin embargo, las metodologías más comunes son a través del uso de agregados de peso liviano, polímeros súper absorbentes y aditivos reductores de contracción.

Figura 5: Metodologías de curado del concreto



Fuente: [28]

Para realizar un seguimiento de la efectividad del curado interno se puede hacer a través de medir la pérdida de peso, a través de microtomografía de rayos x, resistencia a la compresión, absorción superficial inicial, difracción de rayos x de polvo, escaneos con microscopio electrónico, cambio de la humedad relativa a través del tiempo, medición de la termogravimetría, espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN) y también se puede controlar a partir del grado de permeabilidad al agua [28].

- Ventajas del concreto curado internamente:

- _ Se estima que cada metro cúbico de hormigón requiere unos 3 m³ de agua para ser curado correctamente [29]; sin embargo cuando propiciamos un curado interno no se requerirá agua para curar, por lo que existirán ahorros del recurso hídrico.

- _ El hormigón curado internamente es una buena solución para la región de escasez de agua.

- _ Como no se requiere mano de obra para el curado, reduce el costo de la mano de obra requerido para curar.

- _ Reduce la contracción autógena.

- _ En el caso de una estructura grande, se puede prevenir un curado inadecuado usando curado interno del hormigón ya que alcanza una fuerza de 28 días en solo 7 días.

- _ Es una buena solución para edificios de gran altura y estructuras complicadas donde el curado es difícil.

- _ Es una buena solución para las deficiencias de curado externo generadas debido a muchas prácticas dificultades o por humanos durante las horas iniciales cuando más se requiere curación.

- _ Se puede emplear para la construcción de pistas y veredas puesto que en este tipo de obras se exige aperturas tempranas de las aceras.

- Limitaciones del concreto curado internamente:

- _ Se necesita una supervisión adecuada y precisa mientras se agrega el agente autopolimerizable.

- _ El único método encontrado hasta el momento para decidir la dosis del agente de autocurado es el de prueba y error.

- _ Aplicar cantidades excesivas del aditivo que será el agente de autocurado, puede traer como consecuencia reducciones de la resistencia del concreto.

2.2.2. POLIETILENGLICOL

Se denomina Polietilenglicol a aquel polieter compuesto derivado del petróleo resultante de la interacción de óxido de etileno con el agua, etilenglicol u oligómeros de etilenglicol, también se le conoce como macrogol, carbowax, glycolax y su abreviatura es PEG y viene acompañada del valor de la masa molecular de la sustancia. El polietilenglicol es soluble en agua y la absorbe con facilidad (es un polímero hidrofílico), es biodegradable (este producto puede recuperarse y reciclarse mediante disolución o mediante una destilación directa), es biocompatible (responde de manera adecuada en un medio de naturaleza biológica) y no es un producto tóxico [30]. La fórmula general de este aditivo es $H-(O-CH_2-CH_2)_n-OH$ donde n representa al número promedio de grupos de oxitileno repetidos (por lo general de 4 a 180) [31].

Tabla 10: Características generales y resultados analíticos del polietilenglicol 4000

CARACTERISTICAS GENERALES		
Clasificación	Polietilenglicol	
Apariencia a 25°C	Hojuelas Cerosas Blancas	
Contenido Activo, %	99.5 Mínimo	
RESULTADOS ANALITICOS		
	ESPECIFICACION	ANALISIS
No. de Acido	0.4 - Max.	0.14
No. de Hidroxilo	25.5 - 31.0	30.07
Humedad, % (K.F)	0.5 - Max.	0.4
pH al 5%	5.0 - 7.3	6.51
Color APHA a 60°C	70.0 - Max.	22.0
Óxido de Etileno Libre, ppm	1 Max.	0
Viscosidad a 210°F, cSt	110.0 - 158.0	129.16
Arsénico ppm	3 Max.	< 3.0
Metales Pesados, ppm	5 Max.	< 5.0
1,4 Dioxano, ppm	3 Max.	0.0
Peso Molecular	3,600.0 - 4,400.0	3,731.83
% Cenizas Sulfatadas	0.1 Max	< 0.1
Limpidez a 60°C	Límpido	LIMPIDO
Sedimentación	5 Max.	< 5.0
Impurezas Orgánicas Volátiles	Pasa	PASA

Fuente: Anexo 35

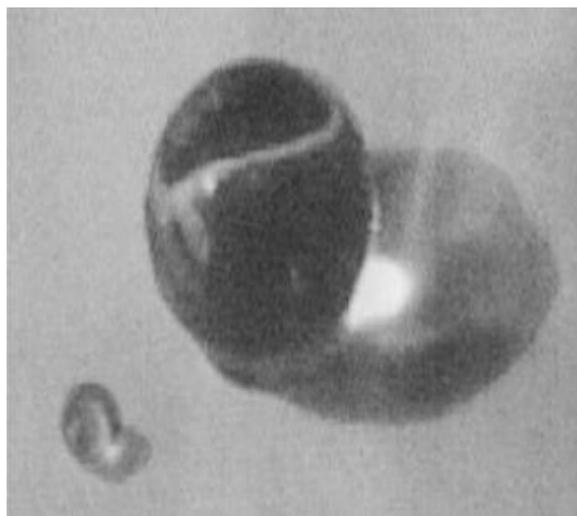
Las principales aplicaciones del aditivo polietilenglicol son como componente de productos cosméticos y farmacéuticos, como componente de betunes, fluidos hidráulicos, lubricantes sintéticos y aceites de corte; el polietilenglicol también es empleado para fabricar adhesivos, plastificantes y resinas sintéticas, también podemos encontrar usos del polietilenglicol en las industrias de textiles, papeles, metales, caucho y artes gráficas.

- Polietilenglicol en el concreto:

El polietilenglicol como agente de autocurado del concreto pertenece a la familia de los aditivos reductores de contracción (SRA); las cadenas compuestas del polietilenglicol poseen grupos hidrofóbicos (grupos de metileno con grupo terminal hidrofílico (éter o alcohol). El efecto del polietilenglicol como agente de autocurado se produce porque el grupo terminal

hidrófilo se adhiere a la película de agua sangrante mientras que la larga cadena hidrofóbica mantiene una vertical orientación lejos del agua sangrante; así pues, las moléculas de agua no poseen suficiente energía para escapar a través de la capa hidrofoba, lo que resulta en una rápida reducción de la pérdida por evaporación. El efecto hidrofóbico representa la tendencia del agua a excluir moléculas no polares; el efecto se origina en la interrupción de enlaces de hidrógeno dinámicos entre moléculas del líquido. Como las moléculas de hidrocarburo puro son incapaces de formar enlaces de hidrógeno con agua, los enlaces de hidrógeno son parcialmente reconstruidos formando una especie de jaula o concha de un grosor estimado de 2 nm, las moléculas de agua que forman la "jaula" tienen una movilidad sustancialmente restringida provocando una disminución de potencial químico de los átomos [32]; esto significa una reducción de la presión de los vapores y una reducción de la velocidad de evaporación y un consecuente aumento de la humedad relativa evitando de esta forma la auto desecación.

Figura 6: Comportamiento del polietilenglicol con el agua



Fuente: -

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con el desarrollo de la investigación es del tipo: EXPERIMENTAL

Ya que se manipulará la variable independiente y a través de los distintos ensayos de laboratorio se obtendrá información que servirá para la demostración o refutación de la hipótesis planteada.

De acuerdo con el fin que se persigue es del tipo: APLICADA

Ya que a través de la realización de este proyecto se busca volcar los conocimientos adquiridos durante la carrera de ingeniería civil.

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se realizará un diseño con Posprueba únicamente y grupo de control; se ha considerado la manipulación de la variable independiente en dos niveles que son presencia y ausencia. Al finalizar la manipulación se realizará una medición de la variable dependiente para los grupos experimentales y para el grupo de control. Las variables dependientes consideradas en este estudio son asentamiento del concreto, exudación, tiempo de fraguado, contenido de aire, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, permeabilidad y fisuración.

El diagrama del diseño de la investigación presente se muestra a continuación:

$$R G_1 \rightarrow X_1 \rightarrow O_1$$

$$R G_2 \rightarrow X_2 \rightarrow O_2$$

$$R G_3 \rightarrow X_3 \rightarrow O_3$$

$$R G_4 \rightarrow X_4 \rightarrow O_4$$

$$R G_5 \rightarrow - \rightarrow O_5$$

Donde:

R: Asignación aleatoria de los objetos de estudio (Probetas de concreto) tanto para el grupo de control como para el experimental.

G1, G2, G3, G4: Grupos experimentales.

G5: Grupo de control.

X: Presencia de algún nivel de la variable independiente (Polietilenglicol) para el grupo experimental.

X1: Dosificación de Polietilenglicol al 0.5% del peso del cemento.

X2: Dosificación de Polietilenglicol al 1.0 % del peso del cemento.

X3: Dosificación de Polietilenglicol al 1.5% del peso del cemento.

X4: Dosificación de Polietilenglicol al 1.75% del peso del cemento.

-: Nivel cero en los indicadores de variable independiente (Polietilenglicol) para el grupo de control.

O1, O2, O3, O4: Medición posterior de las variables dependientes (Propiedades del concreto) de los grupos experimentales

O5: Medición posterior de las variables dependientes (Propiedades del concreto) del grupo de control.

Tabla 11: Elementos del diseño de la investigación

TIPO DE GRUPO		PRESENCIA DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE		POSPRUEBA	
GRUPO EXPERIMENTAL	G1	X1	Dosificación de Polietilenglicol al 0.5% del peso del cemento	O1	Medición de las propiedades del concreto en el estado fresco y endurecido
	G2	X2	Dosificación de Polietilenglicol al 1% del peso del cemento	O2	
	G3	X3	Dosificación de Polietilenglicol al 1.5% del peso del cemento	O3	
	G4	X4	Dosificación de Polietilenglicol al 1.75% del peso del cemento	O4	
GRUPO DE CONTROL	G5	-	Ninguna	O5	

Fuente: Elaboración Propia

La denominación de cada grupo será el siguiente:

Tabla 12: Denominación de los grupos establecidos

TIPO DE GRUPO	DENOMINACIÓN
GRUPO EXPERIMENTAL G1	PEG 0.5%
GRUPO EXPERIMENTAL G2	PEG 1%
GRUPO EXPERIMENTAL G3	PEG1.5%
GRUPO EXPERIMENTAL G4	PEG 1.75%
GRUPO DE CONTROL G5	CONCRETO PATRÓN

Fuente: Elaboración Propia

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

POBLACIÓN

La población de la presente investigación la conformarán el volumen de concreto elaborado con los agregados naturales, cemento, agua y polietilenglicol.

MUESTRA

La muestra para la presente investigación la conformarán el volumen de concreto elaborado con los agregados naturales, cemento, agua y polietilenglicol, siendo coincidente con la población.

MUESTREO

Para el muestreo se empleó la elección por métodos no aleatorios, pues la muestra es coincidente a la población debido a que las características de ambas son similares. Ante esta situación el investigador determina la representatividad de modo subjetivo [33]. El tipo de muestreo para este estudio es del tipo no probabilístico intencional por criterio o juicio.

Ensayo de asentamiento o SLUMP:

Tabla 13: Muestreo para el ensayo de asentamiento

Tipo de mezcla	Ensayo de consistencia o Slump	
	Probetas	Total
Mezcla patrón (inmersión)	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 0.5%	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1%	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.5%	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.75%	1	1
TOTAL	5	5

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Exudación: el fenómeno de la exudación es causado principalmente por la sedimentación de las partículas sólidas y el consecuente ascenso del agua a la superficie y si no es controlada adecuadamente se pueden conseguir relaciones A/C elevadas en la parte superior provocando una capa débil y porosa por lo que es necesario evaluar la incidencia del polietilenglicol con respecto a este punto ya que al retener el agua de la mezcla se espera que el ascenso del agua sea mínimo otorgándole de este modo uniformidad al concreto; tras lo argumentado resulta necesaria la ejecución de dicho ensayo.

Tabla 14: Muestreo para el ensayo de exudación

Tipo de mezcla	Ensayo de exudación	
	Probetas	Total
Mezcla patrón (inmersión)	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 0.5%	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1%	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.5%	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.75%	1	1
TOTAL	5	5

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de tiempo de fraguado inicial: el fraguado es el proceso de endurecimiento del concreto debido a las reacciones químicas entre el material cementante y el agua, es decir es el paso de la masa del estado plástico al estado sólido, por lo que se espera que con las propiedades hidrófilas del polietilenglicol este proceso sea beneficiado al reducir los tiempos de fraguado inicial ante un concreto convencional por lo que resulta necesaria la ejecución de este ensayo.

Tabla 15: Muestreo para el ensayo de tiempo de fraguado inicial

Tipo de mezcla	Ensayo de tiempo de fraguado inicial	
	Probetas	Total
Mezcla patrón (inmersión)	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 0.5%	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1%	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.5%	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.75%	1	1
TOTAL	5	5

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de contenido de aire:

Tabla 16: Muestreo para el ensayo de contenido de aire

Tipo de mezcla	Ensayo de contenido de aire	
	Probetas	Total
Mezcla patrón (inmersión)	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 0.5%	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1%	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.5%	1	1
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.75%	1	1
TOTAL	5	5

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto: es la propiedad mecánica más importante del concreto por lo que realizar dicho ensayo es esencial.

Tabla 17: Muestreo para el ensayo de resistencia a la compresión

Tipo de mezcla	Tiempo de rotura de la probeta				Total
	7 días	14 días	28 días	56 días	
Mezcla patrón (inmersión)	2	2	2	2	8
Mezcla dosificación de polietilenglicol 0.5%	2	2	2	2	8
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1%	2	2	2	2	8
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.5%	2	2	2	2	8
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.75%	2	2	2	2	8
TOTAL	10	10	10	10	40

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de resistencia a la flexión del concreto:

Tabla 18: Muestreo para el ensayo de flexión

Tipo de mezcla	Tiempo de rotura de la probeta	
	28 días	Total
Mezcla patrón (inmersión)	2	2
Mezcla dosificación de polietilenglicol 0.5%	2	2
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1%	2	2
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.5%	2	2
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.75%	2	2
TOTAL	10	10

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de permeabilidad del concreto: el concreto es un material cuya naturaleza es ser poroso por lo que controlar el grado de permeabilidad es necesario puesto que atenta contra la durabilidad del concreto y al mismo tiempo atenta con el tiempo de vida útil de las estructuras al tener una mayor probabilidad de que fluidos dañinos para el concreto penetren en él; el grado de permeabilidad aumenta o disminuye dependiendo de factores como el grado de hidratación del cemento y de la duración y calidad del curado; factores en los que el polietilenglicol incidirá directamente pues por sus propiedades se espera obtener un concreto con menor grado de porosidad que un concreto convencional, tras lo argumentado resulta necesaria la ejecución de dicho ensayo.

Tabla 19: Muestreo para el ensayo de permeabilidad

Tipo de mezcla	Tiempo de ensayo de permeabilidad	
	28 días	Total
Mezcla patrón (inmersión)	3	3
Mezcla dosificación de polietilenglicol 0.5%	3	3
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1%	3	3
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.5%	3	3
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.75%	3	3
TOTAL	15	15

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de fisuración del concreto: gran parte de las fisuras en el concreto ocurren debido a prácticas de construcción inadecuadas como un inadecuado o nulo curado del concreto por lo que al propiciar un curado interno del concreto cuando a este se le añade polietilenglicol, las fisuras en el concreto deberían de ser nulas, por lo que resulta necesaria la ejecución de dicho ensayo.

Tabla 20: Muestreo para el ensayo de fisuración

Tipo de mezcla	Ensayo de fisuración	
	Probetas	Total
Mezcla patrón (inmersión)	2	2
Mezcla dosificación de polietilenglicol 0.5%	2	2
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1%	2	2
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.5%	2	2
Mezcla dosificación de polietilenglicol 1.75%	2	2
TOTAL	10	10

Fuente: Elaboración Propia

3.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN

El tipo de muestreo para este estudio es del tipo no probabilístico intencional por criterio o juicio; para este tipo de muestreo la selección de la muestra puede estar basado en la experiencia de otros estudios precedentes o en el conocimiento que se posea sobre la población y su comportamiento frente a las características particulares del estudio. Es por ello que se ha realizado una revisión de las muestras de estudios precedentes para garantizar la confiabilidad de las muestras propuestas.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Las variables dependientes, independientes y moderadoras del estudio se detallan a continuación:

Tabla 21: Operacionalización de variables

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ÍNDICE
INDEPENDIENTE	Polietilenglicol	Propiedad física	Peso	Recipientes, balanza	Peso
DEPENDIENTE	Diseño de mezclas	Cantidad de materiales	Cemento	Balanza	Kg
			Agregado fino	Balanza	Kg/m ³
			Agregado grueso	Balanza	Kg/m ³
			Agua	Probeta	ml
	Comportamiento del concreto	Ensayos al concreto: estado fresco	Asentamiento (Slump)	Según NTP 339.035	pulgadas
			Exudación	Según NTP 339.077	%
			Ensayo de contenido de aire	Según NTP 339.080	%
		Ensayos al concreto: estado endurecido	Tiempo de fraguado	Según NTP 339.082	hr
			Resistencia a la compresión	Según NTP 339.034	Kgf/cm ²
			Resistencia a la flexión	Según NTP 339.078	Kgf/cm ²
			Permeabilidad	Según UNE-EN 12390-8	mm
Fisuración	Adaptación de la norma ASTM C 1579	mm			
Costo de producción del concreto	Costo por m ³	Análisis de costo unitario	Formatos en hojas de cálculo Excel	Soles	
MODERADORAS	Materiales	Características	Granulometría de los agregados	Según NTP 400.012	%
			Peso unitario de los agregados (suelto y compacto)	Según NTP 400.017	Kg/m ³
			Contenido de humedad de los agregados	Según NTP 339.185	%
			Peso específico y capacidad de absorción de los agregados	Según NTP 400.021 y NTP 400.022	%
			Módulo de fineza del agregado fino	Según NTP 400.018	
			Tipo de cemento	Según NTP 334.082 y NTP 334.090	Tipo

Fuente: Elaboración Propia

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los métodos, técnicas e instrumentos aplicados en el presente trabajo de investigación se muestran a continuación:

Tabla 22: Métodos, técnicas e instrumentos

MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Experimental	<u>Ensayos para agregados:</u>	
	Análisis granulométrico de los agregados (Según NTP 400.012)	
	Peso unitario de los agregados suelto y compacto (Según NTP 400.017)	
	Contenido de humedad de los agregados (Según NTP 339.185)	
	Peso específico y capacidad de absorción de los agregados (Según NTP 400.021 y NTP 400.022)	
	Módulo de fineza del agregado fino (Según NTP 400.018)	Formatos de laboratorio, tamices normalizados, balanzas, hornos, moldes cilíndricos y prismáticos, cono de Abrams, varilla lisa
	<u>Diseño de mezclas usando el método del comité 211 del ACI</u>	compactadora, olla Washington, termómetro, penetrómetro, máquina de compresión, máquina para ensayo de permeabilidad, termómetro, tarjeta para medir ancho de fisuras, etc
	<u>Ensayos para concreto:</u>	
	Asentamiento (SLUMP) (Según NTP 339.035)	
	Ensayos de exudación (Según NTP 339.077)	
	Ensayos de contenido de aire (Según NTP 339.080)	
	Ensayos para determinar el tiempo de fraguado (Según NTP 339.082)	
	Ensayo de resistencia a la compresión (Según NTP 339.034)	
Ensayo de resistencia a la flexión (Según NTP 339.078)		
Ensayos para determinar la permeabilidad del concreto del concreto (UNE-EN 12390-8)		
Ensayo de fisuración (Adaptación de la norma ASTM C 1579)		

Fuente: Elaboración Propia

3.7. PROCEDIMIENTOS

Los procedimientos que se detallaran a continuación son los que se aplicaron para la realización de este proyecto de investigación:

3.7.1. PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS

A LOS AGREGADOS

El agregado fino que se analizó fue el agregado de la cantera La Victoria - Pátapo; para determinar el agregado grueso que se empleó en este estudio se analizaron los agregados provenientes de la cantera El Pedregal – Reque y el agregado grueso de la cantera Tres Tomas – Ferreñafe.

Las muestras se transportaron en sacos para evitar una eventual contaminación o pérdidas de material durante el trayecto.



Figura 7: Máquina de trituración en la cantera El Pedregal - Reque



Figura 8: Tesista obteniendo muestras de agregado

Fuente: Propia

A) Análisis granulométrico de los agregados

El análisis granulométrico de los agregados se realizó según la NTP 400.012: AGREGADOS. Análisis Granulométrico del agregado fino, grueso y global [34] ya que esta norma nos permite conocer la distribución de las partículas del agregado en función a su tamaño, para ello se requiere que la muestra esté seca y que se conozca la masa de la misma para luego pasar dicha muestra a través de una serie de tamices normalizados. La cantidad mínima de la muestra para agregado fino debe ser como mínimo 300g mientras que para el agregado grueso se debe cumplir con lo especificado en la siguiente tabla:

Tabla 23: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo	
mm	pulg	Kg	lb
9.5	3/8	1	2
12.5	1/2	2	4
19	3/4	5	11
25	1	10	22
37.5	1 1/2	15	33
50	2	20	44
63	2 1/2	35	77
75	3	60	130
90	3 1/2	100	220
100	4	150	330
125	5	300	660

Fuente: [34]

Para el ensayo de granulometría del agregado grueso de la cantera El Pedregal – Reque se utilizó una muestra de 8.248 Kg mientras que para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas – Ferreñafe se utilizó una muestra de 8.338 Kg superando lo mínimo establecido por la norma técnica empleada para este ensayo para muestras con TMN de 3/4”.



Fuente: Propia

Para el ensayo de granulometría del agregado fino se utilizó una muestra de 0.5 Kg superando también lo establecido por la norma técnica empleada para este ensayo; es importante mencionar que la arena fue secada antes de realizar el ensayo (temperatura de secado: 110 ± 05 °C hasta que el peso sea constante).



Figura 12: Cantidad de muestra de ensayo (cantera La Victoria - Pátapo

Fuente: Propia

Los tamices normalizados para el ensayo de granulometría del agregado grueso fueron los siguientes: 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N° 4, N° 8 y N° 16; mientras que los tamices normalizados para el ensayo de granulometría del agregado fino fueron los siguientes: 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100.



Figura 13: Tamices normalizados para agregado fino



Figura 14: Tesista realizando el ensayo de granulometría al agregado grueso con tamices normalizados

Fuente: Propia

El tamizado del agregado fino y del agregado grueso fue realizado de forma manual. Se colocó una cantidad que no supere la capacidad del tamiz con la finalidad de obtener un tamizado adecuado de la muestra.

Tras almacenar la cantidad de muestra retenida en cada tamiz se procedió a pesarlas ya que esta información nos ayudará a obtener el porcentaje acumulado retenido y el porcentaje acumulado que pasa; de los resultados obtenidos se graficó la curva granulométrica del

agregado (abertura del tamiz vs. Porcentaje acumulado que pasa). Se debe tener cuidado en que dicha curva se encuentre comprendida entre los límites granulométricos especificados para cada tipo de agregado establecido en la NTP 400.037: AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto [35] para tener la certeza de que el agregado en cuestión tiene una distribución granulométrica adecuada.

Tabla 24: Límites granulométricos del agregado fino

MALLA	% QUE PASA
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N° 8	80 – 100
N° 16	50 – 85
N° 30	25 – 60
N° 50	10 – 30
N° 100	2 - 10

Fuente: [35]

Tabla 25: Límites granulométricos del agregado grueso

HUSO	TMN	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS								
		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°50
5	1" a 1/2"	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
67	3/4" a N°4	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	1/2" a N°4	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
89	3/8" a N°16	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	N°4 a N°16	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: [35]

B) ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

En ensayo de contenido de humedad de los agregados se realizó bajo los lineamientos establecidos en la NTP 339.185: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado [36].

La cantidad de muestra empleada para el ensayo de humedad para el agregado fino fue de 0.5 Kg superando lo mínimo establecido por la norma (0.3 Kg); la cantidad de muestra empleada para el agregado grueso de la cantera El Pedregal – Reque fue de 8.283 Kg mientras

que la cantidad de muestra para la cantera Tres Tomas – Ferreñafe fue de 8.373 Kg, así pues, en ambas canteras se superó lo mínimo establecido por la norma que a continuación se presenta:

Tabla 26: Cantidad mínima de muestra para ensayo de humedad del agregado grueso

TMN mm (pulg)	Masa mínima de la muestra en kg
4,75 (0,187) (N°4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
5,0 (1)	4,0
37,5 (2.1/2)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2.1/2)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3.1/2)	16,0
100,0 (4)	25,0
150 (6)	50,0

Fuente: [36]

La sencillez de este estudio nos permitió conocer la humedad contenida en los poros y la humedad superficial natural de los agregados (este método no toma en cuenta la cantidad de agua que no se puede evaporar debido a que, en algunos minerales presentes en los agregados, el agua, se combina químicamente con estos).

Para determinar la humedad de los agregados de debe pesar el agregado (muestreado previo cuarteo) y se coloca en un horno precalentado ($110 \pm 05 \text{ }^\circ\text{C}$) por un lapso de 24 horas, tras este periodo se saca la muestra del horno y se vuelve a pesar la muestra.

La diferencia de pesos es el peso de agua evaporada el cual debe expresarse en porcentaje del peso de la muestra húmeda.



Figura 15: Muestra de agregado puesta en el horno precalentado

Fuente: Propia

C) PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

El procedimiento ejecutado para determinar el peso unitario suelto y compacto de los agregados siguió los lineamientos establecidos en la NTP 400.017: AGREGADOS. Método normalizado para determinar el peso unitario del agregado.

Para determinar el peso unitario suelto del agregado basta con llenar el molde siempre cuidando de no descargar a una altura mayor a 2" y finalmente se enrasa para luego pesar el agregado contenido en el molde; para determinar el peso unitario compactado se llena en capas apisonadas (3 capas para el agregado grueso y 2 para el agregado fino) con 25 golpes, se enrasa y se determina los pesos contenidos dentro del molde.



Figura 16: Instrumentos empleados para determinar el peso unitario del agregado



Figura 17: Peso del molde más el agregado grueso contenido



Figura 18: Llenado de las capas de agregado fino



Figura 19: Peso del molde más el agregado grueso contenido

Fuente: Propia

D) PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

El procedimiento realizado para determinar el peso específico y absorción del agregado fino siguió los lineamientos de la NTP 400.021: AGREGADOS. Peso específico y absorción del agregado grueso [37].

Se descartó el material que pasó el tamiz N° 4 y se lavó para eliminar posibles impurezas en el agregado, se deja secar la muestra en el horno para que a continuación se sumerja dicha muestra en un recipiente con agua para saturar el agregado por un periodo de 24 horas. Tras 24 horas se seca la superficie de los agregados para que de este modo obtengamos el peso de la muestra saturada superficialmente seca; acto seguido se sumergió en agua la muestra en una canastilla metálica eliminando el aire de la muestra y se pesó.



Figura 20: Saturación y secado superficial de la muestra de la cantera El Pedregal - Reque



Figura 21: Saturación y secado superficial de la muestra de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe



Figura 22: Muestra colocada en el horno y peso de la muestra en la canastilla

Fuente: Propia

El procedimiento realizado para determinar el peso específico y absorción del agregado fino siguió los lineamientos de la NTP 400.021: AGREGADOS. Peso específico y absorción del agregado grueso.

Se satura el agregado sumergiéndolo en agua por 24 horas, tras ello se decanta teniendo cuidado de no perder material fino y se deja secar la muestra hasta que la muestra se derrumbe tras colocarlo en el molde de aspecto cónico en tres capas con 25 golpes cada una pues esto nos indicará que la muestra se encuentra seca superficialmente.

De la muestra seca superficialmente se toma una muestra de 500 gramos para introducirla en el matraz y acto seguido se llena con agua hasta alcanzar un volumen de 500 cm³; el matraz debe ser sacudido con la finalidad de eliminar el aire de la muestra. Se coloca la muestra contenida en el matraz en otro recipiente para colocarla en el horno y tras 1 hora \pm 30 minutos y pesar las muestras.



Figura 23: Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino

Fuente: Propia

E) MATERIAL MÁS FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200

El procedimiento seguido para determinar el material más fino que pasa por el tamiz N° 200 se siguió los lineamientos establecidos en la NTP 400.018: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ m (N° 200) por lavado en agregados [38].

Se utilizó 500 gramos de muestra para llevar a cabo el ensayo superando así lo mínimo establecido por la norma, a continuación, se muestra la tabla con las cantidades mínimas:

Tabla 27: Cantidad de muestra mínima

Tamaño Máximo nominal del agregado	Cantidad mínima en gramos
4.75 mm (N°4) o más pequeña	300
9.5 mm (3/8")	1000
19mm (3/4")	2500
37.5 (1 1/2 ") o más grande	5000

Fuente: [38]

Tras secar la muestra en el horno, en un recipiente, sumergir el agregado en agua tratando eliminar las partículas de aire y al mismo tiempo tratar de acomodar las partículas del agregado de mayor a menor tamaño.

Se colocan los tamices N° 16 y N° 200 y se vierte agua sobre ellos intentando no perder material hasta obtener un agua incolora; luego de esto se coloca el agregado retenido en estos tamices y se lleva la muestra al horno; finalmente se procede a pesar la muestra y se calcula el porcentaje más fino que pasa por el tamiz N° 200 con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{P_1 - P_2}{P_2} 100$$

Fuente: [38]

Donde:

A: Porcentaje de material fino que pasa por el tamiz N°200 por lavado (%)

P1: Peso seco de la muestra original (gramos)

P2: Peso de la muestra luego de lavado el agregado (gramos)

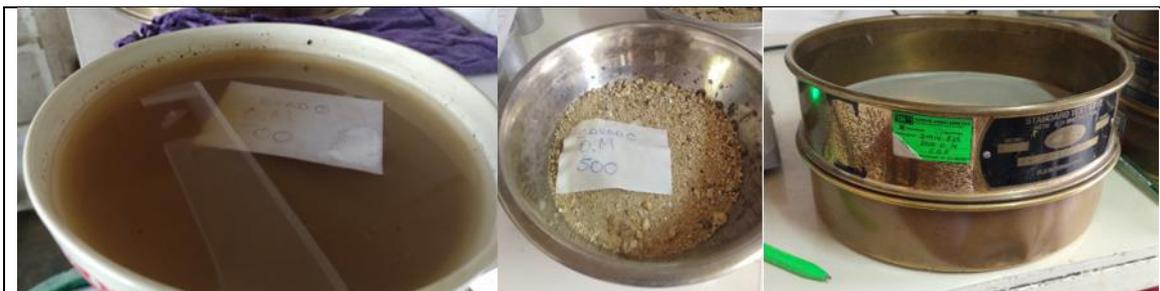
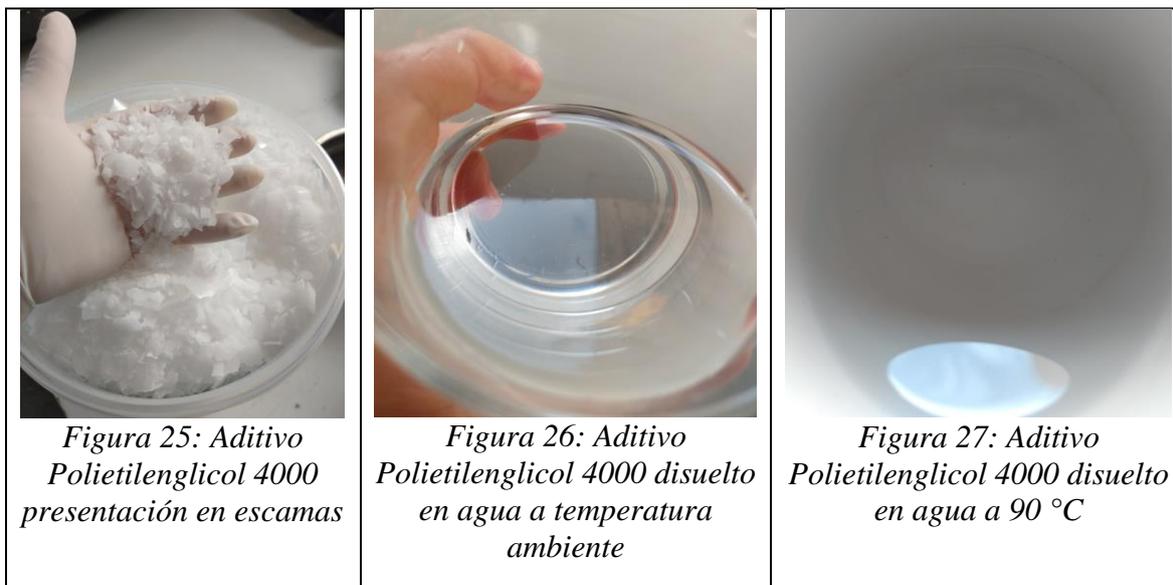


Figura 24: Ensayo para determinar el material más fino que pasa por el tamiz N° 200

Fuente: Propia

3.7.2. PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DEL ADITIVO

El aditivo empleado para la realización de este estudio fue Polietilenglicol 4000 cuya presentación fue en escamas. Se hicieron pruebas preliminares antes de aplicar el aditivo en la mezcla puesto que existen estudios en los que al aplicar polímeros como agente de autocurado se obtienen menor porcentaje de aire en la mezcla si se disuelve el aditivo en agua a 90 °C [39]; a continuación se muestran las comparaciones del aditivo disuelta en agua a temperatura ambiente frente al aditivo diluído en agua a 90 °C:



Fuente: Propia

Como se aprecia en las imágenes el aditivo disuelto en agua a temperatura ambiente dejaba partículas sólidas que podrían aumentar la cantidad de vacíos en la mezcla de concreto mientras que el aditivo disuelto en agua a 90 °C se puede apreciar una mezcla uniforme donde los componentes forman una sola fase, la viscosidad de la mezcla aumentó ligeramente en comparación al agua.



Fuente: Propia

El aditivo se disolvió en un volumen de agua perteneciente al agua de la mezcla de concreto; la cantidad del aditivo estaba en función al peso de cemento empleado para preparar la mezcla. Las dosificaciones disueltas en un volumen perteneciente al agua de la mezcla de concreto fueron 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento.

El concreto con aditivo fue preparado con 0.5 L menos, pues dentro de la cantidad restante se encontraba disuelto el aditivo el cual fue añadido después como se aprecia en las siguientes imágenes:



Fuente: Propia

Es importante mencionar que el aditivo se diluyó en agua a 90 °C pero se le añadió a la mezcla de concreto cuando la temperatura de la misma estaba alrededor de 20 °C.

3.7.3. PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

A) ENSAYO DE ASENTAMIENTO

El procedimiento realizado para el ensayo de asentamiento siguió los lineamientos establecidos en la NTP 339.035: HORMIGÓN. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams [40].

Esta normativa nos permite conocer el asentamiento del concreto fresco y al mismo tiempo, de forma indirecta, nos permite conocer la cohesión de la mezcla, así como el grado de trabajabilidad de la misma. Para llevar a cabo este ensayo se llena el cono normalizado (20 cm de diámetro en la parte inferior, 10 cm de diámetro en la parte superior y 30 cm de altura) en tres capas dando 25 golpes por cada capa de forma helicoidal que va desde los bordes hacia el centro del cono; la varilla compactadora tiene un diámetro de 5/8" y una longitud de 60 cm con una punta semiesférica.

Tras compactar las tres capas se procede levantar el cono cuidado de que la mezcla no presente un asentamiento de corte o de derrumbamiento, para medir el asentamiento de la mezcla se mide desde el centro de la mezcla asentada frente a la altura del molde.

Cabe resaltar que los moldes fueron pre humedecidos antes de realizar el ensayo y que el ensayo no duró más de 2:30 minutos contados a partir del llenado de la primera capa del cono.



Figura 32: Tesista realizando el ensayo de asentamiento del concreto

Fuente: Propia

B) ENSAYO DE EXUDACIÓN

El procedimiento realizado para el ensayo de exudación siguió los lineamientos establecidos en la NTP 339.077: CONCRETO. Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto [41].

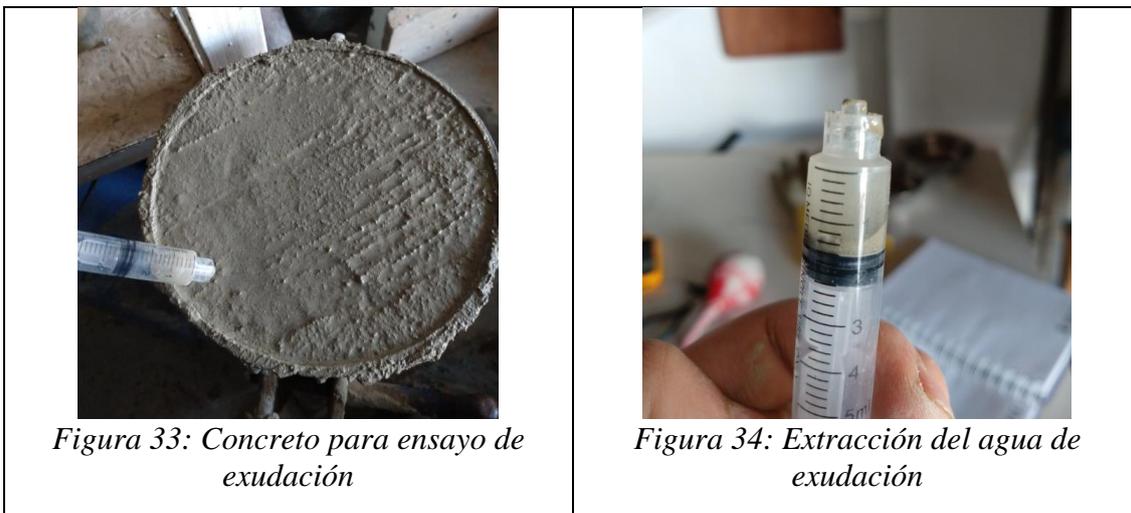


Figura 33: Concreto para ensayo de exudación

Figura 34: Extracción del agua de exudación

Fuente: Propia

El método empleado para la realización de este ensayo fue el método A ya que la muestra se consolidó por varillado. El ensayo se realiza teniendo en cuenta que la temperatura ambiente debe estar entre 18 – 24 °C, la muestra debe ser colocada en un lugar nivelado y libre de vibraciones que puedan perturbar a la mezcla y también se debe cubrir la mezcla para evitar eventuales evaporaciones.

Las extracciones de agua exudada deben realizarse cada 10 minutos durante los 40 primeros minutos, tras ello se debe extraer cada 30 minutos hasta que deje de exudar dicha muestra. Se permite emplear un taco de 5 cm de espesor para inclinar la muestra y así la extracción de agua exudada sea más fácil.

C) ENSAYO DE MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO U OCLUÍDO

El procedimiento realizado para el ensayo de contenido de aire del concreto siguió los lineamientos establecidos en la NTP 339.080 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión [42].



Figura 35: Muestra enrasada



Figura 36: Tesista utilizando la olla Washington

Fuente: Propia

Se compacta la muestra en tres capas compactando con 25 golpes por capa y se golpea el recipiente con un martillo de goma 15 veces por capa y se enrasa teniendo cuidado de limpiar adecuadamente los bordes para asegurar el hermetismo dentro de la olla, se coloca la tapa metálica sellando los laterales con los ganchos de la tapa y se abren las válvulas para introducir agua con una pipeta hasta que se obtenga un desborde de agua incolora. Alcanzado el punto anterior se cierra las válvulas y se bombea hasta llegar a la posición inicial y para conocer el porcentaje de aire dentro de la mezcla se tira del pestillo rápidamente; para una lectura más certera se da unos pequeños golpes al manómetro y se lee directamente.

D) CONTROL DE TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO

El procedimiento realizado para el ensayo de control de temperatura del concreto siguió los lineamientos establecidos en la NTP 339.184: HORMIGÓN. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón [43].



Figura 37: Control de temperatura del concreto

Fuente: Propia

La temperatura del concreto debe tomarse dentro de los primeros 5 minutos de preparada la mezcla y el termómetro debe sumergirse 3” en la mezcla y se deja introducido por un lapso de 2 minutos con la finalidad de que tomemos una medida estable de la temperatura.

E) PESO UNITARIO DEL CONCRETO

El procedimiento realizado para el ensayo de peso unitario del concreto siguió los lineamientos establecidos en la NTP 339.046: HORMIGÓN: Método de ensayo para determinar la densidad (Peso unitario), rendimiento y contenido de aire (Método gravimétrico) del hormigón [44].

Se hizo uso del molde de la Olla Washington para colocar el concreto preparado en tres capas compactadas 25 veces, conociendo el peso de la muestra dentro del molde se divide entre el volumen del recipiente para obtener el peso unitario del concreto.



Figura 38: Peso del molde



Figura 39: Peso de la muestra más el molde

Fuente: Propia

3.7.4. PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

A) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

El procedimiento realizado para el ensayo de compresión siguió los lineamientos establecidos en la NTP 339.034: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas [45].

Las probetas empleadas para la realización de este ensayo se elaboraron siguiendo los lineamientos establecidos en la NTP 339.033: Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo [46] pues se elaboraron en tres capas de concreto con 25 compactaciones con la varilla y 15 golpes con el mazo de goma por capa.

