

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL- HUANCABELICA



TESIS

**“INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA
RESISTENCIA DE UN CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES

PRESENTADO POR:

Bach. REYES QUISPE, Inés Ximena

Bach. CHAHUAYO QUISPE, Jose Rolando

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCABELICA-PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA



FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 14 días del mes de octubre del año 2019, a horas 9:00 a.m., se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **M.Sc. Iván Arturo AYALA BIZARRO (PRESIDENTE)**, **Mg. Jorge Luis ORTEGA VARGAS (SECRETARIO)**, **Ing. Carlos GASPAS PACO (VOCAL)**, designados con Resolución de Decano N° 045-2019-FCI-UNH, de fecha 03 de mayo del 2019 y ratificados con Resolución de Decano N° 176-2019-FCI-UNH de fecha 10 de octubre del 2019, a fin de proceder con la calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS", presentado por los Bachilleres **Inés Ximena REYES QUISPE** y **Jose Rolando CHAHUAYO QUISPE** para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**; en presencia del **M.Sc. Marco Antonio LÓPEZ BARRANTES** como Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizado la evaluación a horas 10:40 am; se invitó al público presente y a los sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

Inés Ximena REYES QUISPE

APROBADO POR UNANIMIDAD.....

DESAPROBADO

Jose Rolando CHAHUAYO QUISPE

APROBADO POR UNANIMIDAD.....

DESAPROBADO

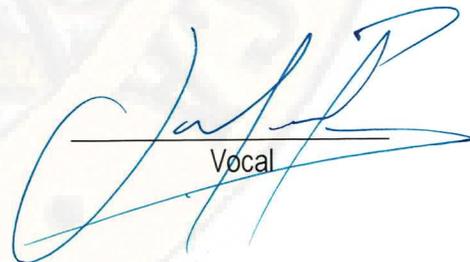
En señal de conformidad, firmamos a continuación:



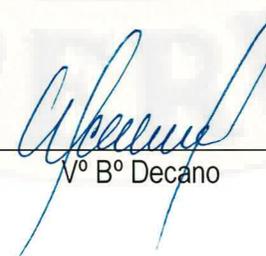
Presidente



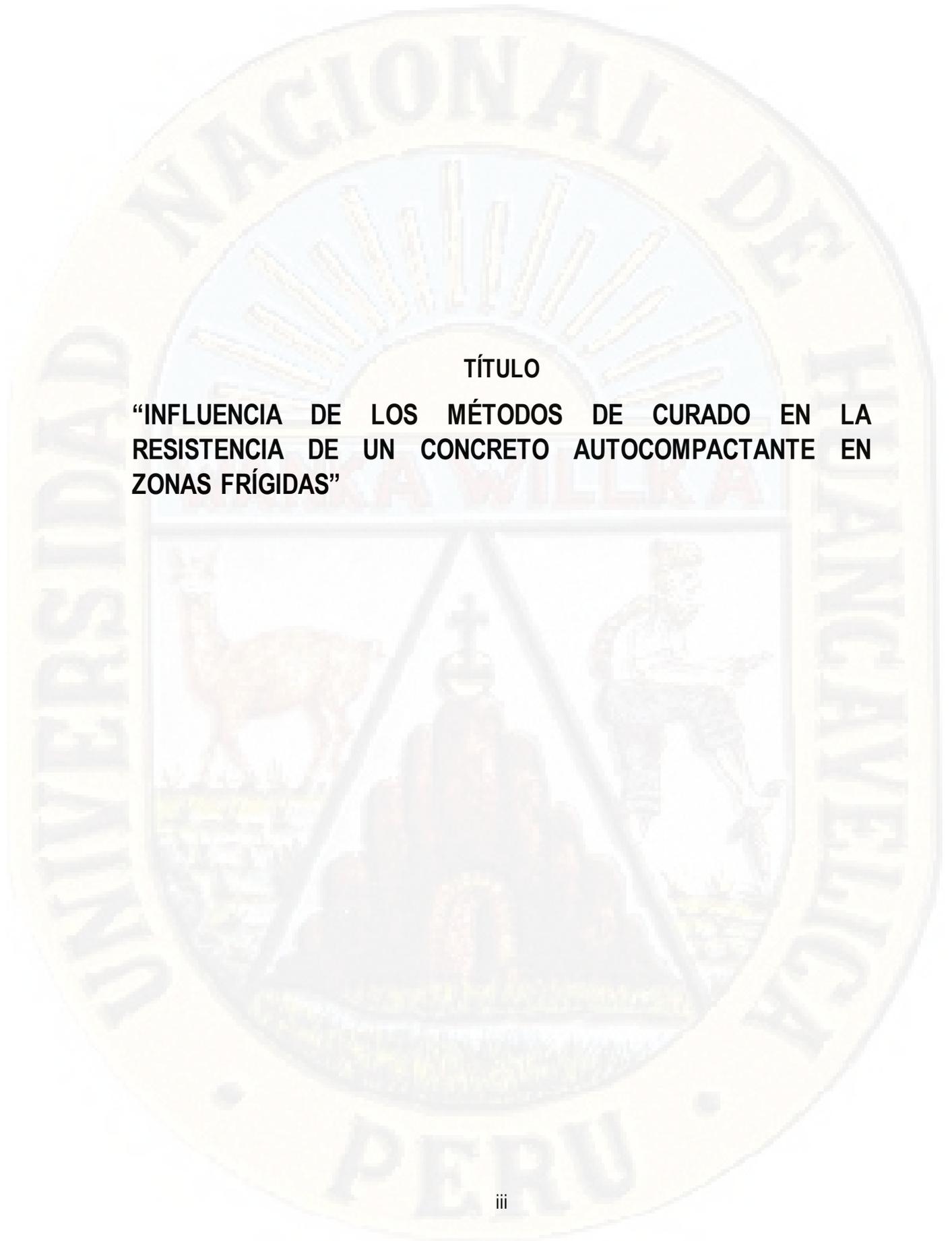
Secretario



Vocal

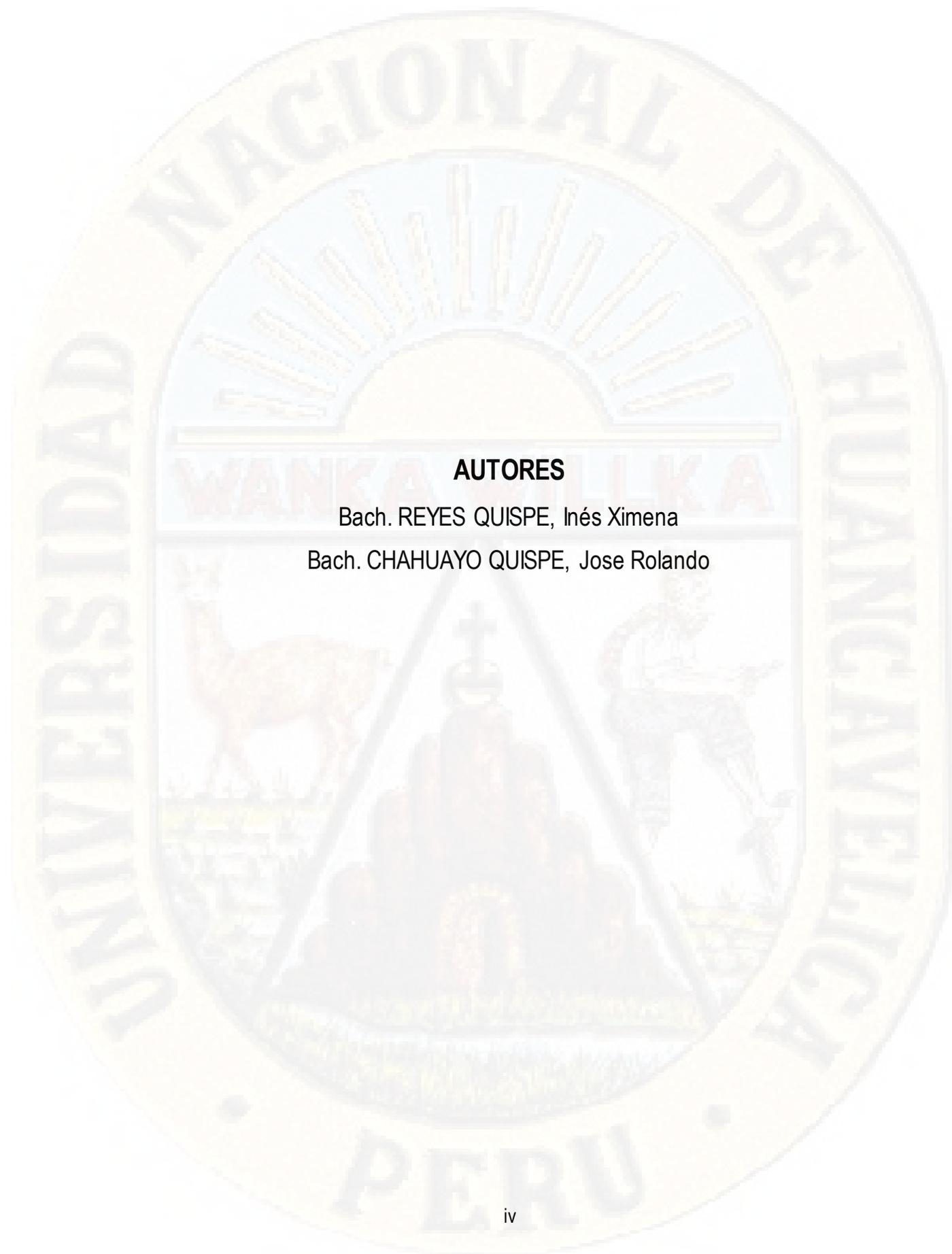


Vº Bº Decano



TÍTULO

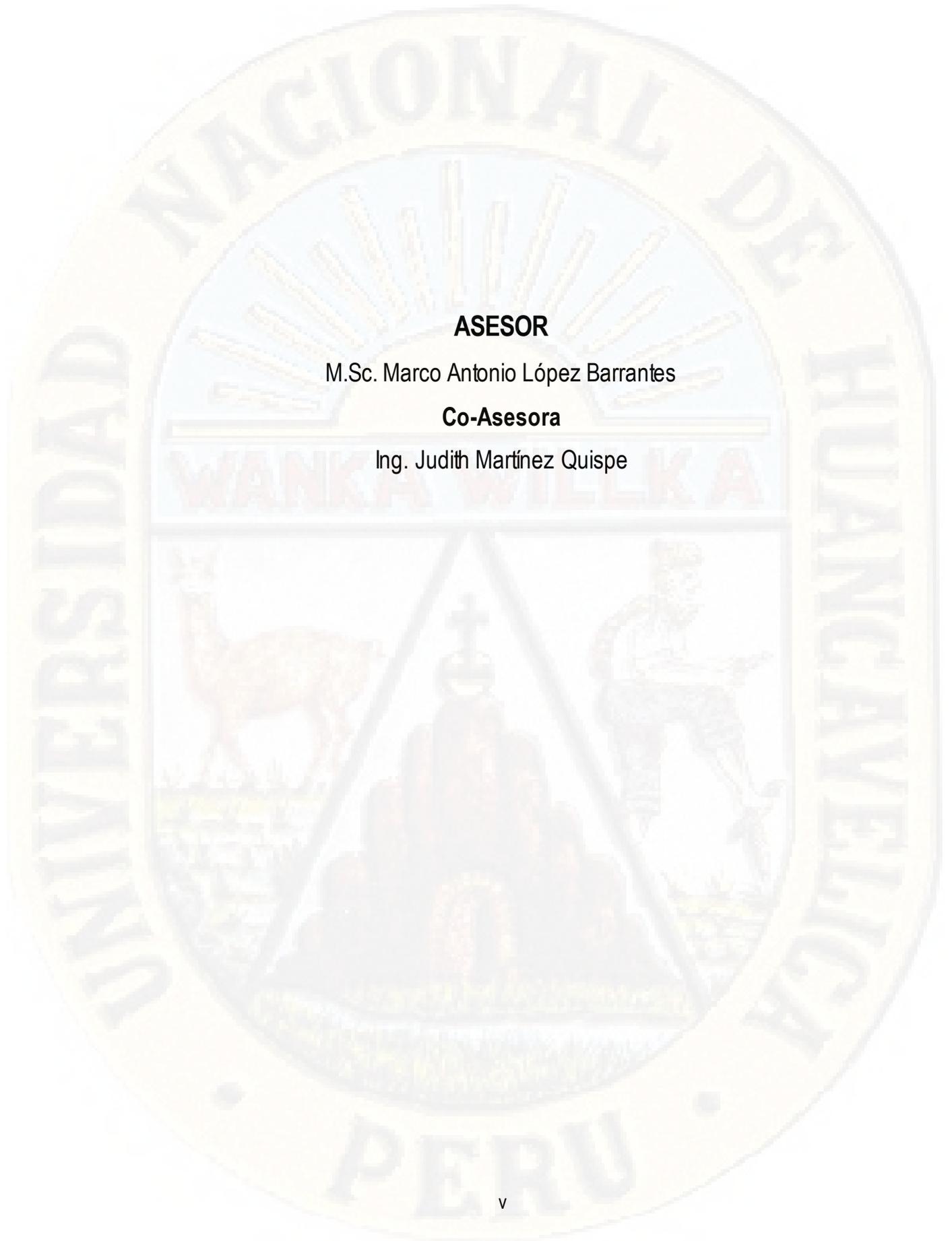
“INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS”



AUTORES

Bach. REYES QUISPE, Inés Ximena

Bach. CHAHUAYO QUISPE, Jose Rolando



ASESOR

M.Sc. Marco Antonio López Barrantes

Co-Asesora

Ing. Judith Martínez Quispe

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado sabiduría y fuerza, para emprender un buen camino guiándome en el trayecto de mi vida.

A mis padres Edmundo y Rosalía, quienes son los pilares y las personas más importantes en mi vida, que a pesar de las dificultades presentadas nunca se rindieron y siempre estuvieron a mi lado apoyándome y guiándome para cumplir con mis objetivos y culminar con la carrera profesional.

A mi hermana Pamela, quien estuvo en todo momento apoyándome y motivándome de manera incondicional en mi vida profesional y personal, por contagiarme de sus alegrías y el aliento para seguir adelante en todo momento.

A Dios, por guiarme en el trayecto de mi vida y brindarme fuerza y voluntad para lograr mis propósitos.

A mis padres Rogelio y Alcida, quienes son las personas más importantes en mi vida y estuvieron a mi lado apoyándome y guiándome para cumplir con mis objetivos y culminar con la carrera profesional.

A mi hermano Jhon, quien estuvo motivándome de manera incondicional en mi vida profesional y personal.

A Jeremi, por ser mi motivación y a quien va todo mi esfuerzo y sacrificio, siendo el pilar fundamental para superarme cada día en mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A nuestro señor Dios por brindarnos un día más de vida y dejamos estar al lado de nuestros padres, hermanos y amigos.

Así mismo a nuestra institución, Universidad Nacional de Huancavelica y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil; por darnos la oportunidad de ser parte de esta formación profesional y recibimos como segundo hogar.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que nos brindaron con paciencia sus conocimientos durante nuestra formación profesional.

A nuestro asesor el Ing. Marco Antonio López Barrantes, por su orientación, consejos y guía en la ejecución de la presente investigación.

A nuestra co-asesora la Ing. Judith Martínez, por el apoyo en el desarrollo de la investigación.

Al director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Huancavelica, por facilitarnos las instalaciones del Laboratorio de Tecnología del Concreto, así mismo al técnico de laboratorio y a los practicantes, por su constante apoyo y colaboración en la ejecución de este proyecto experimental.

A nuestros padres, hermanos, amigos y compañeros por compartir sus conocimientos, experiencia y anécdotas con nosotros. A todos los demás colaboradores que de forma directa e indirecta ayudaron en el desarrollo del trabajo de investigación.

Índice

ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
TÍTULO.....	iii
AUTORES.....	iv
ASESOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
Índice.....	vii
Índice de tablas.....	xiv
Índice de figuras.....	xvii
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT.....	xxiv
INTRODUCCIÓN.....	xxvi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	28
1.1. Descripción del problema.....	28
1.2. Fomulación del problema.....	29
1.2.1. Problema general.....	29
1.2.2. Problema específico.....	29
1.3. Objetivos: general y específicos.....	29
1.3.1. Objetivo general.....	29
1.3.2. Objetivos específicos.....	29
1.4. Justificación.....	30
1.5. Limitaciones.....	31
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	32
2.1. Antecedentes.....	32
2.1.1. Antecedentes internacionales:.....	32
2.1.2. Antecedentes nacionales:.....	33
2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	38
2.2.1. Concreto autocompactante.....	38

2.2.1.1.	Ventajas del concreto autocompactante.....	38
2.2.1.2.	Componentes del concreto.....	39
2.2.1.2.1.	Agregados.....	39
2.2.1.2.1.1.	Clasificación.....	40
2.2.1.2.1.2.	Funciones del agregado.....	40
2.2.1.2.2.	Cemento.....	41
2.2.1.2.2.1.	Composición química del cemento.....	41
2.2.1.2.3.	Aditivo.....	42
2.2.1.2.3.1.	Tipos de aditivos.....	42
2.2.1.2.4.	Agua.....	43
2.2.1.2.4.1.	Requisitos de calidad.....	43
2.2.1.3.	Diseño de mezcla.....	44
2.2.1.3.1.	Métodos del diseño de mezclas.....	44
2.2.1.3.2.	Criterio de diseño.....	45
2.2.1.3.3.	Secuencia de diseño.....	46
2.2.1.3.3.1.	Selección de la resistencia promedio requerida a partir de la resistencia en compresión especificada.....	46
2.2.1.3.3.2.	Selección del tamaño máximo nominal del agregado.....	47
2.2.1.3.3.3.	Selección del asentamiento.....	47
2.2.1.3.3.4.	Selección de volumen unitario del agua de diseño.....	48
2.2.1.3.3.5.	Selección del contenido de aire.....	49
2.2.1.3.3.6.	Selección de la relación agua-cemento por resistencia.....	49
2.2.1.3.3.7.	Determinación del factor cemento.....	51
2.2.1.3.3.8.	Determinación del contenido de agregados.....	51
2.2.1.3.3.9.	Determinación de la proporción en peso, de diseño y de obra.....	55
2.2.1.4.	Concreto autocompactante en estado fresco.....	55
2.2.1.4.1.	Ensayos de concreto autocompactante.....	56
2.2.1.4.1.1.	Ensayo del escurrimiento.....	56
2.2.1.4.1.2.	Escurrimiento con el anillo japonés.....	56
2.2.1.4.1.3.	Embudo en V.....	58
2.2.1.4.1.4.	Caja en L.....	59
2.2.1.4.1.5.	Caja en U.....	60

2.2.1.5.	Concreto autocompactante en estado endurecido	61
2.2.1.5.1.	Resistencia a la compresión.....	61
2.2.1.5.2.	Resistencia a la tracción por compresión diametral.....	62
2.2.2.	Métodos de curado.....	62
2.2.2.1.	Curado con agua.....	62
2.2.2.2.	Curado con materiales selladores.....	64
2.2.2.3.	Protección del concreto	66
2.2.2.3.1.	Materiales a utilizar en la protección del concreto:.....	66
2.3.	Bases conceptuales.....	68
2.4.	Definición de términos.....	68
2.5.	Hipótesis.....	70
2.5.1.	Hipótesis general.....	70
2.5.2.	Hipótesis específica	70
2.6.	Variables.....	70
2.7.	Operacionalización de variables.....	70
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		72
3.1.	Ámbito temporal y espacial.....	72
3.1.1.	Ámbito temporal.....	72
3.1.2.	Ámbito espacial.....	72
3.2.	Tipo de investigación.....	72
3.3.	Nivel de investigación.....	73
3.4.	Población, muestra y muestreo	73
3.4.1.	Población.....	73
3.4.2.	Muestra.....	73
3.4.3.	Muestreo	73
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	73
3.6.	Técnicas y procesamiento de análisis de datos	74
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....		75
4.1.	Análisis de información	75
4.1.1.	Selección de materiales e insumos.....	76
4.1.1.1.	Cemento.....	76
4.1.1.2.	Agregados.....	77