Es importante señalar que las probetas de concreto patrón se curaron sumergidas en agua mientras que las probetas con adiciones de Polietilenglicol 4000 se dejaron en una zona expuesta a la intemperie y sin sombra como se ve en las siguientes figuras:



Figura 40: Moldeado de probetas



Figura 41: Probetas para el ensayo de resistencia a la compresión



Figura 42: Desencofrado de probetas

Fuente: Propia



Figura 43: Curado de probetas para concreto patrón sumergidas en agua



Figura 44: Probetas para concreto con aditivo expuestas a la intemperie en una zona sin sombra



Figura 45: Procedimiento realizado para la rotura de probetas

Fuente: Propia

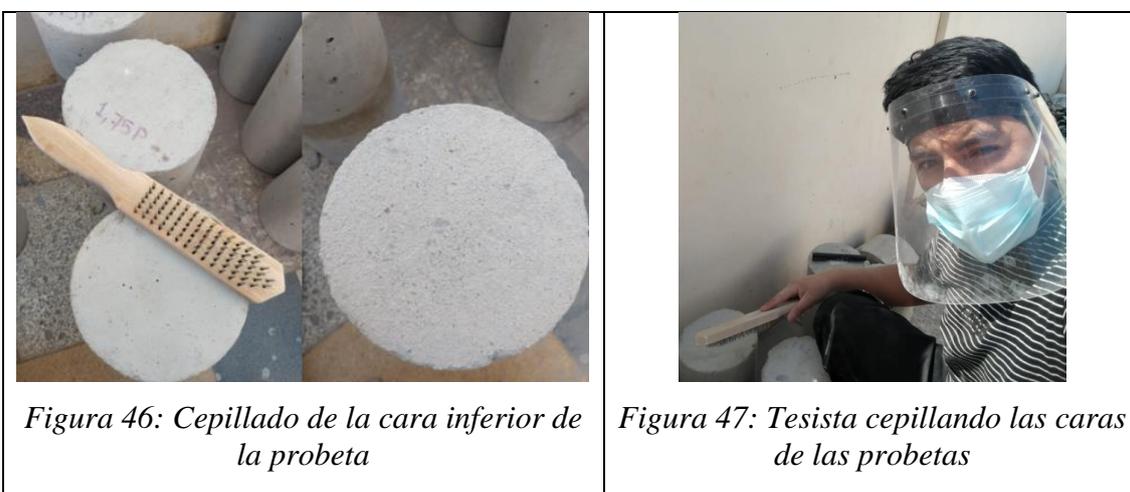
Las roturas de las probetas cilíndricas de acuerdo a lo establecido con anterioridad se realizaron a los 7, 14, 28 y 56 días de edad. Las probetas fueron sometidas a una carga axial a una velocidad de carga de 25Mpa/s hasta que la probeta falle.

Se tuvo cuidado con la pérdida de humedad de las probetas patrón durante el trayecto hasta llegar al laboratorio.

B) ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO

El procedimiento realizado para el ensayo de permeabilidad del concreto siguió los lineamientos establecidos en la UNE 12390-8: Profundidad de penetración de agua bajo presión [47].

Antes de colocar la probeta en el equipo de ensayo, se intentó cepillar la cara del fondo no obstante este trabajo era lento considerando la gran cantidad de muestras que se tenían, es por ello que se optó por pulir las caras del fondo de las probetas obteniendo una superficie adecuada a ser sometida a presión.



Fuente: Propia

A continuación, se muestran algunas figuras del proceso de pulido de las caras a ser ensayadas:



Fuente: Propia

Teniendo las probetas listas a ser ensayadas se preparó el equipo llenando los tanques de agua y liberando las burbujas de aire dentro de las tuberías de conducción:



Figura 49: Llenado de los tanques de agua

Figura 50: Eliminación de burbujas de aire en las tuberías de conducción

Figura 51: Posición inicial del agua para el ensayo

Fuente: Propia

Una vez se tuvo listo el equipo se colocaron las probetas sobre los anillos de goma y se apretaron con el tornillo superior para evitar posibles filtraciones; luego se aplicó una presión de 500kPa aplicadas desde la cara inferior de la probeta por 72 horas:

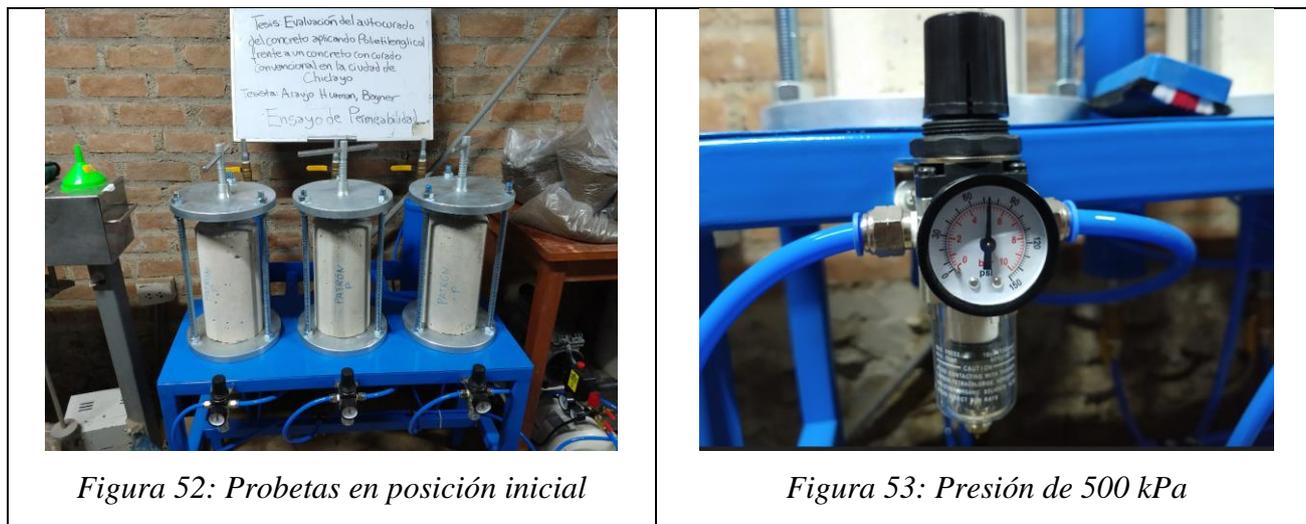


Figura 52: Probetas en posición inicial

Figura 53: Presión de 500 kPa

Fuente: Propia

Pasado el tiempo establecido por la normativa se seca la cara ensayada y se lleva a la probeta a la prensa para aplicarle el ensayo brasileño para partir la probeta en dos mitades, se mide la profundidad máxima penetrada y se promedian. Cabe resaltar que este ensayo al ser muy sensible a la compactación del concreto llegamos a notar unas coqueas dentro de la cara mojada, el criterio empleado frente a este caso fue ignorar la profundidad de la coquera y medir la profundidad máxima penetrada siguiente.



Figura 54: Ensayo brasileño

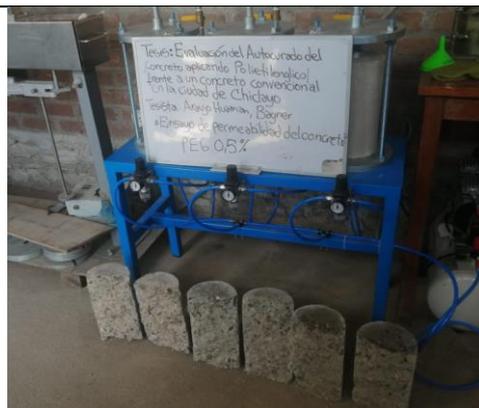


Figura 55: Probetas fracturadas

Fuente: Propia

Durante la realización de este ensayo solo se presenció una coquera dentro de una de las tres probetas de ensayo para la dosificación PEG 0,5%



Figura 56: Presencia de coquera



Figura 57: Medida de la profundidad máxima penetrada ignorando la coquera

Fuente: Propia

Solo el concreto patrón se ensayó por 72 horas mientras que las otras dosificaciones al presentar encharcamiento en la base, se decidió parar el ensayo y realizar el ensayo brasileño y medir la profundidad penetrada puesto que si dejáramos a la probeta en esas condiciones el agua encharcada subiría por capilaridad dándonos valores erróneos del ensayo.

A continuación, se muestran algunas figuras donde se aprecia un encharcamiento en la base de la probeta:



Figura 58: Encharcamiento en probeta PEG 1%



Figura 59: Encharcamiento en probeta PEG 0.5%

Fuente: Propia

C) ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO

El procedimiento realizado para el ensayo de fraguado siguió los lineamientos establecidos en la NTP 339.082: HORMIGÓN. Método de ensayo para la determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración [48]

Se preparó el concreto y a este se le tamizó por la malla N°4 quedándonos solo con el mortero para realizar el ensayo (altura mínima de la muestra 10 cm).



Figura 60: Tamizado de la mezcla de concreto



Figura 61: Muestras para ensayo

Fuente: Propia

Las agujas tenían una superficie de contacto de 1", ½", ¼", 1/10", 1/20" y 1/40" y el penetrómetro tenía una capacidad de hasta 135 lb.



Figura 62: Penetrómetro



Figura 63: Agujas normalizadas

Fuente: Propia

El ensayo se realizó para determinar el tiempo de fraguado inicial y final de la mezcla puesto que esto ocurre cuando el concreto alcanza una resistencia a la penetración de 500 PSI y 4000 PSI respectivamente.



Figura 64: Realización del ensayo de tiempo de fraguado

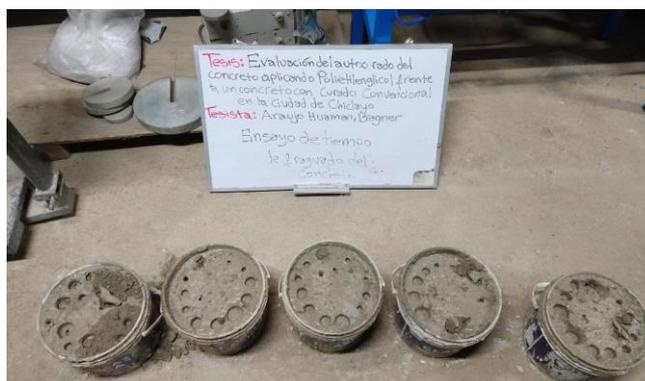


Figura 65: Muestras ensayadas

Fuente: Propia

D) ENSAYO DE FISURACIÓN DEL CONCRETO

El procedimiento realizado para el ensayo de fisuración del concreto siguió los lineamientos establecidos en la ASTM C 1579: Método estandarizado para evaluar la fisuración por retracción plástica del concreto reforzado con fibra restringida [49].

A pesar de que la normativa empleada para este ensayo fue creada para concretos reforzados con fibra, en uno de los capítulos de la norma (capítulo 4.2) nos dice que también

puede ser empleado para comparar el comportamiento de concretos que contienen diversas cantidades de aditivo.

Se elaboró un molde que cumpla con las dimensiones establecidas por la normativa con muescas triangulares que propician la fisuración en esa zona.

Es importante señalar que a pesar de que la norma establece que los moldes deben ser sometidos a una temperatura, velocidad de viento y humedad relativa específica, investigadores [50] al someter los moldes dentro de este microclima, no lograron evidenciar fisuraciones en el concreto y tras ese motivo se dispusieron a colocar moldes bajo condiciones ambientales donde tras 24 horas donde sí lograron apreciar fisuraciones; es por ello que el presente trabajo de investigación expuso los moldes a las condiciones ambientales de la ciudad de Chiclayo.



Figura 66: Molde con dimensiones normalizadas



Figura 67: Llenado del molde para fisuración



Figura 68: Desencofrado de probetas



Figura 69: Tarjeta para medir ancho de fisuras, Anemómetro - termómetro, e higrómetro

Fuente: Propia

E) ENSAYO DE FLEXIÓN DEL CONCRETO

El procedimiento realizado para el ensayo de compresión siguió los lineamientos establecidos en la NTP 339.078: HORMIGÓN. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo [51].

Las probetas empleadas para la realización de este ensayo se elaboraron siguiendo los lineamientos establecidos en la NTP 339.033: Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo [52] pues los moldes se llenaron en dos capas donde cada capa se compactaba cada 14cm^2 .



Figura 70: Tesista preparando los las probetas a ensayar

Fuente: Propia

Solo se curaron sumergidas en agua las vigas de la dosificación de concreto patrón.



Figura 71: Preparación de moldes para ensayo de flexión



Figura 72: Preparación de moldes para ensayo de flexión

Fuente: Propia

Se tomaron las medidas de la viga y se procede a colocarla en la prensa, se debe examinar el lugar donde se producen las fallas puesto que de esto dependerá el cálculo del módulo de rotura.

Durante la realización de este ensayo se encontró que todas las muestras fallaron dentro del tercio central por lo cual el módulo de ruptura se calculó con la siguiente expresión:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

M_r : Módulo de rotura (MPa)

P : Carga máxima de rotura (N)

L : Luz libre entre apoyos (mm)

b : Ancho promedio de la viga en la sección de falla (mm)

h : Altura promedio de la viga en la sección de falla (mm)



Figura 73: Registro de medidas



Figura 74: Tesista y prensa hidráulica en el fondo



Figura 75: Ensayo de flexión

Fuente: Propia

3.8. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El plan de procesamiento y análisis de datos para la demostración de hipótesis comprendió de siete fases y se detallan a continuación:

FASE I: Investigación Preliminar

Durante esta fase se realizará la recopilación de bibliografía especializada relacionada al tema de investigación, así como también se realizará la revisión de las normativas nacionales e internacionales vigentes.

FASE II: Obtención y ensayos de los agregados naturales

Durante la segunda fase del proyecto se realizará la extracción de los agregados de acuerdo a las normas nacionales vigentes, así mismo se ensayarán las muestras extraídas (humedad, absorción, peso específico, etc) siguiendo los lineamientos establecidos por las normativas vigentes; finalmente se procesarán los datos obtenidos durante esta fase para poder realizar el diseño de mezclas durante la fase III.

FASE III: Diseño de mezclas

Durante esta fase se realizará el diseño de mezclas para el concreto patrón y para las mezclas que contengan polietilenglicol en dosificaciones 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento; el diseño de mezclas se realizará a través del método establecido por el comité 211 del ACI cuya resistencia a la compresión del concreto será de $f'c=210\text{kgf/cm}^2$.

FASE IV: Elaboración del concreto

La cuarta fase del plan comprende la elaboración del concreto para realizar pruebas preliminares y hacer ajustes al diseño de mezclas de ser necesario. Tras los ensayos preliminares y los ajustes (si requiere) se procede a la elaboración del concreto con el cual se realizarán los ensayos establecidos en el ítem 3.3.

FASE V: Ensayos al concreto fresco y endurecido (concreto patrón y concreto con dosificaciones de polietilenglicol)

Durante esta fase se realizará la ejecución de los ensayos establecidos en el ítem 3.3 para el concreto en estado fresco y para el estado endurecido tanto para el concreto patrón como para el concreto que contenga Polietilenglicol en sus distintas dosificaciones:

Ensayos al concreto fresco (concreto patrón y concreto con dosificaciones de Polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento):

- Ensayo de asentamiento (Slump).
- Ensayo para determinar el tiempo de fraguado inicial.
- Ensayo para determinar el contenido de aire.
- Ensayos de exudación.

Ensayos al concreto endurecido (concreto patrón y concreto con dosificaciones de Polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento):

- Ensayo de resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días.
- Ensayo de resistencia a la compresión del concreto a la edad de 14 días.
- Ensayo de resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días.
- Ensayo de resistencia a la compresión del concreto a la edad de 56 días.
- Ensayo de resistencia a la flexión del concreto a la edad de 28 días.
- Ensayo de permeabilidad.
- Ensayo de fisuración.

FASE VI: Elaboración del análisis económico

En esta etapa se realizará la elaboración del presupuesto y análisis económico comparando al concreto con curado convencional frente al autocurado del concreto aplicando polietilenglicol en sus distintas dosificaciones.

FASE VII: Elaboración final de informe

Durante la fase final se procesarán los resultados y se elaborará el informe final en el cual incluirá las conclusiones obtenidas tras este estudio, también se incluirán recomendaciones que el autor considere importantes.

3.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 28: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA											
TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO											
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES, INSTRUMENTOS E ÍNDICES	METODOLOGÍA				
¿Qué otras metodologías viables y económicas se pueden aplicar en la ciudad de Chiclayo para evitar los problemas relacionados a un inadecuado curado del concreto?	Objetivo general: Realizar una evaluación técnica y económica del autocurado del concreto aplicando polietilenglicol frente a un concreto con curado convencional en la ciudad de Chiclayo.	La elaboración de concreto añadiendo en el agua de mezcla el agente de autocurado polietilenglicol en distintas dosificaciones (0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento) es una metodología cuya aplicación en la ciudad de Chiclayo resulta viable y económica que nos permitirá obtener un concreto con mejores propiedades con respecto a un concreto con curado convencional.	INDEPENDIENTE	Polietilenglicol	Propiedad física	Peso: Recipientes, balanza (peso)	Tipo de investigación: Experimental - Aplicada				
	Objetivos específicos: Determinar las propiedades físicas de los agregados naturales para elaborar los diseños de mezcla de concreto; elaborar los diseños de mezclas pertinentes; determinar los tiempos de fraguado iniciales para la mezcla patrón y para las mezclas elaboradas con dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento; determinar la resistencia a compresión de probetas cilíndricas elaboradas con un concreto $f'c=210$ kg/cm2 elaborado con dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento para las edades de 7, 14, 28 y 56 días; determinar la resistencia a la flexión de probetas prismáticas elaboradas con un concreto $f'c=210$ kg/cm2 elaborado con dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento para la edad 28 días; determinar el grado de permeabilidad del concreto a la edad de 28 días para el concreto de la mezcla patrón y para el concreto de las mezclas elaboradas con dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento; realizar una evaluación económica al emplear polietilenglicol dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento frente a un concreto convencional.		DEPENDIENTE	Diseño de mezclas	Cantidad de materiales	Ensayos al concreto: estado fresco	Cemento: Balanza (kg)	Diseño de la investigación: Posprueba únicamente y grupo de control R G_1 → X_1 → O_1 R G_2 → X_2 → O_2 R G_3 → X_3 → O_3 R G_4 → X_4 → O_4 R G_5 → - → O_5			
							Agregado fino: Balanza (kg)				
							Agregado grueso: Balanza (kg)				
							Agua: Probeta (ml)				
				Comportamiento del concreto	Ensayos al concreto: estado endurecido	Asentamiento (Slump): Según NTP 339.035 (pulgadas)					
						Exudación: Según NTP 339.077 (%)					
						Ensayo de contenido de aire: Según NTP 339.080 (%)					
						Tiempo de fraguado: Según NTP 339.082 (hr)					
						Resistencia a la compresión: Según NTP 339.034 (Kgf/cm ²)					
						Resistencia a la flexión: Según NTP 339.078 (Kgf/cm ²)					
				Costo de producción del concreto	Costo por m ³	Análisis de costo unitario: Formatos en hojas de cálculo Excel (Soles)	MODERADORAS	Materiales	Características	Permeabilidad: Según UNE-EN 12390-8 (mm)	X1: Dosificación de Polietilenglicol al 0.5% del peso del cemento.
										Fisuración: Adaptación de la norma ASTM C 1579 (mm)	X2: Dosificación de Polietilenglicol al 1.0 % del peso del cemento.
										Granulometría de los agregados: Según NTP 400.012 (%)	X3: Dosificación de Polietilenglicol al 1.5% del peso del cemento.
											Peso unitario suelto y compacto de los agregados: Según NTP 400.017 (kg/m ³)
Contenido de humedad de los agregados: Según NTP 339.185 (%)	Peso específico y capacidad de absorción de los agregados: Según NTP 400.021 (%) y NTP 400.022 (%)	Módulo de fineza del agregado fino: Según NTP 400.018	Población y muestra: coincidentes	Muestreo: en total 5 ensayos de asentamiento, 5 de tiempo de fraguado, 5 de contenido de aire, 40 de resistencia a la compresión, 10 de resistencia a la flexión y 5 para fisuración.							
					Tipo de cemento: Según NTP 334.082 y NTP 334.090 (Tipo)						

Fuente: Elaboración Propia

3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS

La presente investigación se desarrolló alineada de acuerdo a aspectos como HONESTIDAD y ÉTICA pues la información empleada a partir de las distintas fuentes ha sido citada adecuadamente respetando la propiedad intelectual, los datos obtenidos en el laboratorio, así como su procesamiento son reales y no han sido falsificados, finalmente los procedimientos de cada una de las etapas han respetado las normativas pertinentes de acuerdo a la normativa vigente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL AGREGADO FINO

Los resultados obtenidos tras los ensayos realizados al agregado fino se muestran a continuación:

4.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Cantera: La Victoria – Pátapo

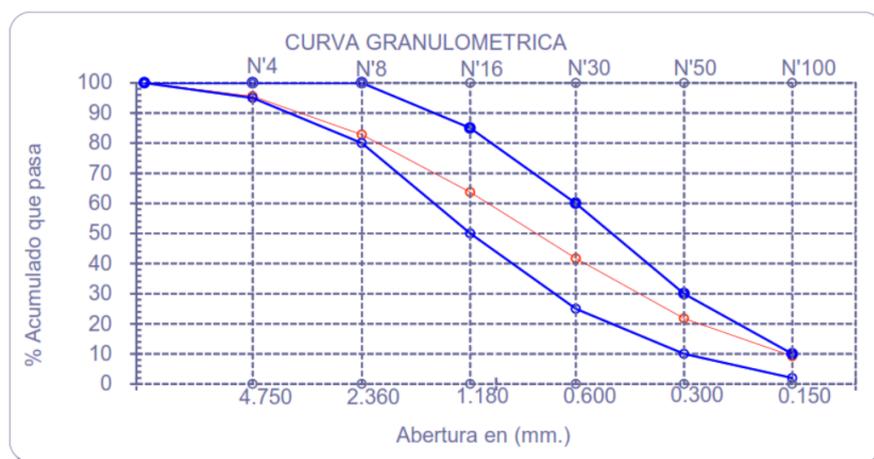
Tabla 29: Resultado del análisis granulométrico para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo

Malla		(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)					
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	4.5	4.5	95.5	95	100
Nº 08	2.360	12.7	17.2	82.8	80	100
Nº 16	1.180	19.1	36.3	63.7	50	85
Nº 30	0.600	22.0	58.3	41.7	25	60
Nº 50	0.300	19.9	78.2	21.8	10	30
Nº 100	0.150	12.5	90.7	9.3	2	10
Fondo		9.3	100.0	0.0		
Módulo de Fineza			2.851			
Abertura de malla de referencia			9.500			

Fuente: Reporte de laboratorio

De los resultados obtenidos tras el análisis granulométrico del agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo, encontramos que ningún par consecutivo de tamices tiene retenido más del 45% cumpliendo así lo establecido en la NTP 400.037.

Gráfico 11: Resultado del análisis granulométrico para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo



Fuente: Reporte de laboratorio

La curva granulométrica del agregado fino se encuentra dentro de los límites granulométricos establecidos en la NTP 400.037.

4.1.2. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Cantera: La Victoria – Pátapo

Tabla 30: Resultado del ensayo de contenido de humedad para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo

Número de determinación		1
Código de tara		T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g.	500.0
Peso muestra seca + peso de tara	g.	498.1
Peso de agua	g.	1.9
Peso de tara	g.	0.0
Peso neto muestra seca	g.	498.1
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.38

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras los ensayos pertinentes se encontró que el contenido de humedad del agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo fue de 0.38%

4.1.3. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

Cantera: La Victoria - Pátapo

Tabla 31: Resultado del ensayo de peso unitario suelto para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo

PESO UNITARIO SUELTO

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g.	9606.0
Peso de molde de ensayo vacío	g.	6327
Peso neto muestra contenida	g.	3279.0
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.002114
Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1551
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1546

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras los ensayos pertinentes se encontró que el peso unitario suelto húmedo del agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo fue de 1551 Kg/m³, mientras que el peso unitario suelto seco fue de 1546 Kg/m³.

Tabla 32: Resultado del ensayo de peso unitario compactado para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo

PESO UNITARIO COMPACTADO

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g.	9987
Peso de molde de ensayo vacío	g.	6327
Peso neto muestra contenida	g.	3660
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00211
Peso unitario compactado húmedo	kg/m ³	1731
Peso unitario compactado seco	kg/m ³	1726

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras los ensayos pertinentes se encontró que el peso unitario compactado húmedo del agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo fue de 1731 Kg/m³, mientras que el peso unitario compactado seco fue de 1726 Kg/m³.

4.1.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

Cantera: La Victoria – Pátapo

Tabla 33: Resultado del ensayo de peso específico y absorción para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo

A.- Datos de la arena		
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	985.7
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	g	681.7
4.- Peso del Agua.	g	304.0
5.- Peso del Frasco	g	181.7
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	g	677.9
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	496.2
8.- Volumen del frasco.	cm ³	500.0
B.- Resultados		
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	g/cm ³	2.532
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm ³	2.551
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm ³	2.582
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	0.77

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras los ensayos pertinentes se encontró que el específico de la masa del agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo fue de 2.551 g/cm³, mientras que el porcentaje de absorción fue de 0.77%

4.1.5. MATERIAL MÁS FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200

Cantera: La Victoria - Pátapo

Tabla 34: Resultado del ensayo para determinar el material más fino que pasa por el tamiz N° 200 para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo

Número de determinación		1
Código de tara		T-1
Peso inicial muestra seca + peso de tara	g	500.0
Peso final muestra seca + peso de tara	g	485.7
Peso de finos < tamiz N°200	g	14.3
Peso de tara	g	0.0
Peso de muestra retenida en tamiz N°200	g	485.7
Material más fino que pasa por el tamiz N°200	%	2.86

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras los ensayos pertinentes se encontró que el material más fino que pasa por el tamiz N° 200 de la cantera La Victoria – Pátapo fue de 2.86.

4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL AGREGADO GRUESO

Los resultados obtenidos tras los ensayos realizados al agregado grueso de las canteras El Pedregal y Tres Tomas, se muestran a continuación:

4.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Cantera: El Pedregal – Reque

Huso 57

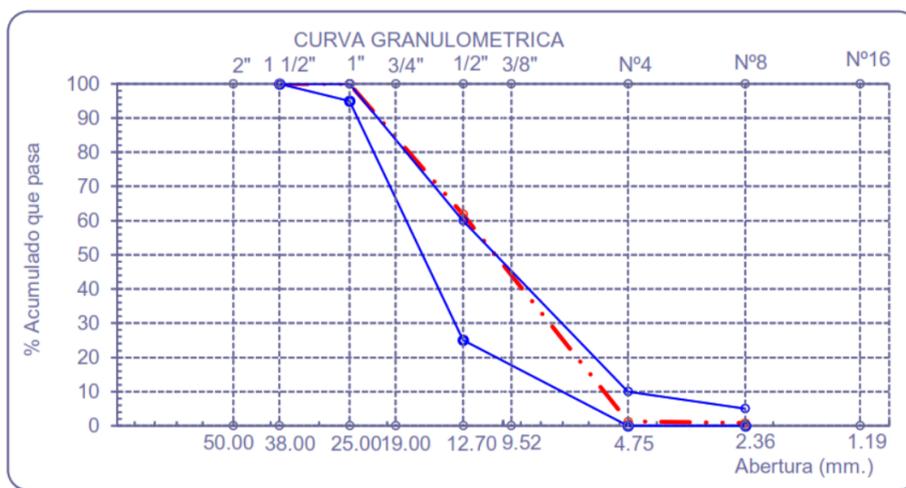
Tabla 35: Resultado del análisis granulométrico para el agregado grueso de la cantera El Pedregal - Reque

Malla		(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa
Pulg.	(mm.)			
2"	50.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	1.7	1.7	98.3
1/2"	12.70	36.5	38.2	61.8
3/8"	9.52	24.5	62.6	37.4
Nº 04	4.75	36.1	98.7	1.3
Nº 08	2.36	0.5	99.2	0.8
Nº 16	1.19	0.2	99.4	0.6
Fondo		0.6	99.8	0.2
Tamaño Maximo		1"	25.00	
Tamaño Maximo Nominal		3/4"	19.00	

Fuente: Reporte de laboratorio

De los resultados obtenidos tras el análisis granulométrico del agregado fino de la cantera El Pedregal – Reque, encontramos que la curva granulométrica del agregado sale ligeramente de los límites.

Gráfico 12: Resultado del análisis granulométrico para el agregado grueso de la cantera El Pedregal - Reque



Fuente: Reporte de laboratorio

Cantera: Tres Tomas - Ferreñafe

Huso 57

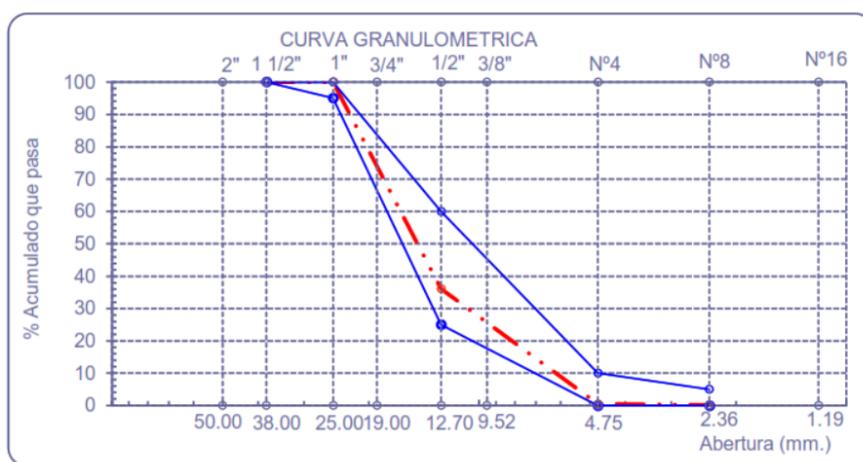
Tabla 36: Resultado del análisis granulométrico para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe

Malla		(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)
Pulg.	(mm.)			
2"	50.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	10.5	10.5	89.5
1/2"	12.70	53.4	63.9	36.1
3/8"	9.52	17.9	81.8	18.2
Nº 04	4.75	17.7	99.5	0.5
Nº 08	2.36	0.3	99.8	0.2
Nº 16	1.19	0.0	99.9	0.1
Fondo		0.1	100.0	0.0
Tamaño Maximo		1"	25.00	
Tamaño Maximo Nominal		3/4"	19.00	

Fuente: Reporte de laboratorio

De los resultados obtenidos tras el análisis granulométrico del agregado fino de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe, encontramos que la curva granulométrica del agregado se encuentra dentro de los límites, es por esta razón que se eligió emplear este agregado para diseñar la mezcla.

Gráfico 13: Resultado del análisis granulométrico para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe



Fuente: Reporte de laboratorio

4.2.2. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Cantera: El Pedregal – Reque

Tabla 37: Resultado del ensayo de contenido de humedad para el agregado grueso de la cantera El Pedregal - Reque

Número de determinación		1
Código de tara		T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g	8283.2
Peso muestra seca + peso de tara	g	8248
Peso de agua	g	35.2
Peso de tara	g	0.0
Peso neto muestra seca	g	8248
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.43

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras los ensayos pertinentes se encontró que el contenido de humedad del agregado grueso de la cantera El Pedregal – Reque fue de 0.43%

Cantera: Tres Tomas – Ferreñafe

Tabla 38: Resultado del ensayo de contenido de humedad para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe

Número de determinación		1
Código de tara		T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g	8373.2
Peso muestra seca + peso de tara	g	8335
Peso de agua	g	38.2
Peso de tara	g	0.0
Peso neto muestra seca	g	8335
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.46

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras los ensayos pertinentes se encontró que el contenido de humedad del agregado grueso de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe fue de 0.46%

4.2.3. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

Cantera: El Pedregal – Reque

Tabla 39: Resultado del ensayo de peso unitario suelto para el agregado grueso de la cantera El Pedregal -Reque

PESO UNITARIO SUELTO		
Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g.	16469.0
Peso de molde de ensayo vacío	g.	9084
Peso neto muestra contenida	g.	7385.0
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00544
Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1357
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1337

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras los ensayos pertinentes se encontró que el peso unitario suelto húmedo del agregado fino de la cantera El Pedregal – Reque fue de 1357 Kg/m³, mientras que el peso unitario suelto seco fue de 1337 Kg/m³.

Tabla 40: Resultado del ensayo de peso unitario compactado para el agregado grueso de la cantera El Pedregal -Reque

PESO UNITARIO COMPACTADO		
Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g.	17594.5
Peso de molde de ensayo vacío	g.	9084
Peso neto muestra contenida	g.	8510.5
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00544
Peso unitario compactado húmedo	kg/m ³	1563
Peso unitario compactado seco	kg/m ³	1541

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras los ensayos pertinentes se encontró que el peso unitario compactado húmedo del agregado fino de la cantera El Pedregal – Reque fue de 1563 Kg/m³, mientras que el peso unitario compactado seco fue de 1541 Kg/m³.

Cantera: Tres Tomas - Ferreñafe

Tabla 41: Resultado del ensayo de peso unitario suelto para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe

PESO UNITARIO SUELTO

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g	16653.5
Peso de molde de ensayo vacío	g	9084
Peso neto muestra contenida	g	7569.5
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00544
Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1390
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1370

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras los ensayos pertinentes se encontró que el peso unitario suelto húmedo del agregado fino de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe fue de 1390 Kg/m³, mientras que el peso unitario suelto seco fue de 1370 Kg/m³.

Tabla 42: Resultado del ensayo de peso unitario compactado para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe

PESO UNITARIO COMPACTADO

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g	17644.5
Peso de molde de ensayo vacío	g	9084
Peso neto muestra contenida	g	8560.5
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00544
Peso unitario compactado húmedo	kg/m ³	1573
Peso unitario compactado seco	kg/m ³	1550

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras los ensayos pertinentes se encontró que el peso unitario compactado húmedo del agregado fino de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe fue de 1357 Kg/m³, mientras que el peso unitario compactado seco fue de 1550 Kg/m³.

4.2.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

Cantera: El Pedregal – Reque

Tabla 43: Resultado del ensayo de peso específico y absorción para el agregado grueso de la cantera El Pedregal - Reque

A.- Datos de la Grava		
1.- Peso de la muestra seca al horno	g	1632
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1653
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	1780
4.- Peso de la canastilla	g	780
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	g	1000
B.- Resultados		
A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA.	g/cm ³	2.499
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm ³	2.531
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm ³	2.582
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	1.29

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras los ensayos pertinentes se encontró que el específico de la masa del agregado fino de la cantera El Pedregal – Reque fue de 2.531 g/cm³, mientras que el porcentaje de absorción fue de 1.29%

Cantera: Tres Tomas - Ferreñafe

Tabla 44: Resultado del ensayo de peso específico y absorción para el agregado grueso de la cantera El Pedregal - Reque

A.- Datos de la Grava		
1.- Peso de la muestra seca al horno	g	1535
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1551
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	1718
4.- Peso de la canastilla	g	774
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	g	944
B.- Resultados		
A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA.	g/cm ³	2.529
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm ³	2.555
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm ³	2.597
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	1.04

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras los ensayos pertinentes se encontró que el específico de la masa del agregado fino de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe fue de 2.555 g/cm³, mientras que el porcentaje de absorción fue de 1.04%

4.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

4.3.1. ENSAYO DE ASENTAMIENTO

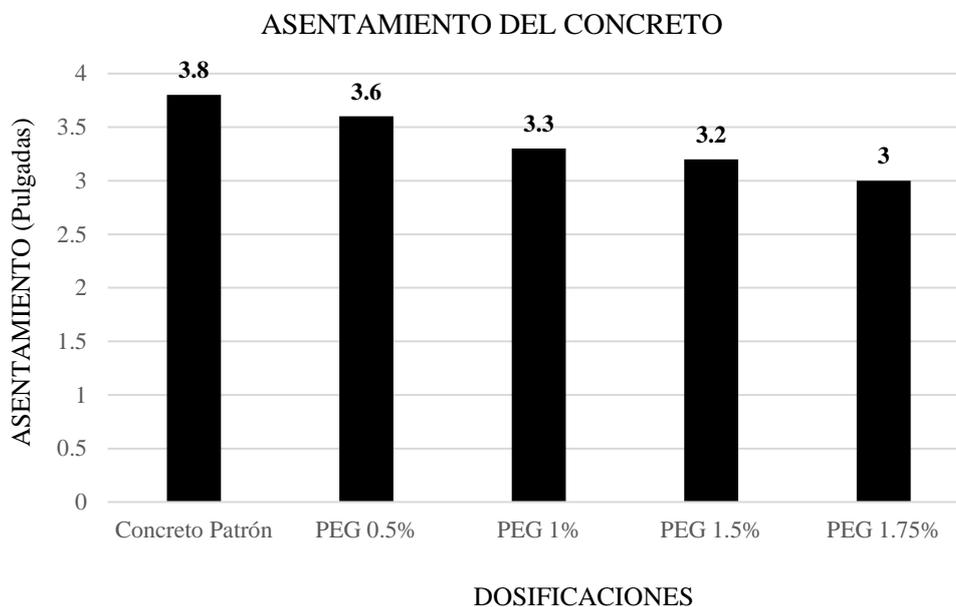
Tabla 45: Resultados del ensayo de asentamiento para las distintas dosificaciones en estudio

DOSIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (")
Concreto Patrón	3.8
PEG 0.5%	3.6
PEG 1%	3.3
PEG 1.5%	3.2
PEG 1.75%	3

Fuente: Elaboración Propia

Tras realizar los ensayos de asentamiento del concreto con distintas dosificaciones se encontró una relación entre la cantidad de aditivo y la reducción de slump, pues, a mayor porcentaje de polietilenglicol 4000 añadido a la mezcla, el asentamiento.

Gráfico 14: Resultados del ensayo de asentamiento para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

La dosificación con mayor porcentaje de aditivo (1.75%) obtuvo un asentamiento de 3" siendo 0.8" menor que el concreto patrón obteniendo una reducción del 21%.

4.3.2. ENSAYO DE EXUDACIÓN

Área expuesta de concreto: 176.71 cm²

Agua neta de la mezcla contenida dentro de la muestra de ensayo: 1195 ml

CONCRETO PATRÓN:

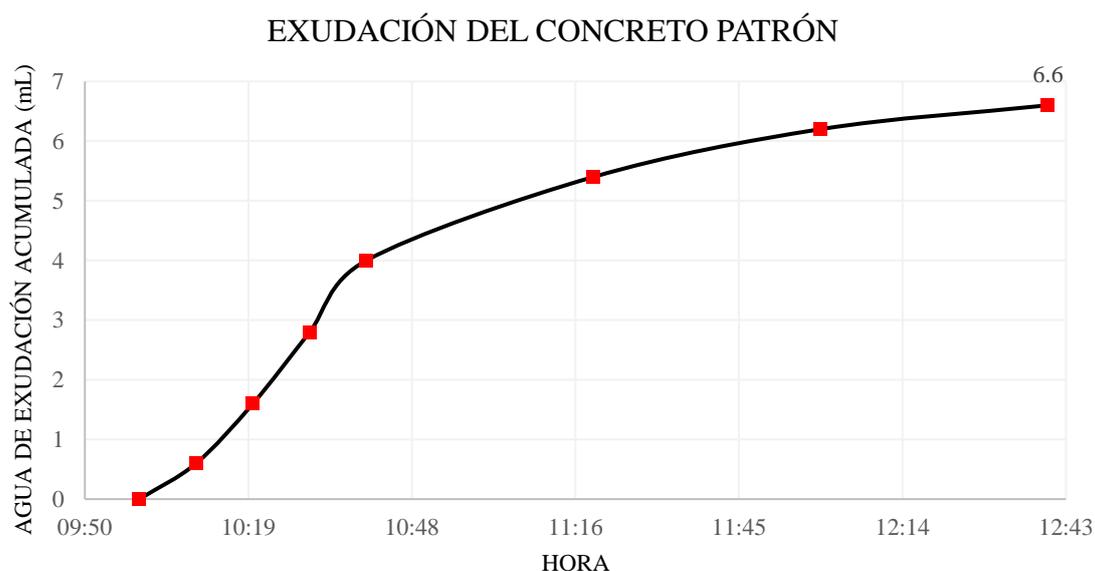
Tabla 46: Resultados del ensayo de exudación para el concreto patrón

HORA	VOLUMEN EXUDADO (mL)	AGUA DE EXUDACIÓN ACUMULADA (mL)	POCENTAJE DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	POCENTAJE ACUMULADO DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE (mL/cm ²)
10:00	INICIO DEL ENSAYO	0	0.00%	0.00%	-
10:10	0.6	0.6	0.05%	0.05%	0.003
10:20	1	1.6	0.08%	0.13%	0.006
10:30	1.2	2.8	0.10%	0.23%	0.007
10:40	1.2	4	0.10%	0.33%	0.007
11:20	1.4	5.4	0.12%	0.45%	0.008
12:00	0.8	6.2	0.07%	0.52%	0.005
12:40	0.4	6.6	0.03%	0.55%	0.002

Fuente: Elaboración Propia

Tras el ensayo de exudación del concreto patrón se determinó que el tiempo transcurrido para el cese de la exudación fue de 02:40 horas y que el agua de exudación acumulada fue de 6.6 ml.