4.1.1.3.	Agua.....	78
4.1.1.4.	Aditivo	78
4.1.1.5.	Ichu stipa.....	79
4.1.1.6.	Aserrín	80
4.1.1.7.	Aislante térmico.....	80
4.1.2.	Caracterización y estudio de las propiedades de los materiales e insumos.....	80
4.1.2.1.	Análisis granulométrico de los agregados.....	80
4.1.2.2.	Peso unitario de los agregados.....	84
4.1.2.3.	Peso específico y absorción de los agregados gruesos.....	88
4.1.2.4.	Peso específico y absorción de los agregados gruesos.....	90
4.1.2.5.	Contenido de humedad, absorción efectiva y humedad superficial.....	93
4.1.3.	Diseño de mezcla de un concreto autocompactante $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	95
4.1.3.1.	Criterios de diseño de mezclas	95
4.1.3.2.	Selección del tamaño máximo nominal del agregado.....	95
4.1.3.3.	Selección del asentamiento	96
4.1.3.4.	Volumen unitario del agua.....	96
4.1.3.5.	Contenido de aire.....	96
4.1.3.6.	Relación agua- cemento.....	96
4.1.3.7.	Volúmenes absolutos por 1 m ³	97
4.1.3.8.	Pesos de los materiales por 1 m ³	97
4.1.3.9.	Expresiones de los pesos en proporciones:.....	97
4.1.3.10.	Cantidad de materiales por tanda sin corrección por humedad y absorción:.....	97
4.1.3.11.	Cantidad de materiales por tanda con corrección por humedad y absorción:	98
4.1.4.	Ensayos de control del concreto.....	99
4.1.4.1.	Ensayos del concreto en estado fresco.....	99
4.1.4.1.1.	Concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	99
4.1.4.1.2.	Concreto autocompactante $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	102
4.1.5.	Aplicación de los métodos de curado en los especímenes de concreto autocompactante.....	109
4.1.5.1.	Curado en Laboratorio ASTM C-192.....	109
4.1.5.2.	Curado con aserrín.....	111
4.1.5.3.	Curado con ichu.....	113

4.1.5.4.	Curado con aislante térmico.....	115
4.1.5.5.	Curado por aspersión.....	116
4.1.5.6.	Curado por inmersión.....	117
4.1.6.	Ensayo de resistencia a la compresión simple de probetas estándar de concreto (ASTM C -39).....	117
4.1.6.1.	Rotura de probetas curadas en laboratorio con diseño convencional:.....	119
4.1.6.2.	Rotura de probetas curadas en laboratorio con diseño (CAC):.....	120
4.1.6.3.	Rotura de probetas curadas con ichu stipa:.....	121
4.1.6.4.	Rotura de probetas curadas con aserrín:.....	122
4.1.6.5.	Rotura de probetas curadas con aislante térmico:.....	123
4.1.6.6.	Rotura de probetas curadas por aspersión:.....	124
4.1.6.7.	Rotura de probetas curadas por inmersión:.....	125
4.1.7.	Procesamiento de los datos recolectados con las distintas técnicas de estudio....	126
4.1.7.1.	Resumen de edades de probetas curadas en laboratorio con diseño de mezcla convencional:.....	126
4.1.7.2.	Resumen de edades de probetas curadas en laboratorio con diseño (CAC):...127	
4.1.7.3.	Resumen de edades de rotura de probetas curadas con ichu stipa:.....	127
4.1.7.4.	Resumen de edades de rotura de probetas curadas con aserrín:.....	128
4.1.7.5.	Resumen de edades de rotura de probetas curadas con aislante térmico:.....	129
4.1.7.6.	Resumen de edades de rotura de probetas curadas por aspersión:.....	130
4.1.7.7.	Resumen de edades de rotura de probetas curadas por inmersión:.....	131
4.1.7.8.	Comparación de edades de rotura de probetas:.....	132
4.1.8.	Análisis de costo por cada método para concretos autocompactantes.....	138
4.2.	Prueba de hipótesis.....	139
4.2.1.	Hipótesis específica.....	140
4.2.1.1.	Método de curado con ichu stipa:.....	140
4.2.1.1.1.	Presentación e interpretación de datos:.....	140
4.2.1.1.2.	Prueba de hipótesis de la resistencia a compresión:.....	145
4.2.1.2.	Método de curado con aserrín:.....	146
4.2.1.2.1.	Presentación e interpretación de datos:.....	146
4.2.1.2.2.	Prueba de hipótesis de la resistencia a compresión:.....	151
4.2.1.3.	Método de curado con aislante térmico:.....	152

4.2.1.3.1.	Presentación e interpretación de datos:.....	152
4.2.1.3.2.	Prueba de hipótesis de la resistencia a compresión:.....	157
4.2.1.4.	Método de curado por aspersión:.....	158
4.2.1.4.1.	Presentación e Interpretación de datos:.....	158
4.2.1.4.2.	Prueba de hipótesis de la resistencia a compresión:.....	163
4.2.1.5.	Método de curado por inmersión:.....	164
4.2.1.5.1.	Presentación e interpretación de datos:.....	164
4.2.1.5.2.	Prueba de hipótesis de la resistencia a compresión:.....	169
4.2.2.	Hipótesis general.....	170
4.2.2.1.	Presentación e interpretación de datos:.....	171
4.2.2.2.	Prueba de hipótesis de la resistencia a compresión:.....	177
4.3.	Discusión de resultados.....	178
	Conclusiones.....	180
	Recomendaciones.....	182
	Referencias Bibliográficas.....	184
	APÉNDICE.....	187

Índice de tablas

Tabla N° 1. Cuadro de compuestos químicos del cemento.....	42
Tabla N° 2. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.....	43
Tabla N° 3. Resistencia promedio requerida a la compresión.	46
Tabla N° 4. Asentamiento.....	47
Tabla N° 5. Volumen unitario de agua.....	49
Tabla N° 6. Contenido de aire atrapado.....	49
Tabla N° 7. Relación agua/cemento por resistencia.	50
Tabla N° 8. Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a exposición severa*.	51
Tabla N° 9. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	52
Tabla N° 10. Peso del Concreto en estado fresco.....	54
Tabla N° 11. Evaluación de bloqueo.....	58
Tabla N° 12. Operacionalización de variables.....	71
Tabla N° 13. Ensayo físico ASTM sobre la muestra de cemento Andino Portland Tipo I	76
Tabla N° 14. Análisis granulométrico del agregado fino.....	82
Tabla N° 15. Análisis granulométrico del agregado grueso	83
Tabla N° 16. Peso unitario suelto seco del agregado fino	87
Tabla N° 17. Peso unitario compactado seco del agregado fino	87
Tabla N° 18. Peso Unitario suelto seco del agregado grueso.....	87
Tabla N° 19. Peso Unitario compactado seco del agregado grueso.....	87
Tabla N° 20. Peso específico y absorción del agregado grueso.....	90
Tabla N° 21. Peso específico y absorción del agregado fino	92
Tabla N° 22. Humedad y absorción del agregado fino	94
Tabla N° 23. Humedad y absorción del agregado grueso	94
Tabla N° 24. Volúmenes absolutos por 1 m ³	97
Tabla N° 25. Pesos de los materiales por 1 m ³	97
Tabla N° 26. Expresiones de los pesos en proporciones.....	97
Tabla N° 27. Cantidad de materiales por tanda sin corrección por humedad y absorción.....	97
Tabla N° 28. Pesos de los materiales por 1 m ³ corregido por humedad y absorción.....	98
Tabla N° 29. Expresiones de los pesos en proporciones corregido por humedad y absorción.....	98
Tabla N° 30. Cantidad de materiales por tanda corregido por humedad y absorción.....	98
Tabla N° 31. Dosificación de un (CAC)	102
Tabla N° 32. Caracterización del concreto autocompactante (CAC)	103
Tabla N° 33. Fluidez del diseño autocompactante con distintas dosis de aditivo Chema Plast.....	105
Tabla N° 34. Ensayo de la caja L del diseño autocompactante con distintas dosis de aditivo Chema Plast.....	107
Tabla N° 35. Ensayo del embudo (V) del diseño autocompactante con distintas dosis de aditivo Chema Plast.....	108
Tabla N° 36. Compresión simple de probetas curadas en laboratorio con diseño convencional, edades (3,7,14,21 y 28 días).....	119
Tabla N° 37. Compresión simple de probetas curadas en laboratorio con (CAC) a las edades de (3,7,14,21 y 28 días).....	120

Tabla N° 38. Compresión simple de probetas curadas con ichu stipa (CAC) a las edades de (3,7,14,21 y 28 días).....	121
Tabla N° 39. Compresión simple de probetas curadas con aserrín (CAC) a las edades de (3,7,14,21 y 28 días).....	122
Tabla N° 40. Compresión simple de probetas curadas con aislante térmico (CAC) a las edades de (3,7,14,21 y 28 días).....	123
Tabla N° 41. Compresión simple de probetas curadas por aspersion (CAC) a las edades de (3,7,14,21 y 28 días).....	124
Tabla N° 42. Compresión simple de probetas curadas por inmersión (CAC) a las edades de (3,7,14,21 y 28 días).....	125
Tabla N° 43. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de concreto convencionales.....	126
Tabla N° 44. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de CAC.....	127
Tabla N° 45. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas curadas con ichu stipa.....	127
Tabla N° 46. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas curadas con aserrín.....	128
Tabla N° 47. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas curadas con aislante térmico.....	129
Tabla N° 48. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas curadas por aspersion.....	130
Tabla N° 49. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas curadas por inmersión.....	131
Tabla N° 50. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de concreto convencional vs. CAC.....	132
Tabla N° 51. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de CAC (laboratorio) vs. CAC curado con aserrín.....	132
Tabla N° 52. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de CAC (laboratorio) vs. CAC curado con ichu.....	133
Tabla N° 53. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de CAC (laboratorio) vs. CAC curado con aislante térmico.....	133
Tabla N° 54. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de CAC (laboratorio) vs. CAC curado por inmersión.....	133
Tabla N° 55. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de CAC (laboratorio) vs. CAC curado por aspersion.....	133
Tabla N° 56. Promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de CAC de los diferentes métodos.....	137
Tabla N° 57. Costo de materiales de un CAC por 1 m ³	138
Tabla N° 58. Costo de materiales de un CAC por 1 m ³ para curado con ichu stipa.....	138
Tabla N° 59. Costo de materiales de un CAC por 1 m ³ para curado con aserrín.....	138
Tabla N° 60. Costo de materiales de un CAC por 1 m ³ para curado con aislante térmico.....	139
Tabla N° 61. Costo de materiales de un CAC por 1 m ³ para curado por aspersion.....	139
Tabla N° 62. Costo de materiales de un CAC por 1 m ³ para curado por inmersión.....	139
Tabla N° 63. Niveles de clase para el CAC vs. ichu.....	140
Tabla N° 64. Observaciones leídas para el CAC vs. ichu.....	140
Tabla N° 65. ANOVA general de la resistencia para el CAC vs. ichu.....	141
Tabla N° 66. Ajuste estadístico del CAC vs. ichu.....	141

Tabla N° 67. ANOVA TIPO III para el CAC vs. ichu.....	141
Tabla N° 68. Medias de mínimos cuadrados por resistencia por curado del CAC vs. ichu.....	141
Tabla N° 69. ANOVA para resistencia por curado CAC vs. ichu	142
Tabla N° 70. Medias de mínimos cuadrados por curado por edad del CAC vs. ichu.....	142
Tabla N° 71. ANOVA para curado por edad CAC vs. ichu.....	143
Tabla N° 72. Medias de resistencia por curado – edad del CAC vs. ichu	143
Tabla N° 73. ANOVA general para el CAC vs. Ichu.....	146
Tabla N° 74. Niveles de clase para el CAC vs. aserrín	147
Tabla N° 75. Observaciones leídas para el CAC vs. aserrín	147
Tabla N° 76. ANOVA general de resistencia para el CAC vs. aserrín	147
Tabla N° 77. Ajuste estadístico del CAC vs. aserrín	147
Tabla N° 78. ANOVA TIPO III para el CAC vs. aserrín.....	147
Tabla N° 79. Medias de mínimos cuadrados por resistencia por curado del CAC vs. aserrín	147
Tabla N° 80. ANOVA para resistencia por curado CAC vs. aserrín	148
Tabla N° 81. Medias de mínimos cuadrados por curado por edad del CAC vs. aserrín.....	148
Tabla N° 82. ANOVA para curado por edad CAC vs. aserrín	149
Tabla N° 83. Medias de resistencia por curado – edad del CAC vs. aserrín	149
Tabla N° 84. ANOVA general para el CAC vs. aserrín	152
Tabla N° 85. Niveles de clase para el CAC vs. aislante térmico.....	153
Tabla N° 86. Observaciones leídas para el CAC vs. aislante térmico	153
Tabla N° 87. ANOVA general de resistencia para el CAC vs. aislante térmico.....	153
Tabla N° 88. Ajuste estadístico del CAC vs. aislante térmico	153
Tabla N° 89. ANOVA TIPO III para el CAC vs. aislante térmico.....	153
Tabla N° 90. Medias de mínimos cuadrados por resistencia por curado del CAC vs. aislante térmico	153
Tabla N° 91. ANOVA para resistencia por curado CAC vs. aislante térmico.....	154
Tabla N° 92. Medias de mínimos cuadrados por curado por edad del CAC vs. aislante térmico	154
Tabla N° 93. ANOVA para curado por edad CAC vs. aislante térmico.....	155
Tabla N° 94. Medias de resistencia por curado – edad del CAC vs. aislante térmico	155
Tabla N° 95. ANOVA general para el CAC vs. aislante térmico	158
Tabla N° 96. Niveles de clase para el CAC vs. aspersión	159
Tabla N° 97. Observaciones leídas para el CAC vs. aspersión.....	159
Tabla N° 98. ANOVA general de resistencia para el CAC vs. aspersión	159
Tabla N° 99. Ajuste estadístico del CAC vs. aspersión	159
Tabla N° 100. ANOVA TIPO III para el CAC vs. aspersión	159
Tabla N° 101. Medias de mínimos cuadrados por resistencia por curado del CAC vs. aspersión	159
Tabla N° 102. ANOVA para resistencia por curado CAC vs. aspersión.....	160
Tabla N° 103. Medias de mínimos cuadrados por curado por edad del CAC vs. aspersión.....	160
Tabla N° 104. ANOVA para curado por edad CAC vs. aspersión	161
Tabla N° 105. Medias de resistencia por curado – edad del CAC vs. aspersión.....	161
Tabla N° 106. ANOVA general para el CAC vs. aspersión.....	164
Tabla N° 107. Niveles de clase para el CAC vs. inmersión	165
Tabla N° 108. Observaciones leídas para el CAC vs. inmersión.....	165

Tabla N° 109. ANOVA general de resistencia para el CAC vs. inmersión.....	165
Tabla N° 110. Ajuste estadístico del CAC vs. inmersión.....	165
Tabla N° 111. ANOVA TIPO III para el CAC vs. inmersión.....	165
Tabla N° 112. Medias de mínimos cuadrados por resistencia por curado del CAC vs. inmersión.....	165
Tabla N° 113. ANOVA para resistencia por curado CAC vs. inmersión.....	166
Tabla N° 114. Medias de mínimos cuadrados por curado por edad del CAC vs. inmersión.....	166
Tabla N° 115. ANOVA para curado por edad CAC vs. inmersión.....	167
Tabla N° 116. Medias de resistencia por curado – edad del CAC vs. inmersión.....	167
Tabla N° 117. ANOVA general para el CAC vs. inmersión.....	170
Tabla N° 118. Niveles de clase para los métodos de curado en un CAC.....	171
Tabla N° 119. Observaciones leídas para los métodos de curado en un CAC.....	171
Tabla N° 120. ANOVA general de resistencia para los métodos de curado en un CAC.....	171
Tabla N° 121. Ajuste estadístico para los métodos de curado en un CAC.....	171
Tabla N° 122. ANOVA TIPO III para los métodos de curado en un CAC.....	171
Tabla N° 123. Medias de mínimos cuadrados por resistencia por curado para los métodos de curado en un CAC.....	172
Tabla N° 124. ANOVA para resistencia por curado para los métodos de curado en un CAC.....	173
Tabla N° 125. Medias de mínimos cuadrados por curado por edad para los métodos de curado en un CAC.....	173
Tabla N° 126. ANOVA para curado por edad para los métodos de curado en un CAC.....	174
Tabla N° 127. Medias de resistencia por curado – edad para los métodos de curado en un CAC.....	175
Tabla N° 128. ANOVA general para los métodos de curado en un CAC.....	177

Índice de figuras

Figura N° 1. Dimensiones del cono de Abrams y realización del ensayo	57
Figura N° 2. Ensayo de escurrimiento con anillo J.....	57
Figura N° 3. Ensayo del embudo V. Dimensiones en mm	59
Figura N° 4. Montaje general de la caja en L.....	60
Figura N° 5. Ensayo caja en U.....	61
Figura N° 6. Ichu stipa.....	67
Figura N° 7. Aserrín	67
Figura N° 8. Aislantes térmicos.....	68
Figura N° 9. Mapa de ubicación de cantera “Nuevo Horizonte”	72
Figura N° 10. Proceso y desarrollo de la investigación.....	75
Figura N° 11. (a), (b) Cemento Portland Andino Tipo I.....	76
Figura N° 12. Mapa de ubicación de los agregados.....	77
Figura N° 13. Muestreo de agregado grueso (piedra chancada).....	77
Figura N° 14. Muestreo de agregado fino.....	78
Figura N° 15. Aditivo usado Chema Plast.....	79
Figura N° 16. Mapa de ubicación del Ichu	79
Figura N° 17. Mapa de ubicación de adquisición de aserrín	80
Figura N° 18. Selección del agregado fino.....	81
Figura N° 19. Selección del agregado grueso.....	81
Figura N° 20. Selección de los tamices.....	82
Figura N° 21. Curva granulométrica del agregado fino.....	83
Figura N° 22. Curva granulométrica del agregado grueso.....	83
Figura N° 23. Molde de briqueta de 15 cm x 30 cm para determinar los pesos unitarios de los agregados.....	84
Figura N° 24 Colocado del agregado grueso en el molde de briqueta	85
Figura N° 25. Peso compactado del agregado grueso con la briqueta.....	85
Figura N° 26. Colocado del agregado fino en el molde de briqueta	86
Figura N° 27. Peso suelto del agregado grueso con la briqueta.....	86
Figura N° 28. Muestra del agregado grueso saturada por 24 horas	88
Figura N° 29. Muestra del agregado grueso superficialmente seco manualmente	89
Figura N° 30. Muestra del agregado grueso sumergido en la canastilla	89
Figura N° 31. Muestra del agregado grueso colocando al homo.....	89
Figura N° 32. Pesado del agregado fino para ser saturado.....	91
Figura N° 33. Ensayo con el molde cónico.....	91
Figura N° 35. Colocado de la muestra del agregado fino al homo.....	92
Figura N° 34. Ensayo con el picnómetro.....	92
Figura N° 36. Pesado del agregado en un recipiente	93
Figura N° 37. Colocado de las muestras del agregado en el homo	94
Figura N° 38. Mezclado de Concreto en el laboratorio de la UNH.....	100
Figura N° 39. (a) Ensayo de asentamiento del concreto (b) slump (3” a 4”).....	100
Figura N° 40. Colocado de las muestras del agregado en el horno	101
Figura N° 41. Colocado de las muestras del agregado en el horno.....	101

Figura N° 42. Materiales (arena gruesa, piedra chancada, cemento, aditivo plastificante y agua)	102
Figura N° 43. Colocado de las muestras del agregado en el horno.....	102
Figura N° 44. Mezclado uniforme para evitar la segregación.....	103
Figura N° 45. Mezcla al ras de la superficie	104
Figura N° 46. (a) (b) Ensayo de fluidez T50	105
Figura N° 47. (a) H1 (altura del hormigón en la parte seguida de la compuerta) (b) H2 (altura del hormigón en la parte final de la caja).....	106
Figura N° 48. Llenado de concreto hasta el ras del embudo (b) Apertura de compuerta.....	108
Figura N° 49. Muestreo de probetas con (CAC)	109
Figura N° 50. (a) y (b) Desencofrado de probetas (24 Hr)	109
Figura N° 51. Curado en laboratorio	110
Figura N° 52. (a) Desencofrado de probetas con (CAC) y (b) curado de probetas (24 Hr).....	110
Figura N° 53. a), (b) y (c) Elaboración de los moldes para la aplicación en cada uno de los métodos de curado.....	111
Figura N° 54. Desencofrado de probetas.....	112
Figura N° 55. (a) Base de aserrín (b) Colocación de la probeta parcialmente húmeda.....	112
Figura N° 56. (a) Colocación del aserrín en los laterales de las probetas (b) colocación de la capa de aserrín en la base	113
Figura N° 57. (a) Colocación de la capa de aserrín en la superficie (b) Cerrado de la probeta	113
Figura N° 58. (a) Desencofrado probetas (b) Colocación de una capa de ichu stipa en la base	114
Figura N° 59. (a) Colocación de ichu stipa en los laterales.....	114
Figura N° 60. (a) Colocación de ichu stipa en los laterales y la superficie (b) Cerrado de la probeta.....	115
Figura N° 61. (a) Desencofrado de probetas (b) Colocación de la probeta en el aislante térmico	115
Figura N° 62. (a) Aislante térmico (b) Cerrado de la probeta	116
Figura N° 63. (a) Probetas a intemperie (b) Curado por aspersion	116
Figura N° 64. (a) Probetas desencofradas (b) Curado por inmersión	117
Figura N° 65. Medición del diámetro de la probeta con la regla de cálculo Vernier	117
Figura N° 66. Ensayo de resistencia a la compresión.....	118
Figura N° 67. Falla de probetas sometidas a compresión.....	118
Figura N° 68. Rotura realizada de probetas a los 28 días.....	118
Figura N° 69. Rotura de probetas (convencional).....	119
Figura N° 70. Rotura de probetas (CAC).....	120
Figura N° 71. Rotura de probetas (ichu stipa).....	121
Figura N° 72. Rotura de probetas (aserrín).....	122
Figura N° 73. Rotura de probetas (aislante térmico).....	123
Figura N° 74. Rotura de probetas (aspersion).....	124
Figura N° 75. Rotura de probetas (inmersión).....	125
Figura N° 76. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas convencionales	126
Figura N° 77. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas de un CAC	127
Figura N° 78. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas curadas con ichu stipa.....	128
Figura N° 79. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas curadas con aserrín.....	129
Figura N° 80. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas curadas con aislante térmico.....	130