Gráfico 15: Resultados del ensayo de exudación para el concreto patrón



Fuente: Elaboración Propia

CONCRETO + PEG 0.5%:

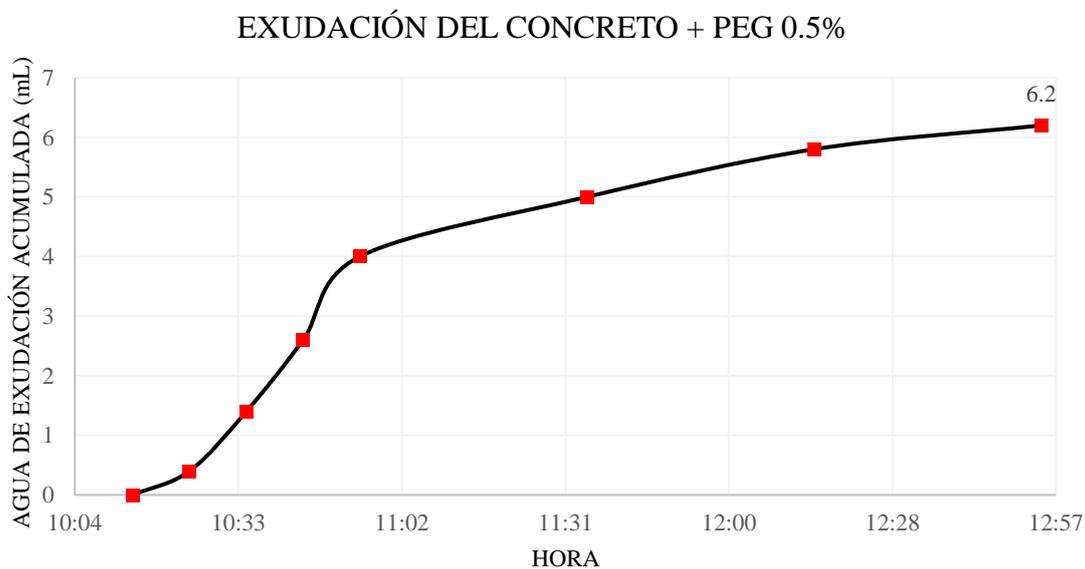
Tabla 47: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 0.5%

HORA	VOLUMEN EXUDADO (mL)	AGUA DE EXUDACIÓN ACUMULADA (mL)	POCENTAJE DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	POCENTAJE ACUMULADO DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE (mL/cm ²)
10:15	INICIO DEL ENSAYO	0	0.00%	0.00%	-
10:25	0.4	0.4	0.03%	0.03%	0.002
10:35	1	1.4	0.08%	0.12%	0.006
10:45	1.2	2.6	0.10%	0.22%	0.007
10:55	1.4	4	0.12%	0.33%	0.008
11:35	1	5	0.08%	0.42%	0.006
12:15	0.8	5.8	0.07%	0.49%	0.005
12:55	0.4	6.2	0.03%	0.52%	0.002

Fuente: Elaboración Propia

Tras el ensayo de exudación del concreto + PEG 0.5% se determinó que el tiempo transcurrido para el cese de la exudación fue de 02:40 horas y que el agua de exudación acumulada fue de 6.2 ml.

Gráfico 16: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 0.5%



Fuente: Elaboración Propia

CONCRETO + PEG 1%:

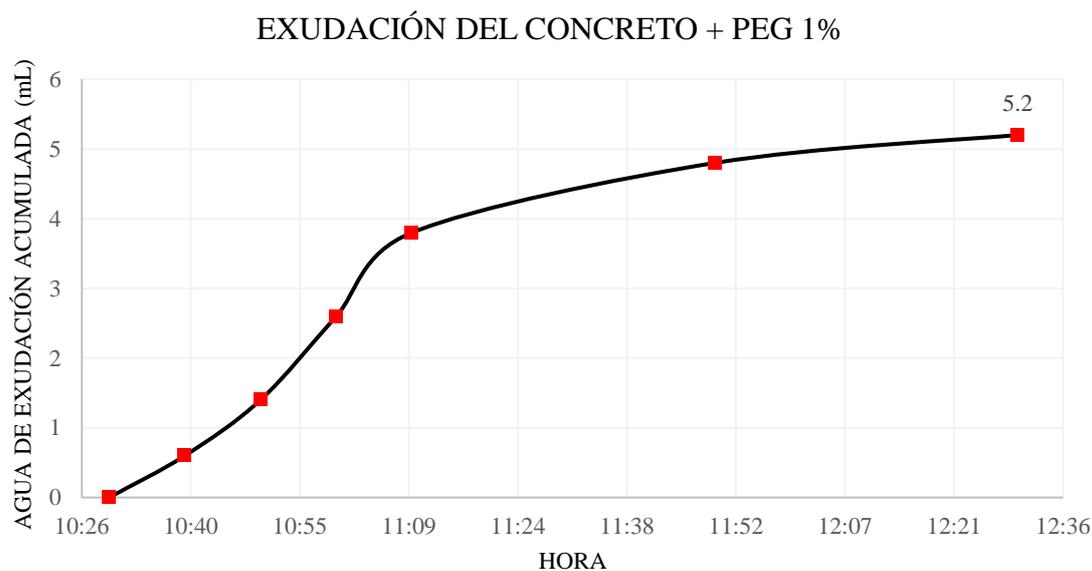
Tabla 48: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 1%

HORA	VOLUMEN EXUDADO (mL)	AGUA DE EXUDACIÓN ACUMULADA (mL)	POCENTAJE DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	POCENTAJE ACUMULADO DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE (mL/cm ²)
10:30	INICIO DEL ENSAYO	0	0.00%	0.00%	-
10:40	0.6	0.6	0.05%	0.05%	0.003
10:50	0.8	1.4	0.07%	0.12%	0.005
11:00	1.2	2.6	0.10%	0.22%	0.007
11:10	1.2	3.8	0.10%	0.32%	0.007
11:50	1	4.8	0.08%	0.40%	0.006
12:30	0.4	5.2	0.03%	0.44%	0.002

Fuente: Elaboración Propia

Tras el ensayo de exudación del concreto + PEG 1% se determinó que el tiempo transcurrido para el cese de la exudación fue de 02:00 horas y que el agua de exudación acumulada fue de 5.2 ml.

Gráfico 17: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 1%



Fuente: Elaboración Propia

CONCRETO + PEG 1.5%

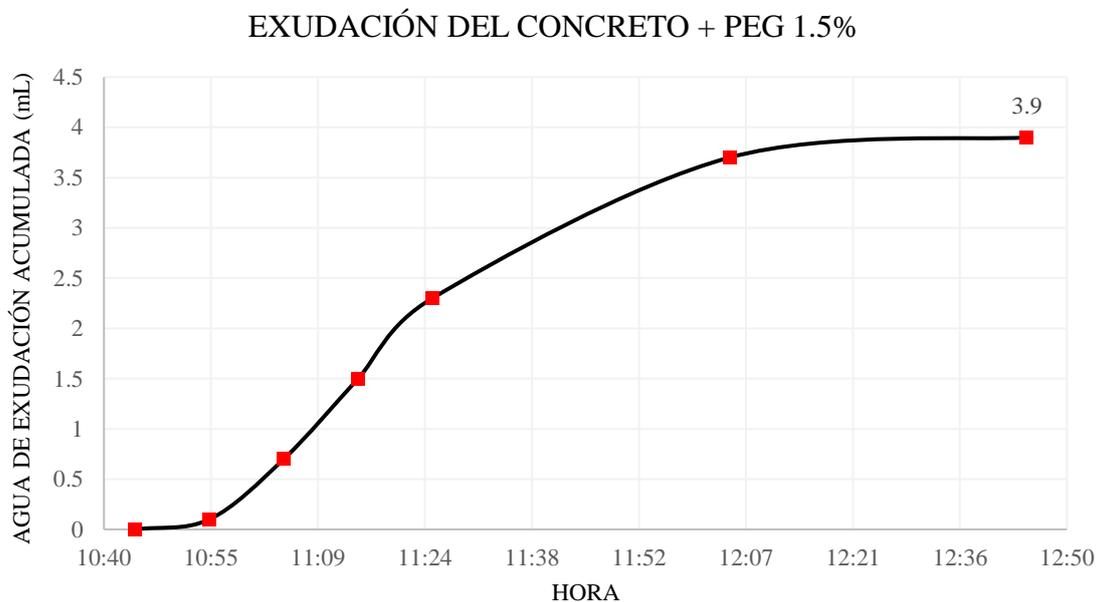
Tabla 49: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 1.5%

HORA	VOLUMEN EXUDADO (mL)	AGUA DE EXUDACIÓN ACUMULADA (mL)	POCENTAJE DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	POCENTAJE ACUMULADO DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE (mL/cm ²)
10:45	INICIO DEL ENSAYO	0	0.00%	0.00%	-
10:55	0.1	0.1	0.01%	0.01%	0.001
11:05	0.6	0.7	0.05%	0.06%	0.003
11:15	0.8	1.5	0.07%	0.13%	0.005
11:25	0.8	2.3	0.07%	0.19%	0.005
12:05	1.4	3.7	0.12%	0.31%	0.008
12:45	0.2	3.9	0.02%	0.33%	0.001

Fuente: Elaboración Propia

Tras el ensayo de exudación del concreto + PEG 1.5% se determinó que el tiempo transcurrido para el cese de la exudación fue de 02:00 horas y que el agua de exudación acumulada fue de 3.9 ml.

Gráfico 18: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 1.5%



Fuente: Elaboración Propia

CONCRETO + PEG 1.75%:

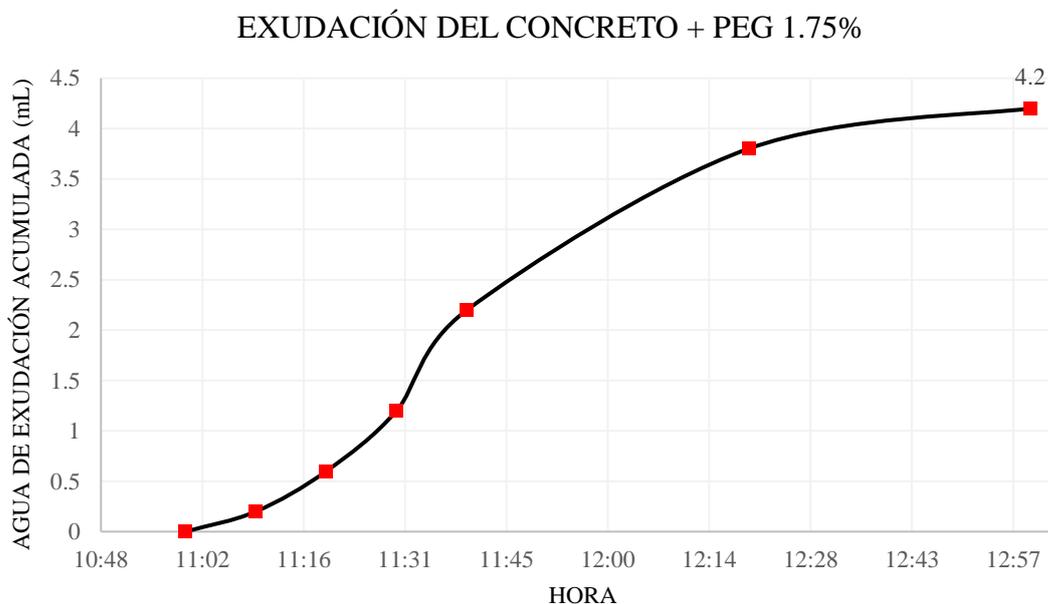
Tabla 50: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 1.75%

HORA	VOLUMEN EXUDADO (mL)	AGUA DE EXUDACIÓN ACUMULADA (mL)	POCENTAJE DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	POCENTAJE ACUMULADO DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE (mL/cm ²)
11:00	INICIO DEL ENSAYO	0	0.00%	0.00%	-
11:10	0.2	0.2	0.02%	0.02%	0.001
11:20	0.4	0.6	0.03%	0.05%	0.002
11:30	0.6	1.2	0.05%	0.10%	0.003
11:40	1	2.2	0.08%	0.18%	0.006
12:20	1.6	3.8	0.13%	0.32%	0.009
13:00	0.4	4.2	0.03%	0.35%	0.002

Fuente: Elaboración Propia

Tras el ensayo de exudación del concreto + PEG 1.75% se determinó que el tiempo transcurrido para el cese de la exudación fue de 02:00 horas y que el agua de exudación acumulada fue de 4.2 ml.

Gráfico 19: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + PEG 1.75%



Fuente: Elaboración Propia

Resumen del ensayo de exudación del concreto

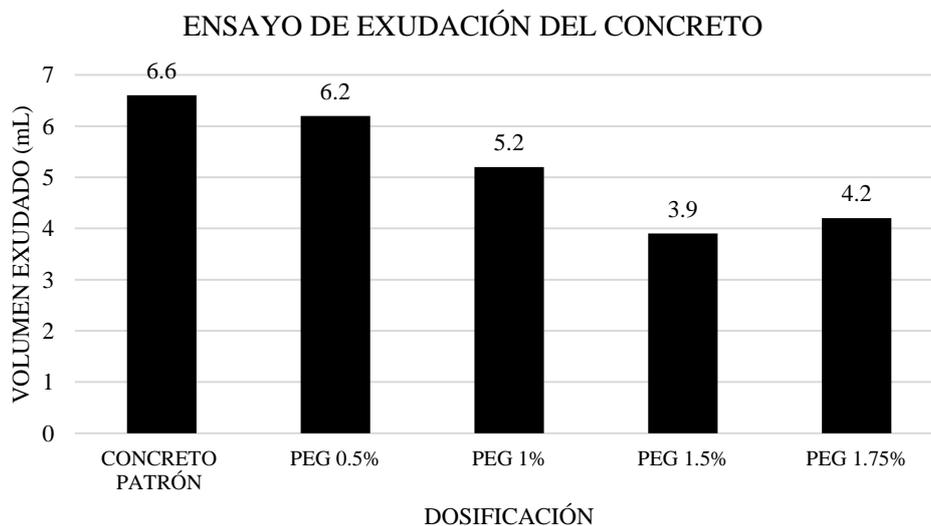
Tabla 51: Resumen de los resultados del tiempo de exudación para las distintas dosificaciones en estudio

IDENTIFICACIÓN	VOLUMEN EXUDADO (mL)	POCENTAJE ACUMULADO DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)
CONCRETO PATRÓN	6.6	0.55%
PEG 0.5%	6.2	0.52%
PEG 1%	5.2	0.44%
PEG 1.5%	3.9	0.33%
PEG 1.75%	4.2	0.35%

Fuente: Elaboración Propia

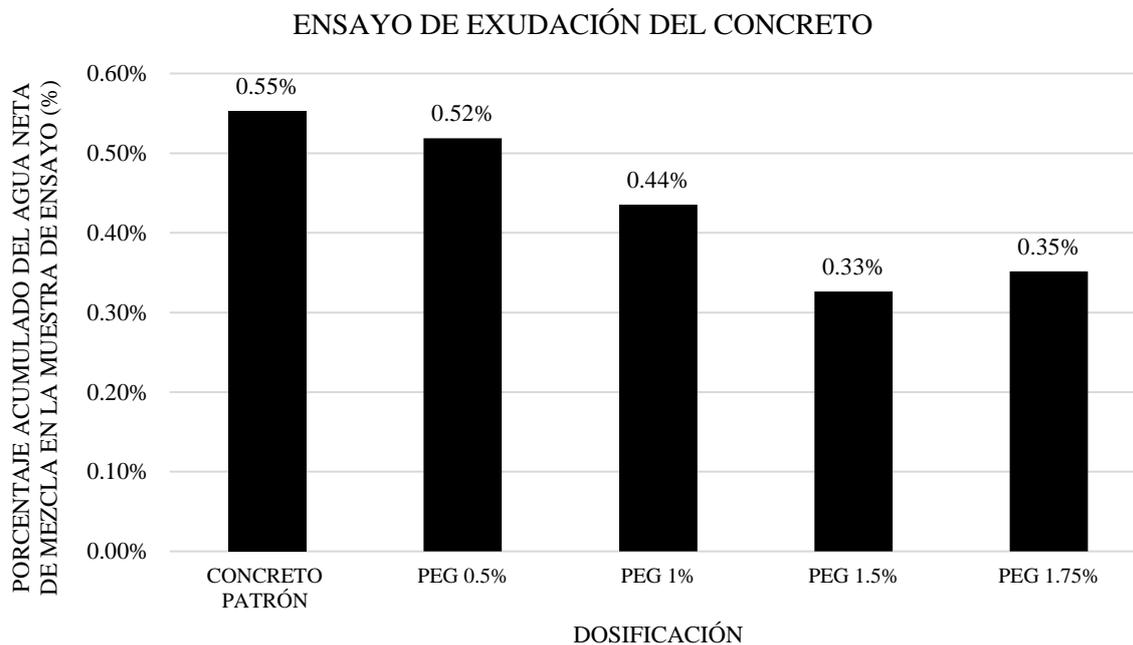
Tras el ensayo de exudación realizado a las distintas mezclas se puede apreciar una reducción del volumen exudado cuando se incrementa la cantidad de aditivo, sin embargo, se ve que la reducción se produjo hasta la dosificación PEG 1.5% ya que para la siguiente dosificación (PEG 1.75%) no siguió la tendencia a la baja del volumen exudado.

Gráfico 20: Resumen del volumen exudado para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 21: Resumen del porcentaje acumulado del agua neta de mezcla en la muestra de ensayo para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

El porcentaje acumulado del agua neta de mezcla en la muestra de ensayo para las distintas dosificaciones en estudio no fue elevado debido a razones como la finura del cemento empleado en este estudio y a las propiedades hidrófilas del aditivo Polietilenglicol 4000.

4.3.3. ENSAYO DE MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO U OCLUÍDO

Agregado grueso de la cantera Tres Tomas, Mesones Muro, Ferreñafe:

Tamaño máximo nominal: 3/4

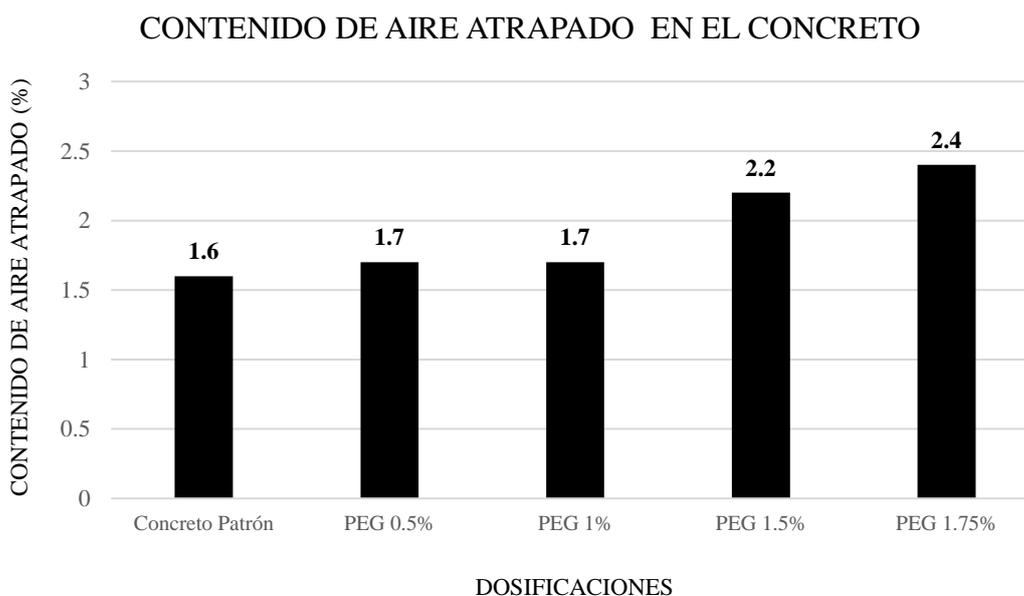
Tabla 52: Resultados del ensayo de contenido de aire para las distintas dosificaciones en estudio

DOSIFICACIÓN	CONTENIDO DE AIRE (%)
Concreto Patrón	1.6
PEG 0.5%	1.7
PEG 1%	1.7
PEG 1.5%	2.2
PEG 1.75%	2.4

Fuente: Elaboración Propia

Tras los ensayos de contenido de aire para las distintas dosificaciones se puede apreciar un incremento del aire atrapado al aumentar el porcentaje de aditivo en la mezcla, ya que la mezcla con la dosificación PEG 1.75% obtuvo un 2.4% de contenido de aire frente al 1.6% del concreto patrón lo que es un 15% más y frente al contenido de aire teórico (2%) un 0.4% más.

Gráfico 22: Resultados del ensayo de contenido de aire para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

4.3.4. CONTROL DE TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO

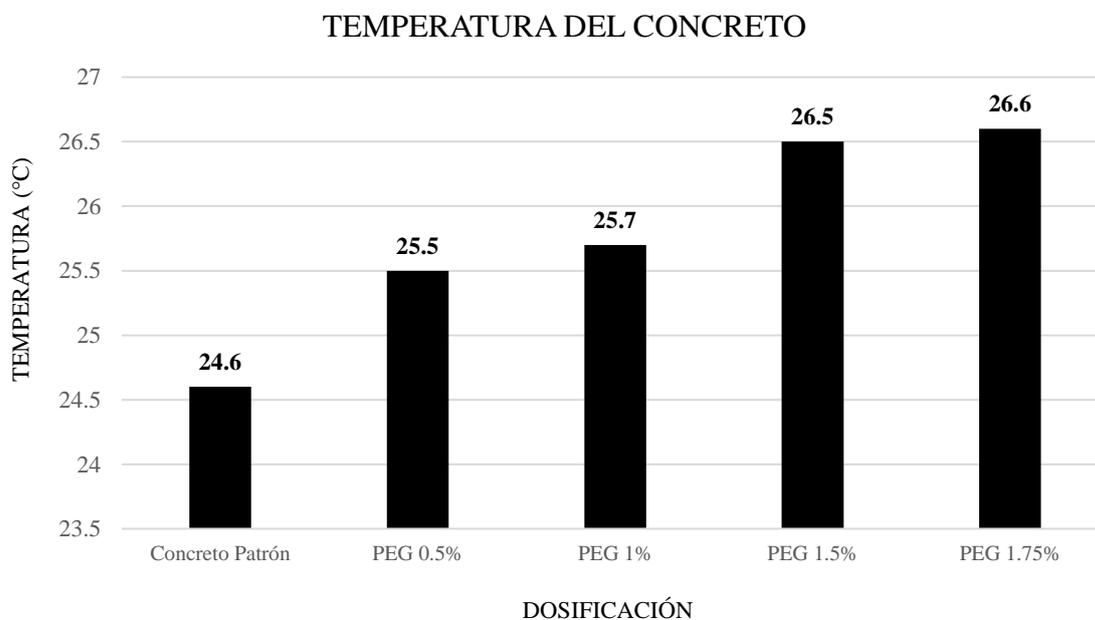
Tabla 53: Resultado del control de temperatura del concreto fresco para las distintas dosificaciones en estudio

DOSIFICACIÓN	TEMPERATURA (°C)
Concreto Patrón	24.6
PEG 0.5%	25.5
PEG 1%	25.7
PEG 1.5%	26.5
PEG 1.75%	26.6

Fuente: Elaboración Propia

Tras realizar el control de temperatura del concreto se evidenció un aumento de la temperatura del concreto al incrementar la cantidad de aditivo en la mezcla, esto se debe a la reacción exotérmica de la hidratación de las moléculas de oxígeno presente en el PEG 4000, a pesar del aumento de temperatura al añadir mayores porcentajes de aditivo las temperaturas no incrementan significativamente debido al tipo de cemento que se empleó pues este fue de un bajo calor de hidratación.

Gráfico 23: Resultado del control de temperatura del concreto fresco para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

4.3.5. PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Peso del molde: 3.452 Kg

Volumen del molde: 0.00705 m³

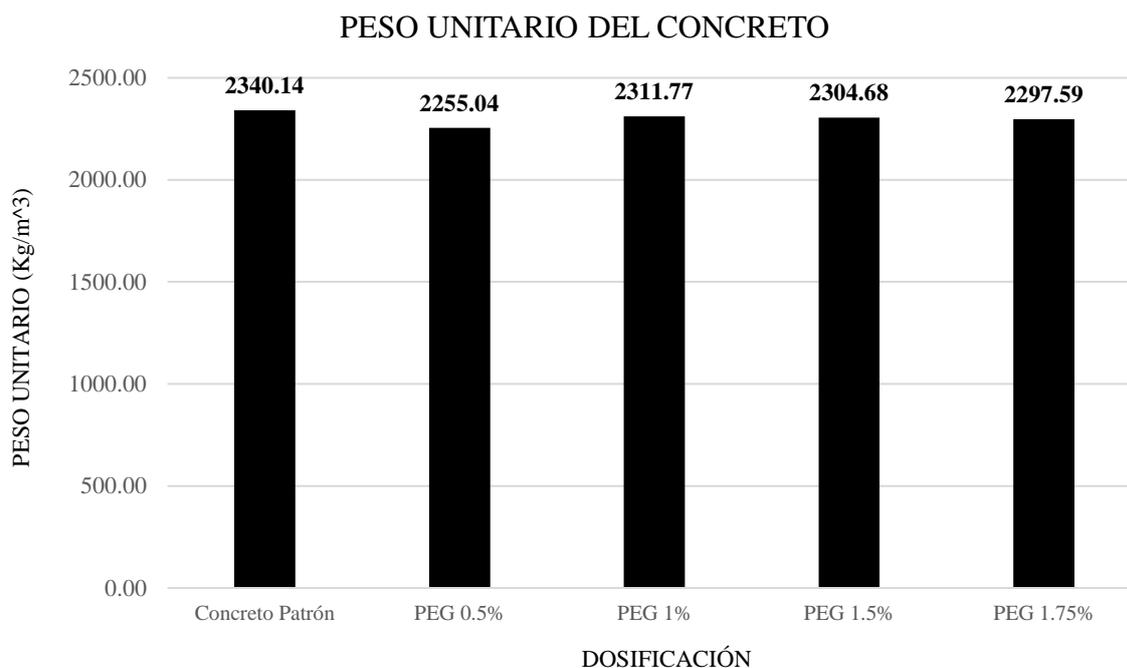
Tabla 54: Resultado del ensayo de peso unitario del concreto para las distintas dosificaciones en estudio

DOSIFICACIÓN	PESO DEL CONCRETO + PESO DEL MOLDE (Kg)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO (Kg/m ³)
Concreto Patrón	19.95	2340.14
PEG 0.5%	19.35	2255.04
PEG 1%	19.75	2311.77
PEG 1.5%	19.7	2304.68
PEG 1.75%	19.65	2297.59

Fuente: Elaboración Propia

Tras el ensayo de peso unitario del concreto se obtuvo que la dosificación con aditivo con mayor peso unitario fue la de PEG 1% con 2311.77 Kg/m³; de todas las dosificaciones el concreto patrón obtuvo un mayor peso unitario con 2340.14 Kg/m³ y de todas las dosificaciones la de PEG 0.5% obtuvo el menor peso unitario con 232255.04 Kg/m³.

Gráfico 24: Resultado del ensayo de peso unitario del concreto para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

4.4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

4.4.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Tabla 55: Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	DIÁMETRO (cm)	CARGA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (Kg/cm ²)
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	17/04/2014	7	15.1	25540	143	154
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	17/04/2014	7	15.1	29640	166	
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	24/04/2021	14	15.1	33240	186	185
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	24/04/2021	14	15.1	32970	184	
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	8/05/2021	28	15.1	38450	215	215
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	8/05/2021	28	15.1	38500	215	
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	5/06/2021	56	15.2	38802	213	216
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	5/06/2021	56	15.4	40883	218	
PEG 0.5%	23/04/2021	30/04/2021	7	15.1	21570	120	128
PEG 0.5%	23/04/2021	30/04/2021	7	15.1	24100	135	
PEG 0.5%	23/04/2021	30/04/2021	14	15.1	22400	125	128
PEG 0.5%	23/04/2021	30/04/2021	14	15.1	23300	130	
PEG 0.5%	19/04/2021	17/05/2028	28	15.2	22994	126	134
PEG 0.5%	19/04/2021	17/05/2028	28	15.0	25283	143	
PEG 0.5%	15/04/2121	10/06/2121	56	15.3	30230	164	159
PEG 0.5%	15/04/2121	10/06/2121	56	15.1	27729	154	
PEG 1%	23/04/2021	30/04/2021	7	15.1	22780	127	125
PEG 1%	23/04/2021	30/04/2021	7	15.1	22140	124	
PEG 1%	23/04/2021	30/04/2021	14	15.1	22470	125	129
PEG 1%	23/04/2021	30/04/2021	14	15.1	23640	132	
PEG 1%	19/04/2021	17/05/2028	28	15.4	31971	172	171
PEG 1%	19/04/2021	17/05/2028	28	15.6	32442	170	
PEG 1%	15/04/2121	10/06/2121	56	15.3	31087	170	174
PEG 1%	15/04/2121	10/06/2121	56	15.1	32092	179	
PEG 1.5%	23/04/2021	30/04/2021	7	15.1	23890	133	133
PEG 1.5%	23/04/2021	30/04/2021	7	15.1	23690	132	
PEG 1.5%	23/04/2021	30/04/2021	14	15.1	26100	146	142
PEG 1.5%	23/04/2021	30/04/2021	14	15.1	24580	137	
PEG 1.5%	19/04/2021	17/05/2028	28	15.2	31647	175	170
PEG 1.5%	19/04/2021	17/05/2028	28	15.2	30114	165	
PEG 1.5%	15/04/2121	10/06/2121	56	15.2	32501	179	179
PEG 1.5%	15/04/2121	10/06/2121	56	15.3	32624	178	
PEG 1.75%	13/04/2021	20/04/2021	7	15.1	22960	128	125
PEG 1.75%	13/04/2021	20/04/2021	7	15.1	21730	121	
PEG 1.75%	13/04/2021	27/04/2021	14	15.1	27620	154	144
PEG 1.75%	13/04/2021	27/04/2021	14	15.1	24090	135	
PEG 1.75%	13/04/2021	11/05/2021	28	15.1	24853	139	145
PEG 1.75%	13/04/2021	11/05/2021	28	15.1	26947	150	
PEG 1.75%	13/04/2121	8/06/2121	56	15.1	29110	162	154
PEG 1.75%	13/04/2121	8/06/2121	56	15.6	27689	145	

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión a los 7 días:

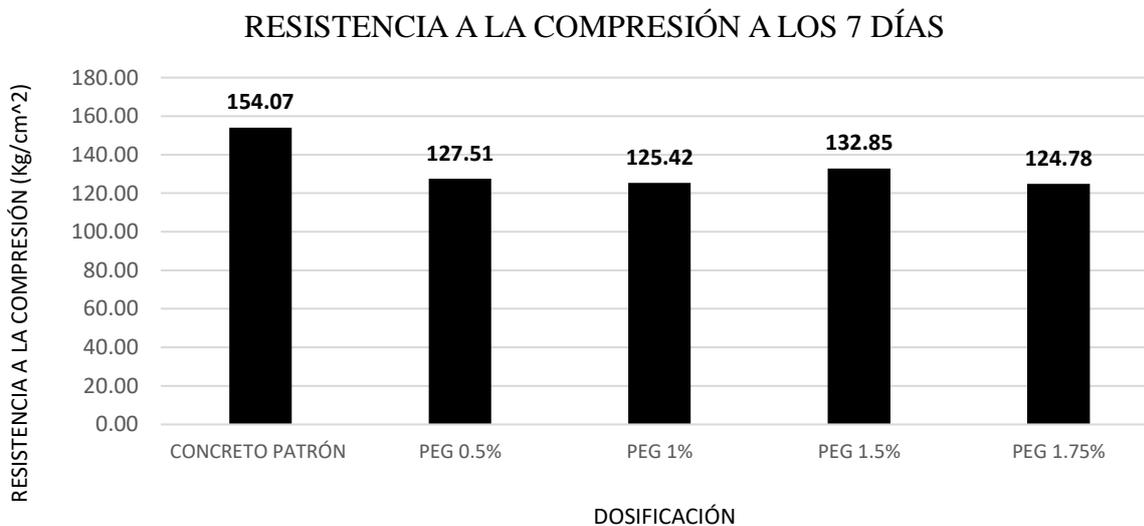
Tabla 56: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días para las distintas dosificaciones en estudio

DOSIFICACIÓN	f'c (Kg/cm²)	PORCENTAJE DEL f'c DE DISEÑO (%)
CONCRETO PATRÓN	154.07	73.4
PEG 0.5%	127.51	60.7
PEG 1%	125.42	59.7
PEG 1.5%	132.85	63.3
PEG 1.75%	124.78	59.4

Fuente: Elaboración Propia

A los 7 días el concreto patrón obtuvo una resistencia a la compresión de 154.07 kgf/cm² siendo la dosificación con la mayor resistencia seguida de la dosificación PEG 1.5% pues esta obtuvo una resistencia a la compresión de 132.85 kgf/cm².

Gráfico 25: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión a los 14 días:

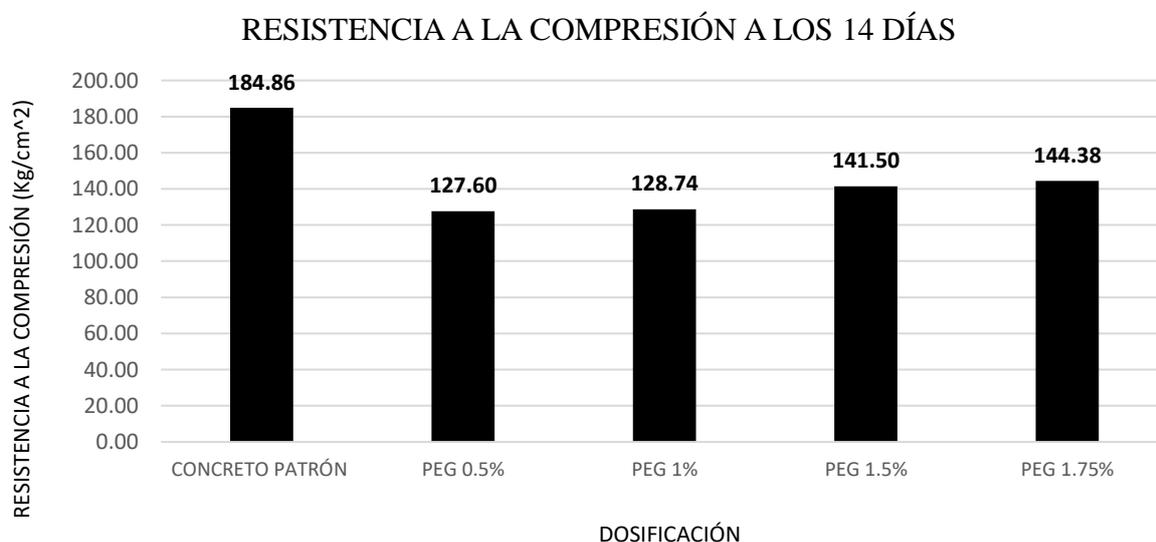
Tabla 57: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días para las distintas dosificaciones en estudio

DOSIFICACIÓN	f'c (Kg/cm ²)	PORCENTAJE DEL f'c DE DISEÑO (%)
CONCRETO PATRÓN	184.86	88.0
PEG 0.5%	127.60	60.8
PEG 1%	128.74	61.3
PEG 1.5%	141.50	67.4
PEG 1.75%	144.38	68.8

Fuente: Elaboración Propia

A los 14 días el concreto patrón obtuvo una resistencia a la compresión de 184.86 kgf/cm² siendo la dosificación con la mayor resistencia seguida de la dosificación PEG 1.75% pues esta obtuvo una resistencia a la compresión de 144.38 kgf/cm².

Gráfico 26: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión a los 28 días:

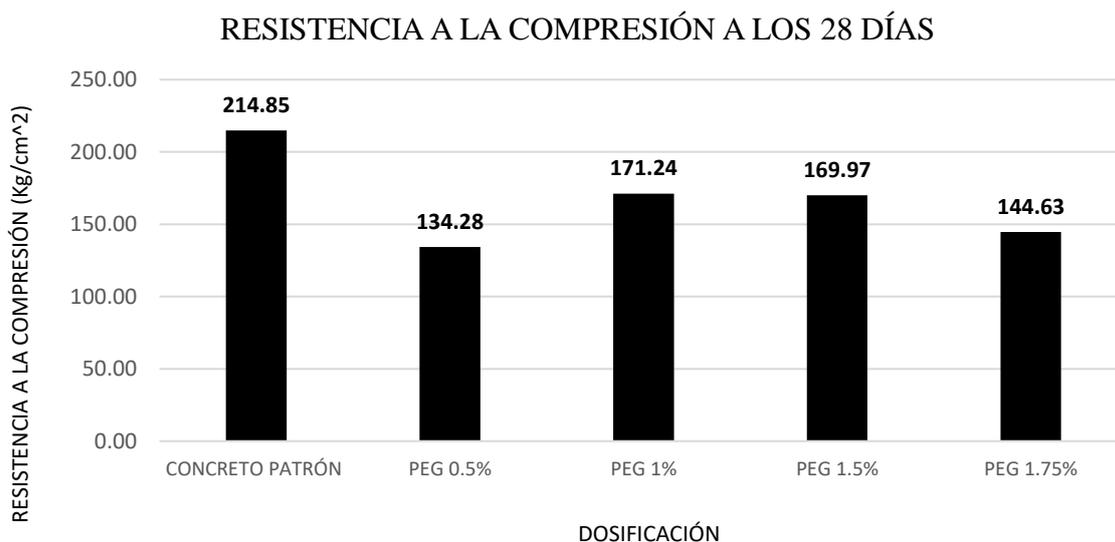
Tabla 58: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días para las distintas dosificaciones en estudio

DOSIFICACIÓN	f ^c (Kg/cm ²)	PORCENTAJE DEL f ^c DE DISEÑO (%)
CONCRETO PATRÓN	214.85	102.3
PEG 0.5%	134.28	63.9
PEG 1%	171.24	81.5
PEG 1.5%	169.97	80.9
PEG 1.75%	144.63	68.9

Fuente: Elaboración Propia

A los 14 días el concreto patrón obtuvo una resistencia a la compresión de 214.85 kgf/cm² siendo la dosificación con la mayor resistencia seguida de la dosificación PEG 1% pues esta obtuvo una resistencia a la compresión de 171.24 kgf/cm² alcanzando solo el 81.5% de la resistencia de diseño.

Gráfico 27: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión a los 56 días:

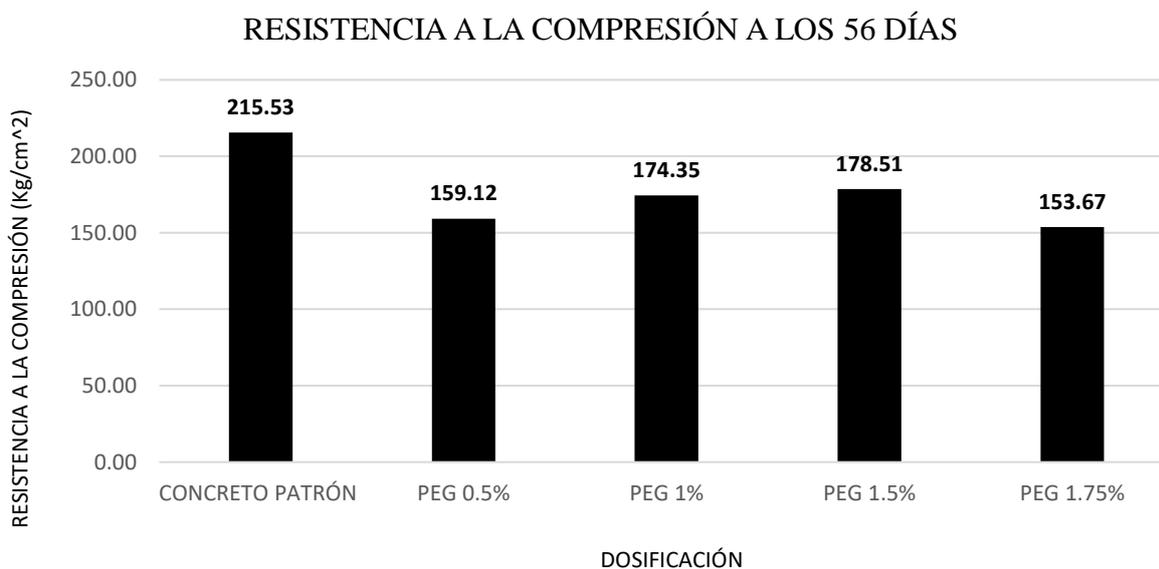
Tabla 59: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días para las distintas dosificaciones en estudio

DOSIFICACIÓN	f'c (Kg/cm ²)	PORCENTAJE DEL f'c DE DISEÑO (%)
CONCRETO PATRÓN	215.53	102.6
PEG 0.5%	159.12	75.8
PEG 1%	174.35	83.0
PEG 1.5%	178.51	85.0
PEG 1.75%	153.67	73.2

Fuente: Elaboración Propia

A los 14 días el concreto patrón obtuvo una resistencia a la compresión de 215.53 kgf/cm² siendo la dosificación con la mayor resistencia seguida de la dosificación PEG 1.5% pues esta obtuvo una resistencia a la compresión de 178.51 kgf/cm² alcanzando solo el 85% de la resistencia de diseño.

Gráfico 28: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

Desarrollo de la resistencia del concreto patrón:

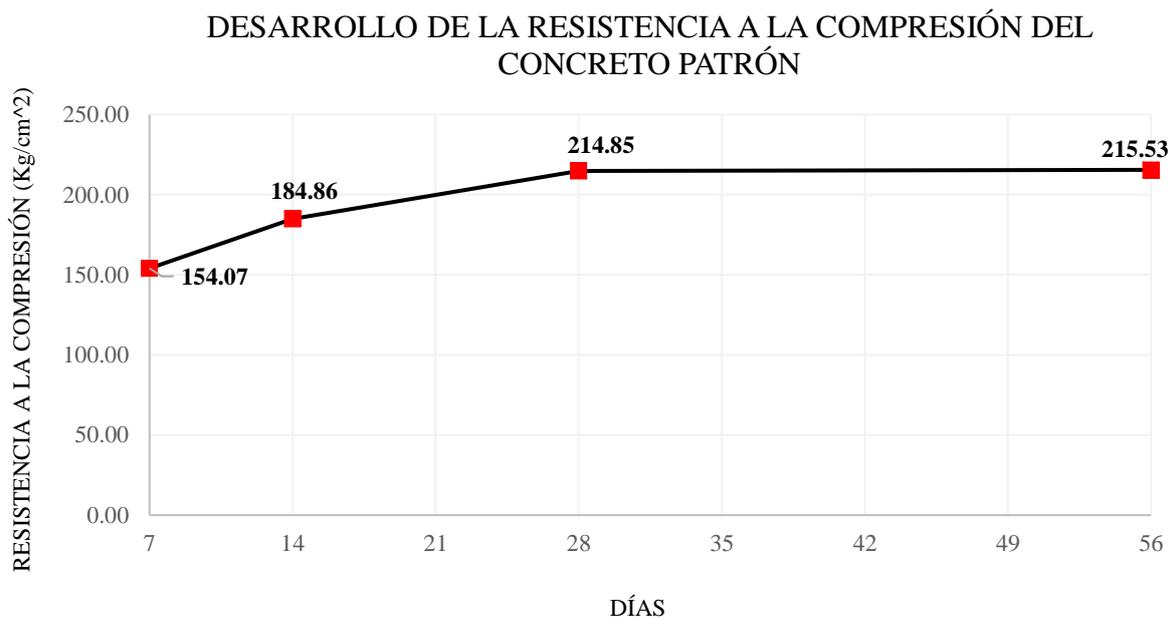
Tabla 60: Desarrollo de la resistencia del concreto patrón

DÍAS	f'c (Kg/cm ²)	PORCENTAJE DEL f'c DE DISEÑO (%)
7	154.07	73.4
14	184.86	88.0
28	214.85	102.3
56	215.53	102.6

Fuente: Elaboración Propia

El concreto patrón presentó un incremento constante de la resistencia a la compresión hasta los 56 días.

Gráfico 29: Desarrollo de la resistencia del concreto patrón



Fuente: Elaboración Propia

Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 0.5%:

Tabla 61: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 0.5%

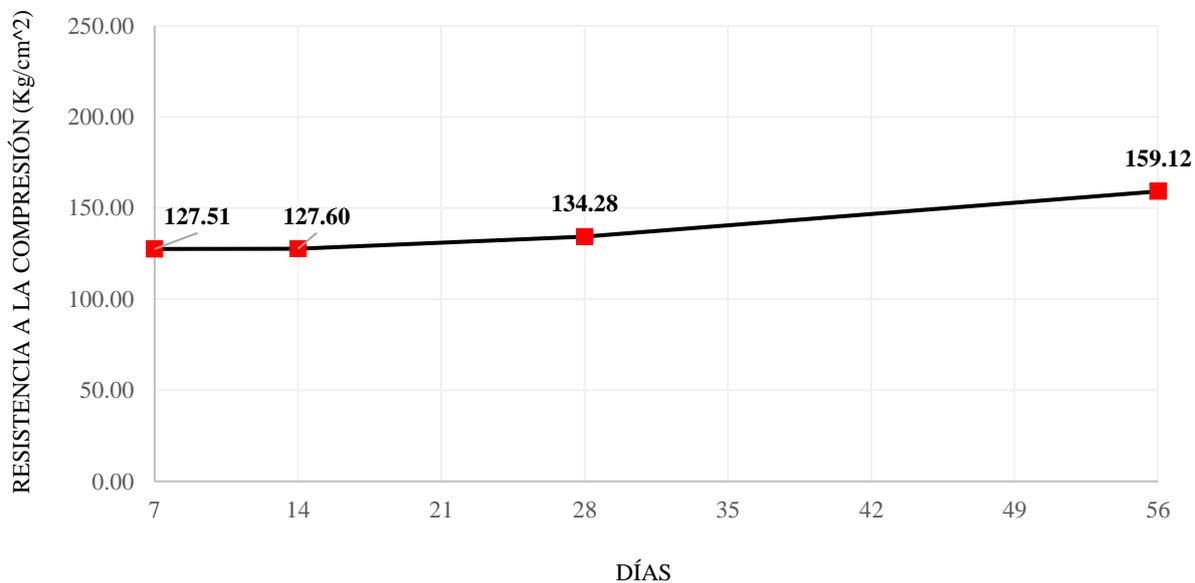
DÍAS	f'c (Kg/cm²)	PORCENTAJE DEL f'c DE DISEÑO (%)
7	127.51	60.7
14	127.60	60.8
28	134.28	63.9
56	159.12	75.8

Fuente: Elaboración Propia

El concreto + PEG 0.5% presentó un incremento leve de la resistencia a la compresión hasta los 56 días.

Gráfico 30: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 0.5%

**DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL
CONCRETO + PEG 0.5%**



Fuente: Elaboración Propia

Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1%:

Tabla 62: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1%

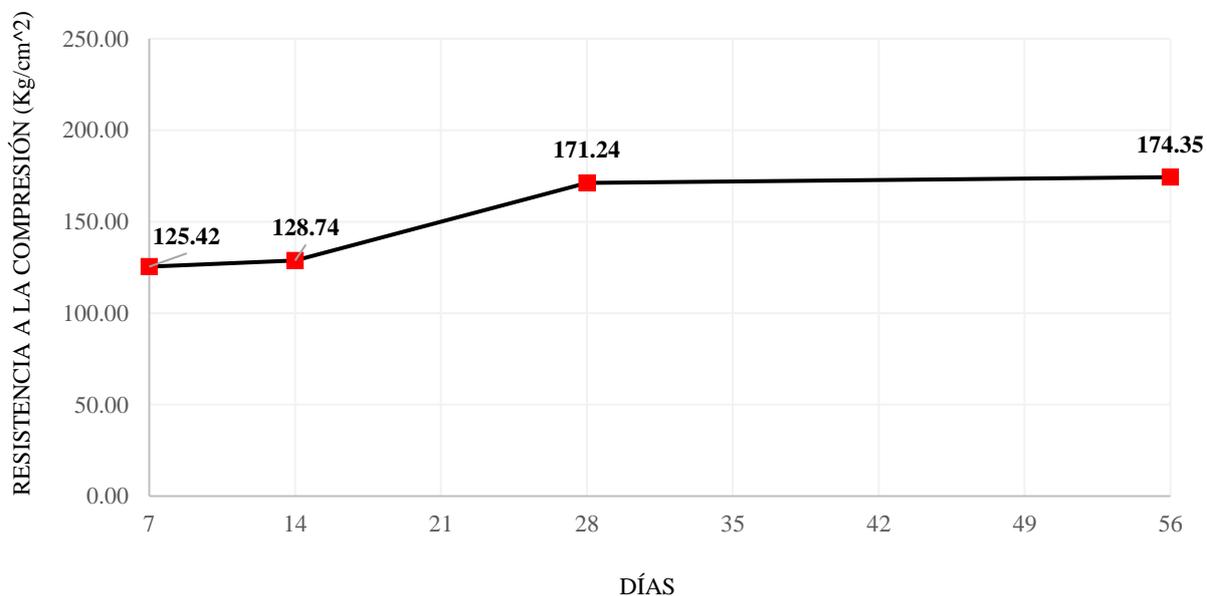
DÍAS	f'c (Kg/cm ²)	PORCENTAJE DEL f'c DE DISEÑO (%)
7	125.42	59.7
14	128.74	61.3
28	171.24	81.5
56	174.35	83.0

Fuente: Elaboración Propia

El concreto + PEG 1% presentó un incremento constante de la resistencia a la compresión hasta los 56 días.

Gráfico 31: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1%

DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL
CONCRETO + PEG 1%



Fuente: Elaboración Propia

Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1.5%:

Tabla 63: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1.5%

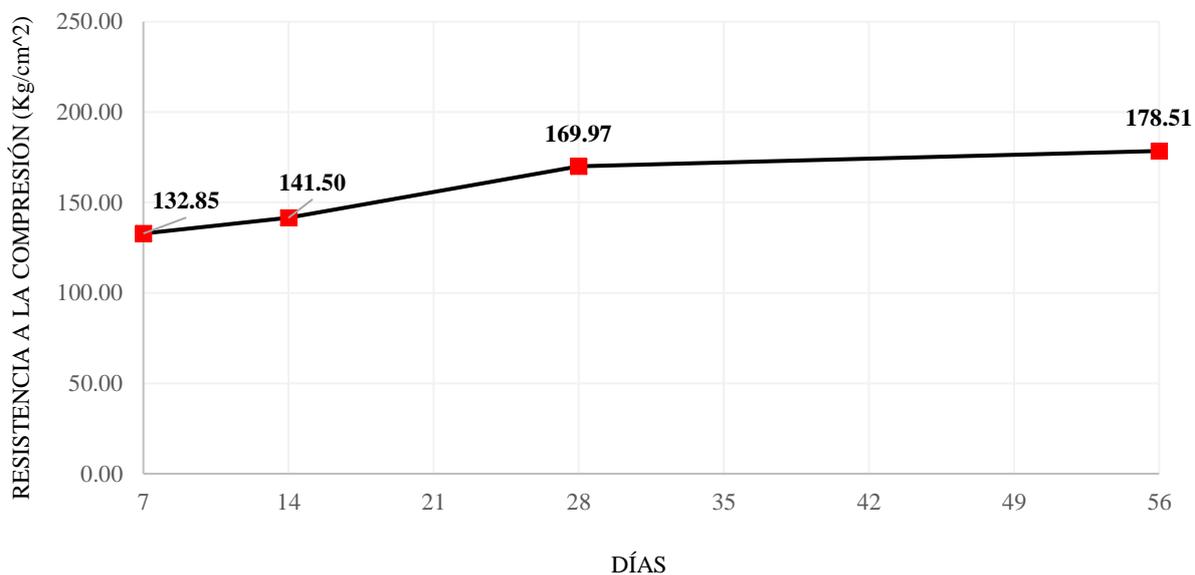
DÍAS	f'c (Kg/cm ²)	PORCENTAJE DEL f'c DE DISEÑO (%)
7	132.85	63.3
14	141.50	67.4
28	169.97	80.9
56	178.51	85.0

Fuente: Elaboración Propia

El concreto + PEG 1.5% presentó un incremento constante de la resistencia a la compresión hasta los 56 días.

Gráfico 32: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1.5%

DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL
CONCRETO + PEG 1.5%



Fuente: Elaboración Propia

Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1.75%:

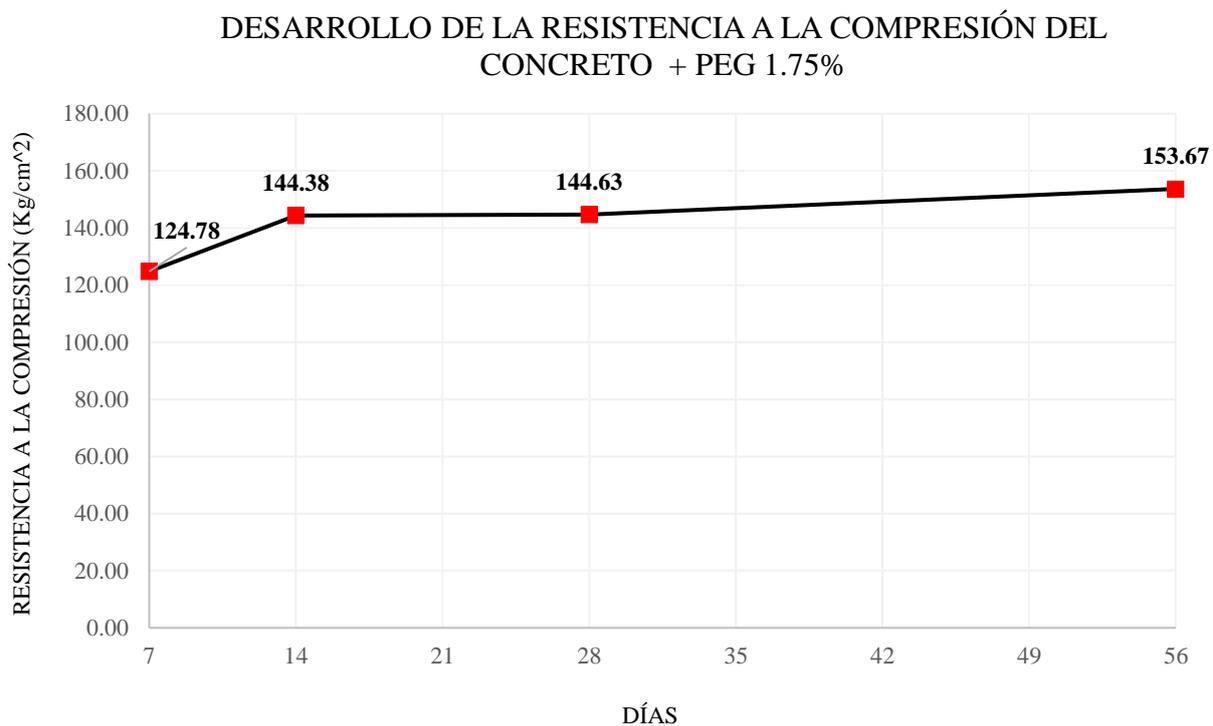
Tabla 64: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1.75%

DÍAS	f'c (Kg/cm ²)	PORCENTAJE DEL f'c DE DISEÑO (%)
7	124.78	59.4
14	144.38	68.8
28	144.63	68.9
56	153.67	73.2

Fuente: Elaboración Propia

El concreto + PEG 1.75% presentó un incremento constante de la resistencia a la compresión hasta los 14 días, a partir de ese punto ya no se apreció un aumento significativo de la resistencia a la compresión.

Gráfico 33: Desarrollo de la resistencia del concreto + PEG 1.75%

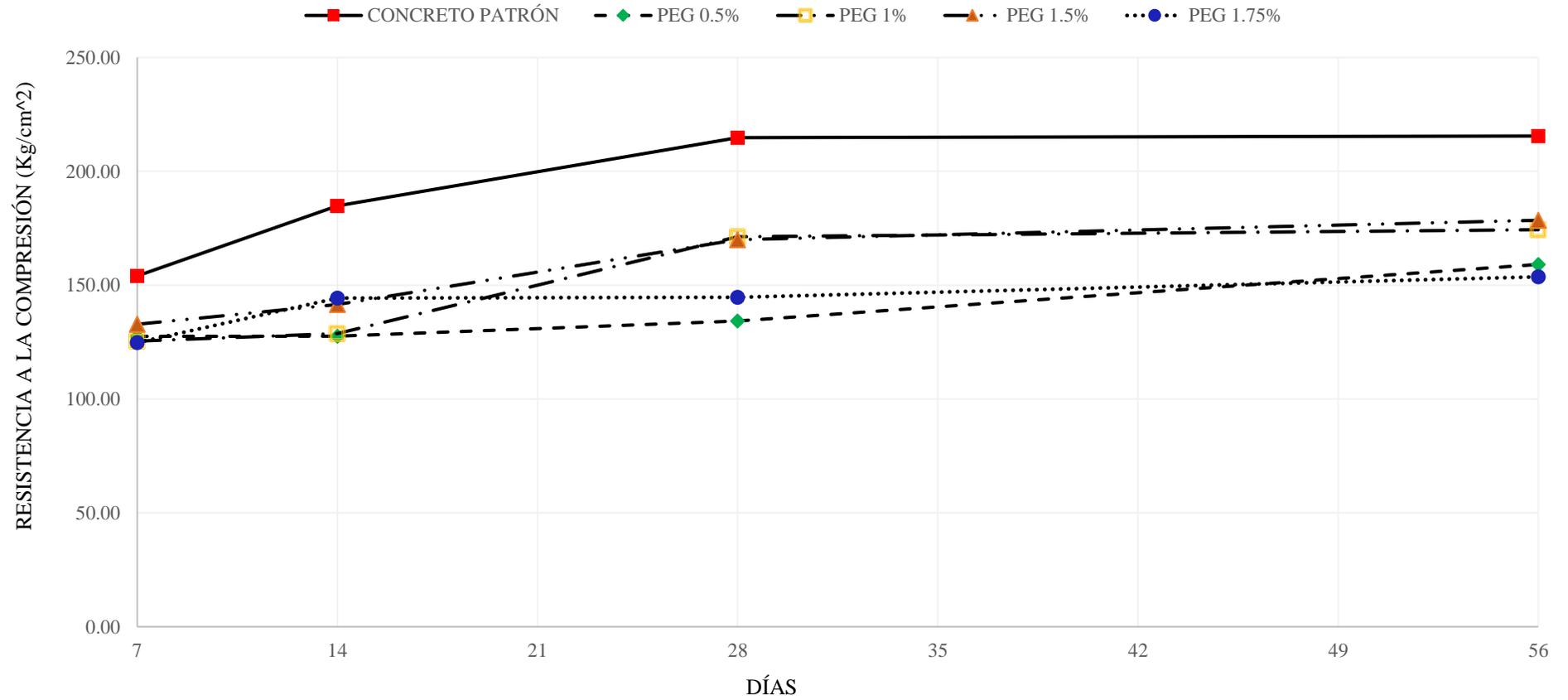


Fuente: Elaboración Propia

Desarrollo de la resistencia a la compresión de las distintas dosificaciones:

Gráfico 34: Desarrollo de la resistencia a la compresión de las distintas dosificaciones

DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS DISTINTAS DOSIFICACIONES



Fuente: Elaboración Propia

4.4.2. ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO

Tabla 65: Resultados del ensayo de permeabilidad del concreto para las distintas dosificaciones en estudio

IDENTIFICACIÓN	PENETRACIÓN MÁXIMA (mm)						
	PROBETA 1		PROBETA 2		PROBETA 3		PROMEDIO
	CARA A	CARA B	CARA A	CARA B	CARA A	CARA B	
CONCRETO PATRÓN	22.77	22.79	19.06	19.07	21.08	21.08	20.98
PEG 0.5%	38.49	38.49	40.05	38.97	33.06	30.57	36.61
PEG 1%	22.65	26.47	35.96	40.46	31.2	26.97	30.62
PEG 1.5%	56.61	53.57	51.65	50.29	37.1	33.4	47.10
PEG 1.75%	53.3	54.47	51.59	48.48	55.3	60.19	53.89

Fuente: Elaboración Propia

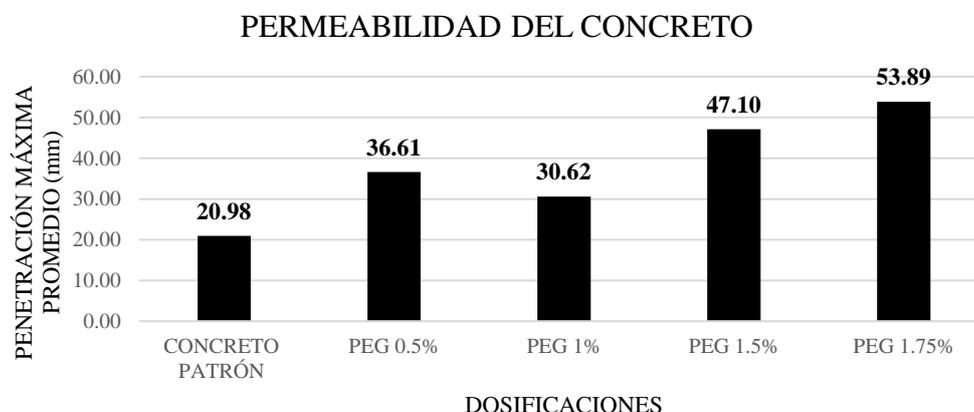
Gráfico 35: Tiempo de ensayo para las distintas dosificaciones en estudio

IDENTIFICACIÓN	TIEMPO DE ENSAYO	FECHA DE ENSAYO
CONCRETO PATRÓN	72 Hrs.	17/05/2021
PEG 0.5%	4 Hrs.	22/05/2021
PEG 1%	3 Hrs.	22/05/2021
PEG 1.5%	2 Hrs.	20/05/2021
PEG 1.75%	1 Hrs.	20/05/2021

Fuente: Elaboración Propia

Tras los ensayos de permeabilidad del concreto se apreció un aumento de la misma cuando se aumentaba los porcentajes de aditivo, guardando relación con el ensayo de contenido de aire; el concreto patrón presentó una penetración máxima de 20.98 mm, mientras que la dosificación PEG 1.75% obtuvo una penetración máxima de 53.89 mm.

Gráfico 36: Resultados del ensayo de permeabilidad del concreto para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

4.4.3. ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO

IDENTIFICACIÓN: CONCRETO PATRÓN

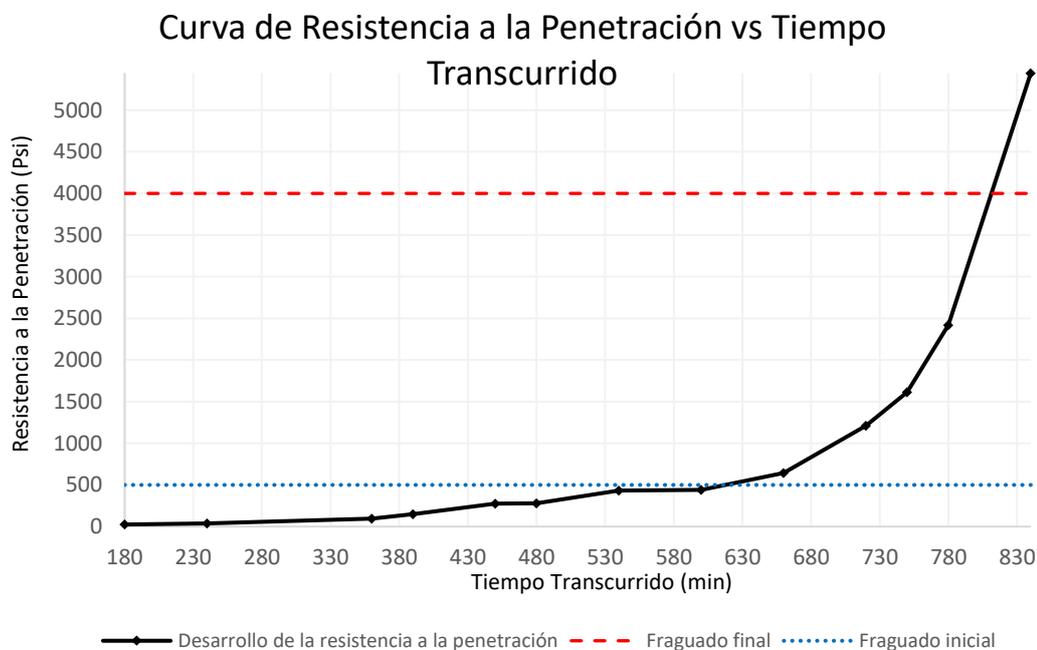
Hora de Inicio: : 3:00:00 p. m.

Tabla 66: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto patrón

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
18:00	03:00	180	645	1	25	25
19:00	04:00	240	645	1	40	40
21:00	06:00	360	645	1	95	95
21:30	06:30	390	323	1/2	75	150
22:30	07:30	450	161	1/4	69	276
23:00	08:00	480	161	1/4	70	281
00:00	09:00	540	161	1/4	108	433
01:00	10:00	600	161	1/4	110	441
02:00	11:00	660	65	1/10	65	645
03:00	12:00	720	32	1/20	60	1210
03:30	12:30	750	32	1/20	80	1613
04:00	13:00	780	16	1/40	60	2419
05:00	14:00	840	16	1/40	135	5444

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 37: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto patrón



Fuente: Elaboración Propia

Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 10:15 Horas

Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 13:30 Horas

IDENTIFICACIÓN: CONCRETO + PEG 0.5%

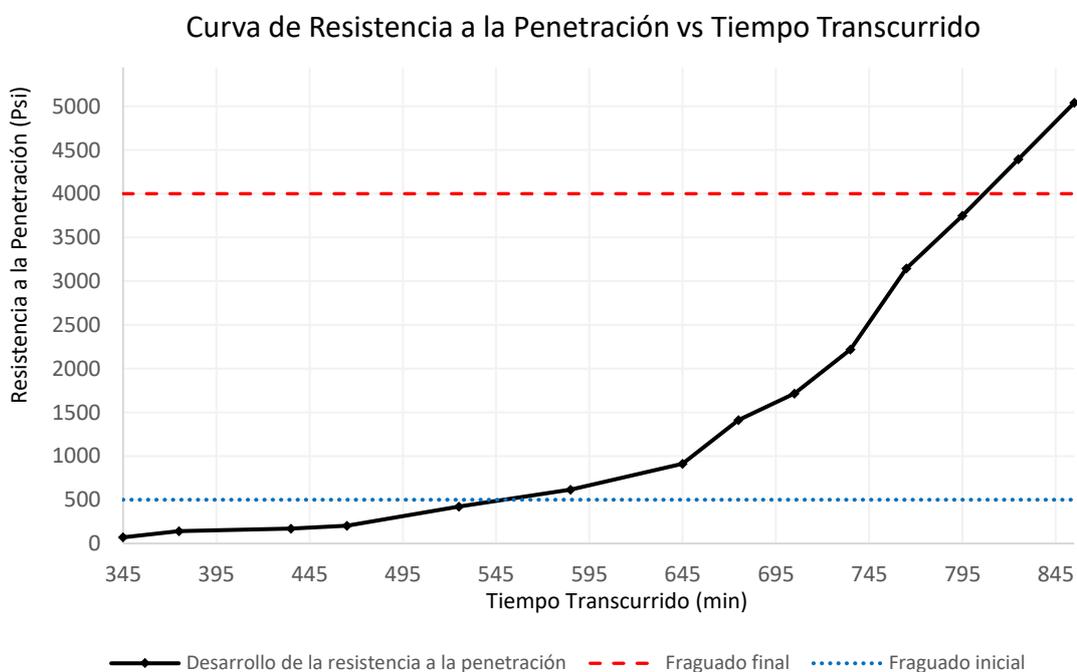
Hora de Inicio: : 3:15:00 p. m.

Tabla 67: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 0.5%

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
21:00	05:45	345	645	1	70	70
21:30	06:15	375	323	1/2	70	140
22:30	07:15	435	323	1/2	85	170
23:00	07:45	465	323	1/2	102	204
00:00	08:45	525	161	1/4	105	421
01:00	09:45	585	65	1/10	62	615
02:00	10:45	645	65	1/10	92	913
02:30	11:15	675	32	1/20	70	1411
03:00	11:45	705	32	1/20	85	1714
03:30	12:15	735	16	1/40	55	2218
04:00	12:45	765	16	1/40	78	3145
04:30	13:15	795	16	1/40	93	3750
05:00	13:45	825	16	1/40	109	4395
05:30	14:15	855	16	1/40	125	5040

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 38: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 0.5%



Fuente: Elaboración Propia

Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 09:09 Horas

Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 13:26 Horas

IDENTIFICACIÓN: CONCRETO + PEG 1%

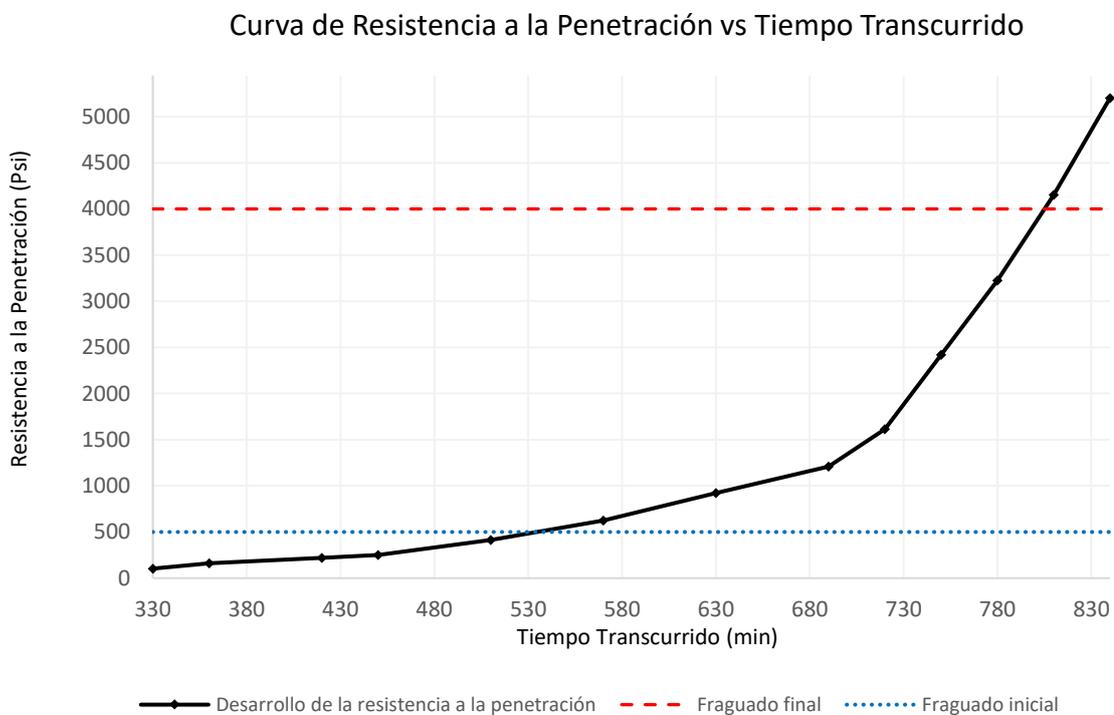
Hora de Inicio: : 3:30:00 p. m.

Tabla 68: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 1%

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
21:00	05:30	330	645	1	103	103
21:30	06:00	360	323	1/2	80	160
22:30	07:00	420	323	1/2	110	220
23:00	07:30	450	323	1/2	126	252
00:00	08:30	510	161	1/4	103	413
01:00	09:30	570	65	1/10	63	625
02:00	10:30	630	65	1/10	93	923
03:00	11:30	690	32	1/20	60	1210
03:30	12:00	720	32	1/20	80	1613
04:00	12:30	750	16	1/40	60	2419
04:30	13:00	780	16	1/40	80	3226
05:00	13:30	810	16	1/40	103	4153
05:30	14:00	840	16	1/40	129	5202

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 39: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 1%



Fuente: Elaboración Propia

Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 08:55 Horas

Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 13:25 Horas

IDENTIFICACIÓN: CONCRETO + PEG 1.5%

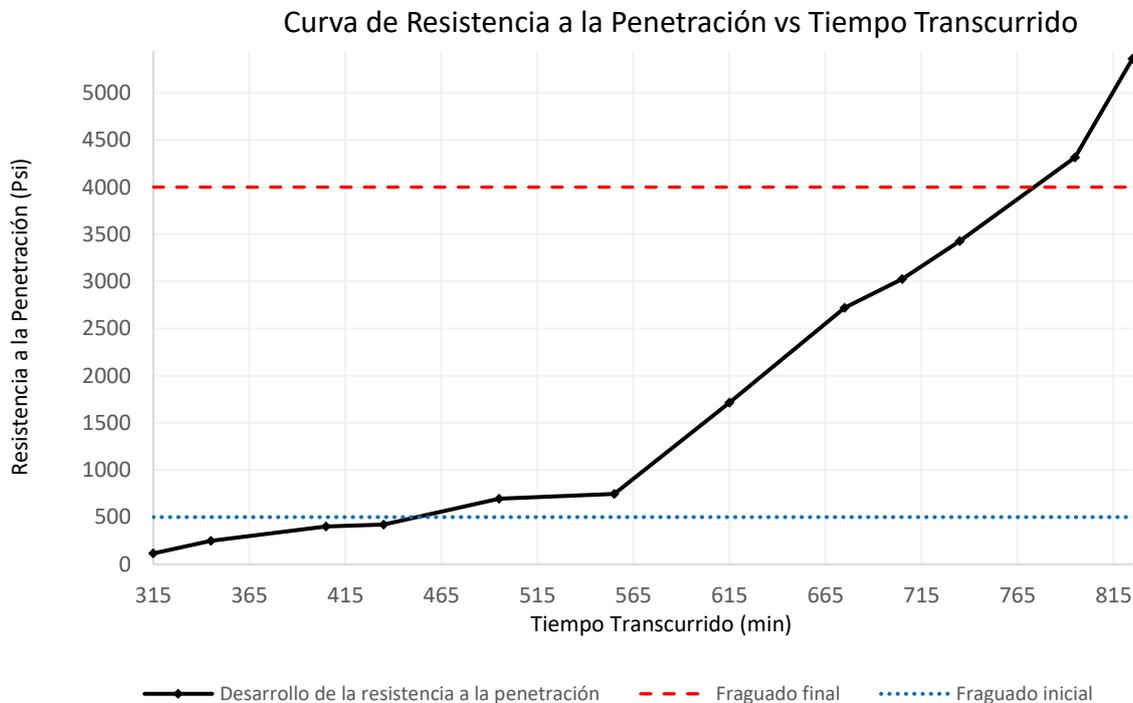
Hora de Inicio: : 3:45:00 p. m.

Tabla 69: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 1.5%

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
21:00	05:15	315	645	1	115	115
21:30	05:45	345	323	1/2	125	250
22:30	06:45	405	161	1/4	100	401
23:00	07:15	435	161	1/4	105	421
00:00	08:15	495	65	1/10	70	695
01:00	09:15	555	65	1/10	75	744
02:00	10:15	615	32	1/20	85	1714
03:00	11:15	675	32	1/20	135	2722
03:30	11:45	705	16	1/40	75	3024
04:00	12:15	735	16	1/40	85	3427
04:30	13:15	795	16	1/40	107	4315
05:00	13:45	825	16	1/40	133	5363

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 40: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 1.5%



Fuente: Elaboración Propia

Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 07:32 Horas

Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 12:54 Horas

IDENTIFICACIÓN: CONCRETO + PEG 1.75%

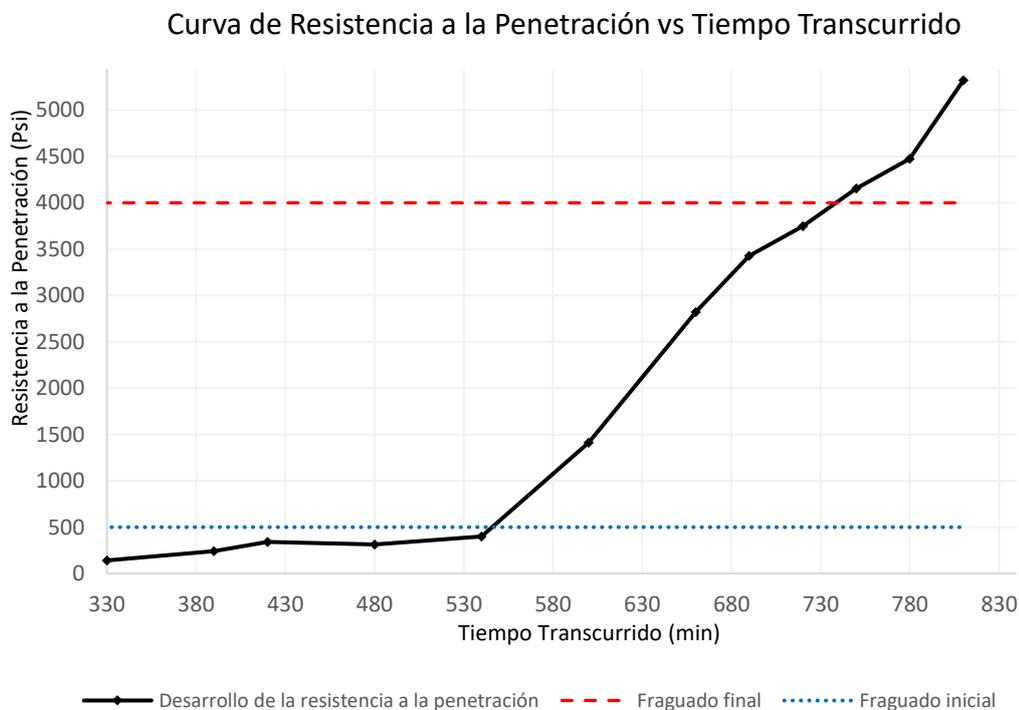
Hora de Inicio: : 4:00:00 p. m.