Figura N° 81. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas curadas por aspersión....	131
Figura N° 82. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas curadas por inmersión....	132
Figura N° 83. Promedio de resistencia de edad de probetas de concreto convencional vs. CAC	134
Figura N° 84. Promedio de resistencia de edad de probetas de concreto CAC (laboratorio) vs. CAC curado con aserrín.....	134
Figura N° 85. Promedio de resistencia de edad de probetas de concreto CAC (laboratorio) vs. CAC curado con ichu.....	135
Figura N° 86. Promedio de resistencia de edad de probetas de concreto CAC (laboratorio) vs. CAC curado con aislante térmico	135
Figura N° 87. Promedio de resistencia de edad de probetas de concreto CAC (laboratorio) vs. CAC curado por inmersión.....	136
Figura N° 88. Promedio de resistencia de edad de probetas de concreto CAC (laboratorio) vs. CAC curado por aspersión.....	136
Figura N° 89. Promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de CAC de los diferentes métodos.....	137
Figura N° 90. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de del CAC vs. Ichu.....	142
Figura N° 91. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de resistencia por curado del CAC vs. ichu	143
Figura N° 92. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas de curado – edad del CAC vs. Ichu.....	144
Figura N° 93. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas por curado del CAC vs. ichu	144
<i>Figura N° 94. Prueba del rango estudentizado de tukey (HSD) para resistencia del CAC vs. ichu.....</i>	<i>145</i>
Figura N° 95. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de del CAC vs. aserrín	148
Figura N° 96. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de resistencia por curado del CAC vs. aserrín	149
Figura N° 97. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas de curado – edad del CAC vs. aserrín	150
Figura N° 98. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas por curado del CAC vs. aserrín	150
<i>Figura N° 99. Prueba del rango estudentizado de tukey (HSD) para resistencia del CAC vs. aserrín</i>	<i>151</i>
Figura N° 100. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de del CAC vs. aislante térmico	154
Figura N° 101. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de resistencia por curado del CAC vs. aislante térmico	155
Figura N° 102. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas de curado – edad del CAC vs. aislante térmico	156
Figura N° 103. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas por curado del CAC vs. aislante térmico	156
<i>Figura N° 104. Prueba del rango estudentizado de tukey (HSD) para resistencia del CAC vs. aislante térmico.....</i>	<i>157</i>

Figura N° 105. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de del CAC vs. aspersión	160
Figura N° 106. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de resistencia por curado del CAC vs. aspersión.....	161
Figura N° 107. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas de curado – edad del CAC vs. aspersión.....	162
Figura N° 108. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas por curado del CAC vs. aspersión.....	162
<i>Figura N° 109. Prueba del rango estudentizado de tukey (HSD) para resistencia del CAC vs. aspersión</i>	163
Figura N° 110. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de del CAC vs. inmersión.....	166
Figura N° 111. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de resistencia por curado del CAC vs. inmersión.....	167
Figura N° 112. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas de curado – edad del CAC vs. inmersión.....	168
Figura N° 113. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas por curado del CAC vs. inmersión.....	168
<i>Figura N° 114. Prueba del rango estudentizado de tukey (HSD) para resistencia del CAC vs. Inmersión</i>	169
Figura N° 115. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas para los métodos de curado en un CAC	172
Figura N° 116. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de resistencia por curado para los métodos de curado en un CAC	174
Figura N° 117. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas de curado – edad para los métodos de curado en un CAC	175
Figura N° 118. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas por curado para los métodos de curado en un CAC	176
<i>Figura N° 119. Prueba del rango estudentizado de tukey (HSD) para resistencia de los métodos de curado en un CAC</i>	176

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: "Influencia de los métodos de curado en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías", se desarrolló en el Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Huancavelica de la Universidad Nacional de Huancavelica; el cual centra su estudio en la influencia que tienen los métodos de curado con ichu stipa, aserrín, aislante térmico, inmersión y aspersión en la resistencia a la compresión, aplicado a un concreto autocompactante (CAC) con $f_c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Huancavelica.

Se realizó el diseño de mezcla conforme a las normas del ACI, para un concreto autocompactante de una resistencia de 210 kg/cm^2 , donde se utilizaron agregados como la piedra chancada y arena gruesa, provenientes de la cantera de Yauli, con un tamaño máximo de $1''$ y porcentaje óptimo de $\frac{3}{4}''$, cada uno de ellos con parámetros correspondientes a las normas ASTM; teniendo ese criterio se trabajó con una relación de a/c igual a 0.47 ; se utilizó un aditivo plastificante con una dosificación de 0.28 litros por bolsa de cemento, el cual nos permitió obtener las características del CAC, para verificar la fluidez del mismo se realizó ensayos teniendo en cuenta la capacidad de relleno, paso y resistencia a la segregación del concreto, seguidamente se elaboró 105 probetas de concreto, siendo 15 probetas sumergidas a temperaturas de 20°C en el tanque de curado del laboratorio, los cuales nos sirvieron como patrón para el uso comparativo; 15 probetas con un diseño de concreto convencional, 15 probetas curadas a intemperie con ichu (húmedo al 78% de $e=2\text{cm}$ y aislante térmico de $e=10\text{mm}$); 15 probetas curadas a intemperie con aserrín (húmedo al 78% de $e=2\text{cm}$ y aislante térmico de $e=10\text{mm}$); 15 probetas curadas a intemperie con aislante térmico, 15 probetas curadas por aspersión y 15 probetas curadas por inmersión donde se realizó el ensayo de resistencia a la compresión a las edades de $3, 7, 14, 21$ y 28 días.

Realizado el diseño de mezcla de un CAC de $f_c=210\text{ kg/cm}^2$ con una relación de $a/c = 0.47$ y con una dosificación del aditivo plastificante CHEMA PLAST de 0.28 litros por bolsa de cemento. Se realizó el ensayo de compresión y se obtuvo a la edad de 7 días una resistencia promedio de 141.27 kg/cm^2 con 67.27% y a la edad de 28 días la resistencia promedio fue 224.20kg/cm^2 con 106.76% ; por lo que de acuerdo a la norma ASTM C494 la resistencias obtenidas se enmarcan dentro de los parámetros.

Se aplicó los métodos de curado con ichu stipa, aserrín, aislante térmico, aspersión e inmersión a un CAC, obteniéndose como mejor resultado en los ensayos de compresión de los especímenes de concreto a la edad de 28 días el método de curado con ichu stipa, con una resistencia promedio de 202.19 kg/cm^2 con 96.28% , así mismos el que menor resistencia presentó fue el método de curado por aspersión con una resistencia promedio de 186.25kg/cm^2 con 88.69% ; observándose así que cada método de curado influye en la resistencia de un CAC.

En cuanto al análisis estadístico se usó un diseño factorial completamente al azar, ANOVA y prueba F con 5% de significancia y 95 % de nivel de confianza, a través del software SAS studio con los datos que se recabaron a partir del ensayo de compresión digital de testigos de concreto a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días, en el cual se muestra el valor de $(Pr>F)$ igual a $<.0.0001$ siendo este inferior a 0.05, por ello se afirma que los métodos de curado con ichu stipa, aserín, aislante térmico, aspersión e inmersión influyen significativamente en la resistencia a la compresión de un CAC en zonas frías.

Palabras clave: Concreto autocompactante, métodos de curado, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

The present investigation entitled: "Influence of curing methods on the resistance of a self-compacting concrete in frigid areas", was developed in the Laboratory of Concrete Technology of the Professional School of Civil Engineering - Huancavelica of the National University of Huancavelica ; which focuses its study on the influence of curing methods with ichu stipa, sawdust, thermal insulation, immersion and sprinkling in compressive strength, applied to a self-compacting concrete (CAC) with $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ in the city of Huancavelica.

The mixing design was carried out in accordance with the ICA standards, for a self-compacting concrete with a resistance of 210 kg / cm^2 , where aggregates such as crushed stone and coarse sand were used, coming from the Yauli quarry, with a maximum size of $1 \frac{1}{2}$ " and optimal percentage of $\frac{3}{4}$ ", each with parameters corresponding to the ASTM standards; having that criterion, we worked with a ratio of a / c equal to 0.47; a plasticizer additive with a dosage of 0.28 liters per bag of cement was used, which allowed us to obtain the characteristics of the CAC, to verify the fluidity of the same tests were carried out taking into account the filling capacity, passage and resistance to segregation of the concrete, then 105 concrete specimens were made, 15 specimens being submerged at temperatures of 20°C in the laboratory curing tank, which served as a standard for comparative use; 15 specimens with a conventional concrete design, 15 specimens cured outdoors with ichu (78% wet of $e = 2 \text{ cm}$ and thermal insulator of $e = 10 \text{ mm}$); 15 outdoor cured specimens with sawdust (78% wet of $e = 2 \text{ cm}$ and thermal insulation of $e = 10 \text{ mm}$); 15 outdoor cured specimens with thermal insulation, 15 spray cured specimens and 15 immersion cured specimens where the compression resistance test was performed at the ages of 3,7,14,21 and 28 days.

The mixture design of a CAC of $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ with a ratio of $a / c = 0.47$ and with a dosage of the plasticizer additive CHEMA PLAST of 0.28 liters per bag of cement. The compression test was performed and an average resistance of 141.27 kg / cm^2 with 67.27% was obtained at the age of 7 days and at the age of 28 days the average resistance was 224.20 kg / cm^2 with 106.76%; Therefore, according to ASTM C494, the resistance obtained is framed within the parameters.

The curing methods were applied with ichu stipa, sawdust, thermal insulator, sprinkling and immersion to a CAC, obtaining as a better result in the compression tests of concrete specimens at the age of 28 days the curing method with ichu stipa, with an average resistance of 202.19 kg / cm^2 with 96.28%, likewise the one with the lowest resistance was the spray-curing method with an average resistance of 186.25 kg / cm^2 with 88.69%; thus being observed that each method of curing influences the resistance of a CAC.