Tabla 70: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 1.75%

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
21:00	05:00	300	645	1	45	45
21:30	05:30	330	161	1/4	35	140
22:30	06:30	390	161	1/4	60	240
23:00	07:00	420	161	1/4	85	341
00:00	08:00	480	161	1/4	78	313
01:00	09:00	540	161	1/4	100	401
02:00	10:00	600	32	1/20	70	1411
03:00	11:00	660	16	1/40	70	2823
03:30	11:30	690	16	1/40	85	3427
04:00	12:00	720	16	1/40	93	3750
04:30	12:30	750	16	1/40	103	4153
05:00	13:00	780	16	1/40	111	4476
05:30	13:30	810	16	1/40	132	5323

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 41: Resultados del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto +PEG 1.75%



Fuente: Elaboración Propia

Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 09:05 Horas

Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 12:18 Horas

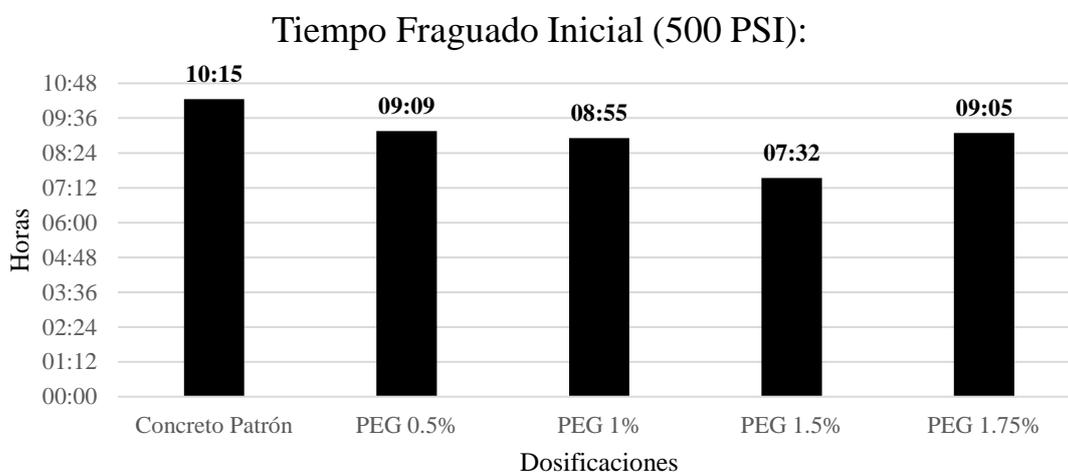
Resumen de los ensayos de tiempo de fraguado para las distintas dosificaciones en estudio:

Tabla 71: Resumen de los ensayos de tiempo de fraguado para las distintas dosificaciones en estudio

	Concreto Patrón	PEG 0.5%	PEG 1%	PEG 1.5%	PEG 1.75%	
Tiempo Fraguado Inicial (500 PSI):	10:15	09:09	08:55	07:32	09:05	Horas
Tiempo Fraguado Final (4000 PSI):	13:30	13:26	13:25	12:54	12:18	Horas

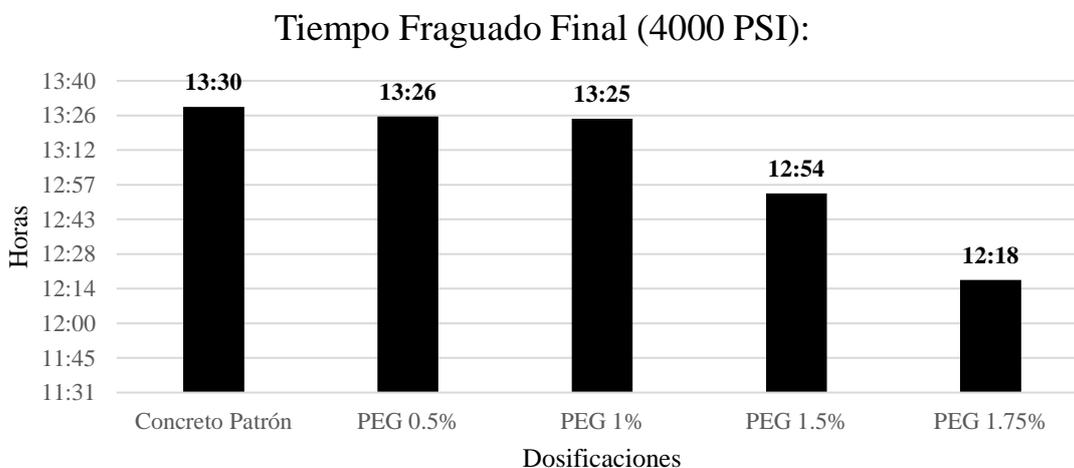
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 42: Resumen de los ensayos de tiempo de fraguado inicial para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 43: Resumen de los ensayos de tiempo de fraguado final para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

4.4.4. ENSAYO DE FISURACIÓN DEL CONCRETO

Tabla 72: Registro de la temperatura del ambiente, humedad relativa y velocidad del viento para el ensayo de fisuración del concreto

FECHA	HORA	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (C°)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
21/05/2021	14:30	22.3	63	4.8
21/05/2021	15:00	23.4	64	4.3
21/05/2021	15:30	23.7	68	4.6
21/05/2021	16:00	24.4	72	5.1
21/05/2021	16:30	25.3	77	4.5
21/05/2021	17:00	24.5	76	4.3
21/05/2021	17:30	22.3	75	4
21/05/2021	18:00	21.7	72	4.2
21/05/2021	18:30	21.7	75	4.4
21/05/2021	19:00	19.8	73	4.1
21/05/2021	19:30	19.7	78	4
21/05/2021	20:00	18.6	82	3.9
21/05/2021	20:30	18.5	86	3.5
21/05/2021	21:00	18.6	86	3.6
21/05/2021	21:30	18.9	87	3
21/05/2021	22:00	19	89	3.1
21/05/2021	22:30	18.7	90	2.9
21/05/2021	23:00	19.1	92	3.4
21/05/2021	23:30	18.6	92	3.3
22/05/2021	00:00	18.9	93	3.2
22/05/2021	00:30	18.9	93	2.8
22/05/2021	01:00	18.7	95	2.8
22/05/2021	01:30	19.3	92	2.6
22/05/2021	02:00	19.6	89	2.8
22/05/2021	02:30	19.5	88	2.6
22/05/2021	03:00	19.8	92	2.7
22/05/2021	03:30	20	91	2.9
22/05/2021	04:00	20.2	90	2.6
22/05/2021	04:30	20.1	90	2.4
22/05/2021	05:00	19.2	94	2.8
22/05/2021	05:30	19.4	92	2.6
22/05/2021	06:00	19.1	92	2.6
22/05/2021	06:30	20.1	84	2.9
22/05/2021	07:00	20.3	84	3
22/05/2021	07:30	21.6	82	3.1
22/05/2021	08:00	21.3	80	3.3
22/05/2021	08:30	21.4	72	3.5
22/05/2021	09:00	21.1	65	3.4
22/05/2021	09:30	20.5	68	3.5
22/05/2021	10:00	22.1	68	3.6
22/05/2021	10:30	22.6	70	3.9

FECHA	HORA	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (C°)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
22/05/2021	11:00	23.4	69	3.7
22/05/2021	11:30	23.7	70	3.8
22/05/2021	12:00	24.3	72	4.3
22/05/2021	12:30	25.1	70	4.7
22/05/2021	13:00	23.6	65	5.2
22/05/2021	13:30	23.3	63	5.1
22/05/2021	14:00	22.9	60	4.9
22/05/2021	14:30	22.4	66	4.4

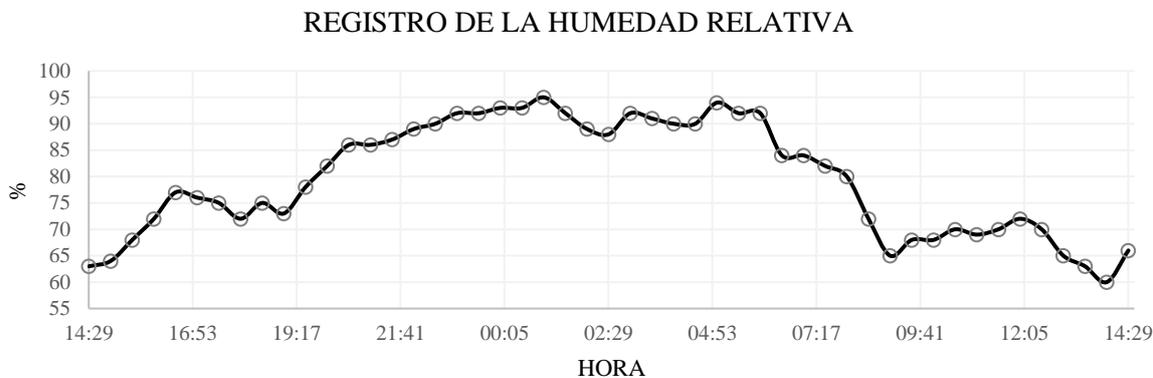
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 44: Registro de la temperatura del ambiente para el ensayo de fisuración del concreto



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 45: Registro de la humedad relativa para el ensayo de fisuración del concreto



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 46: Registro de la velocidad del viento para el ensayo de fisuración del concreto



Fuente: Elaboración Propia

IDENTIFICACIÓN: CONCRETO PATRÓN

Tabla 73: Resultados del ensayo de fisuración para el concreto patrón

PANEL 1			PANEL 2			ANCHO DE FISURA PROMEDIO (mm)
TIEMPO	HORA	ANCHO DE FISURA (mm)	TIEMPO	HORA	ANCHO DE FISURA (mm)	
PRIMERA GRIETA	08:30	0.2	PRIMERA GRIETA	08:30	0.2	0.2
10 HORAS	23:30	0.25	10 HORAS	23:30	0.25	0.25
24 HORAS	14:30	0.35	24 HORAS	14:30	0.4	0.375

Fuente: Elaboración Propia

IDENTIFICACIÓN: CONCRETO + PEG 0.5%

Tabla 74: Resultados del ensayo de fisuración para el concreto + PEG 0.5%

PANEL 1			PANEL 2			ANCHO DE FISURA PROMEDIO (mm)
TIEMPO	HORA	ANCHO DE FISURA (mm)	TIEMPO	HORA	ANCHO DE FISURA (mm)	
PRIMERA GRIETA	08:30	0.1	PRIMERA GRIETA	08:30	0.1	0.1
9 HORAS	10:30	0.15	9 HORAS	10:30	0.3	0.225
24 HORAS	14:30	0.3	24 HORAS	14:30	0.35	0.325

Fuente: Elaboración Propia

IDENTIFICACIÓN: CONCRETO + PEG 1%

Tabla 75: Resultados del ensayo de fisuración para el concreto + PEG 1%

PANEL 1			PANEL 2			ANCHO DE FISURA PROMEDIO (mm)
TIEMPO	HORA	ANCHO DE FISURA (mm)	TIEMPO	HORA	ANCHO DE FISURA (mm)	
PRIMERA GRIETA	08:30	0.15	PRIMERA GRIETA	08:30	0.15	0.15
9 HORAS	10:30	0.15	9 HORAS	10:30	0.2	0.175
24 HORAS	14:30	0.2	24 HORAS	14:30	0.2	0.2

Fuente: Elaboración Propia

IDENTIFICACIÓN: CONCRETO + PEG 1.5%

Tabla 76: Resultados del ensayo de fisuración para el concreto + PEG 1.5%

PANEL 1			PANEL 2			ANCHO DE FISURA PROMEDIO (mm)
TIEMPO	HORA	ANCHO DE FISURA (mm)	TIEMPO	HORA	ANCHO DE FISURA (mm)	
PRIMERA GRIETA	-	-	PRIMERA GRIETA	08:30	0.15	0.15
8 HORAS	-	-	8 HORAS	09:30	0.15	0.15
24 HORAS	14:30	-	24 HORAS	14:30	0.2	0.2

Fuente: Elaboración Propia

IDENTIFICACIÓN: CONCRETO + PEG 1.75%

Tabla 77: Resultados del ensayo de fisuración para el concreto + PEG 1.75%

PANEL 1			PANEL 2			ANCHO DE FISURA PROMEDIO (mm)
TIEMPO	HORA	ANCHO DE FISURA (mm)	TIEMPO	HORA	ANCHO DE FISURA (mm)	
PRIMERA GRIETA	08:30	0.15	PRIMERA GRIETA	08:30	0.2	0.175
8 HORAS	09:30	0.2	8 HORAS	09:30	0.2	0.2
24 HORAS	14:30	0.2	24 HORAS	14:30	0.25	0.225

Fuente: Elaboración Propia

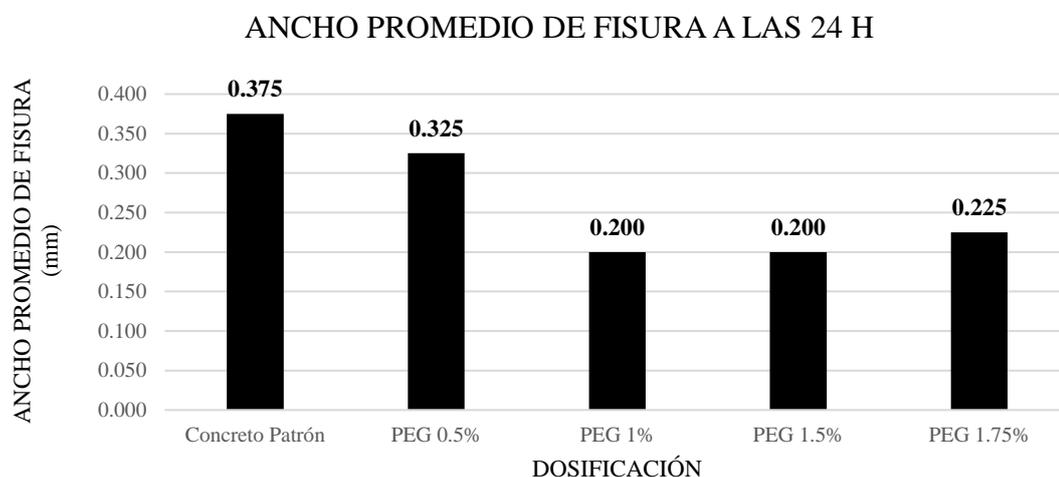
Resumen de los ensayos de fisuración:

Tabla 78: Resumen de los ensayos de fisuración para las distintas dosificaciones en estudio

DOSIFICACIÓN	ANCHO PROMEDIO DE FISURA A LAS 24 H (mm)	RELACIÓN DE REDUCCIÓN DE GRIETAS O CRR (%)
Concreto Patrón	0.375	-
PEG 0.5%	0.325	13.3%
PEG 1%	0.200	46.7%
PEG 1.5%	0.200	46.7%
PEG 1.75%	0.225	40.0%

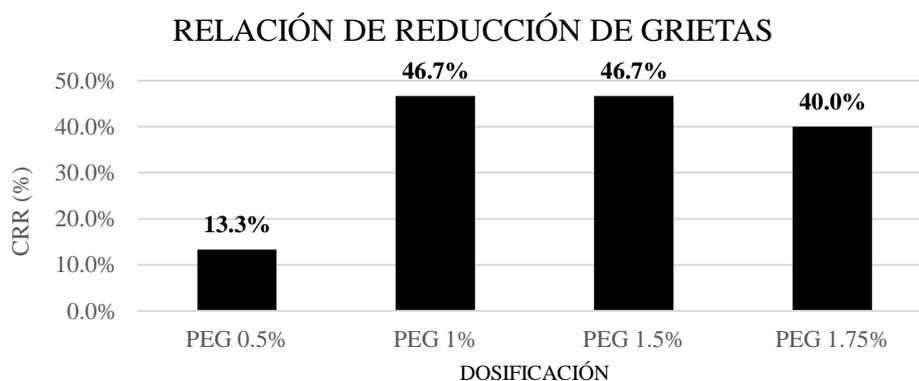
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 79: Resumen del ancho promedio de fisura a las 24 horas para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 80: Resumen de la relación de reducción de grietas para las distintas dosificaciones en estudio



Fuente: Elaboración Propia

4.4.5. ENSAYO DE FLEXIÓN

Tabla 81: Registro del ensayo de flexión

Longitud de la luz= 54.5 cm

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	CARGA (Kg)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	MÓDULO DE ROTURA (Kg/cm ²)	
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	8/05/2021	28	2871	15.1	15.8	41.5	36.8
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	8/05/2021	28	2333	15.7	15.9	32.0	
PEG 0.5%	20/04/2021	18/05/2021	28	1639	15.1	15.8	23.7	24.8
PEG 0.5%	20/04/2021	18/05/2021	28	1733	15.2	15.5	25.9	
PEG 1%	20/04/2021	18/05/2021	28	2636	15.1	16.1	36.7	33.0
PEG 1%	20/04/2021	18/05/2021	28	2003	15.1	15.7	29.3	
PEG 1.5%	20/04/2021	18/05/2021	28	2556	15.1	15.6	37.9	37.8
PEG 1.5%	20/04/2021	18/05/2021	28	2554	15.2	15.6	37.6	
PEG 1.75%	13/04/2021	11/05/2021	28	744	15.1	15.3	11.5	12.8
PEG 1.75%	13/04/2021	11/05/2021	28	976	15.1	15.8	14.1	

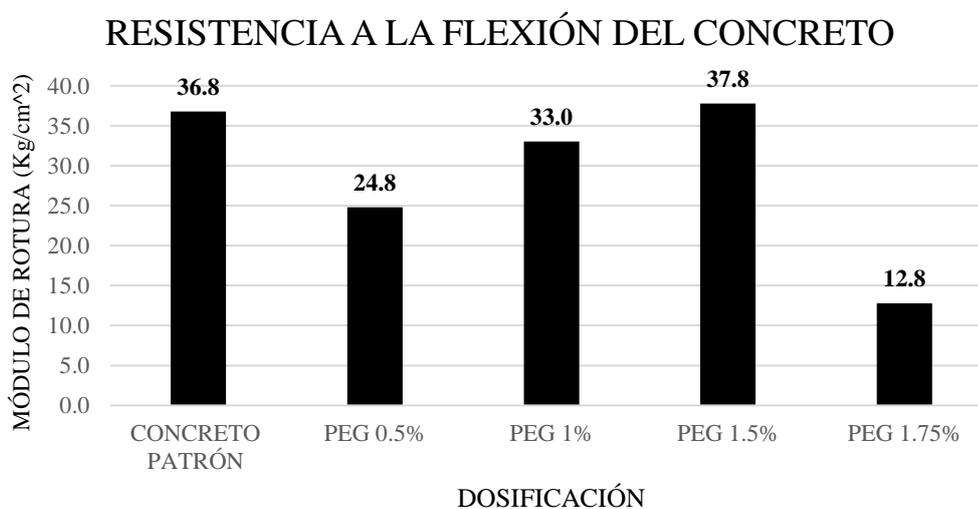
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 82: Resultados del ensayo de resistencia a la flexión

IDENTIFICACIÓN	MÓDULO DE ROTURA (Kg/cm ²)
CONCRETO PATRÓN	36.8
PEG 0.5%	24.8
PEG 1%	33.0
PEG 1.5%	37.8
PEG 1.75%	12.8

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 47: Resultados del ensayo de resistencia a la flexión



Fuente: Elaboración Propia

4.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

A continuación, se presentan los análisis de costos unitarios para una partida de concreto $f'c=210\text{kgf/cm}^2$ sin aditivo y con aditivo para una losa de cimentación:

Tabla 83: Costo unitario al emplear concreto sin aditivo

CONCRETO F'c=210 kgf/cm2 SIN ADITIVO PARA LOSA DE CIMENTACIÓN					
Partida:					
Rendimiento: 25 m3/día					
Jornada: 8 Hrs					
Mezcladora 11p3 incluye P.U gasolina y aceites					
Los precios no incluyen IGTV					
TOTAL=					320.38
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					69.51
<i>Operario</i>	hh	1	0.320	23.46	7.51
<i>Operador de equipo mediano</i>	hh	1	0.320	22.39	7.16
<i>Oficial</i>	hh	2	0.640	18.56	11.88
<i>Peón</i>	hh	8	2.560	16.78	42.96
Materiales					238.21
<i>Cemento portland Tipo MS/MH (42.5 Kg)</i>	Bls		9.200	19.49	179.32
<i>Arena gruesa</i>	m3		0.447	40.68	18.20
<i>Piedra chancada</i>	m3		0.667	59.32	39.55
<i>Agua</i>	m3		0.226	5.00	1.13
Herramientas y equipos					12.67
<i>Desgaste de Herramientas</i>	%MO		3.000	69.51	2.09
<i>mezcladora de 11p3</i>	hm	1	0.320	20.34	6.51
<i>Vibrador de 2" 4HP</i>	hm	1	0.32	12.71	4.07

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 84: Costo unitario al emplear concreto + PEG 0.5%

Partida:		CONCRETO F'c=210 kgf/cm² + PEG (0.5%) PARA LOSA DE CIMENTACIÓN				
Rendimiento:	25	m ³ /día				
Jornada:	8	Hrs				
Mezcladora 11p3 incluye P.U gasolina y aceites						
Los precios no incluyen IGV						
					TOTAL=	336.63
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de obra					69.51	
<i>Operario</i>	hh	1	0.320	23.46	7.51	
<i>Operador de equipo mediano</i>	hh	1	0.320	22.39	7.16	
<i>Oficial</i>	hh	2	0.640	18.56	11.88	
<i>Peón</i>	hh	8	2.560	16.78	42.96	
Materiales					254.45	
<i>Cemento portland Tipo MS/MH (42.5 Kg)</i>	Bls		9.200	19.49	179.32	
<i>Arena gruesa</i>	m ³		0.447	40.68	18.20	
<i>Piedra chancada</i>	m ³		0.667	59.32	39.55	
<i>Agua</i>	m ³		0.226	5.00	1.13	
<i>Polietilenglicol 4000 (25 kg)</i>	Bls		0.078	207.63	16.24	
					12.67	
<i>Desgaste de Herramientas</i>	%MO		3.000	69.51	2.09	
<i>Mezcladora de 11p3</i>	hm	1	0.320	20.34	6.51	
<i>Vibrador de 2" 4HP</i>	hm	1	0.320	12.71	4.07	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 85: Costo unitario al emplear concreto + PEG 1%

Partida: CONCRETO F'c=210 kgf/cm² + PEG (1%) PARA LOSA DE CIMENTACIÓN					
Rendimiento: 25 m ³ /día					
Jornada: 8 Hrs					
Mezcladora 11p3 incluye P.U gasolina y aceites					
Los precios no incluyen IGV					
TOTAL=					352.87
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					69.51
<i>Operario</i>	hh	1	0.320	23.46	7.51
<i>Operador de equipo mediano</i>	hh	1	0.320	22.39	7.16
<i>Oficial</i>	hh	2	0.640	18.56	11.88
<i>Peón</i>	hh	8	2.560	16.78	42.96
Materiales					270.70
<i>Cemento portland Tipo MS/MH (42.5 Kg)</i>	Bls		9.200	19.49	179.32
<i>Arena gruesa</i>	m ³		0.447	40.68	18.20
<i>Piedra chancada</i>	m ³		0.667	59.32	39.55
<i>Agua</i>	m ³		0.226	5.00	1.13
<i>Polietilenglicol 4000 (25 kg)</i>	Bls		0.156	207.63	32.49
					12.67
<i>Desgaste de Herramientas</i>	%MO		3.000	69.51	2.09
<i>Mezcladora de 11p3</i>	hm	1	0.320	20.34	6.51
<i>Vibrador de 2" 4HP</i>	hm	1	0.320	12.71	4.07

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 86: Costo unitario al emplear concreto + PEG 1.5%

CONCRETO F'c=210 kgf/cm2 + PEG (1.5%) PARA LOSA DE CIMENTACIÓN					
Partida:					
Rendimiento:	25	m3/día			
Jornada:	8	Hrs			
Mezcladora 11p3 incluye P.U gasolina y aceites					
Los precios no incluyen IGV					
TOTAL=					369.12
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					69.51
<i>Operario</i>	hh	1	0.320	23.46	7.51
<i>Operador de equipo mediano</i>	hh	1	0.320	22.39	7.16
<i>Oficial</i>	hh	2	0.640	18.56	11.88
<i>Peón</i>	hh	8	2.560	16.78	42.96
Materiales					286.94
<i>Cemento portland Tipo MS/MH (42.5 Kg)</i>	Bls		9.200	19.49	179.32
<i>Arena gruesa</i>	m3		0.447	40.68	18.20
<i>Piedra chancada</i>	m3		0.667	59.32	39.55
<i>Agua</i>	m3		0.226	5.00	1.13
<i>Polietilenglicol 4000 (25 kg)</i>	Bls		0.235	207.63	48.73
					12.67
<i>Desgaste de Herramientas</i>	%MO		3.000	69.51	2.09
<i>Mezcladora de 11p3</i>	hm	1	0.320	20.34	6.51
<i>Vibrador de 2" 4HP</i>	hm	1	0.320	12.71	4.07

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 87: Costo unitario al emplear concreto + PEG 1.5%

Partida: CONCRETO F'c=210 kgf/cm² + PEG (1.75%) PARA LOSA DE CIMENTACIÓN					
Rendimiento:		25	m ³ /día		
Jornada:		8	Hrs		
Mezcladora 11p3 incluye P.U gasolina y aceites					
Los precios no incluyen IGV					
TOTAL=					377.24
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					69.51
Operario	hh	1	0.320	23.46	7.51
Operador de equipo mediano	hh	1	0.320	22.39	7.16
Oficial	hh	2	0.640	18.56	11.88
Peón	hh	8	2.560	16.78	42.96
Materiales					295.06
Cemento portland Tipo MS/MH (42.5 Kg)	Bls		9.200	19.49	179.32
Arena gruesa	m ³		0.447	40.68	18.20
Piedra chancada	m ³		0.667	59.32	39.55
Agua	m ³		0.226	5.00	1.13
Polietilenglicol 4000 (25 kg)	Bls		0.274	207.63	56.85
					12.67
Desgaste de Herramientas	%MO		3.000	69.51	2.09
Mezcladora de 11p3	hm	1	0.320	20.34	6.51
Vibrador de 2" 4HP	hm	1	0.320	12.71	4.07

Fuente: Elaboración Propia

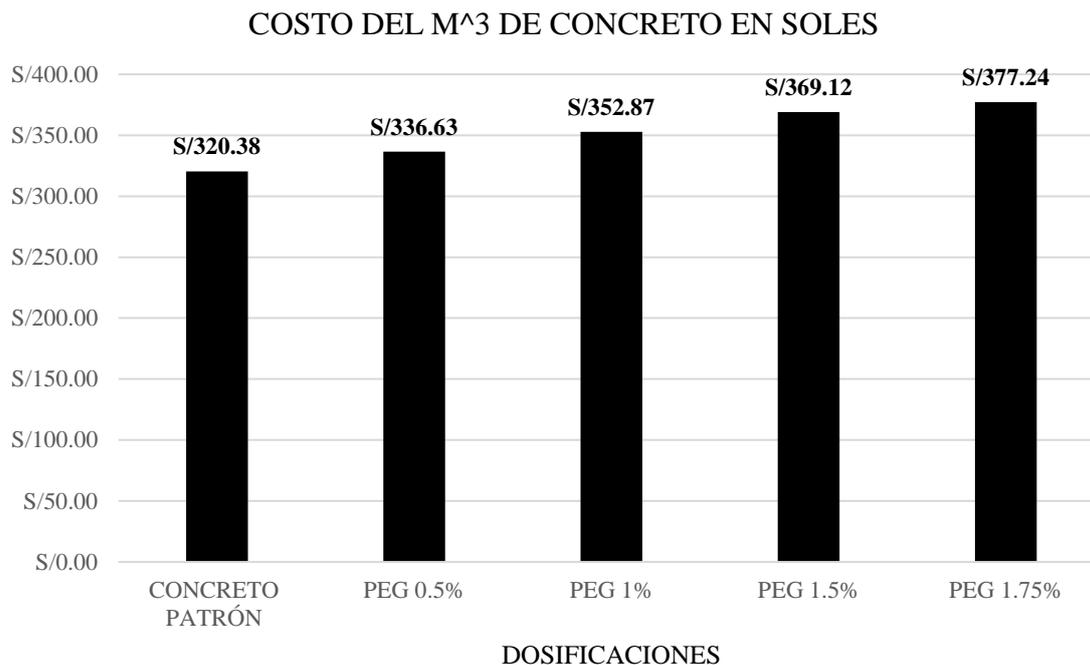
Tabla 88: Resumen de los costos unitarios por m³ de concreto

IDENTIFICACIÓN	COSTO POR M ³ EN SOLES
CONCRETO PATRÓN	S/320.38
PEG 0.5%	S/336.63
PEG 1%	S/352.87
PEG 1.5%	S/369.12
PEG 1.75%	S/377.24

Fuente: Elaboración Propia

En el resumen de los costos unitarios analizados se puede apreciar que el incremento del costo por m³ de concreto con respecto al concreto patrón al aplicar Polietilenglicol se incrementa 16.25 soles empleando la dosificación PEG 0.5%, 32.49 soles empleando la dosificación PEG 1%, 48.74 soles empleando la dosificación PEG 1.5%, 56.86 soles empleando la dosificación PEG 1.75%,

Gráfico 48: Resumen de los costos unitarios por m³ de concreto



Fuente: Elaboración Propia

Si añadimos el costo por curado del concreto patrón, el análisis de costos unitarios quedaría de la siguiente manera:

Tabla 89: Costo unitario al curar de forma convencional el concreto patrón

Partida:	CURADO CONVENCIONAL DEL CONCRETO F'c=210 kgf/cm² SIN ADITIVO PARA LOSA DE CIMENTACIÓN				
Rendimiento:	88	m ³ /día			
Jornada:	8	Hrs			
Los precios no incluyen IGV					TOTAL= 16.74
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					1.74
Operario	hh	0.1	0.009	23.46	0.21
Operador de equipo mediano	hh	0	0.000	22.39	0.00
Oficial	hh	0	0.000	18.56	0.00
Peón	hh	1	0.091	16.78	1.53
Materiales					15.00
Agua	m ³		3.000	5.00	15.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 90: Costo unitario al curar aditivo curador membranal el concreto patrón

Partida:	CURADO DEL CONCRETO F'c=210 kgf/cm² SIN ADITIVO PARA LOSA DE CIMENTACIÓN CON ADITIVO CURADOR MEMBRANIL				
Rendimiento:	250	m ² /día			
Jornada:	8	Hrs			
Mezcladora 11p3 incluye P.U gasolina y aceites					
Los precios no incluyen IGV					TOTAL= 7.20
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					0.62
Operario	hh	0.1	0.003	23.46	0.08
Operador de equipo mediano	hh	0	0.000	22.39	0.00
Oficial	hh	0	0.000	18.56	0.00
Peón	hh	1	0.032	16.78	0.54
Materiales					6.42
Aditivo curador membranal (4 L)	m ³		0.200	29.58	5.92
Agua	m ³		0.100	5.00	0.50
Herramientas y equipos					0.16
Mochila para la aplicación del aditivo curador	hm	1	0.032	5.00	0.16

Fuente: Elaboración Propia

Si se presentaran problemas de fisuración en el concreto sin aditivo los costos unitarios tendrían el siguiente incremento:

Tabla 91: Costo unitario al picar las fisuras en el concreto

Partida:		PICADO DE FISURAS PARA LA APLICACIÓN DE MORTERO			
Rendimiento:	35	m/día			
Jornada:	8	Hrs			
Los precios no incluyen IGV					TOTAL= 7.46
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					4.38
<i>Operario</i>	hh	0.1	0.023	23.46	0.54
<i>Operador de equipo mediano</i>	hh	0	0.000	22.39	0.00
<i>Oficial</i>	hh	0	0.000	18.56	0.00
<i>Peón</i>	hh	1	0.229	16.78	3.84
Herramientas y equipos					3.08
<i>Herramientas manuales</i>	%MO		5.000	4.38	0.22
<i>Amoladora</i>	hm	1	0.229	2.51	0.57
<i>Grupo eléctrico 4.5 KW - 6.0 KW</i>	hm	0.5	0.114	20.00	2.29

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 92: Costo unitario al limpiar las fisuras en el concreto

Partida:		LIMPIEZA DE FISURAS PARA LA APLICACIÓN DE MORTERO			
Rendimiento:	120	m/día			
Jornada:	8	Hrs			
Los precios no incluyen IGV					TOTAL= 1.34
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					1.28
<i>Operario</i>	hh	0.1	0.007	23.46	0.16
<i>Operador de equipo mediano</i>	hh	0	0.000	22.39	0.00
<i>Oficial</i>	hh	0	0.000	18.56	0.00
<i>Peón</i>	hh	1	0.067	16.78	1.12
Herramientas y equipos					0.06
<i>Herramientas manuales</i>	%MO		5.000	1.28	0.06

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 93: Costo unitario al resanar con mortero

Partida: APLICACIÓN DE MORTERO C:A 1:4					
Rendimiento: 25 m/día					
Jornada: 8 Hrs					
Mezcladora 11p3 incluye P.U gasolina y aceites					
Los precios no incluyen IGV					
TOTAL=					6.32
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					6.12
<i>Operario</i>	hh	0.1	0.032	23.46	0.75
<i>Operador de equipo mediano</i>	hh	0	0.000	22.39	0.00
<i>Oficial</i>	hh	0	0.000	18.56	0.00
<i>Peón</i>	hh	1	0.320	16.78	5.37
Materiales					0.02
<i>Cemento portland Tipo MS/MH (42.5 Kg)</i>	Bls		0.001	19.49	0.016
<i>Arena gruesa</i>	m3		0.0001	40.68	0.004
<i>Agua</i>	m3		0.00002	5.00	0.00009
Herramientas y equipos					0.18
<i>Desgaste de Herramientas</i>	%MO		3.000	6.12	0.18

Fuente: Elaboración Propia

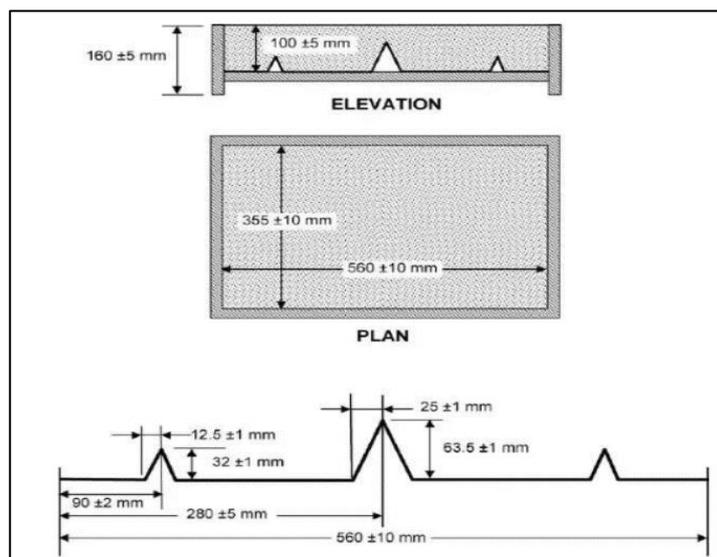
Tabla 94: Resumen de los costos unitarios adicionales

COSTOS ADICIONALES	UNIDAD	SOLES
Curado convencional del concreto	m ³	S/16.74
Curado del concreto con aditivo curador membranal	m ²	S/7.20
Picado de fisuras	m	S/7.46
Limpieza de fisuras	m	S/1.34
Resane de fisuras con mortero	m	S/6.32

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se realizará la comparación de precios de elaboración del concreto, curado y posibles resanes para la losa de ensayo de fisuración cuyas medidas están estandarizadas por la norma ASTM C 1579-06:

Figura 76: Dimensiones del molde para el ensayo de fisuración del concreto



Fuente: [49]

Las dimensiones de la losa de ensayo empleadas para la evaluación económica son las siguientes:

Dimensiones de la losa:

Superficie:	0.196 m ²
Volumen:	0.019 m ³
Ancho de la losa:	0.36 m

Tabla 95: Costo de preparación del concreto para losa de ensayo de fisuración

DESCRIPCIÓN:	UND	METRADO	PRECIO	PARCIAL
PREPARACIÓN DE CONCRETO PATRÓN	m ³	0.019	S/320.38	S/ 6.00
PREPARACIÓN DE CONCRETO + PEG 0.5%	m ³	0.019	S/336.63	S/ 6.31
PREPARACIÓN DE CONCRETO + PEG 1%	m ³	0.019	S/352.87	S/ 6.61
PREPARACIÓN DE CONCRETO + PEG 1.5%	m ³	0.019	S/369.12	S/ 6.92
PREPARACIÓN DE CONCRETO + PEG 1.75%	m ³	0.019	S/377.24	S/ 7.07

Fuente: Elaboración Propia

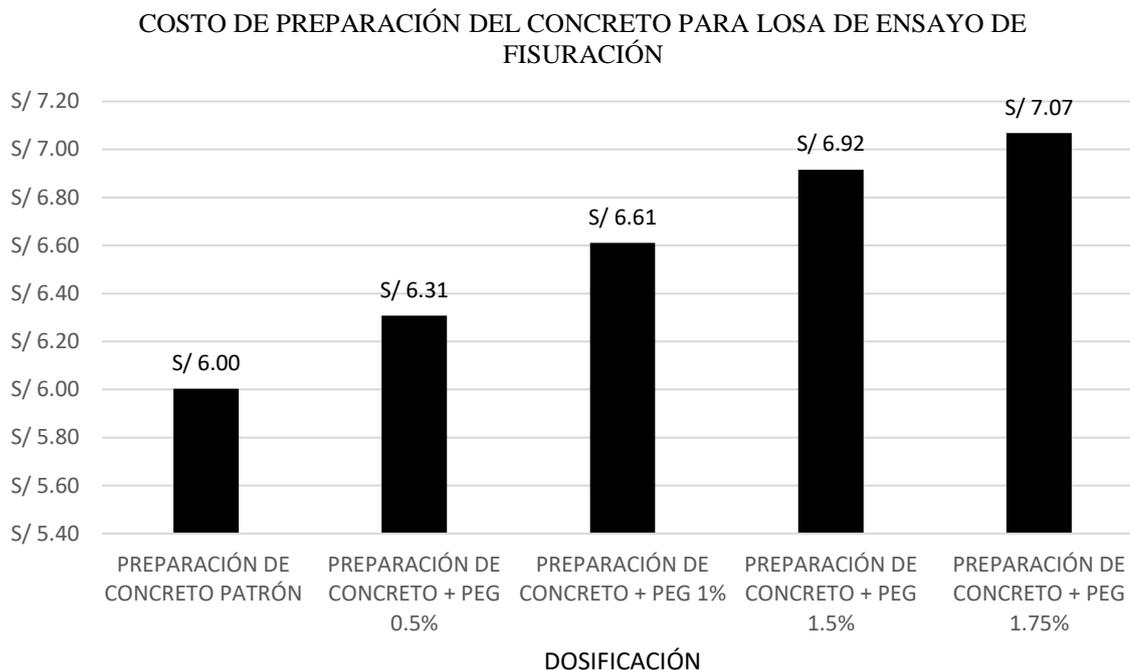
Costos adicionales:

Tabla 96: Costos adicionales producto del curado y posible resane de la losa de ensayo de fisuración

DESCRIPCIÓN:	UND	METRADO	PRECIO	PARCIAL
Curado convencional del concreto	m ³	0.019	S/16.74	S/ 0.31
Curado del concreto con aditivo curador membranal	m ²	0.196	S/7.20	S/ 1.41
Picado de fisuras	m	0.36	S/7.46	S/ 2.69
Limpieza de fisuras	m	0.36	S/1.34	S/ 0.48
Resane de fisuras con mortero	m	0.36	S/6.32	S/ 2.27

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 49: Costo de preparación del concreto para losa de ensayo de fisuración



Fuente: Elaboración Propia

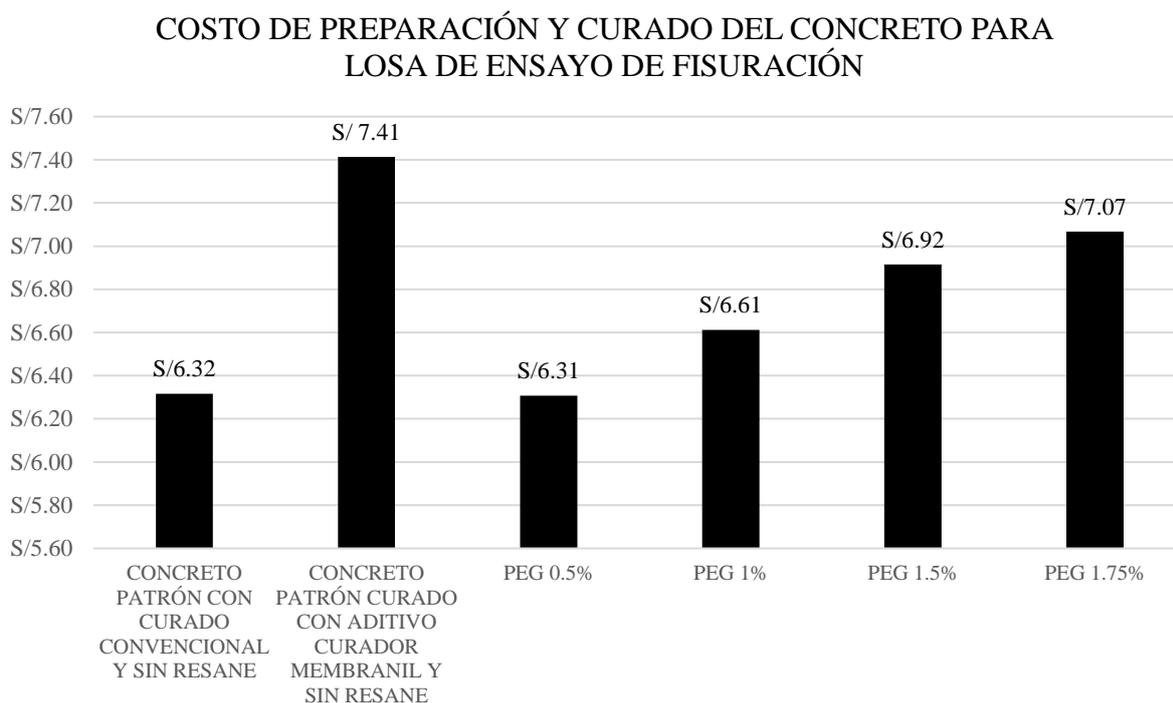
Ahora se añadirán los costos por curado y posibles resanes (Longitud fisurada=0.36m) que pueden tener lugar en el concreto patrón:

Tabla 97: Costo del m³ de concreto más curado en soles

IDENTIFICACIÓN	COSTO DEL M ³ DE CONCRETO MÁS CURADO EN SOLES
CONCRETO PATRÓN CON CURADO CONVENCIONAL Y SIN RESANE	S/6.32
CONCRETO PATRÓN CURADO CON ADITIVO CURADOR MEMBRANIL Y SIN RESANE	S/ 7.41
PEG 0.5%	S/6.31
PEG 1%	S/6.61
PEG 1.5%	S/6.92
PEG 1.75%	S/7.07

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 50: Costo de preparación y curado del concreto para losa de ensayo de fisuración



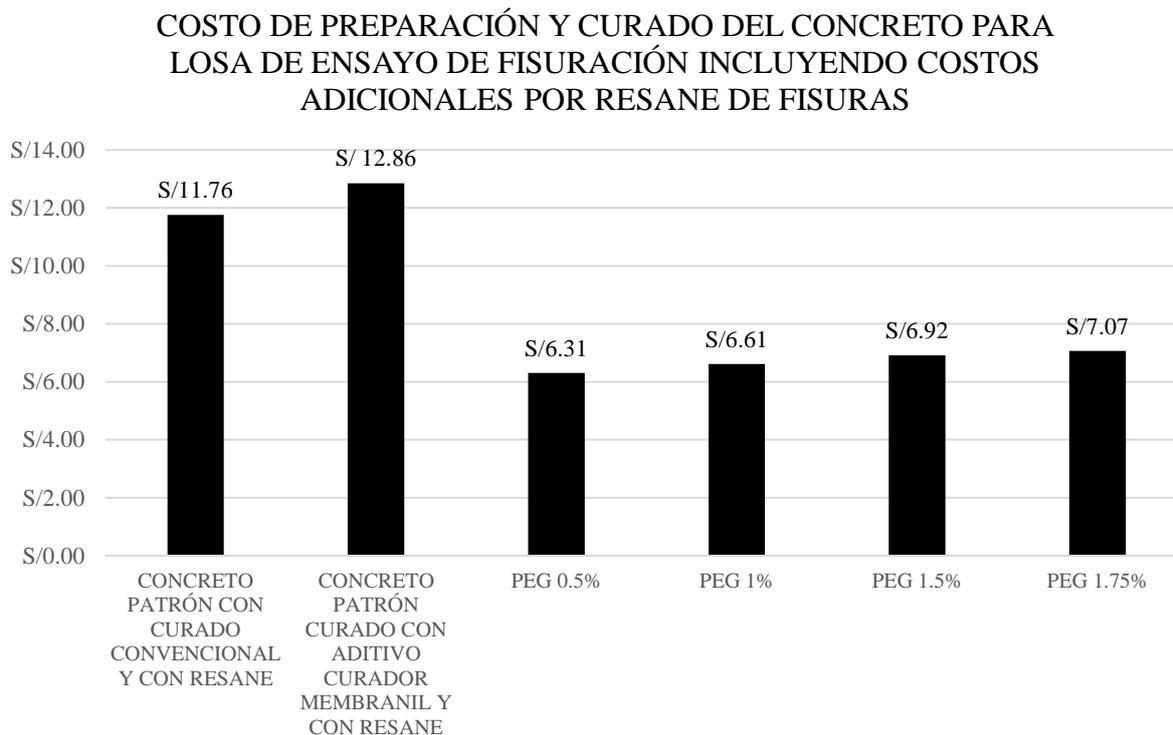
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 98: Costo del m³ de concreto más curado y resane en soles

IDENTIFICACIÓN	COSTO DEL M ³ DE CONCRETO MÁS CURADO Y RESANE EN SOLES
CONCRETO PATRÓN CON CURADO CONVENCIONAL Y CON RESANE	S/11.76
CONCRETO PATRÓN CURADO CON ADITIVO CURADOR MEMBRANIL Y CON RESANE	S/ 12.86
PEG 0.5%	S/6.31
PEG 1%	S/6.61
PEG 1.5%	S/6.92
PEG 1.75%	S/7.07

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 51: Costo de preparación y curado del concreto para losa de ensayo de fisuración incluyendo costos adicionales por resane de fisuras



Fuente: Elaboración Propia

Tras la evaluación económica realizada, los resultados señalan que preparar concreto sin aditivo para el molde de ensayo de fisuración nos cuesta seis soles mientras que para las dosificaciones con aditivo polietilenglicol 4000 al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento se obtuvieron S/ 6.31, S/ 6.61, S/ 6.92 y S/ 7.07 respectivamente, que a primera impresión pareciera que aplicar dicho aditivo no resulta económico sin embargo debemos considerar que al emplear dicho producto ya no se requieren costos adicionales por curado y eventuales resanes; así pues, si al concreto patrón se le añade los costos adicionales por un curado convencional el costo asciende a S/ 6.32 (Igual costo que la dosificación PEG 0.5% y S/ 0.75 menos que la dosificación PEG 1.75%) y si se presentaran posibles fisuras el costo asciende a S/11.76 (S/5.45 más que la dosificación PEG 0.5% y S/4.69 más que la dosificación PEG 1.75%). En el mercado existen productos curadores membraniles que al ser analizados junto al precio del concreto patrón se obtiene un costo de S/ 7.41 (S/ 1.1 más que la dosificación PEG 0.5% y S/ 0.34 más que la dosificación PEG 1.75%) y ante una eventual fisuración el costo asciende a S/ 12.86 (S/ 6.55 más que la dosificación PEG 0.5% y S/ 5.79 más que la dosificación PEG 1.75%); por lo que emplear PEG 4000 como agente de autocurado resulta económico.