As for the statistical analysis, a completely randomized factorial design, ANOVA and F test with 5% significance and 95% confidence level was used, through the SAS studio software with the data that were collected from the digital compression test of concrete witnesses at the ages of

3, 7, 14, 21 and 28 days, in which the value of $(Pr > F)$ is shown equal to $<.0,0001$ being this less than 0.05, therefore it is stated that the methods Curing with ichu stipa, sawdust, thermal insulation, sprinkling and immersion significantly influence the compressive strength of a CAC in frigid areas.

Keywords: Self-compacting concrete, curing methods, compressive strength.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la escasez de materiales, principalmente del agua, así como el alto costo de los agregados, alquiler de equipo liviano y su transporte dieron paso a la utilización de un concreto que pueda mejorar todo ello, con el fin de generar bajos costos y obtener un concreto de alta resistencia y con superficies lisas; por lo tanto, el concreto autocompactante se puede establecer como una de las medidas innovadoras ante los problemas de la resistencia de concretos a bajo costo sin afectar el desarrollo urbano.

El CAC es una mezcla con revenimiento mínimo, compuesto de cemento Portland, agregado grueso, agregado fino y aditivo, que se caracteriza por su alta fluidez que tiene en estructuras de alto contenido de aceros, este concreto permite el paso de la mezcla a través de su estructura con normalidad. Esta característica se debe a su alto contenido de plasticidad, de acuerdo al slump dependiendo de los materiales y del método de curado que se aplique.

La posibilidad de utilizar este tipo de concreto, en Huancavelica motivó esta investigación, cuyo objetivo principal consiste en determinar la influencia de los métodos de curado en la resistencia de un CAC en zonas frías, para lo cual el estudio comprendió la realización de un diseño de concreto autocompactante para una resistencia de $f_c=210\text{kg/cm}^2$, con la finalidad de verificar el comportamiento de la resistencia del CAC sometido a los diferentes métodos de curado y obtener el método "idóneo", descrito esto como la obtención de las mejores características, como mayores valores de resistencia a la compresión.

Con este estudio, que contempla la utilización del CAC para la construcción de edificaciones, se pretende conseguir la fácil trabajabilidad del concreto en estado fresco en estructuras de mayor cantidad de acero, reducir la cantidad de uso de agua en el diseño de mezcla y evitar el vibrado.

En el capítulo I, se realizó la descripción del problema, detallando nuestros objetivos principales, respecto a la aplicación de los métodos de curado al CAC.

En el capítulo II, se muestran antecedentes, los cuales fundamentan para el estudio de un CAC y sus propiedades de este, las bases teóricas nos han ayudado a ampliar nuestro conocimiento

sobre las propiedades de un CAC así mismo sobre los ensayos y los materiales necesarios para su elaboración.

En el capítulo III, se desarrolló la metodología de investigación, las técnicas de procesamiento de datos, la muestra y población; cuyas técnicas fueron usadas de manera directa durante la obtención de los datos y resultados.

En el capítulo IV, se muestra el análisis de la información, el procesamiento de datos, prueba de hipótesis y los resultados obtenidos de los ensayos realizados al CAC con cada uno de los métodos de curado. En este capítulo se desarrolla todo el proceso de ejecución experimental el cual inicia con la recopilación de datos, la selección de materiales e insumos necesarios para la elaboración de un CAC, la caracterización y los estudios de las propiedades de los materiales de acuerdo a la NTP, así mismo el criterio y proceso de diseño de mezcla para un CAC de resistencia 210 kg/cm², seguidamente se muestra el desarrollo de los ensayos de control de un CAC, una vez encontrado el CAC óptimo se aplica los métodos de curado en los especímenes de un CAC, para posteriormente ser sometidos a los ensayos de resistencia a la compresión y finalmente se muestra el procesamiento de los datos recolectados de los diferentes estudios y ensayos.

También se desarrolló la prueba de hipótesis de acuerdo a los resultados obtenidos del procesamiento de datos, las cuales se muestran en este capítulo.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En algunos países se ha intensificado el uso de diversas variedades de concreto en la ejecución de obras civiles, en las cuales se ha visto que se han generado microfisuras en las estructuras de concreto, debido a diversos factores sean internas y externas; también cabe mencionar que un incorrecto colocado y vibrado en el concreto generaría baja resistencia y durabilidad.

En El Salvador se ha estado utilizando un concreto convencional en las diferentes estructuras complejas, en las cuales se han presenciado problemas al momento de la colocación y consolidación del concreto.

La resistencia del concreto es muy determinante para la durabilidad de una estructura, pero no solo depende de un eficiente mezclado, colocado y correcto diseño de mezcla, sino también depende mucho del método de curado que se aplique; cabe mencionar que la resistencia obtenida en laboratorio es diferente a la que se obtiene en obra, debido a que las condiciones de curado son diferentes. También cuando las condiciones de curado son inadecuadas para el concreto, se genera un proceso lento de hidratación, el cual se ve interrumpida, modificando las propiedades del concreto.

Presentando nuestro país una variedad de climas, donde el clima frío es el que afecta directamente a la resistencia del concreto, se debe utilizar una nueva metodología capaz de resolver el problema que se hace cada vez más necesario.

El concreto, siendo un componente muy importante en el sector de la construcción, es necesario que se adapte a las condiciones climáticas y sustancias que se pueden adicionar a este; por ello en este trabajo de investigación se elaboró un diseño de mezcla de un concreto autocompactante mediante el método ACI 211 con un $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$, para luego obtener las resistencias con los diferentes métodos de curado.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿De qué manera los métodos de curado influyen en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías?

1.2.2. Problema específico

- ¿De qué manera el método de curado con ichu stipa influye en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías?
- ¿De qué manera el método de curado con aserrín influye en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías?
- ¿De qué manera el método de curado con aislante térmico influye en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías?
- ¿De qué manera el método de curado por aspersión influye en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías?
- ¿De qué manera el método de curado por inmersión influye en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías?

1.3. Objetivos: general y específicos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de los métodos de curado en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia del método de curado con ichu stipa en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.
- Determinar la influencia del método de curado con aserrín en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.
- Determinar la influencia del método de curado con aislante térmico en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.
- Determinar la influencia del método de curado por aspersión en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.
- Determinar la influencia del método de curado por inmersión en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.

1.4. Justificación

El concreto es el material de construcción más usado en el mundo, donde se han realizado diferentes estudios e investigaciones hasta la actualidad, dando así origen a una variedad de concretos con agregados livianos y pesados, de alta resistencia, con refuerzo de fibras, autocompactante, alto desempeño, permeables, etc)

El concreto convencional se considera limitado debido a las consecuencias de la retracción, el cual se trata de una disminución de volumen de concreto en el proceso de fraguado, que se produce por las siguientes razones: el contenido de cemento, cantidad de agua, temperatura, etc., siendo las causas más importantes que provocan la fisuración del concreto.

Se utilizó el concreto autocompactante porque este concreto tiene como característica principal la fluidez por la gravedad de su propio peso al momento de realizar el vaciado, aun existiendo alta densidad de refuerzo de acero; también nos ayuda a no realizar el vibrado al momento del vaciado y obtener superficies lisas y de buena calidad.

La presencia de diversos climas en nuestro país y la irregularidad de las temperaturas registradas en nuestra localidad, afectan directamente a la calidad del concreto, por esta razón se busca utilizar una técnica más efectiva y funcional para desarrollar mejoras en su resistencia a través de un adecuado método de curado.

En la actualidad existe una gran variedad de métodos de curado desde el más común como el agua hasta los curadores químicos, los cuales utilizan materiales sellantes, cuya función es mantener una cantidad suficiente de humedad para que se desarrolle un cierto nivel de resistencia, donde han sido desarrollados para concreto normales, pero ¿Qué tan eficiente es para el concreto autocompactante? se realizó el estudio de la influencia de los diferentes métodos de curado conichu stipa, aserrín, aislante térmico, aspersión e inmersión en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.

1.5. Limitaciones

Las investigaciones extranjeras utilizan pruebas de laboratorio para el CAC en estado fresco, con equipo que actualmente no está disponible en el Perú, por lo que no todos los ensayos se realizaron. Sin embargo, esto no restó importancia a la investigación, ya que es posible satisfacer los requerimientos básicos y cumplir con los parámetros fundamentales del CAC.

La información bibliográfica en nuestro país sobre el CAC es escasa y de poca cantidad, debido a que es un tema en desarrollo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Se han realizado una serie de trabajos relacionados con los aspectos teóricos del concreto autocompactante y propiedades de este. Y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto que son afectadas por condiciones del clima, tales como la resistencia, temperatura, etcétera; cabe resaltar que la mayor parte de procedimientos de diseño del concreto están basados principalmente en lograr una resistencia óptima para una edad específica, así como una fluidez y trabajabilidad apropiada.

2.1.1. Antecedentes internacionales:

(Garín, Pejoja, & Santilli, 2012), realizó la investigación *“Influencia del curado en la resistencia a compresión del hormigón: estudio experimental”*; este artículo científico fue tomado de la revista Elsevier en la cual se realizó una comprobación experimental, con una muestra de 30 probetas cilíndricas de dimensión 15 x 30 cm, considerando tres relaciones agua/cemento distintas (0.33, 0.5 y 0.7) y dos condiciones de curado distintas (50% y 100% de humedad) llegando así a las siguientes conclusiones:

- El análisis de los resultados experimentales permitió comprobar que el curado tiene un efecto significativo en la resistencia a compresión del hormigón. Sin importar la relación agua/cemento, con un curado al 100% de humedad se consiguen aumentos en la resistencia a rotura del hormigón, frente a un curado al 50% de humedad. Los mayores aumentos fueron obtenidos para la mezcla con mayor relación de agua/cemento.

(Al-Assadi, 2009), realizó la investigación *“Influencia de las condiciones del curado en el comportamiento del hormigón sometido a ciclos de hielo*

-deshilos"; para obtener la tesis doctoral en la Universidad Politécnica de Madrid - España, realizando un trabajo experimental en el que ensayaron 30 probetas cilíndricas de 15 x 30 cm; además se fabricaron dos tipos de hormigones de resistencias nominales 30 Mpa y 45 Mpa. Para el estudio de la dosificación se siguió el método de la peña adoptando una relación nominal agua/cemento (a/c) de 0.5 para el hormigón 30 Mpa y de 0.4 para el hormigón 45 Mpa, llegando así a las siguientes conclusiones:

- Que en la mayor parte de los casos parece detectarse un mejor comportamiento del curado seco del curado húmedo, lo cual puede ser atribuido a una hidratación mayor durante los ciclos para hormigones en esta situación de curado inicial.
- El grado de hidratación en las probetas al inicio del ensayo, comparado con el valor final, es un 10% inferior en el hormigón con curado húmedo y un 24% inferior con el curado seco. Ello indica que el hormigón con curado seco tiene una hidratación durante los ciclos mayor que el correspondiente al curado debido a que tenía insuficientemente desarrollada la hidratación del cemento al principio por la baja humedad y alta temperatura y concuerda con el volumen y tamaño de poros determinados.