4.5. DISCUSIÓN

Es pertinente aclarar que no se encontraron antecedentes donde se haya estudiado al aditivo Polietilenglicol 4000 para la relación agua-cemento utilizada en este estudio, además para este estudio el PEG4000 fue el único agente de autocurado y se empleó el cemento tipo HS(MH) por lo que los resultados obtenidos serán comparados con los resultados de los investigadores considerados en los antecedentes de este informe teniendo en cuenta lo antes mencionado.

Para poder realizar una discusión adecuada de los resultados obtenidos en esta investigación con respecto a los resultados de los investigadores considerados para esta sección es necesario realizar simplificaciones para no caer en falacias, es por ello que se ha considerado evaluar el porcentaje mínimo y porcentaje máximo de la resistencia a la compresión (Una de las principales propiedades del concreto) de diseño alcanzada de cada investigación ya que los polietilenglicoles empleados por los investigadores considerados en el ítem 2.1 (Antecedentes del problema) han sido de distintas masas moleculares y en distintas dosificaciones, además en algunas de ellas el polietilenglicol no ha sido el único agente de autocurado del concreto.

A continuación, se enlista y codifica los antecedentes que serán considerados para esta sección:

_ **REF [14]:** J. Kumar, Srikanth y J. Rao, «STRENGTH CHARACTERISTICS OF SELF-CURING CONCRETE,» *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 1, n° 1, pp. 51-57, 2012.

_ **REF [17]:** M. Bhadki Safwan, M. A. Bodale Ahamad, K. Sayyad y N. Ulde Nuh, «AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON INTERNALLY CURED CONCRETE,» TESIS, Navi Mumbai, 2015-2016.

_ **REF [18]:** H. Dhull, «An Experimental Investigation on Compressive Strength of Self-Curing Concrete Incorporated With Polyethylene Glycol-400,» *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, vol. 5, n° IX, 2017.

_ **REF [20]:** Sarathschandra, Venkateswarlu, Venkateswarlu y Sundeep, «MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH STRENGTH SELF - COMPACTING CONCRETE USING SELF CURING COMPOUND (PEG- 600),» *International Journal of Research and Analytical Reviews*, vol. 4, n° 1, 2017.

De los antecedentes señalados anteriormente se obtienen los siguientes datos:

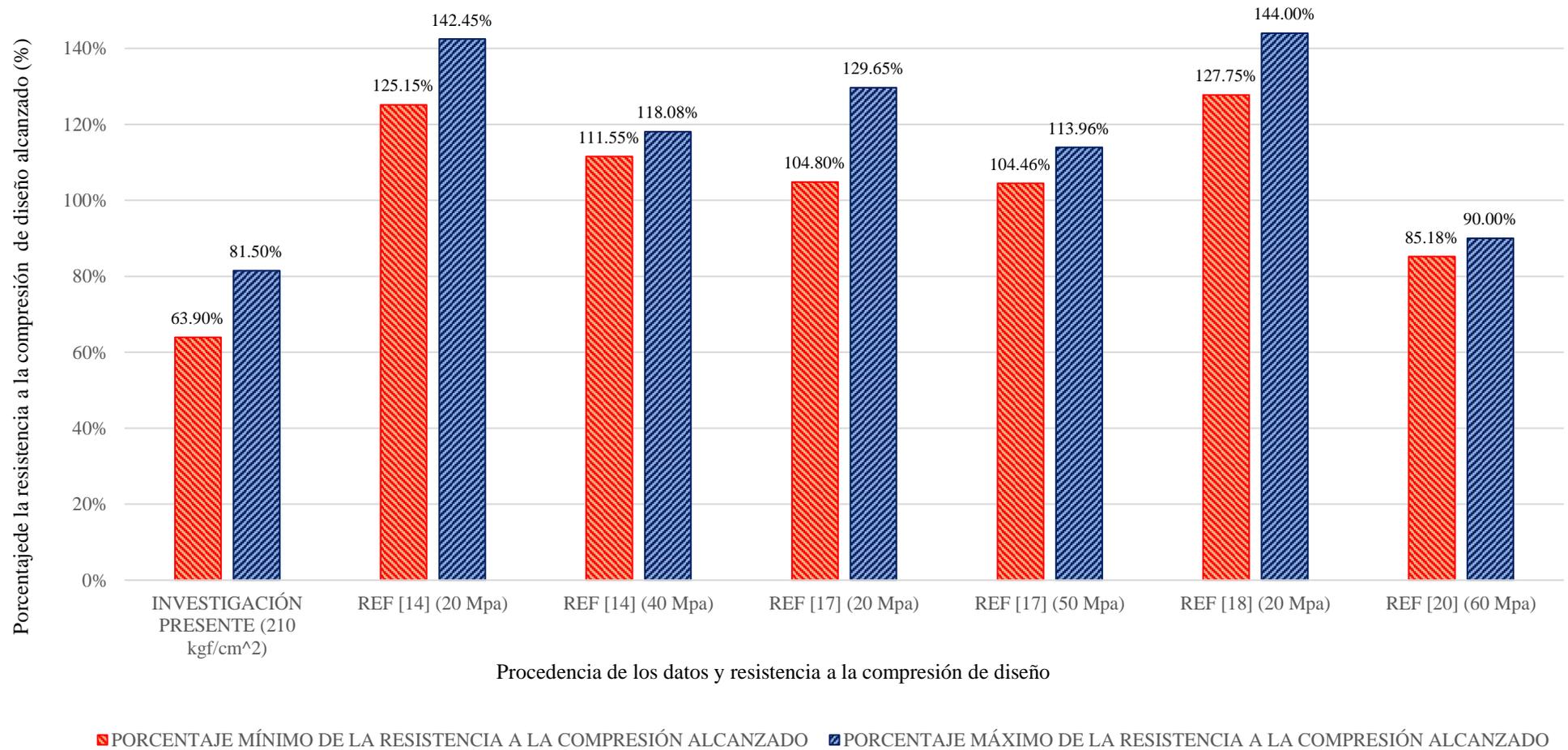
Tabla 99: Comparación de los porcentajes de la resistencia a la compresión de diseño a los 28 días alcanzados en distintas investigaciones donde involucran al aditivo polietilenglicol

PROCEDENCIA DE LOS DATOS Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE DISEÑO	PORCENTAJE MÍNIMO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ALCANZADO			PORCENTAJE MÁXIMO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ALCANZADO		
	AGENTES DE AUTOCURADO	PORCENTAJE DE DOSIFICACIÓN DEL PEG	%	AGENTES DE AUTOCURADO	PORCENTAJE DE DOSIFICACIÓN DEL PEG	%
INVESTIGACIÓN PRESENTE (210 kgf/cm ²)	PEG 4000	0.5%	63.90%	PEG 4000	1%	81.50%
REF [14] (20 Mpa)	PEG 400	2%	125.15%	PEG 400	1%	142.45%
REF [14] (40 Mpa)	PEG 400	1.50%	111.55%	PEG 400	0.50%	118.08%
REF [17] (20 Mpa)	PEG 400	3%	104.80%	PEG 400	1%	129.65%
REF [17] (50 Mpa)	PEG 400	3%	104.46%	PEG 400	2%	113.96%
REF [18] (20 Mpa)	PEG 400	2.00%	127.75%	PEG 400	1.00%	144.00%
REF [20] (60 Mpa)	PEG 600	1.50%	85.18%	PEG 600	0.50%	90.00%

Fuente: Elaboración Propia

De forma gráfica se tiene:

Gráfico 52: Comparación de los porcentajes de la resistencia a la compresión de diseño a los 28 días alcanzados en distintas investigaciones donde involucran al aditivo polietilenglicol



Fuente: Elaboración Propia

El mejor resultado obtenido en esta investigación tras el ensayo de la resistencia de la compresión fue con la dosificación de Polietilenglicol 4000 al 1% del peso del cemento, estos resultados guardan relación con los resultados obtenidos por los investigadores de las referencias codificadas como REF [14], REF [17], REF [18] y REF [20] pues dichas investigaciones obtuvieron sus mejores resultados con dosificaciones de polietilenglicol del 0.5% al 2% del peso del cemento.

Este estudio no concuerda con los porcentajes de polietilenglicol empleados por los investigadores de las referencias codificadas como REF [14], REF [17], REF [18] y REF [20] con las que obtuvieron los resultados más desfavorables con respecto al porcentaje de la resistencia a la compresión de diseño alcanzado pues los porcentajes empleados se encuentran contenidos entre 1.5% y 2% del peso del cemento mientras que en esta investigación el peor porcentaje de la resistencia a la compresión de diseño alcanzado fue cuando se empleó el agente de autocurado Polietilenglicol 4000 al 0.5% del peso del cemento; sin embargo, si seguimos revisando el desarrollo de las resistencias a los 28 días de las demás dosificaciones (Ver gráfico 27), tras la dosificación del 1% del peso del cemento, la resistencia a la compresión disminuyó.

V. CONCLUSIONES

_ En este proyecto de investigación se determinó que el porcentaje de absorción de los agregados empleados para este estudio (0.77% para el agregado fino y 1.04% para el agregado grueso) no fue lo suficiente para maximizar el proceso de autocurado empleando el aditivo Polietilenglicol 4000.

_ En este proyecto de investigación se determinó una relación existente entre la cantidad de aditivo en la mezcla y el asentamiento de la misma pues a mayores porcentajes de Polietilenglicol 4000 añadidos a la mezcla el asentamiento se reducía hasta un 21% para la dosificación 1.75% con respecto al asentamiento obtenido para el concreto patrón.

_ En este proyecto de investigación se determinó una relación existente entre la cantidad de aditivo en la mezcla y volumen exudado pues se encontró una tendencia a la baja al aumentar la dosificación de Polietilenglicol 4000, no obstante, esta tendencia a la baja se apreció hasta llegar a la dosificación PEG 1.5% ya que al pasar a la dosificación PEG 1.75% se apreció un aumento de 0.3 ml frente a la dosificación PEG 1.5% concluyendo que el efecto de la reducción del volumen exudado solo se produce hasta alcanzar una dosificación PEG 1.5%.

_ En este proyecto de investigación se determinó una relación existente entre la cantidad de aditivo en la mezcla y el porcentaje del aire atrapado pues al aumentar el porcentaje de aditivo en la mezcla también aumentaba el porcentaje de contenido de aire, la mezcla con la dosificación PEG 1.75% obtuvo un 2.4% de contenido de aire frente al 1.6% del concreto patrón lo que es un 15% más y frente al contenido de aire teórico (2%) un 0.4% más.

_ En este proyecto de investigación se determinó una relación existente entre la cantidad de aditivo en la mezcla y la temperatura del concreto fresco pues al aumentar el porcentaje de aditivo en la mezcla también aumentaba la temperatura de la misma, esto se debe a la reacción exotérmica de la hidratación de las moléculas de oxígeno presente en el PEG 4000, a pesar del aumento de temperatura al añadir mayores porcentajes de aditivo las temperaturas no incrementan significativamente debido al tipo de cemento que se empleó pues este fue de un bajo calor de hidratación.

_ En este proyecto de investigación se determinó la resistencia a compresión de probetas cilíndricas elaboradas con un concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento para las edades de 7, 14, 28 y 56 días; para la edad de 28 días el concreto patrón alcanzó un 102% de la resistencia a la compresión de diseño, los porcentajes con aditivo que alcanzaron mayores resistencias a los 28

días fueron las dosificaciones PEG 1% y PEG 1.5% pues alcanzaron una resistencia a la compresión de 81.5% y 80.9% respectivamente.

_ En este proyecto de investigación se determinó el grado de permeabilidad del concreto a la edad de 28 días para el concreto de la mezcla patrón y para el concreto de las mezclas elaboradas con dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento, de los resultados obtenidos se concluye que el grado de permeabilidad de concreto aumenta cuando elevamos por porcentajes de Polietilenglicol añadidos a la mezcla y la mejor dosificación con aditivo fue la de PEG 1% pues obtuvo una penetración máxima promedio de 3.06 cm frente a los 2.1 cm del concreto patrón.

_ En este proyecto de investigación se determinaron los tiempos de fraguado iniciales para la mezcla patrón y para las mezclas elaboradas con dosificaciones de polietilenglicol 4000; la mezcla patrón alcanzó su tiempo de fraguado inicial a las 10:15 horas, la mezcla con 0.5% de aditivo alcanzó su fraguado inicial a las 09:09 horas, la mezcla con 1% de aditivo alcanzó su fraguado inicial a las 08:55 horas, la mezcla con 1.5% de aditivo alcanzó su fraguado inicial a las 07:32 horas y la mezcla con 1.75% de aditivo alcanzó su fraguado inicial a las 09:05 horas; se concluye que el tiempo para alcanzar una resistencia a la penetración de 500 PSI se reduce hasta 02:42 horas con respecto a la mezcla patrón para la mezcla con porcentaje de aditivo Polietilenglicol 4000 al 1.5% del peso del cemento.

_ En este proyecto de investigación se determinaron los tiempos de fraguado finales para la mezcla patrón y para las mezclas elaboradas con dosificaciones de polietilenglicol 4000; la mezcla patrón alcanzó su tiempo de fraguado final a las 13:30 horas, la mezcla con 0.5% de aditivo alcanzó su fraguado final a las 13:26 horas, la mezcla con 1% de aditivo alcanzó su fraguado final a las 13:25 horas, la mezcla con 1.5% de aditivo alcanzó su fraguado final a las 12:54 horas y la mezcla con 1.75% de aditivo alcanzó su fraguado final a las 12:18 horas; se concluye que el tiempo para alcanzar una resistencia a la penetración de 4000 PSI se reduce hasta 01:12 horas con respecto a la mezcla patrón para la mezcla con porcentaje de aditivo Polietilenglicol 4000 al 1.75% del peso del cemento.

_ En este proyecto de investigación se determinó que la mayor relación de reducción de grietas (CRR) se produce para las dosificaciones PEG 1% y PEG 1.5% del peso del cemento pues obtuvieron un CRR de 46.7% cada una.

_ En este proyecto de investigación se determinó la resistencia a la flexión de probetas prismáticas elaboradas con un concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento para la edad 28 días donde se encontró un aumento de la resistencia a la flexión del concreto con aditivo polietilenglicol al

1.5% del peso del cemento pues obtuvo un módulo de rotura de 37.8 Kgf/cm², seguido de la mezcla para concreto patrón que obtuvo un módulo de rotura de 36.8 Kgf/cm², el tercer módulo de rotura más alto la obtuvo el concreto con polietilenglicol al 1% del peso del cemento con 33 Kgf/cm², concluyendo que las mejores dosificaciones con aditivo polietilenglicol 4000 se encuentran entre 1% y 1,5%.

_ En este proyecto de investigación se realizó una evaluación económica al emplear polietilenglicol dosificaciones de polietilenglicol al 0.5%, 1%, 1.5% y 1.75% del peso del cemento frente a un concreto convencional y se concluyó que emplear el aditivo polietilenglicol con los mejores porcentajes que son 1% y 1.5% del peso del cemento se incrementan los costos en 32.49 soles y en 48.74 soles respectivamente por metro cúbico de concreto preparado, esta diferencia de costos se reduce cuando se consideran los gastos por curado convencional del concreto e incluso cuando se emplea un aditivo curador membranal y si consideramos eventuales resanes debido a fisuraciones en estos dos últimos, aplicar el aditivo polietilenglicol 4000 resulta rentable.

VI. RECOMENDACIONES

_ Se recomienda emplear agregados con un mayor porcentaje de absorción para complementar el proceso de autocurado aplicando polietilenglicol 4000 en la ciudad de Chiclayo.

_ Se recomienda elegir un slump de diseño adecuado para compensar la reducción del asentamiento al aplicar el agente de autocurado polietilenglicol 4000.

_ Se recomienda emplear dosificaciones de polietilenglicol 4000 en una dosificación del 1.5% de peso del cemento para reducir el volumen de exudación del concreto.

_ Se recomienda emplear dosificaciones bajas (hasta un 1.5% del peso del cemento) del agente de autocurado concreto polietilenglicol 4000 para obtener bajos incrementos del contenido de aire en la mezcla y así mejorar la durabilidad del concreto.

_ Se recomienda disolver el aditivo polietilenglicol 4000 en agua a 90 °C puesto que los ensayos de contenido de aire del concreto para las mezclas con dosificaciones del aditivo no revelaron un incremento significativo del contenido de aire al aplicar este método.

_ Se recomienda realizar los controles de temperatura con mayor incidencia a medida que se aumenta la dosificación del agente de autocurado polietilenglicol 4000 puesto que la hidratación de las moléculas de oxígeno del aditivo presenta una reacción exotérmica.

_ Se recomienda emplear cementos con resistencias iniciales altas que al combinarse con agregados que presenten mayores porcentajes de absorción, se maximice el proceso de autocurado del concreto al emplear polietilenglicol 4000 como agente de autocurado en dosificaciones comprendidas entre el 1% y el 1.5% del peso del cemento.

_ Se recomienda tomar las medidas pertinentes al emplear mayores dosificaciones de aditivo polietilenglicol 4000 puesto que el tiempo de fraguado inicial y final se reduce.

_ Se recomienda emplear un microscopio para medir el ancho de fisuras durante el ensayo de fisuración.

_ Se recomienda emplear el aditivo polietilenglicol 4000 como agente de autocurado en dosificaciones comprendidas entre el 1% y 1.5% del peso del cemento puesto que han sido las mejores dosificaciones tras la evaluación técnica y económica.

_ Se recomienda emplear porcentajes de polietilenglicol 4000 hasta 1.75% del peso del cemento puesto que su empleo resulta económico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] THE GUARDIAN, «Concrete: the most destructive material on Earth,» 2019.
- [2] C. F. Ponce de León Echegaray, S. K. Huamani Rojas y S. A. Eddie, «LOS BENEFICIOS DEL USO DE BACTERIAS EN EL CONCRETO AUTOREGENERANTE,» *CIVILÍZATE*, nº 7, pp. 23-38, 2015.
- [3] ACI Committee 224-Cracking, «CAUSES, EVALUATION AND REPAIR OF CRACKS IN CONCRETE STRUCTURES,» de *ACI MANUAL OF CONCRETE PRACTICE*, AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2007.
- [4] J. Kogan y D. Bondorevsky, «La infraestructura en el desarrollo de América Latina,» *Economía y Desarrollo*, vol. 156, nº 1, pp. 168-186, 2016.
- [5] C. Velasco, «Inversión en infraestructura en el Perú,» *MONEDA*, nº 170, pp. 26-28, 2017.
- [6] RPP, «RPP NOTICIAS,» 26 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <https://rpp.pe/economia/economia/capeco-el-70-de-viviendas-en-lima-son-construidas-sin-normas-tecnicas-noticia-1078934>. [Último acceso: 28 Septiembre 2020].
- [7] ANDINA, «ANDINA,» 31 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-autoconstruccion-casas-alcanza-un-80-periferia-chiclayo-711822.aspx>. [Último acceso: 28 Septiembre 2020].
- [8] K. G. Quispe Napanga, «APLICACIÓN DE TÉCNICAS SOSTENIBLES DE REPARACIÓN DE LA FISURACIÓN DEL CONCRETO ARMADO EN EDIFICACIONES,» TESIS, Lima, 2018.
- [9] S. R. Pinchi Morey y H. J. Ramírez Mejía, «PROPUESTA DE APLICACIÓN DEL MÉTODO DE AUTOCURADO ADICIONANDO LADRILLO TRITURADO AL AGREGADO GRUESO PARA DISMINUIR LAS FISURAS SUPERFICIALES Y AUMENTAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN ZÓNAS CÁLIDAS (LIMA NORTE),» TESIS, LIMA, 2020.
- [10] A. Y. Vásquez Taico, «CONCRETO AUTOCURABLE F'C=210Kgf/cm², REEMPLAZANDO UN PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO CON TRAQUITA,» TESIS, CAJAMARCA, 2019.
- [11] L. F. Loya Olivera, «EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CURADO DE CONCRETO EN OBRA Y LABORATORIO, EN EL DISTRITO DE YANACANCHA, PASCO – 2017,» TESIS, Pasco, 2018.
- [12] G. Rajamanickam y R. Vaiyapuri, «SELF COMPACTING SELF CURING CONCRETE WITH LIGHTWEIGHT AGGREGATES,» *GRADEVINAR*, vol. 68, pp. 279-285, 2016.
- [13] M. Mousa, M. Mahdy, A. Abdel-Reheem y A. Yehia, «MECHANICAL PROPERTIES OF SELF-CURING CONCRETE (SCUC),» *HBRC Journal*, vol. 11, nº 3, pp. 311-320, 2015.
- [14] J. Kumar, Srikanth y J. Rao, «STRENGTH CHARACTERISTICS OF SELF-CURING CONCRETE,» *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 1, nº 1, pp. 51-57, 2012.

- [15] Ankith, «SELF CURING CONCRETE WITH LIGHT WEIGHT AGREGGATE,» *International Journal of Scientific Engineering and Research*, vol. 3, nº 7, pp. 107-111, 2015.
- [16] R. Ali-Khan y C. Gupta, «A REVIEW ON THE STUDY OF SELF CURING CONCRETE,» *Journal Of Engineering Sciences*, vol. 11, nº 2, 2020.
- [17] M. Bhadki Safwan, M. A. Bodale Ahamad, K. Sayyad y N. Ulde Nuh, «AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON INTERNALLY CURED CONCRETE,» TESIS, Navi Mumbai, 2015-2016.
- [18] H. Dhull, «An Experimental Investigation on Compressive Strength of Self-Curing Concrete Incorporated With Polyethylene Glycol-400,» *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, vol. 5, nº IX, 2017.
- [19] K. WANI, Y. OHAMA y K. DEMURA, «Drying Shrinkage Reduction of Polymer-Modified Mortars Using Redispersible Polymer Powder by Use of Shrinkage-Reducing Agents,» *J. Soc. Mat. Sci.*, vol. 46, nº 1, pp. 84-88, 1997.
- [20] Sarathschandra, Venkateswarlu, Venkateswarlu y Sundeep, «MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH STRENGTH SELF - COMPACTING CONCRETE USING SELF CURING COMPOUND (PEG-600),» *International Journal of Research and Analytical Reviews*, vol. 4, nº 1, 2017.
- [21] V. Bílek, L. Kalina y R. Novotný, «Polyethylene glycol molecular weight as an important parameter affecting drying shrinkage and hydration of alkali-activated slag mortars and pastes,» de *Construction and Building Materials*, Praga, 2018, pp. 564-571.
- [22] E. Riva Lopez, DISEÑO DE MEZCLAS, Lima, 2015.
- [23] P. Perez Buendía, «VARIACIÓN EN LA RESISTENCIA DE TESTIGOS DE CONCRETO POR EL TAMAÑO Y FORMA DE PROBETAS,» Tesis, Lima, 2015.
- [24] SIKA, «Acelerantes,» *Aditivos para el concreto*, vol. 197, pp. 14-19, 2014.
- [25] R. L. Enrique, Naturaleza y Materiales del Concreto, Lima, 2000.
- [26] D. BENTZ y J. WEISS, «INTERNAL CURING: A 2010 STATE OF THE ART REVIEW,» NIST, Gaithersburg, 2011.
- [27] B. Lee y y. Young, «Durability of Latex Modified Concrete Mixed with a Shrinkage Reducing Agent for Bridge Deck Pavement,» *International Journal of Concrete Structures and Materials*, vol. 12, nº 23, 2018.
- [28] SOWJANYA, ANADINNI y MAHADEVAIH, «A LITERATURE REVIEW ON INTERNAL CURING OF CONCRETE,» *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGENIEERING APPLIED SCIENCES AND TECHNOLOGY*, vol. 4, nº 2455-2143, pp. 182-185, 2019.
- [29] B. Mohd, B. Mahd, S. Kaleem y U. Nuh, «AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON INTERNALLY CURED CONCRETE,» Mumbai, 2015-2016.
- [30] R. Rawdhan, A. Hammed y S. Salih, «Using Polyethylene Glycol to Produce Self Cured Cement Mortar,» *Engineering and Technology Journal*, vol. 36, nº 4, 2018.

- [31] S. Jyoti y Karaless, «An Experimental Investigation on Internal Sealing of Self Curing & Self Compacting Concrete Using Higher Molecular Weight of Poly-ethylene Glycol (PEG),» *International Journal of Creative Research Thoughts*, vol. 6, nº 2, pp. 286-293, 2018.
- [32] C. NGIRABAKUNZI, «COMPARATIVE STUDY ON EXTERNAL SELF CURING CONCRETE AND CONVENTIONAL CURING CONCRETE USING DIFFERENT BINDING MATERIALS (OPC AND PPC),» MANGALORE, 2019.
- [33] A. Galicia y M. Velásquez, «Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $f'c=210\text{kg/cm}^2$,» Proyecto de tesis, Cuzco, 2016.
- [34] NTP400.012, «AGREGADOS. Análisis Granulométrico del agregado fino, grueso y global,» 2013.
- [35] NTP400.037, «AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto,» 2014.
- [36] NTP339.185, «AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado,» 2013.
- [37] NTP400.021, «AGREGADOS. Peso específico y absorción del agregado grueso».
- [38] NTP400.018, «AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado $75\ \mu\text{m}$ (N° 200) por lavado en agregados.»
- [39] J.-H. Kim y R. Robertson, «PREVENTION OF AIR VOID FORMATION IN POLYMER-MODIFIED CEMENT MORTAR BY PRE-WETTING,» 1996.
- [40] NTP339.035, «HORMIGÓN. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams».
- [41] NTP339.077, «CONCRETO. Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto».
- [42] NTP339.080, «CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión».
- [43] NTP339.184, «HORMIGÓN. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón».
- [44] NTP339.046, «HORMIGÓN: Método de ensayo para determinar la densidad (Peso unitario), rendimiento y contenido de aire (Método gravimétrico) del hormigón».
- [45] NTP339.034, «Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas».
- [46] NTP339.033, «Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo».
- [47] UNE12390-8, «Profundidad de penetración de agua bajo presión».

- [48] NTP339.082, «HORMIGÓN. Método de ensayo para la determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración».
- [49] ASTM C1579, «Método estandarizado para evaluar la fisuración por retracción plástica del concreto reforzado con fibra restringida».
- [50] CARBAJAL y PORTOCARRERO, «ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FISURACIÓN DEL CONCRETO POR RETRACCIÓN PLÁSTICA CON ADITIVOS INCORPORADORES DE AIRE VS. FIBRAS DE POLIPROPILENO,» AREQUIPA, 2020.
- [51] NTP339.078, «HORMIGÓN. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo».
- [52] NTP339.033, «Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo».

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Informe del ensayo de contenido de humedad del agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2934

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1233 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Obra : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Lugar : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

ENSAYO : Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 339.185 - 2002

Muestra : Agregado Fino
 Cantera : La Victoria-Patapo

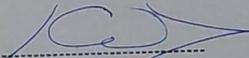
Número de determinación	1
Código de tara	T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g 500.0
Peso muestra seca + peso de tara	g 498.1
Peso de agua	g 1.9
Peso de tara	g 0.0
Peso neto muestra seca	g 498.1
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 0.38

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 German Oscar Gastelo Ojeda
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES




 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351


964423859 - 943011231


fermatisac@gmail.com


Ca. José Galvez N° 120


www.fermatisac.cf

Anexo 2: Informe del análisis granulométrico del agregado fino de la cantera La Victoria-Pátapo



FERMATI
S.A.C.
Constructora y Servicios Generales

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2934

(Pag. 1 de 1)

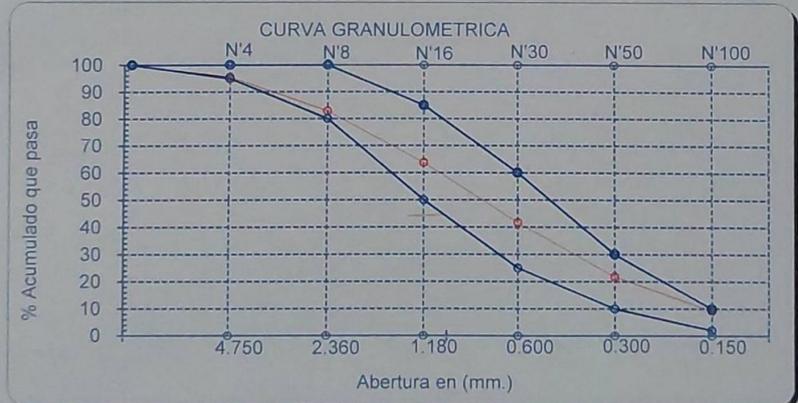
Expediente N° : 1233 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Obra : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Lugar : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

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

Muestra : Agregado Fino
Cantera : La Victoria-Patapo

Malla		Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	100	100	
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0	100	100	
N° 04	4.750	4.5	4.5	95.5	95	100	
N° 08	2.360	12.7	17.2	82.8	80	100	
N° 16	1.180	19.1	36.3	63.7	50	85	
N° 30	0.600	22.0	58.3	41.7	25	60	
N° 50	0.300	19.9	78.2	21.8	10	30	
N° 100	0.150	12.5	90.7	9.3	2	10	
Fondo		9.3	100.0	0.0			

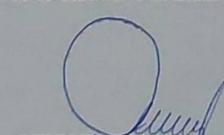
Módulo de Fineza	2.851
Abertura de malla de referencia	9.500



CURVA GRANULOMETRICA

OBSERVACIONES :

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



German Oscar Gastelo Chirinos
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES





Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP 123351

964423859 - 943011231

fermatisac@gmail.com

Ca. José Galvez N° 120

www.fermatisac.cf

Anexo 3: Informe del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino de la cantera La Victoria-Pátapo



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2934 (Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1233 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Ubicación : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

ENSAYO : AGREGADO. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado
 REFERENCIA : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Muestra : Agregado Fino
 Cantera : La Victoria-Patapo

PESO UNITARIO SUELTO

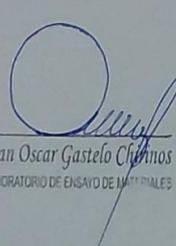
Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g.	9606.0
Peso de molde de ensayo vacío	g.	6327
Peso neto muestra contenida	g.	3279.0
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.002114
Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1551
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1546

PESO UNITARIO COMPACTADO

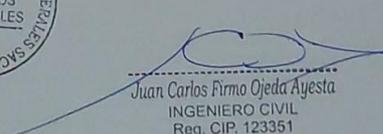
Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g.	9987
Peso de molde de ensayo vacío	g.	6327
Peso neto muestra contenida	g.	3660
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00211
Peso unitario compactado húmedo	kg/m ³	1731
Peso unitario compactado seco	kg/m ³	1726

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 German Oscar Gastelo Chirinos
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

 964423859 - 943011231

 Ca. José Galvez N° 120

 fermatisac@gmail.com

 www.fermatisac.cf

Anexo 4: Informe del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino de la cantera La Victoria-Pátapo



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2934 (Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1233 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Ubicación : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

ENSAYO AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.
 REFERENCIA : NTP 400.022

Muestra : Agregado Fino
 Cantera : La Victoria-Patapo

A.- Datos de la arena

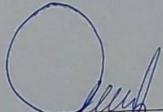
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	985.7
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	g	681.7
4.- Peso del Agua.	g	304.0
5.- Peso del Frasco	g	181.7
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	g	677.9
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	496.2
8.- Volumen del frasco.	cm ³	500.0

B.- Resultados

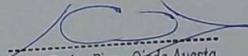
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	g/cm ³	2.532
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm ³	2.551
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm ³	2.582
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	0.77

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




 Juan Carlos Firma Ejeida Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 5: Informe del ensayo para determinar el material más fino que pasa por el tamiz n°200 del agregado fino de la cantera La Victoria-Pátapo



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2934 (Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1233 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Proyecto : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Ubicación : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

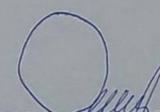
ENSAYO : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado en agregados
 REFERENCIA : NORMA NTP 400.018 / ASTM C-117

Muestra : Agregado Fino
 Cantera : La Victoria-Patapo

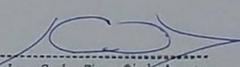
Número de determinación	1
Código de tara	T-1
Peso inicial muestra seca + peso de tara	g 500.0
Peso final muestra seca + peso de tara	g 485.7
Peso de finos < tamiz N°200	g 14.3
Peso de tara	g 0.0
Peso de muestra retenida en tamiz N°200	g 485.7
Material más fino que pasa por el tamiz N°200	% 2.86

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 German Oscar Gastelo Cárminos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

 964423859 - 943011231

 Ca. José Galvez N° 120

 fermatisac@gmail.com

 www.fermatisac.cf

Anexo 6: Informe del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de la cantera
Tres Tomas-Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2935 (Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1233 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Obra : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Lugar : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

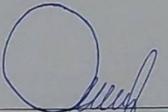
ENSAYO : Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 339.185 - 2002

Muestra : Agregado Grueso
 Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe

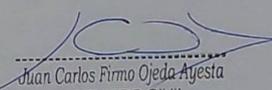
Número de determinación	1
Código de tara	T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g. 8373.2
Peso muestra seca + peso de tara	g. 8335
Peso de agua	g. 38.2
Peso de tara	g. 0.0
Peso neto muestra seca	g. 8335
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 0.46

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

 964423859 - 943011231
 Ca. José Galvez N° 120

 fermatisac@gmail.com
 www.fermatisac.cf

Anexo 7: Informe del análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera Tres Tomas-Ferreñafe



FERMATI S.A.C.
Constructora y Servicios Generales

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2935

(Pag. 1 de 1)

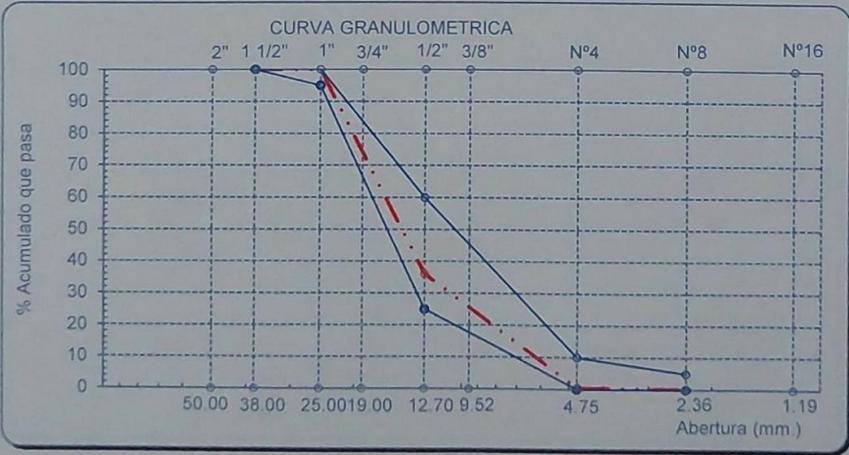
Expediente N° : 1233 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C.
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Obra : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Ubicación : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

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

Muestra : Agregado Grueso
 Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe
 Huso : 57

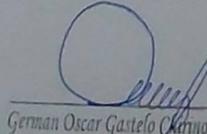
Malla		(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa
Pulg.	(mm.)			
2"	50.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	10.5	10.5	89.5
1/2"	12.70	53.4	63.9	36.1
3/8"	9.52	17.9	81.8	18.2
N° 04	4.75	17.7	99.5	0.5
N° 08	2.36	0.3	99.8	0.2
N° 16	1.19	0.0	99.9	0.1
Fondo		0.1	100.0	0.0
Tamaño Maximo		1"	25.00	
Tamaño Maximo Nominal		3/4"	19.00	

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.



German Oscar Gastelo Chirinos





Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL

 964423859 - 943011231

 fermatissac@gmail.com

 Ca. José Galvez N° 120

 www.fermatissac.cf

Anexo 8: Informe del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso de la cantera Tres Tomas-Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2935 (Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1233 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Ubicación : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

ENSAYO : AGREGADO. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado
 REFERENCIA : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Muestra : Agregado Grueso
 Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe

PESO UNITARIO SUELTO

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g.	16653.5
Peso de molde de ensayo vacío	g.	9084
Peso neto muestra contenida	g.	7569.5
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00544
Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1390
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1370

PESO UNITARIO COMPACTADO

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g.	17644.5
Peso de molde de ensayo vacío	g.	9084
Peso neto muestra contenida	g.	8560.5
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00544
Peso unitario compactado húmedo	kg/m ³	1573
Peso unitario compactado seco	kg/m ³	1550

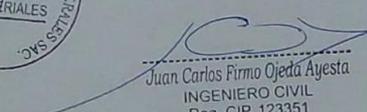
OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.



German Oscar Gastelo Chirinos
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES





Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 123351

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 9: Informe del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso de la cantera Tres Tomas-Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2935 (Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1233 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Ubicación : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

ENSAYO : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
 REFERENCIA : NTP 400.022

Muestra : Agregado Grueso
Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe

A.- Datos de la Grava

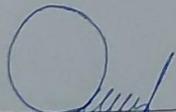
1.- Peso de la muestra seca al horno	g	1535
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1551
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	1718
4.- Peso de la canastilla	g	774
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	g	944

B.- Resultados

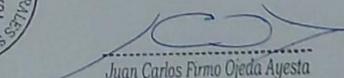
A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA.	g/cm ³	2.529
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm ³	2.555
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm ³	2.597
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	1.04

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 German Oscar Gastelo Carrinos
TEC. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES




 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351


964423859 - 943011231


fermatisac@gmail.com


Ca. José Galvez N° 120


www.fermatisac.cf

Anexo 10: Informe del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de la cantera El Pedregal-Reque



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2933 (Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1233 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Obra : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Lugar : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

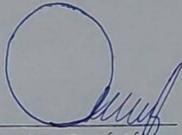
ENSAYO : Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 339.185 - 2002

Muestra : Agregado Grueso
 Cantera : El Pedregal - Reque

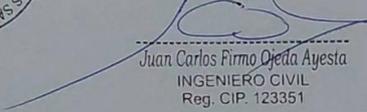
Número de determinación	1
Código de tara	T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g. 8283.2
Peso muestra seca + peso de tara	g. 8248
Peso de agua	g. 35.2
Peso de tara	g. 0.0
Peso neto muestra seca	g. 8248
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 0.43

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

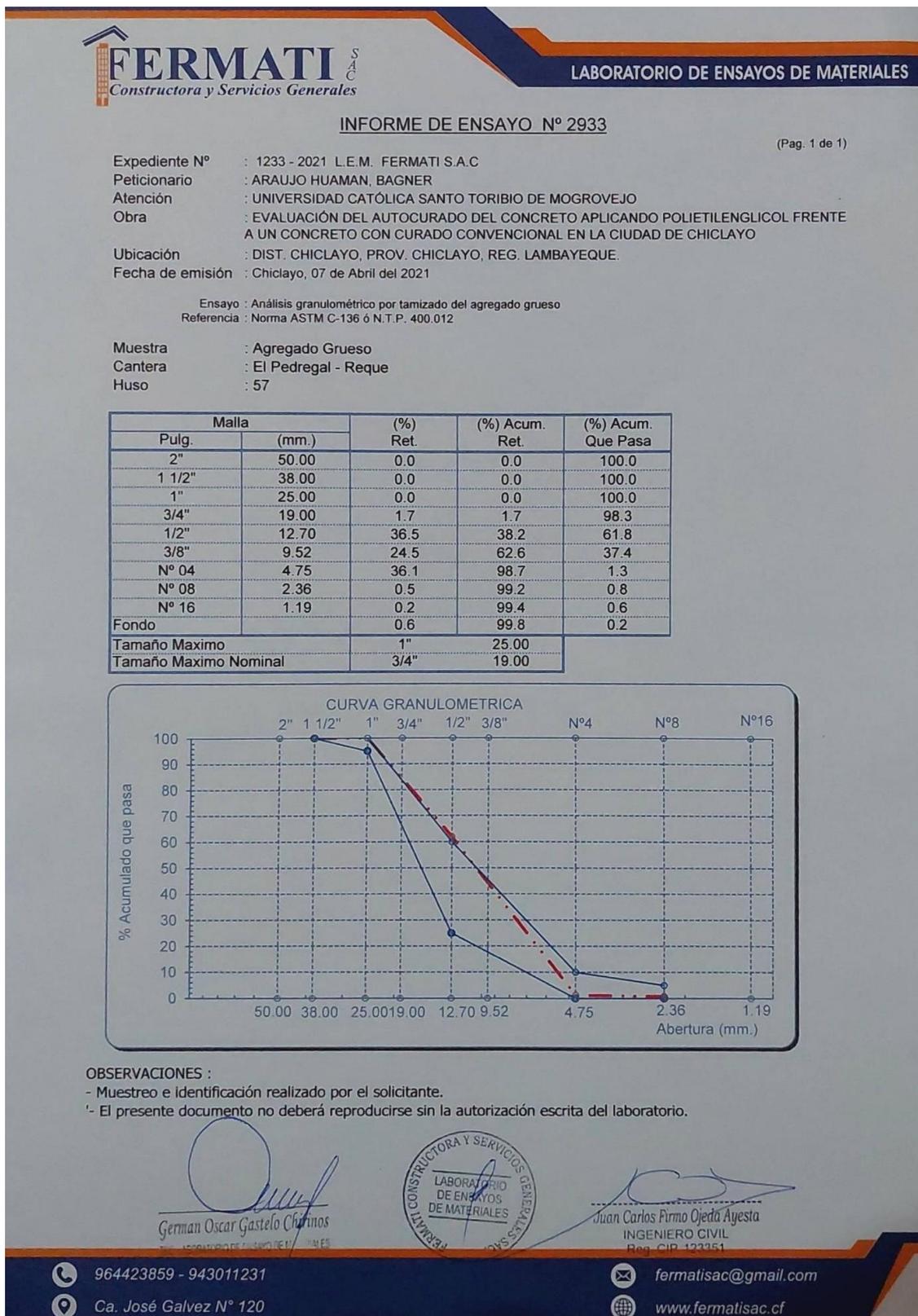
964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 11: Informe del análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera El Pedregal-Reque



Anexo 12: Informe del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso de la cantera El Pedregal-Reque



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2933 (Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1233 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C.
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Ubicación : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

ENSAYO : AGREGADO. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado
 REFERENCIA : Norma ASTM C-29 6 N.T.P. 400.017

Muestra : Agregado Grueso
 Cantera : El Pedregal - Reque

PESO UNITARIO SUELTO

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g.	16469.0
Peso de molde de ensayo vacío	g.	9084
Peso neto muestra contenida	g.	7385.0
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00544
Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1357
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1337

PESO UNITARIO COMPACTADO

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g.	17594.5
Peso de molde de ensayo vacío	g.	9084
Peso neto muestra contenida	g.	8510.5
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00544
Peso unitario compactado húmedo	kg/m ³	1563
Peso unitario compactado seco	kg/m ³	1541

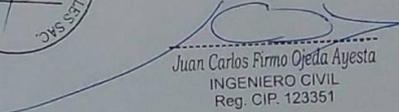
OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.



German Oscar Gastelo Chirinos
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES





Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 123351

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 13: Informe del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso de la cantera El Pedregal-Reque



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2933 (Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1233 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Ubicación : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

ENSAYO : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
 REFERENCIA : NTP 400.022

Muestra : Agregado Grueso
Cantera : El Pedregal - Reque

A.- Datos de la Grava

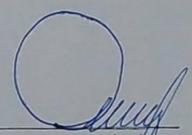
1.- Peso de la muestra seca al horno	g	1632
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1653
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	1780
4.- Peso de la canastilla	g	780
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	g	1000

B.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA.	g/cm ³	2.499
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm ³	2.531
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm ³	2.582
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	1.29

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




 Juan Carlos Firmo Ojedá Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 14: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días del concreto patrón



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3013

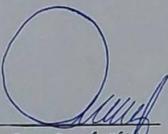
(PÁGINA 01 de 01)

Expediente N° : 1295 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Mayo del 2021

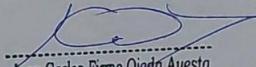
Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
 Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON f _c = 210 kg/cm ²	10/04/2021	17/04/2021	7	143
02	CONCRETO PATRON f _c = 210 kg/cm ²	10/04/2021	17/04/2021	7	166

OBSERVACIONES :
 - Muestreo realizados por el tesista (Ingresada el 17/04/2021)
 - El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

 964423859 - 943011231

 fermatisac@gmail.com

 Ca. José Galvez N° 120

 www.fermatisac.cf

Anexo 15: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días del concreto + PEG 1.75%



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3014

(PÁGINA 01 de 01)

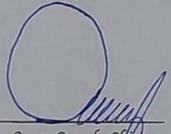
Expediente N° : 1295 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Mayo del 2021

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
 Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

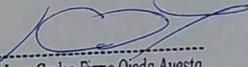
Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	PEG 1.75 % f _c = 210 kg/cm ²	13/04/2021	20/04/2021	7	128
02	PEG 1.75 % f _c = 210 kg/cm ²	13/04/2021	20/04/2021	7	121

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el tesista (Ingresada el 20/04/2021)
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 German Oscar Gastelo Ojeda
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 16: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días del concreto + PEG (0.5 %, 1 %, y 1.5 %)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3015 (PÁGINA 01 de 01)

Expediente N° : 1295 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Mayo del 2021

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
 Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	fc kg/cm ²
01	PEG 1.5 % fc= 210 kg/cm2	23/04/2021	30/04/2021	7	133
02	PEG 1.5 % fc= 210 kg/cm2	23/04/2021	30/04/2021	7	132
03	PEG 1.0 % fc= 210 kg/cm2	23/04/2021	30/04/2021	7	124
04	PEG 1.0 % fc= 210 kg/cm2	23/04/2021	30/04/2021	7	127
05	PEG 0.5 % fc= 210 kg/cm2	23/04/2021	30/04/2021	7	135
06	PEG 0.5 % fc= 210 kg/cm2	23/04/2021	30/04/2021	7	120

OBSERVACIONES :
 - Muestreo realizados por el tesista (Ingresada el 30/04/2021)
 - El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



German Oscar Gastelo Chirinos
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES





Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 123351

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 17: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días del concreto patrón



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3016

(PÁGINA 01 de 01)

Expediente N° : 1295 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C

Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER

Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

Proyecto : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO

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

Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Mayo del 2021

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
 Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON f _c = 210 kg/cm ²	10/04/2021	24/04/2021	14	186
02	CONCRETO PATRON f _c = 210 kg/cm ²	10/04/2021	24/04/2021	14	184

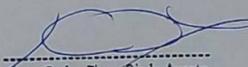
OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el tesista (Ingresada el 24/04/2021)
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



German Oscar Gastelo Chirinos
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES





Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 123351

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatissac@gmail.com

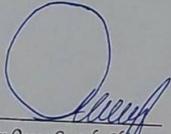
www.fermatissac.cf

Anexo 18: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días del concreto +
PEG 1.75%

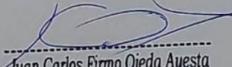
Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	PEG 1.75 % f _c = 210 kg/cm ²	13/04/2021	27/04/2021	14	154
02	PEG 1.75 % f _c = 210 kg/cm ²	13/04/2021	27/04/2021	14	135

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el tesista (Ingresada el 27/04/2021)
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

964423859 - 943011231
 Ca. José Galvez N° 120
 fermatisac@gmail.com
 www.fermatisac.cf

Anexo 19: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días del concreto + PEG (0.5 %, 1 %, y 1.5 %)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3018

(PÁGINA 01 de 01)

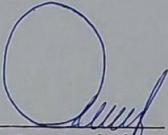
Expediente N° : 1295 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 27 de Mayo del 2021

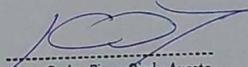
Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
 Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f _c kg/cm ²
01	PEG 1.5 % f _c = 210 kg/cm ²	23/04/2021	07/05/2021	14	146
02	PEG 1.5 % f _c = 210 kg/cm ²	23/04/2021	07/05/2021	14	137
03	PEG 1.0 % f _c = 210 kg/cm ²	23/04/2021	07/05/2021	14	125
04	PEG 1.0 % f _c = 210 kg/cm ²	23/04/2021	07/05/2021	14	132
05	PEG 0.5 % f _c = 210 kg/cm ²	23/04/2021	07/05/2021	14	125
06	PEG 0.5 % f _c = 210 kg/cm ²	23/04/2021	07/05/2021	14	130

OBSERVACIONES :
 - Muestreo realizados por el tesista (Ingresada el 07/05/2021)
 - El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




 Juan Carlos Fermo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351


964423859 - 943011231


fermatisac@gmail.com


Ca. José Galvez N° 120


www.fermatisac.cf

Anexo 20: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días del concreto patrón



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3019

(PÁGINA 01 de 01)

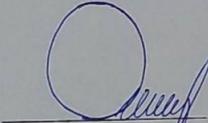
Expediente N° : 1295 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 27 de Mayo del 2021

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
 Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

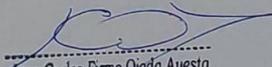
Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON f _c = 210 kg/cm ²	10/04/2021	08/05/2021	28	215
02	CONCRETO PATRON f _c = 210 kg/cm ²	10/04/2021	08/05/2021	28	215

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el tesista (Ingresada el 08/05/2021)
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

 964423859 - 943011231

 Ca. José Galvez N° 120

 fermatisac@gmail.com

 www.fermatisac.cf

Anexo 21: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días del concreto +PEG (0.5%, 1%, 1.5% y 1.75%)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 01

SOLICITANTE: BAGNER ARAUJO HUAMAN.

PROYECTO: "EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICADO POLIETILENOLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO."

UBICACIÓN: Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Región de Lambayeque.

FECHA RECEPCIÓN: viernes, 14 de Mayo de 2021

FECHA EMISION: sábado, 22 de Mayo de 2021

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS

NORMA: MTC E 704 / ASTM C-39 / ASSHTO T-22

DATOS DE LA MUESTRA:

f_c de Diseño: 210 kg/cm²

Cemento: TIPO MS (MH)

N° MUESTRA	ELEMENTO	FECHA		EDAD (días)	Ø (cm)	ÁREA (cm ²)	LECTURA (Kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	% DE f_c BRIQUETA
		MOLDEO	ROTURA						
1	PEG 0,5%	19/04/21	17/05/21	28	15.24	182.4	22994	126.3	60.1%
2	PEG 0,5%	19/04/21	17/05/21	28	15.03	177.4	25283	142.8	68.0%
3	PEG 1,0%	19/04/21	17/05/21	28	15.57	190.4	32442	170.8	81.3%
4	PEG 1,0%	19/04/21	17/05/21	28	15.38	185.8	31971	172.5	82.1%
5	PEG 1,5%	19/04/21	17/05/21	28	15.19	181.2	31647	175.0	83.3%
6	PEG 1,5%	19/04/21	17/05/21	28	15.24	182.4	30114	165.4	78.8%
7	PEG 1,75%	13/04/21	11/05/21	28	15.48	188.2	26947	143.5	68.3%
8	PEG 1,75%	13/04/21	11/05/21	28	15.16	180.5	24853	138.0	65.7%

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.


LMSCEACH
 S.A.S.
 JORGE ESBAL YONAPASKA PARTA
 INGENIERO

Anexo 22: Informe del ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días del concreto patrón y concreto + PEG (0.5%, 1%, 1.5% y 1.75%)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 01

SOLICITANTE: BAGNER ARAUJO HUAMAN.

PROYECTO: "EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICADO POLIETILENOLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO."

UBICACIÓN: Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Región de Lambayeque.

FECHA RECEPCIÓN: sábado, 10 de Abril de 2021

FECHA EMISIÓN: sábado, 15 de Mayo de 2021

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS

NORMA: MTC E 704 / ASTM C-39 / ASSHTO T-22

DATOS DE LA MUESTRA:

f_c de Diseño: 210 kg/cm²

Cemento: TIPO MS (MH)

N° MUESTRA	ELEMENTO	FECHA		EDAD (días)	Ø (cm)	ÁREA (cm ²)	LECTURA (Kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	% DE f_c BRIQUETA
		MOLDEO	ROTURA						
1	MUESTRA PATRÓN	10/04/21	05/06/21	56	15.24	182.4	38802	213.2	101.5%
2	MUESTRA PATRÓN	10/04/21	05/06/21	56	15.44	187.2	40883	218.9	104.2%
3	PEG 0,5%	15/04/21	10/06/21	56	15.14	180.0	27729	154.4	73.5%
4	PEG 0,5%	15/04/21	10/06/21	56	15.31	184.1	30230	164.6	78.4%
5	PEG 1,0%	15/04/21	10/06/21	56	15.26	182.9	31087	170.3	81.1%
6	PEG 1,0%	15/04/21	10/06/21	56	15.12	179.5	32092	179.1	85.3%
7	PEG 1,5%	15/04/21	10/06/21	56	15.20	181.5	32501	179.5	85.5%
8	PEG 1,5%	15/04/21	10/06/21	56	15.28	183.4	32624	178.3	84.9%
9	PEG 1,75%	13/04/21	08/06/21	56	15.57	190.4	27689	145.7	69.4%
10	PEG 1,75%	13/04/21	08/06/21	56	15.13	179.8	29110	162.3	77.3%

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.


LMSCEACH
 JURGE URBINA
 COORDINADOR

Anexo 23: Informe del ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días del concreto patrón y concreto + PEG (0.5%, 1%, 1.5% y 1.75%)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 01

SOLICITANTE: BAGNER ARAUJO HUAMAN.

PROYECTO: "EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICADO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO."

UBICACIÓN: Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Región de Lambayeque.

FECHA RECEPCIÓN: viernes, 14 de Mayo de 2021

FECHA EMISION: sábado, 22 de Mayo de 2021

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO

NORMA: MTC E 709 / ASTM C-78 / ASSHTO T-97

DATOS DE LA MUESTRA:

f_c de Diseño: 210 kg/cm²

Longitud de la luz: 54.50 cm

Cemento: TIPO MS (MH)

N° MUESTRA	ELEMENTO	FECHA		EDAD (días)	ANCHO PROM. (cm)	ALTO PROM. (cm)	DIST. a (cm)	LECTURA (Kg-f)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	OBSERVACIÓN
		MOLDEO	ROTURA							
1	PATRÓN 1 (CP1)	10/04/21	08/05/21	28	15.1	15.8	—	2871	41.45	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.
2	PATRÓN 2 (CP2)	10/04/21	08/05/21	28	15.7	15.9	—	2333	32.08	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.
3	PEG 0,5%	20/04/21	18/05/21	28	15.1	15.8	—	1639	23.61	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.
4	PEG 0,5%	20/04/21	18/05/21	28	15.2	15.5	—	1733	25.86	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.
5	PEG 1,0%	20/04/21	18/05/21	28	15.1	16.1	—	2636	36.72	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.
6	PEG 1,0%	20/04/21	18/05/21	28	15.1	15.7	—	2003	29.28	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.
7	PEG 1,5%	20/04/21	18/05/21	28	15.1	15.6	—	2556	37.69	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.
8	PEG 1,5%	20/04/21	18/05/21	28	15.2	15.6	—	2254	33.19	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.
9	PEG 1,75%	13/04/21	11/05/21	28	15.1	15.3	—	744	11.40	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.
10	PEG 1,75%	13/04/21	11/05/21	28	15.1	15.8	—	976	14.10	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.

R = Módulo de rotura (kg/cm²)

P = Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo (kgf)

l = Longitud libre entre apoyos (cm)

b = Ancho promedio de la muestra (cm)

d = Altura promedio de la muestra (cm)

a = Distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano medida sobre la zona de tensión de la viga (cm)

1. **Formula:** Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times l}{b \times d^2}$$

2. **Formula:** Si la fractura ocurre en la zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, a una distancia no mayor del 5% de la luz libre, se calcula el módulo de rotura de la siguiente forma.

$$R = \frac{3P \cdot a}{b \times d^2}$$

3. Si la fractura ocurre en la zona de tensión fuera del tercio medio de la luz libre en más del 5% de la luz libre, no se deberá tener en cuenta los resultados del ensayo.


LMSCEACH
JOSÉ ROBERTO TORREALBA PANTA
INGENIERO

Anexo 24: Informe del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto patrón



RNP - Servicios S0608588

LEMS W&C EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo - Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Proyecto / Obra : TESIS: "EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Jueves, 20 de mayo del 2021.

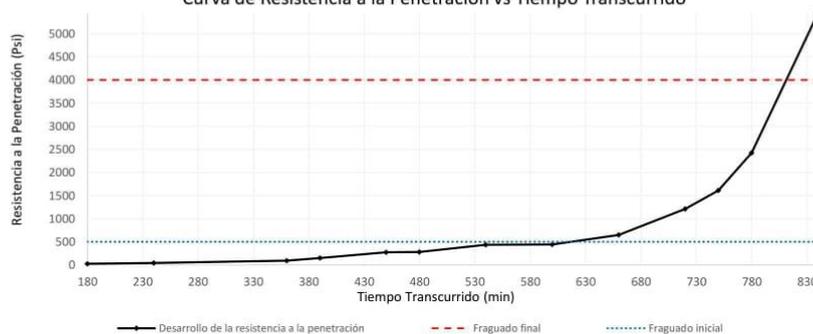
ENSAYO : HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración. 3a. ed.

NORMA : NTP 339.082:2011

Muestra : Concreto Patrón
 Hora de Inicio : 03:00:00 p.m.

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
18:00	03:00	180	645	1	25	25
19:00	04:00	240	645	1	40	40
21:00	06:00	360	645	1	95	95
21:30	06:30	390	323	1/2	75	150
22:30	07:30	450	161	1/4	69	276
23:00	08:00	480	161	1/4	70	281
00:00	09:00	540	161	1/4	108	433
01:00	10:00	600	161	1/4	110	441
02:00	11:00	660	65	1/10	65	645
03:00	12:00	720	32	1/20	60	1210
03:30	12:30	750	32	1/20	80	1613
04:00	13:00	780	16	1/40	60	2419
05:00	14:00	840	16	1/40	135	5444

Curva de Resistencia a la Penetración vs Tiempo Transcurrido



Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 10:15 Horas
 Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 13:30 Horas

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Anexo 25: Informe del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto + PEG 0.5%



RNP - Servicios S0608588

LEMS W&C EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo - Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswceirl.com

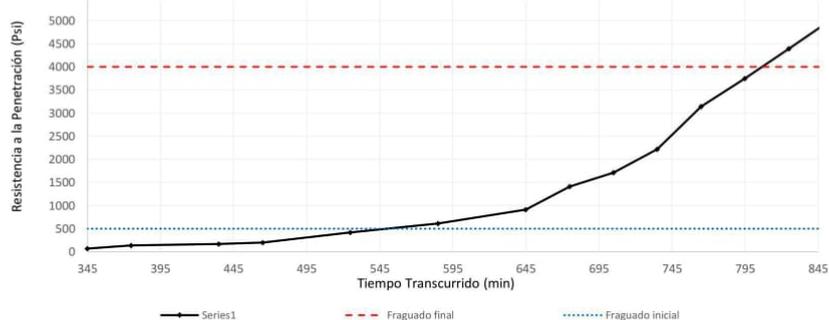
Solicitante : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Proyecto / Obra : TESIS: "EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Jueves, 20 de mayo del 2021.

ENSAYO : HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración. 3a. ed.
 NORMA : NTP 339.082:2011

Muestra : PEG 0.5%
 Hora de Inicio : 03:15:00 p.m.

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
21:00	05:45	345	645	1	70	70
21:30	06:15	375	323	1/2	70	140
22:30	07:15	435	323	1/2	85	170
23:00	07:45	465	323	1/2	102	204
00:00	08:45	525	161	1/4	105	421
01:00	09:45	585	65	1/10	62	615
02:00	10:45	645	65	1/10	92	913
02:30	11:15	675	65	1/20	70	1411
03:00	11:45	705	32	1/20	85	1714
03:30	12:15	735	32	1/40	55	2218
04:00	12:45	765	16	1/40	78	3145
04:30	13:15	795	16	1/40	93	3750
05:00	13:45	825	16	1/40	109	4395
05:30	14:15	855	16	1/40	125	5040

Curva de Resistencia a la Penetración vs Tiempo Transcurrido



Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 09:09 Horas
 Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 13:26 Horas

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Anexo 26: Informe del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto + PEG 1%



RNP - Servicios S0608588

LEMS W&C EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo - Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswceirl.com

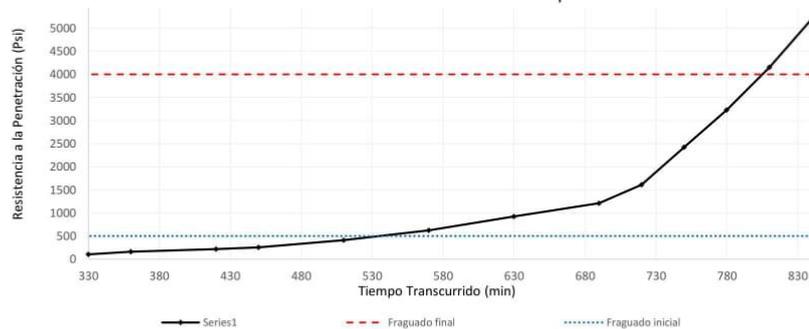
Solicitante : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
 Proyecto / Obra : TESIS: "EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Jueves, 20 de mayo del 2021.

ENSAYO : HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración. 3a. ed.
 NORMA : NTP 339.082:2011

Muestra : PEG 1%
 Hora de Inicio : 03:30:00 p.m.

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
21:00	05:30	330	645	1	103	103
21:30	06:00	360	323	1/2	80	160
22:30	07:00	420	323	1/2	110	220
23:00	08:45	450	323	1/2	126	252
00:00	09:45	510	161	1/4	103	413
01:00	10:45	570	65	1/10	63	625
02:00	11:15	630	65	1/10	93	923
03:00	11:45	690	32	1/20	60	1210
03:30	12:15	720	32	1/20	80	1613
04:00	12:45	750	16	1/40	60	2419
04:30	13:15	780	16	1/40	80	3226
05:00	13:45	810	16	1/40	103	4153
05:30	14:15	840	16	1/40	129	5202

Curva de Resistencia a la Penetración vs Tiempo Transcurrido



Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 08:55 Horas
 Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 13:25 Horas

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

 WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Ángel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Anexo 27: Informe del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto + PEG 1.5%



LEMS W&C EIRL

RNP - Servicios S0608588

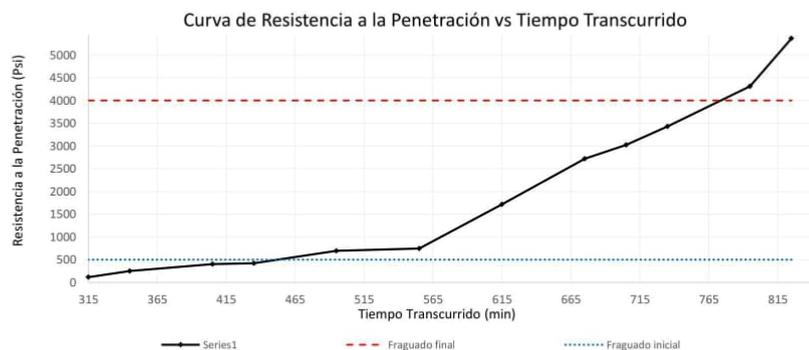
Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo - Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
Proyecto / Obra : TESIS: "EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Jueves, 20 de mayo del 2021.

ENSAYO : HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración. 3a. ed.
NORMA : NTP 339.082:2011

Muestra : PEG 1.5%
Hora de Inicio : 03:45:00 p.m.

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
21:00	##	315	645	1	115	115
21:30	##	345	323	1/2	125	250
22:30	##	405	161	1/4	100	401
23:00	##	435	161	1/4	105	421
00:00	##	495	65	1/10	70	695
01:00	##	555	65	1/10	75	744
02:00	##	615	32	1/20	85	1714
03:00	##	675	32	1/20	135	2722
03:30	##	705	16	1/40	75	3024
04:00	##	735	16	1/40	85	3427
04:30	##	795	16	1/40	107	4315
05:00	##	825	16	1/40	133	5363



Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 08:55 Horas
Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 13:25 Horas

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Anexo 28: Informe del ensayo de tiempo de fraguado para el concreto + PEG 1.75%



LEMS W&C EIRL

RNP - Servicios S0608588

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

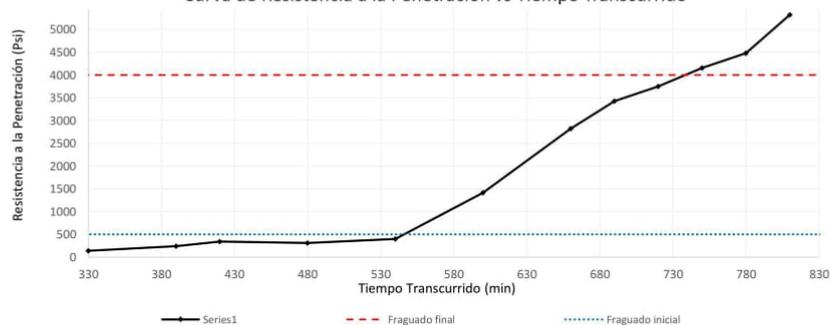
Solicitante : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
Proyecto / Obra : TESIS: "EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Jueves, 20 de mayo del 2021.

ENSAYO : HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración. 3a. ed.
NORMA : NTP 339.082:2011

Muestra : PEG 1.75%
Hora de Inicio : 04:00:00 p.m.

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
21:00	##	300	645	1	45	45
21:30	##	330	161	1/4	35	140
22:30	##	390	161	1/4	60	240
23:00	##	420	161	1/4	85	341
00:00	##	480	161	1/4	78	313
01:00	##	540	161	1/4	100	401
02:00	##	600	32	1/20	70	1411
03:00	##	660	16	1/40	70	2823
03:30	##	690	16	1/40	85	3427
04:00	##	720	16	1/40	93	3750
04:30	##	750	16	1/40	103	4153
05:00	##	780	16	1/40	111	4476
05:30	##	810	16	1/40	132	5323

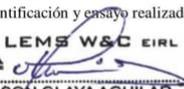
Curva de Resistencia a la Penetración vs Tiempo Transcurrido



Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 09:05 Horas
Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 12:18 Horas

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 **Miguel Angel Ruiz Perales**
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Anexo 29: Informe del ensayo de tiempo de permeabilidad para el concreto patrón



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

Solicitante : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
Proyecto / Obra : TESIS: "EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Jueves, 20 de mayo del 2021.

ENSAYO : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.

NORMA : UNE-EN12390-8

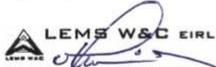
Muestra N°	Descripción de la Muestra	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (Hora)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio
M-01	CONCRETO PATRÓN	28	17/05/2021	20/05/2021	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	22.77	20.98
								B	22.79	
M-02	CONCRETO PATRÓN	28	17/05/2021	20/05/2021	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	19.06	
								B	19.07	
M-03	CONCRETO PATRÓN	28	17/05/2021	20/05/2021	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	21.08	
								B	21.08	

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Anexo 30: Informe del ensayo de tiempo de permeabilidad para el concreto + PEG 0.5%



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

Solicitante : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
Proyecto / Obra : TESIS: "EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Jueves, 20 de mayo del 2021.

ENSAYO : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.

NORMA : UNE-EN12390-8

Muestra N°	Descripción de la Muestra	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (Hora)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio
M-01	PEG 0.5%	28	22/05/2021	22/05/2021	09:00 a.m.	01:00 p.m.	4	A	38.49	36.61
								B	38.49	
M-02	PEG 0.5%	28	22/05/2021	22/05/2021	09:00 a.m.	01:00 p.m.	4	A	40.05	
								B	38.97	
M-03	PEG 0.5%	28	22/05/2021	22/05/2021	09:00 a.m.	01:00 p.m.	4	A	33.06	
								B	30.57	

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Anexo 31: Informe del ensayo de tiempo de permeabilidad para el concreto + PEG 1%



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

Solicitante : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
Proyecto / Obra : TESIS: "EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Jueves, 20 de mayo del 2021.

ENSAYO : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.

NORMA : UNE-EN12390-8

Muestra N°	Descripción de la Muestra	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (Hora)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio
M-01	PEG 1.0%	28	22/05/2021	22/05/2021	02:00 p.m.	05:00 p.m.	3	A	22.65	30.62
								B	26.47	
M-02	PEG 1.0%	28	22/05/2021	22/05/2021	02:00 p.m.	05:00 p.m.	3	A	35.96	
								B	40.46	
M-03	PEG 1.0%	28	22/05/2021	22/05/2021	02:00 p.m.	05:00 p.m.	3	A	31.2	
								B	26.97	

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Anexo 32: Informe del ensayo de tiempo de permeabilidad para el concreto + PEG 1.5%



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

Solicitante : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
Proyecto / Obra : TESIS: "EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Jueves, 20 de mayo del 2021.

ENSAYO : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.

NORMA : UNE-EN12390-8

Muestra N°	Descripción de la Muestra	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (Hora)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio
M-01	PEG 1.5%	28	20/05/2021	20/05/2021	09:00 a.m.	11:00 a.m.	2	A	56.61	47.10
								B	53.57	
M-02	PEG 1.5%	28	20/05/2021	20/05/2021	09:00 a.m.	11:00 a.m.	2	A	51.65	
								B	50.29	
M-03	PEG 1.5%	28	20/05/2021	20/05/2021	09:00 a.m.	11:00 a.m.	2	A	37.1	
								B	33.4	

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Anexo 33: Informe del ensayo de tiempo de permeabilidad para el concreto + PEG 1.75%



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

Solicitante : ARAUJO HUAMAN, BAGNER
Proyecto / Obra : TESIS: "EVALUACIÓN DEL AUTOCURADO DEL CONCRETO APLICANDO POLIETILENGLICOL FRENTE A UN CONCRETO CON CURADO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE CHICLAYO"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Jueves, 20 de mayo del 2021.

ENSAYO : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.

NORMA : UNE-EN12390-8

Muestra N°	Descripción de la Muestra	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (Hora)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio
M-01	PEG 1.75%	28	20/05/2021	20/05/2021	01:00 p.m.	02:00 p.m.	1	A	53.3	53.89
								B	54.47	
M-02	PEG 1.75%	28	20/05/2021	20/05/2021	01:00 p.m.	02:00 p.m.	1	A	51.59	
								B	48.48	
M-03	PEG 1.75%	28	20/05/2021	20/05/2021	01:00 p.m.	02:00 p.m.	1	A	55.3	
								B	60.19	

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Anexo 34: Diseño final de mezclas por el método del Comité 211-ACI

1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES:

AGREGADO FINO

CANTERA: PÁTAPO; LA VICTORIA

Peso específico de masa:	2.551	g/cm ³
Peso unitario seco suelto:	1546	Kg/m ³
Peso unitario seco compacto:	1726	Kg/m ³
Porcentaje de humedad:	0.38	%
Porcentaje de absorción:	0.77	%
Módulo de fineza:	2.86	

AGREGADO GRUESO

CANTERA: TRES TOMAS; MESONES MURO; FERREÑAFE

Peso específico de masa:	2.555	g/cm ³
Peso unitario seco suelto:	1370	Kg/m ³
Peso unitario seco compacto:	1550	Kg/m ³
Porcentaje de humedad:	0.46	%
Porcentaje de absorción:	1.04	%
Tamaño máximo:	1	"
Tamaño máximo nominal:	3/4	"

CEMENTO

Peso específico:	3000	Kg/m ³
------------------	------	-------------------

AGUA:

Agua potable de la red pública de la ciudad de Chiclayo

<u>RESISTENCIA DE DISEÑO:</u>	210	Kgf/cm ²
-------------------------------	-----	---------------------

2. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

f _c =	210	Kgf/cm ²
------------------	-----	---------------------

f _c	f _{cr}
<210	f _c + 70
210 - 350	f _c + 84
>350	f _c + 98

f_{cr}= 294 Kgf/cm²

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO:

3-4 "

4. CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO:

2 % TMN: 3/4 "

5. VOLUMEN UNITARIO DE AGUA:

205 Lt/m³

12. CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO:

$$PH = PS * (1 + \% H)$$

PHAF=	713.293 * (1 +0.38 %) =	716.003	Kg/m ³
PHAG=	951.7 * (1 +0.46 %) =	956.078	Kg/m ³

13. APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS:

$$AP = PS * (\% H - \% A)$$

APAF=	713.293 * (0.38 % - 0.77 %) =	-2.782	Lt/m ³
APAG=	951.7 * (0.46 % - 1.04 %) =	-5.520	Lt/m ³

$$\text{Aporte total (APT):} \quad \underline{\underline{-8.302}} \quad \text{Lt/m}^3$$

quita agua a la mezcla

14. AGUA EFECTIVA:

$$AE = AD - (APT)$$

AE=	205 - (-8.302) =	213.302	Lt/m ³
-----	--------------------	---------	-------------------

15. CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento:	368.705	Kg/m ³
Agua:	213.302	Lt/m ³
Agregado fino húmedo:	716.003	Kg/m ³
Agregado grueso húmedo:	956.078	Kg/m ³

Resumen:**VALORES DE DISEÑO: CONDICIONES SECAS**

Cemento:	368.71	Kg/m ³	a/c
Agua:	205.00	Lt/m ³	0.556
Agregado fino seco:	713.29	Kg/m ³	
Agregado grueso seco:	951.70	Kg/m ³	
Peso unitario	<u>2239</u>	Kg/m ³	

CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento:	368.71	Kg/m ³	a/c
Agua:	213.30	Lt/m ³	0.579
Agregado fino húmedo:	716.00	Kg/m ³	
Agregado grueso húmedo:	956.08	Kg/m ³	
Peso unitario	<u>2254</u>	Kg/m ³	

CANTIDAD DE ADITIVO POLIETILENGLICOL 4000 POR m³

<u>DOSIFICACIÓN (%)</u>	<u>Kg/m³</u>
0.5	1.8
1	3.7
1.5	5.5
1.75	6.5

Comprobación:

PU húmedo-PU seco	=	agua absorbida por los agregados: PS AG*%A-PS AF*%A
2254.088-2238.698	=	951.7*1.04%+713.293*0.77%
15.390	=	15.390

16. PROPORCIONES EN PESO**Sin corregir (Peso seco):**

C	:	AF	:	AG	/	Agua
$\frac{369}{369}$:	$\frac{713.3}{369}$:	$\frac{951.7}{369}$		
1	:	1.93	:	2.58	/	23.6 Lt/bolsa

Corregida por humedad:

C	:	AF	:	AG	/	Agua
$\frac{369}{369}$:	$\frac{716.0}{369}$:	$\frac{956.1}{369}$		
1	:	1.94	:	2.59	/	24.6 Lt/bolsa

17. MATERIALES POR TANDA DE UNA BOLSA

Cemento:	42.5	Kg/bls
Agua:	24.6	Lt/bls
Agregado fino húmedo:	82.5	Kg/bls
Agregado grueso húmedo:	<u>110.2</u>	Kg/bls
Peso tanda:	259.8	Kg/bls

Cantidad de aditivo Polietilenglicol 4000 por bolsa:

<u>DOSIFICACIÓN (%)</u>	<u>Kg/bolsa</u>
0.5	0.2
1	0.4
1.5	0.6
1.75	0.7

18. AJUSTE DE PROPORCIONES

a) VALORES DE DISEÑO: CONDICIONES SECAS

Cemento:	368.71	Kg/m ³
Agua:	205.00	Lt/m ³
Agregado fino:	713.29	Kg/m ³
Agregado grueso:	951.70	Kg/m ³

b) Relación a/c= 0.556

c) Volúmenes iniciales

Cemento:	0.12	m ³	0.33	m ³
Agua:	0.21	m ³		
Agregado fino:	0.28	m ³	0.65	m ³
Agregado grueso:	0.37	m ³		

d) Nuevos pesos

Asentamiento de diseño:	3-4	"	4	"
Asentamiento obtenido:	1.5	"		

Falta = 2.5 "

Adicionar = 12.5 Lt de agua

<u>Agua:</u>	205	+	12.5	=	217.5	Lt
<u>Cemento:</u>	217.5	/	0.556	=	391.19	Kg
Relación a/c=	0.556	Se mantiene				

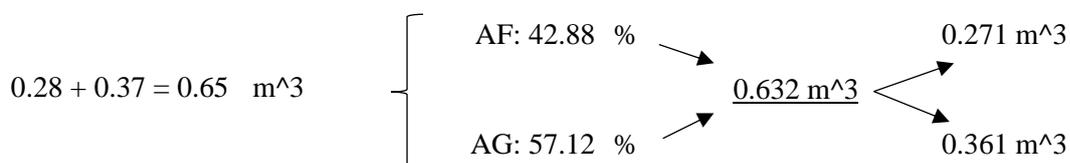
e) Volúmenes corregidos

Cemento:	0.130	m ³
Agua:	0.2175	m ³
Contenido de aire:	0.020	m ³
	<u>0.368</u>	m ³

Volumen total del agregado: 0.632 m³

Volúmenes originales:

Agregado fino:	0.28	m ³
Agregado grueso:	0.37	m ³



Agregado fino:	0.271	m^3
Agregado grueso:	0.361	m^3

f) Condiciones secas:

Cemento:	391.19	Kg/m^3	=	9.2	bolsas/ m^3
Agua:	217.5	Lt/m^3			
Agregado fino:	691.4224699	Kg/m^3			
Agregado grueso:	922.5198998	Kg/m^3			

g) CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO:

$$PH = PS * (1 + \% H)$$

PHAF=	$691.422 * (1 + 0.38\%) =$	694.050	Kg/m^3
PHAG=	$922.52 * (1 + 0.46\%) =$	926.763	Kg/m^3

h) APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS:

$$AP = PS * (\%H - \% A)$$

APAF=	$691.422 * (0.38\% - 0.77\%) =$	-2.697	Lt/m^3
APAG=	$922.52 * (0.46\% - 1.04\%) =$	-5.351	Lt/m^3
Aporte total (APT):		-8.047	Lt/m^3 quita agua a la mezcla

i) AGUA EFECTIVA:

$$AE = AD - (APT)$$

AE=	$217.5 - (-8.047) =$	225.547	Lt/m^3
-----	----------------------	---------	----------

j) CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento:	391.187	Kg/m^3
Agua:	225.547	Lt/m^3
Agregado fino húmedo:	694.050	Kg/m^3
Agregado grueso húmedo:	926.763	Kg/m^3

k) Resumen:

VALORES DE DISEÑO: CONDICIONES SECAS.

Cemento:	391.19	Kg/m^3	a/c
Agua:	217.50	Kg/m^3	0.556
Agregado fino seco:	691.42	Kg/m^3	
Agregado grueso seco:	922.52	Kg/m^3	
Peso unitario	2223	Kg/m^3	

CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento:	391.19	Kg/m ³	a/c
Agua:	225.55	Lt/m ³	0.577
Agregado fino húmedo:	694.05	Kg/m ³	
Agregado grueso húmedo:	926.76	Kg/m ³	
Peso unitario	2238	Kg/m ³	

CANTIDAD DE ADITIVO POLIETILENGLICOL 4000 POR M³

DOSIFICACIÓN (%)	Kg/m ³
0.5	2.0
1	3.9
1.5	5.9
1.75	6.8

Comprobación: PU húmedo-PU seco = agua absorbida por los agregados: PS AG*%A-PS AF*%A
 $2237.548-2222.629 = 922.52*1.04\%+691.422*0.77\%$
14.918 = 14.918

1) PROPORCIONES EN PESO**Sin corregir (Peso seco):**

$$C : AF : AG / Agua$$

$$\frac{391.2}{391.2} : \frac{691.42}{391.19} : \frac{922.52}{391.19}$$

$$1 : 1.77 : 2.36 / 23.6 \text{ Lt/bolsa}$$

Corregida por humedad:

$$C : AF : AG / Agua$$

$$\frac{391.2}{391.2} : \frac{694.05}{391.19} : \frac{926.76}{391.19}$$

$$1 : 1.77 : 2.37 / 24.5 \text{ Lt/bolsa}$$

m) MATERIALES POR TANDA DE UNA BOLSA

Cemento:	42.5	Kg/bls
Agua:	24.5	Kg/bls
Agregado fino húmedo:	75.4	Kg/bls
Agregado grueso húmedo:	100.7	Kg/bls
Peso tanda:	243.1	Kg/bls

Cantidad de aditivo Polietilenglicol 4000 por bolsa:

DOSIFICACIÓN (%)	Kg/bolsa
0.5	0.2
1	0.4
1.5	0.6
1.75	0.7

DISEÑO TEÓRICO**VALORES DE DISEÑO: CONDICIONES SECAS**

Cemento:	368.71	Kg/m ³	A/C: 0.556
Agua:	205.00	Lt/m ³	
Agregado fino seco:	713.29	Kg/m ³	
Agregado grueso seco:	951.70	Kg/m ³	

CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento:	368.71	Kg/m ³	A/C: 0.579
Agua:	213.30	Lt/m ³	
Agregado fino húmedo:	716.00	Kg/m ³	
Agregado grueso húmedo:	956.08	Kg/m ³	

CANTIDAD DE ADITIVO POLIETILENGLICOL 4000 POR M³

DOSIFICACIÓN (%)	Kg/m ³
0.5	1.8
1	3.7
1.5	5.5
1.75	6.5

DISEÑO CORREGIDO**VALORES DE DISEÑO: CONDICIONES SECAS.**

Cemento:	391.19	Kg/m ³	A/C: 0.556
Agua:	217.50	Kg/m ³	
Agregado fino seco:	691.42	Kg/m ³	
Agregado grueso seco:	922.52	Kg/m ³	
Peso unitario	2222.63	Kg/m ³	

CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento:	391.19	Kg/m ³	A/C: 0.577
Agua:	225.55	Lt/m ³	
Agregado fino húmedo:	694.05	Kg/m ³	
Agregado grueso húmedo:	926.76	Kg/m ³	
Peso unitario	2237.55	Kg/m ³	

CANTIDAD DE ADITIVO POLIETILENGLICOL 4000 POR M³

DOSIFICACIÓN (%)	Kg/m ³
0.5	2.0
1	3.9
1.5	5.9
1.75	6.8

Anexo 35: Certificado de análisis del aditivo Polietilenglicol 4000



OXITENO

CERTIFICADO DE ANALISIS

CANAPEG 4000 A

Polietilenglicol 4000 USP/NF

LINEA: ETOXILADOS
LOTE: AD9W1021CODIGO: XPEG40A
IMPRESO: 12/MAY/2020CARACTERISTICAS GENERALES

Clasificación	Polietilenglicol
Apariencia a 25°C	Hojuelas Cerosas Blancas
Contenido Activo, %	99.5 Mínimo

RESULTADOS ANALITICOS

	<u>ESPECIFICACION</u>	<u>ANALISIS</u>
No. de Acido	0.4 - Max.	0.14
No. de Hidroxilo	25.5 - 31.0	30.07
Humedad, % (K.F)	0.5 - Max.	0.4
pH al 5%	5.0 - 7.3	6.51
Color APHA a 60°C	70.0 - Max.	22.0
Óxido de Etileno Libre, ppm	1 Max.	0
Viscosidad a 210°F, cSt	110.0 - 158.0	129.16
Arsénico ppm	3 Max.	< 3.0
Metales Pesados, ppm	5 Max.	< 5.0
1,4 Dioxano, ppm	3 Max.	0.0
Peso Molecular	3,600.0 - 4,400.0	3,731.83
% Cenizas Sulfatadas	0.1 Max	< 0.1
Limpidez a 60°C	Límpido	LIMPIDO
Sedimentación	5 Max.	< 5.0
Impurezas Orgánicas Volátiles	Pasa	PASA

Certificamos que en Oxiteno no usamos solventes industriales en el proceso de producción De Canapeg 4000 A.