2.1.2. Antecedentes nacionales:

(Contreras & Velazco, 2018), realizó la investigación *“Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa”*; siendo una tesis de pregrado el cual fue presentado en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa - Perú, el cual es un trabajo de análisis comparativo que se realizaron moldes prismáticos, de dimensión estándar de 60x60x15cm, de distintas resistencias de diseño, 210 y 280 kg/cm², cuyos diseños de mezcla fueron realizados con el método ACI; de los cuales se realizaron la extracción de testigos de concreto de un diámetro de 3” y con peralte de 15 cm; estos moldes prismáticos fueron sometidos a distintos métodos, siendo los siguientes:

curado con agua mediante inundación por riego continuo y discontinuo, curado con cobertura húmeda de geotextil y curado químico, los cuales fueron evaluados en diferentes periodos de curado, y para dos relaciones agua/cemento; tomando en cuenta las condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa, llegando así a las siguientes conclusiones:

- El curado realizado para losas de concreto simple por un periodo de 7 días para una resistencia de diseño 210 kg/cm^2 , cuya rotura se realizó a los 28 días, se obtuvieron los siguientes resultados: el método de curado por riego continuo (inundación), otorgo una resistencia a la compresión del 97.29%, respecto al concreto patrón, seguido por el curado con cubierta de geotextil (91.69%), curado discontinuo (90.01%), y finalmente curado con aditivo (88.18%). Se concluye que el método de curado por riego continuo (inundación) otorgo mayor resistencia.
- El curado realizado para losas de concreto simple por un periodo de 7 días para una resistencia de diseño 280 kg/cm^2 , cuya rotura se realizó a los 28 días, se obtuvieron los siguientes resultados: el curado de riego continuo (inundación), otorgo una resistencia a la compresión del 96.46%, a la edad de 28 días, respecto al concreto patrón, seguido por el curado con aditivo (94.81%), curado con cubierta de geotextil (92.04%), y finalmente curado discontinuo (91.43%). Se concluye que el método de curado por riego continuo (inundación) otorgo mayor resistencia.
- Dentro de las edades de estudio que abarco la investigación, se comprobó que mientras menor sea la relación agua/cemento el periodo de curado puede ser menor a 7 días. Esto se debe a que un concreto de relaciones agua/cemento bajas (0.45) es más impermeable que un concreto con relación agua/cemento 0.56, lo que conlleva que el agua de mesclado quede atrapada y esta se cure internamente.

(Medina & Quispe, 2017), realizó la investigación "*Protección optima en el proceso de curado y su influencia en la resistencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo*"; el cual fue tesis de

pregrado presentado en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa - Perú, esta investigación es de tipo aplicada, explorativa y cuantitativa en el que realizaron la elaboración de 416 probetas cilíndricas, cuyas dimensiones fueron de 4" x 8", donde proponen 5 tipos de protección, tales como: el polietileno con papel y aserrín, lamina de poliestireno expandido (tecnoport), lamina de polietileno con burbuja de aire y polietileno con espuma de poliuretano y dos métodos de curados por aspersión y sumergido. Con estos materiales se compararán su comportamiento frente a los ciclos de hielo y deshielo utilizando 2 tipos de cemento (Tipo I y Tipo IP), donde se analizaron sus resistencias de compresión en 3 edades distintas (7, 14 y 28 días), llegando así a las siguientes conclusiones:

- Al someter los especímenes de concreto a los ciclos de congelamiento y deshielo, dio como resultado que la lámina de poliestireno expandido (tecnoport) y el polietileno con aserrín tienen mejor comportamiento de aislamiento térmico que los demás materiales de protección, con una diferencia de 6.89°C y 6.32°C de temperatura, respectivamente, con respecto a la temperatura externa (temperatura de la congeladora).

(Ruiz, 2006), realizó la investigación *"Influencia de los métodos comunes de curado en los especímenes de concreto de alto desempeño"*. Tesis de pregrado presentado en la Universidad Nacional de Ingeniería - Perú, cuyo trabajo es experimental con un análisis comparativo; en el que se fabricó un concreto de alto desempeño con una dosificación de relación agua/cemento (a/c) de 0.45 y adicionando aditivo reductor de agua de alto rango y superplastificante en tres dosificaciones (0.8, 1.4 y 2.0 % del peso del cemento), donde se elaboró probetas cilíndricas de dimensiones de 4" x 8" y 6" x 12", cuyas probetas fueron sometidos a diferentes métodos de curado (curado húmedo, curado en medioambiente y curado con químico) las cuales se ensayaron a los 1, 3, 7 y 28 d, llegando así a las siguientes conclusiones:

- Para una dosificación de aditivo de 0.8% con una relación $a/c=0.32$, para los diferentes métodos de curado en función de la edad (1, 3, 7 y 28d) se muestra que el curado húmedo posee la resistencia más alta durante todo el periodo de curado (curado húmedo 529.0 kg/cm², curado en medioambiente 498.0 kg/cm² y curado con aditivo 517 kg/cm²).
- Para una dosificación de aditivo de 1.4% con una relación $a/c=0.31$, para los diferentes métodos de curado en función de la edad (1, 3, 7 y 28d) se muestra que el curado húmedo posee la resistencia más alta durante todo el periodo de curado (curado húmedo 556.9 kg/cm², curado en medioambiente 553.0 kg/cm² y curado con aditivo 526.6 kg/cm²).
- Para una dosificación de aditivo de 2.0% con una relación $a/c=0.29$, para los diferentes métodos de curado en función de la edad (1, 3, 7 y 28d) se muestra que el curado húmedo posee la resistencia más alta durante todo el periodo de curado (curado húmedo 600.0 kg/cm², curado en medioambiente 594.0 kg/cm² y curado con aditivo 570.8 kg/cm²).

(Amacifuen, 2002), realizó la investigación “*Curado y protección de concretos colocados en climas fríos*”; el cual es una tesis de pregrado presentado en la Universidad Nacional de Ingeniería – Perú. Trabajo experimental; en el que se estudió la resistencia a la compresión y el comportamiento de la temperatura del concreto cuando este es sometido a temperaturas de un clima frío, en el cual se fabricó un concreto de $f_c=210$ kg/cm² con dos tipos de cemento tipo I y cemento IP, donde se elaboró 376 probetas cilíndricas de dimensiones de 15 x 30 cm, cuyas probetas fueron sometidos a condiciones ambientales utilizando el método de curado con membrana química protegido con mantas de lana de fibra de vidrio de 3" de espesor, cuyas muestras se ensayaron a los 1, 2, 3, 7 y 28 d, llegando así a las siguientes conclusiones:

- A través de la investigación realizada se obtuvo que el concreto protegido con la técnica planteada en promedio a las 24 horas desarrollaba una resistencia a la compresión de 44.7 kg/cm², a las 48

horas desarrollaba un valor de 94.5 kg/cm² y las 72 horas de obtenía un valor de 138.5 kg/cm².

- Para poder verificar la efectividad del curador de membrana empleado Curet-Z; se tomó testigos curados solo con la membrana química (concreto con membrana). Ensayándolas a distintas edades establecidas, las cuales dieron los siguientes valores: a la edad de 3 días una efectividad del 88%; para la edad de 7 días 93% y a los 28 días un 90% de efectividad.

(Amaru, 2002), realizó la investigación *“Estudio de la variación de la resistencia en compresión en concretos de alta resistencia debido al curado en laboratorio y bajo condiciones de obra”*; el cual es una tesis de pregrado presentado en la Universidad Nacional de Ingeniería - Perú, cuyo trabajo es experimental efectuando un análisis comparativo; en el cual se fabricaron dos tipos de concretos de resistencias nominales de 50 Mpa y 60 Mpa elaborándose 600 probetas cilíndricas de dimensiones de 4" x 8", cuyas probetas fueron sometidos a curado en laboratorio y bajo condiciones de obra (curado con agua por aspersión, curado con agua y yute, curado con curador químico y curado por el medio ambiente), cuyas muestras se ensayaron a los 3, 7, 14, 28 y 42 días, llegando así a las siguientes conclusiones:

- En relación con el curado en agua, bajo condiciones estándar, que ha sido tomado como patrón de referencia, se ha encontrado que el método de curado en obras más recomendable es el empleo de yute humedecido en todos aquellos casos en que resulta imposible mantener bajo condiciones de curado en agua a los elementos estructurales. En este caso la disminución de resistencia es del 2.8%.
- De todas las alternativas de curado empleadas, la menos conveniente es el empleo de un curador químico que disminuye la resistencia en un 14.6% a los 28 días.
- El curado por aspersión presenta una pérdida de resistencia del 12.3% en relación con la del concreto curado bajo agua a los 28 días.

- El curado a la intemperie es la menos recomendable de todas las alternativas, presentando una pérdida de resistencia del 19.4% a los 28 días.

2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación

Habiéndose revisado la bibliografía y analizando cada una de las variables de esta investigación, se desarrolló los conceptos teóricos que se utilizarán.

2.2.1. Concreto autocompactante

(Okamura, 1997), menciona que el concreto autocompactable es capaz de fluir debida a su propio peso (sin presentar segregación, separación o sangrado) en el interior del encofrado y también este puede pasar entre las barras de acero de gran cantidad sin la necesidad de realizar un vibrado. Según (Ahmed, 2011) el concreto autocompactable se caracteriza por la capacidad de fluir y rellenar cualquier parte del encofrado por acción de su propio peso, sin la necesidad de realizarse una compactación por medios mecánicos.

(Patrick, Kamal, Daniel, & Tremblay, 2005) mencionan que el hormigón autocompactable es una forma de reducir la demanda de mano de obra intensiva para la vibración de secciones altamente congestionadas de acero, dicho hormigón puede extenderse fácilmente en su lugar y rellenar el encofrado sin ninguna consolidación mecánica y con un riesgo mínimo de separación de los componentes del material.

2.2.1.1. Ventajas del concreto autocompactante

(Choquenaira, 2013) menciona que el uso del concreto autocompactante tiene las siguientes ventajas:

- Reducir los costos de mantenimiento y reparaciones, así como los defectos en la superficie.
- Garantizar la durabilidad y comportamiento estructural de la edificación, al recubrir en su totalidad al acero de refuerzo sin generar vacíos al momento del vaciado, el cual generará poca porosidad y así evitará la segregación de los agregados.