Fecha de Manufactura: May. 2020
Fecha de Re-inspección: May. 2022

Anexo 36: Certificado de calidad del cemento Pacasmayo fortimax tipo HS (MH)



Pacasmayo

Pacasmayo

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colónia Nro. 130126 El Valle de Maunabo Santiago de Surco - Lima
 Carretera Panamericana Norte Km. 165 Pacasmayo - La Libertad
 Teléfono 117 - 4000



G-CC-P-04
 Versión 04

13 de Abril de 2021

Cemento Portland Tipo HS(MH)

Periodo de despacho 01 de marzo de 2021 - 31 de marzo de 2021

REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.082 Tabla I

FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	6
Superficie específica (cm ² /g)	Λ	4520
Retenido M325 (%)	Λ	2
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.06
Densidad (g/cm ³)	Λ	3.00
Resistencia a la compresión (MPa)		
1 día	Λ	10.4
3 días	11.0 mín.	22.9
7 días	18.0 mín.	31.3
28 días ¹	25.0 mín.	43.0
Tiempo de fraguado Vicat (minutos)		
Inicial	45 mín.	172
Final	420 máx.	275
Expansión de la Barra de mortero a 14 días (%) ²	0.020 máx.	0.006
Resistencia a la expansión por sulfatos (%) ²	0.10 máx.	0.02
Calor de hidratación a 3 días (kJ/kg) ⁴	335 máx.	258

Λ No específica
 Λ Requisito opcional
¹ Método de ensayo NTP 334.093
² Método de ensayo NTP 334.094
³ Método de ensayo NTP 334.171

El (la) RC 28 días corresponde al mes de febrero del 2021

El (la) Resistencia a los sulfatos a 6 meses corresponde al mes de febrero del 2020

El (la) Expansión barra de mortero a 14 días corresponde al mes de febrero del 2021

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo de envío, cumple con los requisitos físicos de la NTP 334.082.2016.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

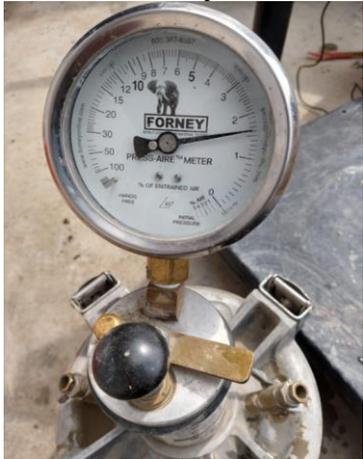
Distribuidora Norte Pacasmayo S. R. L.

Fue prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S. A. S.

Anexo 37: Evidencia fotográfica del ensayo de asentamiento

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO	
<p>Concreto patrón</p>  <p><i>Figura 77: Asentamiento obtenido del concreto patrón</i></p>	<p>PEG 0.5%</p>  <p><i>Figura 78: Asentamiento obtenido del concreto + PEG 0.5%</i></p>
<p>PEG 1%</p>  <p><i>Figura 79: Asentamiento obtenido del concreto + PEG 1%</i></p>	<p>PEG 1.5%</p>  <p><i>Figura 80: Asentamiento obtenido del concreto + PEG 1.5%</i></p>
<p>PEG 1.75%</p>  <p><i>Figura 81: Asentamiento obtenido del concreto + PEG 1.75%</i></p>	<p><i>Fuente: Propia</i></p>

Anexo 38: Evidencia fotográfica del ensayo de contenido de aire

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO	
<p>Concreto patrón</p> 	<p>PEG 0.5%</p> 
<p>PEG 1%</p> 	<p>PEG 1.5%</p> 
<p>PEG 1.75%</p> 	<p>POSICIÓN INICIAL</p> 
<p><i>Figura 82: Contenido de aire obtenido del concreto patrón</i></p>	<p><i>Figura 83: Contenido de aire obtenido del concreto + PEG 0.5%</i></p>
<p><i>Figura 84: Contenido de aire obtenido del concreto + PEG 1%</i></p>	<p><i>Figura 85: Contenido de aire obtenido del concreto + PEG 1.5%</i></p>
<p><i>Figura 86: Contenido de aire obtenido del concreto + PEG 1.75%</i></p>	<p><i>Figura 87: Posición inicial de la Olla Washington</i></p>

Anexo 39: Evidencia fotográfica del control de temperatura del concreto fresco

CONTROL DE TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO	
<p>Concreto patrón</p>  <p><i>Figura 88: Temperatura obtenida del concreto patrón</i></p>	<p>PEG 0.5%</p>  <p><i>Figura 89: Temperatura obtenida del concreto + PEG 0.5%</i></p>
<p>PEG 1%</p>  <p><i>Figura 90: Temperatura obtenida del concreto + PEG 1%</i></p>	<p>PEG 1.5%</p>  <p><i>Figura 91: Temperatura obtenida del concreto + PEG 1.5%</i></p>
<p>PEG 1.75%</p>  <p><i>Figura 92: Temperatura obtenida del concreto + PEG 1.75%</i></p>	<p><i>Fuente: Propia</i></p>

Anexo 40: Evidencia fotográfica del ensayo de peso unitario del concreto

ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Concreto patrón



Figura 93: Control de pesos para el concreto patrón

PEG 0.5%



Figura 94: Control de pesos para el concreto + PEG 0.5%

PEG 1%



Figura 95: Control de pesos para el concreto + PEG 1%

PEG 1.5%



Figura 96: Control de pesos para el concreto + PEG 1.5%

ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO

PEG 1.75%



Figura 97: Control de pesos para el concreto + PEG 1.75%

PESO DEL MOLDE



Figura 98: Control de peso del molde

Fuente: Propia

Anexo 41: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto patrón a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto Patrón	
	
<p><i>Figura 99: Carga resistida a los 7 días para el concreto patrón (1)</i></p>	<p><i>Figura 100: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto patrón (1)</i></p>
	
<p><i>Figura 101: Carga resistida a los 7 días para el concreto patrón (2)</i></p>	<p><i>Figura 102: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto patrón (2)</i></p>

Anexo 42: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto patrón a los 14 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto + PEG 0.5%	
	
<p><i>Figura 103: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto patrón (1)</i></p>	<p><i>Figura 104: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto patrón (2)</i></p>

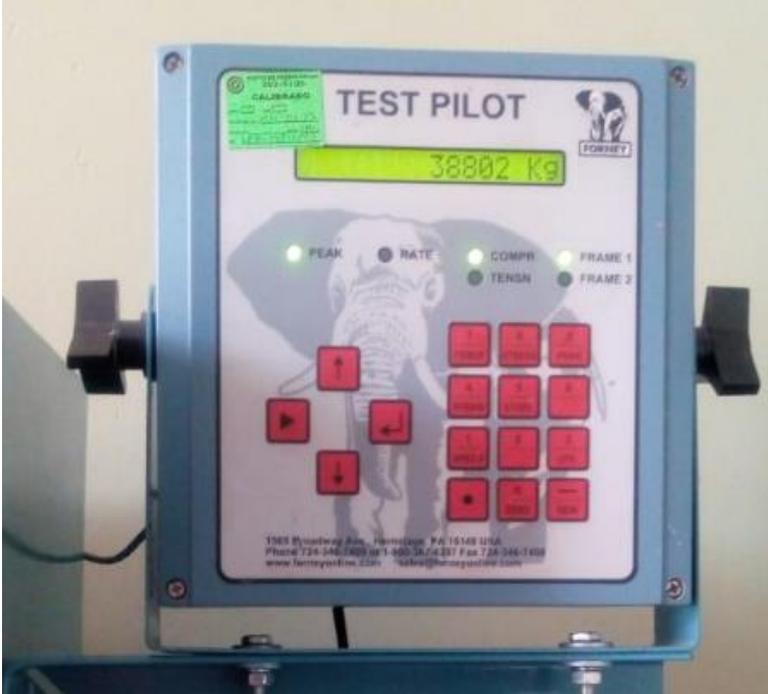
Fuente: Propia

Anexo 43: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto patrón a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto Patrón	
	
<p><i>Figura 105: Carga resistida a los 28 días para el concreto patrón (1)</i></p>	<p><i>Figura 106: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 28 días para el concreto patrón (1)</i></p>
	
<p><i>Figura 107: Carga resistida a los 28 días para el concreto patrón (2)</i></p>	<p><i>Figura 108: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 28 días para el concreto patrón (2)</i></p>

Fuente: Propia

Anexo 44: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto patrón a los 56 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto Patrón	
	<p><i>Figura 109: Carga resistida tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto patrón (1)</i></p>
	
	<p><i>Figura 110: Carga resistida tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto patrón (2)</i></p>

Fuente: Propia

Anexo 45: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 0.5% a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto + PEG 0.5%	
	
<p><i>Figura 111: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 0.5% (1)</i></p>	<p><i>Figura 112: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 0.5% (1)</i></p>
	
<p><i>Figura 113: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 0.5% (2)</i></p>	<p><i>Figura 114: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 0.5% (2)</i></p>

Anexo 46: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 0.5% a los 14 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto + PEG 0.5%	
 <p><i>Figura 115: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 0.5% (1)</i></p>	 <p><i>Figura 116: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 0.5% (1)</i></p>
 <p><i>Figura 117: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 0.5% (2)</i></p>	 <p><i>Figura 118: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 0.5% (2)</i></p>

Fuente: Propia

Anexo 47: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 0.5% a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto + PEG 0.5%	
	
<p><i>Figura 119: Carga resistida a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (1)</i></p>	<p><i>Figura 120: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (1)</i></p>
	
<p><i>Figura 121: Carga resistida a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (2)</i></p>	<p><i>Figura 122: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (2)</i></p>

Fuente: Propia

Anexo 48: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 0.5% a los 56 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto + PEG 0.5%	
	
<i>Figura 123: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto + PEG 0.5% (1)</i>	
	
<i>Figura 124: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto + PEG 0.5% (2)</i>	

Fuente: Propia

Anexo 49: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1% a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto + PEG 1%	
	
<p><i>Figura 125: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 1% (1)</i></p>	<p><i>Figura 126: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 1% (1)</i></p>
	
<p><i>Figura 127: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 1% (2)</i></p>	<p><i>Figura 128: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 1% (2)</i></p>

Anexo 50: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1% a los 14 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto + PEG 1%	
 <p><i>Figura 129: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 1% (1)</i></p>	 <p><i>Figura 130: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1% (1)</i></p>
 <p><i>Figura 131: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 1% (2)</i></p>	 <p><i>Figura 132: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1% (2)</i></p>

Fuente: Propia

Anexo 51: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1% a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto + PEG 1%	
	
<p><i>Figura 133: Carga resistida a los 28 días para el concreto + PEG 1% (1)</i></p>	<p><i>Figura 134: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 28 días para el concreto + PEG 1% (1)</i></p>
	
<p><i>Figura 135: Carga resistida a los 28 días para el concreto + PEG 1% (2)</i></p>	

Fuente: Propia

Anexo 52: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1% a los 56 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
Concreto + PEG 1%



Figura 136: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto + PEG 1% (1)



Figura 137: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto + PEG 1% (2)

Fuente: Propia

Anexo 53: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.5% a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto + PEG 1.5%	
 <p><i>Figura 138: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 1.5% (1)</i></p>	 <p><i>Figura 139: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 1% (1)</i></p>
 <p><i>Figura 140: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 1.5% (2)</i></p>	 <p><i>Figura 141: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 1% (2)</i></p>

Anexo 54: Evidencia fotográfica e los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.5% a los 14 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto + PEG 1.5%	
	 <p><i>Figura 143: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1.5% (1)</i></p>
	 <p><i>Figura 145: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1.5% (2)</i></p>

Fuente: Propia

Anexo 55: Evidencia fotográfica de los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.5% a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Concreto + PEG 1.5%



Figura 146: Carga resistida a los 28 días para el concreto + PEG 1.5% (1)



Figura 147: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1.5% (1)



Figura 148: Carga resistida a los 28 días para el concreto + PEG 1.5% (2)

Fuente: Propia

Anexo 56: Evidencia fotográfica de los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.5% a los 56 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto + PEG 1.5%	
	<p>Figura 149: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto + PEG 1.5% (1)</p>
	
	<p>Figura 150: Carga resistida y falla presentada tras el ensayo de compresión a los 56 días para el concreto + PEG 1.5% (2)</p>

Fuente: Propia

Anexo 57: Evidencia fotográfica de los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.75% a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto + PEG 1.75%	
	
<p><i>Figura 151: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 1.75% (1)</i></p>	<p><i>Figura 152: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 1.75% (1)</i></p>
	
<p><i>Figura 153: Carga resistida a los 7 días para el concreto + PEG 1.75% (2)</i></p>	<p><i>Figura 154: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 7 días para el concreto + PEG 1.75% (2)</i></p>

Anexo 58: Evidencia fotográfica de los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.75% a los 14 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Concreto + PEG 1.75%	
	
<p><i>Figura 155: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 1.75% (1)</i></p>	<p><i>Figura 156: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1.75% (1)</i></p>
	
<p><i>Figura 157: Carga resistida a los 14 días para el concreto + PEG 1.75% (2)</i></p>	<p><i>Figura 158: Falla presentada tras el ensayo de compresión a los 14 días para el concreto + PEG 1.75% (2)</i></p>

Fuente: Propia

Anexo 59: Evidencia fotográfica de los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.75% a los 28 días



Fuente: Propia

Anexo 60: Evidencia fotográfica de los ensayos de resistencia a la compresión para el concreto + PEG 1.75% a los 56 días



Fuente: Propia

Anexo 61: Evidencia fotográfica de los ensayos de permeabilidad del concreto patrón

ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO	
Concreto Patrón	
	
<p><i>Figura 163: Profundidad máxima de penetración para concreto patrón (1A)</i></p>	<p><i>Figura 164: Profundidad máxima de penetración para concreto patrón (1B)</i></p>
	
<p><i>Figura 165: Profundidad máxima de penetración para concreto patrón (2A)</i></p>	<p><i>Figura 166: Profundidad máxima de penetración para concreto patrón (2B)</i></p>
	
<p><i>Figura 167: Profundidad máxima de penetración para concreto patrón (3A)</i></p>	<p><i>Figura 168: Profundidad máxima de penetración para concreto patrón (3B)</i></p>

Fuente: Propia

Anexo 62: Evidencia fotográfica de los ensayos de permeabilidad del concreto + PEG 0.5%

ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO	
Concreto + PEG 0.5%	
	
<p><i>Figura 169: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 0.5% (1A)</i></p>	<p><i>Figura 170: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 0.5% (1B)</i></p>
	
<p><i>Figura 171: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 0.5% (2A)</i></p>	<p><i>Figura 172: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 0.5% (2B)</i></p>
	
<p><i>Figura 173: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 0.5% (3A)</i></p>	<p><i>Figura 174: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 0.5% (3B)</i></p>

Fuente: Propia

Anexo 63: Evidencia fotográfica de los ensayos de permeabilidad del concreto + PEG 1%

ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO	
Concreto + PEG 1%	
 <p><i>Figura 175: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1% (1A)</i></p>	 <p><i>Figura 176: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1% (1B)</i></p>
 <p><i>Figura 177: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1% (2A)</i></p>	 <p><i>Figura 178: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1% (2B)</i></p>
 <p><i>Figura 179: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1% (3A)</i></p>	 <p><i>Figura 180: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1% (3B)</i></p>

Fuente: Propia

Anexo 64: Evidencia fotográfica de los ensayos de permeabilidad del concreto + PEG 1.5%

ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO	
Concreto + PEG 1.5%	
	
<p><i>Figura 181: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.5% (1A)</i></p>	<p><i>Figura 182: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.5% (1B)</i></p>
	
<p><i>Figura 183: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.5% (2A)</i></p>	<p><i>Figura 184: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.5% (2B)</i></p>
	
<p><i>Figura 185: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.5% (3A)</i></p>	<p><i>Figura 186: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.5% (3B)</i></p>

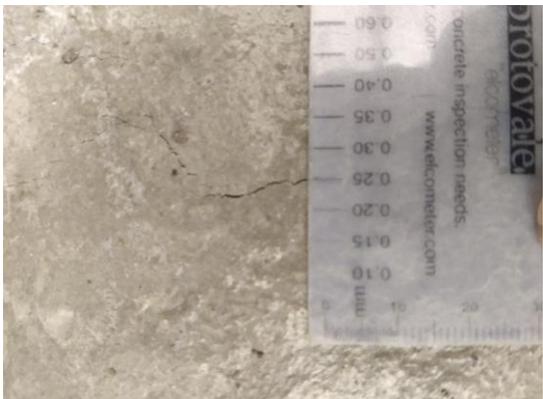
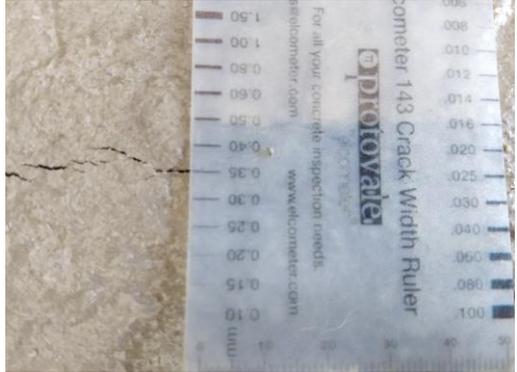
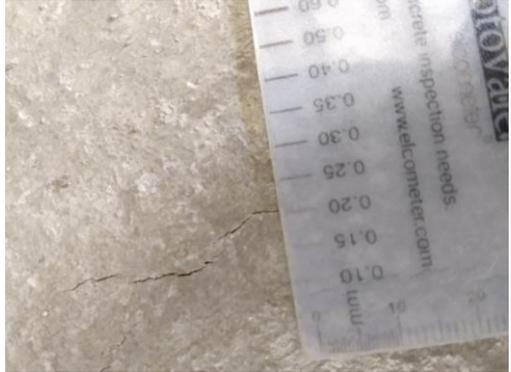
Fuente: Propia

Anexo 65: Evidencia fotográfica de los ensayos de permeabilidad del concreto + PEG 1.75%

ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO	
Concreto + PEG 1.75%	
	
<p><i>Figura 187: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.75% (1A)</i></p>	<p><i>Figura 188: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.75% (1B)</i></p>
	
<p><i>Figura 189: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.75% (2A)</i></p>	<p><i>Figura 190: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.75% (2B)</i></p>
	
<p><i>Figura 191: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.75% (3A)</i></p>	<p><i>Figura 192: Profundidad máxima de penetración para concreto + PEG 1.75% (3B)</i></p>

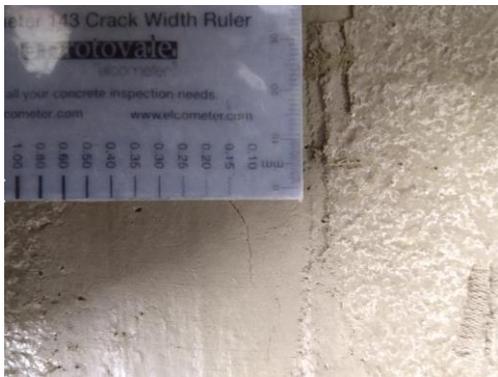
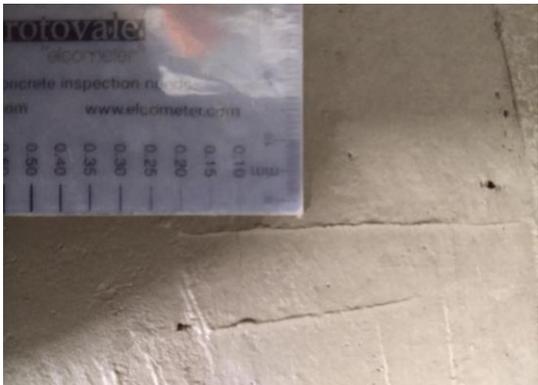
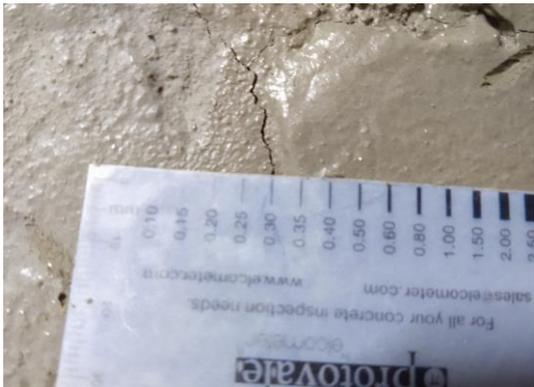
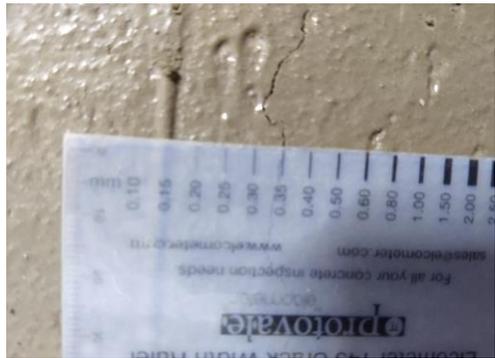
Fuente: Propia

Anexo 66: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto patrón

ENSAYO DE FISURACIÓN DEL CONCRETO	
Concreto Patrón	
	
<p><i>Figura 193: Primera grieta para el panel 1 de concreto patrón</i></p>	<p><i>Figura 194: Ancho de grieta a las 10h para el panel 1 de concreto patrón</i></p>
	
<p><i>Figura 195: Ancho de grieta a las 24h para el panel 1 de concreto patrón</i></p>	<p><i>Figura 196: Primera grieta para el panel 2 de concreto patrón</i></p>
	
<p><i>Figura 197: Ancho de grieta a las 10h para el panel 2 de concreto patrón</i></p>	<p><i>Figura 198: Ancho de grieta a las 24h para el panel 2 de concreto patrón</i></p>

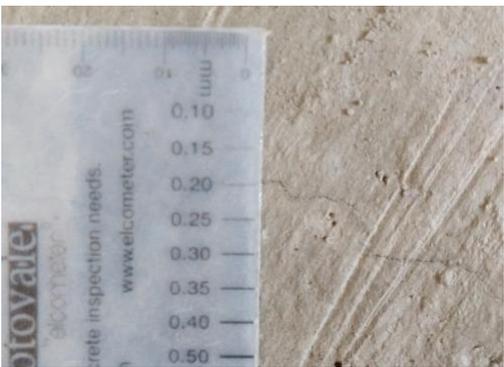
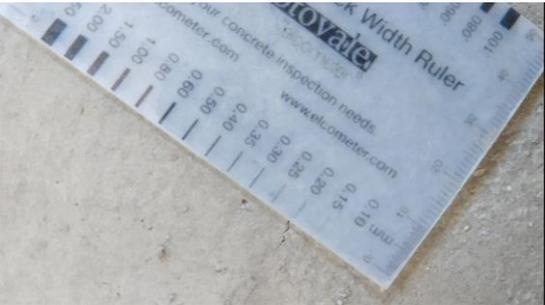
Fuente: Propia

Anexo 67: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto + PEG 0.5%

ENSAYO DE FISURACIÓN DEL CONCRETO	
Concreto + PEG 0.5%	
	
<p><i>Figura 199: Primera grieta para el panel 1 de concreto + PEG 0.5%</i></p>	<p><i>Figura 200: Ancho de grieta a las 9h para el panel 1 de concreto + PEG 0.5%</i></p>
	
<p><i>Figura 201: Ancho de grieta a las 24h para el panel 1 de concreto + PEG 0.5%</i></p>	<p><i>Figura 202: Primera grieta para el panel 2 de concreto + PEG 0.5%</i></p>
	
<p><i>Figura 203: Ancho de grieta a las 9h para el panel 2 de concreto + PEG 0.5%</i></p>	<p><i>Figura 204: Ancho de grieta a las 24h para el panel 2 de concreto + PEG 0.5%</i></p>

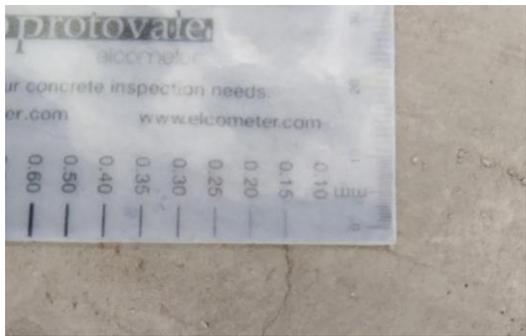
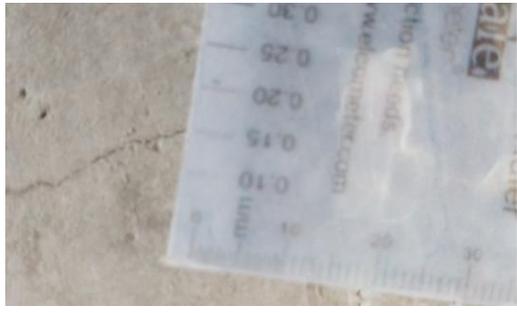
Fuente: Propia

Anexo 68: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto + PEG 1%

ENSAYO DE FISURACIÓN DEL CONCRETO	
Concreto + PEG 1%	
 <p>Figura 205: Primera grieta para el panel 1 de concreto + PEG 1%</p>	 <p>Figura 206: Ancho de grieta a las 9h para el panel 1 de concreto + PEG 1%</p>
 <p>Figura 207: Ancho de grieta a las 24h para el panel 1 de concreto + PEG 1%</p>	 <p>Figura 208: Primera grieta para el panel 2 de concreto + PEG 1%</p>
 <p>Figura 209: Ancho de grieta a las 9h para el panel 2 de concreto + PEG 1%</p>	 <p>Figura 210: Ancho de grieta a las 24h para el panel 2 de concreto + PEG 1%</p>

Fuente: Propia

Anexo 69: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto + PEG 1.5%

ENSAYO DE FISURACIÓN DEL CONCRETO	
Concreto + PEG 1.5%	
	
<p><i>Figura 211: Panel 1 para concreto PEG 1.5% sin fisuras</i></p>	<p><i>Figura 212: Primera grieta para el panel 2 de concreto + PEG 1.5%</i></p>
	
<p><i>Figura 213. Ancho de grieta a las 8h para el panel 2 de concreto + PEG 1.5%</i></p>	<p><i>Figura 214: Ancho de grieta a las 24h para el panel 2 de concreto + PEG 1.5%</i></p>

Fuente: Propia

Anexo 70: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto + PEG 1.75%

ENSAYO DE FISURACIÓN DEL CONCRETO	
Concreto + PEG 1.75%	
<p><i>Figura 215: Primera grieta para el panel 1 de concreto + PEG 1.75%</i></p>	<p><i>Figura 216: Ancho de grieta a las 8h para el panel 1 de concreto + PEG 1.75%</i></p>
<p><i>Figura 217: Ancho de grieta a las 24h para el panel 1 de concreto + PEG 1.75%</i></p>	<p><i>Figura 218: Primera grieta para el panel 2 de concreto + PEG 1.75%</i></p>
<p><i>Figura 219: Ancho de grieta a las 8h para el panel 2 de concreto + PEG 1.75%</i></p>	<p><i>Figura 220: Ancho de grieta a las 24h para el panel 2 de concreto + PEG 1.57%</i></p>

Fuente: Propia

Anexo 71: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto patrón y concreto + PEG 0.5%

ENSAYO DE FLEXIÓN DEL CONCRETO

Concreto Patrón



Figura 221: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto patrón (1)



Figura 222: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto patrón (2)



Figura 223: Falla presentada tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto patrón (1 y 2)

Concreto + PEG 0.5%



Figura 224: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (1)



Figura 225: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (2)



Figura 226: Falla presentada tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (1)



Figura 227: Falla presentada tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (2)

Fuente: Propia

Anexo 72: Evidencia fotográfica del ensayo de fisuración del concreto + PEG 1% y 1.5%

ENSAYO DE FLEXIÓN DEL CONCRETO

Concreto + PEG 1%



Figura 228: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 1% (1)



Figura 229: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 1% (1)



Figura 230: Falla presentada tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (1 y 2)

Concreto + PEG 1.5%



Figura 231: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 1.5% (1)



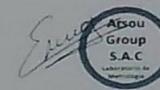
Figura 232: Carga resistida tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 1.5% (1)



Figura 233: Falla presentada tras el ensayo de flexión a los 28 días para el concreto + PEG 0.5% (1 y 2)

Fuente: Propia

Anexo 73: Certificados de calibración

		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1066-105-2020	Página 1 de 3	
Arsou Group Laboratorio de Metrología				
Fecha de emisión	2020/09/20	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del Instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.</p> <p>ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.</p> <p>Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.</p>		
Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO E.I.R.L.			
Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO			
Instrumento de medición	BALANZA			
Identificación	1066-105-2020			
Intervalo de indicación	5000 g			
División de escala Resolución	0.1 g			
División de verificación (e)	0.1 g			
Tipo de indicación	Digital			
Marca / Fabricante	ELECTRONIC SCALE			
Modelo	NO INDICA			
N° de serie	NO INDICA			
Procedencia	CHINA			
Lugar de calibración	Laboratorio de LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO-CHICLAYO E.I.R.L.			
Fecha de calibración	2020/09/17			
Método/Procedimiento de calibración "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrología Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)				
 ARSOU GROUP S.A.C Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica METROLOGIA				
ARSOU GROUP S.A.C. Asoc. Vv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437 ventas@arsougroup.com www.arsougroup.com				



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1066-105-2020

Página 2 de 3

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 2kg	0828-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 5 kg	0826-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 10 kg	0827-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 25 kg	0170-CLM-2019

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 21,5 °C	Final: 21,9 °C
Humedad Relativa	Inicial: 68 %hr	Final: 69 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 2500 g			Carga L1= 5000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	2500.0	0.05	-0.09	5000	0.05	-0.1
2	2500.0	0.04	-0.1	5000	0.07	-0.06
3	2500.0	0.04	-0.05	5000	0.05	-0.08
4	2500.0	0.05	-0.09	5000	0.03	-0.1
5	2500.0	0.06	-0.04	5000	0.06	-0.11
6	2500.0	0.04	-0.06	5000	0.07	-0.12
7	2500.0	0.04	-0.09	5000	0.05	-0.11
8	2500.0	0.05	-0.08	5000	0.05	-0.1
9	2500.0	0.04	-0.08	5000	0.05	-0.11
10	2500.0	0.05	-0.1	5000	0.04	-0.1
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)			Error Máximo Permitido (g)		
2500	0			1		
5000	0			2		

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA





Arso Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1066-105-2020

Página 3 de 3

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀			Determinación de E ₀					
	Carga Min ⁽¹⁾ (g)	I (kg)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1	1	0.04	-0.01	500	500	0.06	-0.01	0.01
2		1	0.06	-0.02		500	0.04	-0.01	0
3		1	0.04	0		500	0.05	-0.02	-0.02
4		1	0.03	0.01		500	0.04	0.04	0.03
5		1	0.05	-0.02		500	0.04	0.03	0.02

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1.0	1.0	0.05	-0.01						1
5.0	5.0	0.06	0.03	0.03	5.0	0.06	0.01	0.01	1
10.0	10.0	0.04	-0.04	0.02	10.0	0.05	-0.04	-0.04	1
50.0	50.0	0.03	0	0.04	50.0	0.05	-0.03	-0.03	1
100.0	100.0	0.05	0.01	0.03	100.0	0.06	-0.01	0.02	1
500.0	499.9	0.04	0.09	0.02	499.9	0.04	-0.01	0.02	1
1000.0	999.9	0.03	0.08	0.04	999.9	0.03	0	0.01	1
2000.0	1999.8	0.05	0.08	0.03	1999.8	0.05	-0.1	-0.07	2
3000.0	2999.9	0.09	0.09	0.02	2999.9	0.06	-0.09	-0.05	2
4000.0	3999.9	0.09	0.09	0.04	3999.9	0.05	-0.11	-0.04	2
5000.0	4999.8	0.08	0.05	0.05	4999.8	0.04	-0.12	-0.13	2

Leyenda

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E₀: Error en cero

E_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U_{95} = 2 \cdot \sqrt{0.00195 \text{ g}^2 + 0.000000088381 \text{ R}^2}$$

$$\text{Lectura Corregida } R_{\text{corregida}} = R + 7.010588872 \text{ R}$$

R: Indicación de lectura de balanza (g)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrología Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Vv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1068-105-2020

Página 1 de 3

Fecha de emisión 2020/09/20

Solicitante **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO**

Dirección AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO

Instrumento de medición **BALANZA**

Identificación 1068-105-2020

Intervalo de indicación 30000 g

División de escala Resolución 1 g

División de verificación (e) 1 g

Tipo de indicación Digital

Marca / Fabricante OHAUS

Modelo EB30

N° de serie 8033071912

Procedencia USA

Lugar de calibración Laboratorio de LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO E.I.R.L.

Fecha de calibración 2020/09/17

Método/Procedimiento de calibración
"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metroológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGIA



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1068-105-2020

Página 2 de 3

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 2kg	0828-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 5 kg	0826-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 10 kg	0827-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 25 kg	0170-CLM-2019

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 21,5 °C	Final: 21,9 °C
Humedad Relativa	Inicial: 68 %hr	Final: 69 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15000 g			Carga L1= 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000.0	0.07	-0.12	30000	0.05	-0.1
2	15000.0	0.07	-0.15	30000	0.04	-0.12
3	15000.0	0.08	-0.12	30000	0.05	-0.13
4	15000.0	0.06	-0.11	30000	0.04	-0.1
5	15000.0	0.07	-0.12	30000	0.03	-0.11
6	15000.0	0.07	-0.13	30000	0.05	-0.12
7	15000.0	0.06	-0.11	30000	0.04	-0.13
8	15000.0	0.07	-0.12	30000	0.05	-0.1
9	15000.0	0.09	-0.12	30000	0.04	-0.11
10	15000.0	0.08	-0.1	30000	0.05	-0.12
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
15000	0		1			
30000	0		5			

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 03, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀			Determinación de E ₀					
	Carga Mín ⁽¹⁾ (g)	I (kg)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1	1	0.04	-0.09	500	500	0.07	-0.02	0.07
2		1	0.07	-0.02		500	0.07	-0.02	0
3		1	0.05	0		500	0.08	-0.03	-0.03
4		1	0.02	0.03		500	0.07	0.08	0.05
5		1	0.07	-0.02		500	0.06	0.19	0.21

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1	1	0.07	-0.02						1
5	5	0.04	0.01	0.01	5	0.04	0.01	0.03	1
10	10	0.03	-0.01	0.01	10	0.04	-0.03	-0.05	1
500	500	0.05	0	0	500	0.02	-0.07	-0.05	1
1000	1000	0.06	0	0	1000	0.06	-0.04	0.01	1
2500	2500	0.04	0.01	0.01	2500	0.06	-0.01	0.01	1
5000	5000	0.06	-0.02	0.02	5000	0.05	0	0.02	1
10000	10000	0.07	-0.05	0.03	10000	0.06	-0.3	-0.05	1
15000	14999	0.15	0.01	0.01	14999	0.15	0.43	0.18	5
20000	20000	0.05	0.09	0.03	20000	0.07	-0.12	-0.02	5
30000	29999	0.09	0.15	0.18	29999	0.09	-0.28	-0.24	5

Leyenda

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E₀: Error en ceroE_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U_R = 2 \cdot \sqrt{0.16706 \text{ g}^2 + 0.0000000008320 \text{ R}^2}$$

$$\text{Lectura Corregida } R_{\text{corregida}} = R + 0.844152519 \text{ R}$$

R: Indicación de lectura de balanza (g)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrológica Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 156 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1072-105-2020

Página 1 de 3

Arso Group
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión	2020/09/20
Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO
Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
Instrumento de medición	PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO
Identificación	1072-105-2020
Marca	CYM
Modelo	PM-20
Serie	202002
Capacidad	100,000 kg
Indicador	FORNEY
Serie	NO INDICA
Bomba	ELÉCTRICA
Procedencia	USA
Lugar de calibración	Laboratorio de LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO-CHICLAYO E.I.R.L.
Fecha de calibración	2020/09/17

Método/Procedimiento de calibración

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines". Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1072-105-2020

Página 2 de 3

Arso Group
Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 100 TN	192-19 con trazabilidad INF-LE 250-18.

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 18,3 °C	Final: 18,0 °C
Humedad Relativa	Inicial: 87 %hr	Final: 87 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

TABLA N° 01

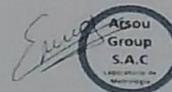
CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO

SISTEMA DIGITAL "A" Kg	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (Kg)				PROMEDIO "B" Kg	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) Kg	SERIE (2) Kg	ERROR %	ERROR (2) %			
10000	10002	9999	0.02	-0.01	10000.5	0.005	0.02
20000	19990	19990	-0.05	-0.05	19990.0	-0.05	0.00
30000	29998	29980	-0.01	-0.07	29989.0	-0.04	0.04
40000	39930	39920	-0.18	-0.2	39925.0	-0.19	0.02
50000	50010	49995	0.02	-0.01	50002.5	0.01	0.02
60000	59950	59960	-0.08	-0.07	59955.0	-0.08	0.01
70000	69980	69990	-0.03	-0.01	69985.0	-0.02	0.01
80000	80041	80040	0.05	0.05	80040.5	0.05	0.00

NOTAS SOBRE CALIBRACION

1. - La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
2. - Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$
3. - La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
 Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
 ventas@arsougroup.com
 www.arsougroup.com



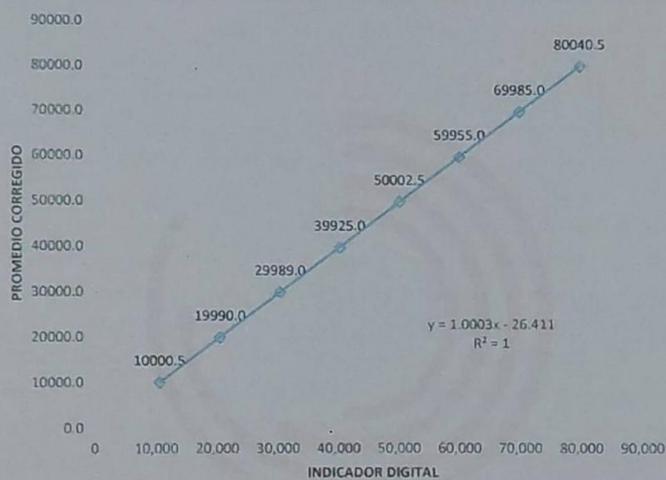
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1072-105-2020

Página 3 de 3

Arso Group
Laboratorio de Metrología

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde: $y = 1,003x - 26,411$

Coefficiente Correlación $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)

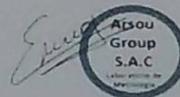
Y : fuerza promedio (kg)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 %
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carrasco
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com

Anexo 74: Tabla comparativa entre los resultados derivados del análisis al concreto patrón y del concreto más aditivo Polietilenglicol 4000

	DOSIFICACIONES ESTUDIADAS				
	CONCRETO PATRÓN	PEG 0.5%	PEG 1%	PEG 1.5%	PEG 1.75%
ASENTAMIENTO O SLUMP	3.80 "	3.60 "	3.30 "	3.20 "	3.00 "
VOLUMEN EXUDADO	6.60 mL	6.20 mL	5.20 mL	3.90 mL	4.20 mL
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	1.60 %	1.70 %	1.70 %	2.20 %	2.40 %
CONTROL DE TEMPERATURA	24.60 °C	25.50 °C	25.70 °C	26.50 °C	26.60 °C
PESO UNITARIO DEL CONCRETO	2340.14 Kg/m ³	2255.04 Kg/m ³	2311.77 Kg/m ³	2304.68 Kg/m ³	2297.59 Kg/m ³
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (28 DÍAS)	214.85 Kgf/cm ²	134.28 Kgf/cm ²	171.24 Kgf/cm ²	169.97 Kgf/cm ²	144.63 Kgf/cm ²
PENETRACIÓN MÁXIMA PROMEDIO EN ENSAYO DE PERMEABILIDAD	20.98 mm	36.61 mm	30.62 mm	47.10 mm	53.89 mm
ANCHO PROMEDIO DE FISURA A LAS 24 H	0.38 mm	0.33 mm	0.20 mm	0.20 mm	0.23 mm
RELACIÓN DE REDUCCIÓN DE GRIETAS O CRR	-	13.33%	46.67%	46.67%	40.00%
MÓDULO DE ROTURA (28 DÍAS)	36.77 Kg/m ³	24.78 Kg/m ³	33.02 Kg/m ³	37.77 Kg/m ³	12.79 Kg/m ³
COSTO POR M ³ EN SOLES (SIN CURADO NI RESANE)	S/320.38	S/336.63	S/352.87	S/369.12	S/377.24
COSTO POR M ³ EN SOLES MÁS COSTOS POR CURADO (CONCRETO PATRÓN CON CURADO CONVENCIONAL Y SIN RESANE)	S/337.12	S/336.63	S/352.87	S/369.12	S/377.24
COSTO POR M ³ EN SOLES MÁS COSTOS POR CURADO Y RESANE (CONCRETO PATRÓN CON CURADO CONVENCIONAL Y RESANE)	S/352.24	S/336.63	S/352.87	S/369.12	S/377.24
COSTO POR M ³ EN SOLES MÁS COSTOS POR CURADO (CONCRETO PATRÓN CURADO CON ADITIVO CURADOR MEMBRANIL Y SIN RESANE)	S/327.58	S/336.63	S/352.87	S/369.12	S/377.24
COSTO POR M ³ EN SOLES MÁS COSTOS POR CURADO Y RESANE (CONCRETO PATRÓN CURADO CON ADITIVO CURADOR MEMBRANIL Y RESANE)	S/342.70	S/336.63	S/352.87	S/369.12	S/377.24

Fuente: Elaboración Propia