- Mejores acabados referido a la estética, quedando un buen acabado alrededor de detalles complejos, filos y bordes al momento del desencofrado.
- Reducción de costos de ejecución, al disminuir la cantidad de personal; al no realizar acabados en las estructuras y también al no ser necesario el vibrado del concreto (**págs. 13 ,14**).

(Pineda, 2003), menciona que con este concreto se puede obtener las siguientes ventajas:

- Generar una mayor productividad, al no realizar un vibrado al concreto en el momento del vaciado ya que este se coloca fácilmente en lugares con difícil acceso.
- Reducir los costos de retrabajos en elementos estructurales que fueron mal vaciados (mal vibrado), al usar concretos normales (convencionales).
- Obtener un ambiente agradable por la no presencia de ruidos por el vibrado.
- Un concreto muy compacto, cuando se utiliza mayor cantidad de agregados finos, el cual ayuda a evitar la segregación y así mejorar la impermeabilidad (**pág. 7**).

2.2.1.2. Componentes del concreto

2.2.1.2.1. Agregados

(Rivva, 2000) define al agregado como el conjunto de partículas obtenidas de manera natural como artificial, cuyas dimensiones deben estar dentro de los límites expresados en la NTP 400.11; también los agregados son materiales que generan la pasta constituyendo alrededor del 62% al 78% de la unidad del concreto.

(Abanto, 2009) considera a los agregados como áridos, los cuales se mezclan con la cal, cemento, (aglomerantes) y agua para formar el concreto o mortero; también considera que los agregados expresan el 75 % del volumen del concreto.

2.2.1.2.1.1. Clasificación

(Rivva, 2000) clasifica al agregado de acuerdo a su participación en la preparación del concreto, entre los cuales tenemos al agregado fino, grueso y hormigón.

Agregado fino: es aquel que proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual debe pasar por el tamiz de 3/8" y debe retenerse en el tamiz N°200. La arena es considerada uno de los agregados finos más usados debido a que este es más fácil de adquirir por ser resultado de la desintegración natural de las rocas.

Agregado grueso: es aquel material que retiene el tamiz N°4, el cual proviene de una desintegración natural o artificial de las rocas, este agregado se clasifica en grava y piedra triturada o chancada; la grava es aquel agregado que se obtiene a partir de la disgregación y abrasión natural de materiales pétreos el cual se puede encontrar fácilmente en canteras de forma natural; la piedra chancada o triturada, es el agregado grueso obtenido a partir de la trituración artificial de rocas y gravas.

Hormigón: también considerado como un agregado integral por estar compuesto de arena y grava, en proporciones de acuerdo a formación natural de la cantera. El uso de este material es tal como se extrae de la cantera.

2.2.1.2.1.2. Funciones del agregado

(Rivva, 2000) menciona algunas de las funciones principales del agregado en el concreto.

- Disminuir el cambio de volumen ocasionado durante el fraguado y endurecimiento.
- Proporcionar un adecuado relleno en la elaboración de la pasta, disminuyendo la cantidad de este por unidad de volumen y el costo por unidad cúbica de concreto.

- Proporcionar una resistencia a las acciones mecánicas de desgaste, intemperismo que se pueda presentar en el concreto.

2.2.1.2.2. Cemento

Según la (NTP.334.009, 2016), nos menciona que el cemento es producido a través de la pulverización del clínker, el cual está elaborado por silicatos de calcio hidráulicos y los cuales tienen presencia de una o más de las formas de sulfato de calcio como adición durante su elaboración; es decir, el cemento Portland está compuesto por clínker Portland y yeso. También menciona que el cemento Portland es un polvo muy fino que al mezclarse con el agua se genera una masa (pasta) moldeable y plástica que después de fraguar y endurecer, adquiere una gran resistencia y durabilidad.

Así mismo (Abanto, 2009), menciona que el cemento Portland es fácil de adquirir, que cuando este es mezclado con el agua y algún agregado, adquiere una masa endurecida.

2.2.1.2.2.1. Composición química del cemento.

De acuerdo a (Torres, 2004) que durante la calcinación en la fabricación del clínker de cemento Portland los óxidos se combinan con los componentes ácidos de la materia prima entre sí, dando lugar a cuatro importantes compuestos los cuales constituyen aproximadamente el 90-95% del cemento, también existiendo otros compuestos pero en menores cantidades.

Designación	Fórmula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	30% a 50%
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	15% a 30%
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	4% a 12%
Ferro aluminato tetra cálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	8% a 13%
Cal libre	CaO		
Magnesia libre (Periclasa)	MgO		

Tabla N° 1. Cuadro de compuestos químicos del cemento.
Fuente: curso básico de tecnología del concreto para ingenieros civiles, Ana Torre, pág. 10.

2.2.1.2.3. Aditivo

La (NTP.339.086, 2016) define a los aditivos como aquellas sustancias que se pueden añadir al concreto con la finalidad de modificar algunas de sus propiedades físicas y químicas. Generalmente estas se añaden a las mezclas de concreto durante el proceso de mezclado, con el propósito de:

- Modificar algunas de sus propiedades con la finalidad de que el concreto se adecue al trabajo solicitado.
- Mejorar su trabajabilidad al momento del vaciado facilitando su colocación.
- Aumentar el rendimiento en la elaboración, transporte y vaciado.
- Lograr mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de la mezcla.

2.2.1.2.3.1. Tipos de aditivos

Los aditivos son considerados en la norma de acuerdo a la siguiente clasificación:

- Plastificante reductor de agua: tiene como característica mejorar la consistencia del concreto y reducir la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de consistencia determinada.
- Retardador: alarga el tiempo de fraguado del concreto.
- Acelerador: tiene como finalidad reducir el tiempo de fraguado y obtener la resistencia concreto en menor tiempo.
- Plastificante y retardador: es capaz de producir un concreto de una consistencia determinada retardando el fraguado debido a poca cantidad de agua que se utiliza en el mezclado.

- Plastificante y acelerador: puede elaborar un concreto de una consistencia determinada, reduciendo el tiempo de fraguado y utilizando poca cantidad de agua en el mezclado, también no ayuda a aumentar la resistencia.
- Incorporadores de aire: introducen burbujas diminutas en la mezcla las cuales son capaces de aumentar la resistencia del concreto con la acción de las heladas, debido a que estas burbujas actúan como amortiguadores para los esfuerzos inducidos por la congelación y descongelación (Riwa, 2000, pág. 44).

2.2.1.2.4. Agua

(Abanto, 2009) menciona que “el agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido”.

2.2.1.2.4.1. Requisitos de calidad

El agua que se debe emplear para el mezclado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la NTP 339.088 y ser preferiblemente agua potable (Torres, 2004).

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5,000 ppm máximo
Materia orgánica	3 ppm máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000 ppm máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600 ppm máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1,000 ppm máximo
pH	5 - 8 ppm máximo

*Tabla N° 2. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.
Fuente: NTP 339.088*

Algunas recomendaciones adicionales:

- El agua que se va utilizar no deberá presentar azúcares o alguno de sus derivados, ni sales de potasio o de sodio.

- En caso de utilizar aguas no potables, se deberá realizar un análisis de laboratorio, el cual deberá estar dentro de los límites permisibles para el uso.
- La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basará en resultados de acuerdo al agua elegida para el diseño de mezcla **(NTP.339.088, 2016)**.

2.2.1.3. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla, consiste en aplicar los conocimientos técnicamente para obtener las proporciones adecuadas de cada componente del concreto, el cual es requerido para un proyecto u obra. Implica, la evaluación y comparación de las características de resultados obtenidos con concretos de similares composiciones y características, pero sin aditivos, y que se denomina concreto de control o comúnmente llamado concreto patrón.

(Rivva L. , 2010) menciona que la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad de concreto, conocida usualmente como diseño de mezcla, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuadas; y que endureciendo cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y/o especificaciones de obra.

2.2.1.3.1. Métodos del diseño de mezclas

(Torres, 2004) nos menciona que los métodos de dosificación de mezclas están basados fundamentalmente por aspectos técnicos, lo cual nos permite tener disponibilidad de materiales por sus costos y requisitos de acabado y colocado de concreto del mismo modo si consideramos las propiedades al estado endurecido como resistencia, durabilidad e inalterabilidad de volumen.

Dentro de los métodos técnicos existentes contamos con:

- El método del ACI.
- El método del agregado global.
- El Método del peso unitario.

El método que se estudió en la presente investigación tiene como base el procedimiento del American Concrete Institute elaborado por el Comité ACI 211.

El método americano ACI es el más conocido y ampliamente usado, fundamentado en el principio básico de la relación agua/cemento desarrollado por Abrams, que consiste en seguir en forma ordenada una secuencia de pasos y determinar la cantidad de cada material en peso y en volumen, para 1m³ de concreto.

2.2.1.3.2. Criterio de diseño

Es necesario enfocarnos en el concepto del diseño de mezcla para elaborar y producir un buen concreto, tan económico como sea posible, el cual pueda cumplir con los requisitos mínimos requeridos para el estado fresco y en el estado endurecido.

Generalmente se piensa que todas las propiedades del concreto endurecido están asociadas a la resistencia, sin embargo, debe tenerse en cuenta que al diseñar una mezcla de concreto hay muchos factores que intervienen, las cuales pueden afectar otras propiedades.

Mayormente la elaboración y realización de un diseño de mezcla consiste en aplicar ciertas tablas y proporciones ya establecidas en la norma ACI 211, las cuales satisfacen prácticamente todas las situaciones normales en las obras, pero cuando se está en la etapa del proceso constructivo estos cálculos están muy alejados de la realidad, y el buen resultado depende de la labor creativa del responsable de dicho trabajo y el criterio personal.

Finalmente debemos tener en cuenta que la etapa del diseño de mezclas de concreto es el inicio de la búsqueda de una adecuada

mezcla para un caso particular y esta deberá ser necesariamente verificada antes de convertirse en un diseño de obra.

Antes de realizar la dosificación de una mezcla se debe tener conocimiento de la siguiente información:

- Condición de los materiales.
- El elemento a vaciar, tamaño y formas de las estructuras.
- Resistencia a la compresión requerida.
- Condiciones ambientales durante el vaciado.
- Condiciones a la que estará expuesta la estructura.

La selección de las proporciones de los materiales por unidad cúbica de concreto deberá permitir que alcance a los 28 días o a la edad seleccionada, la resistencia en compresión promedio elegida.

2.2.1.3.3. Secuencia de diseño.

(ACI211, 2009) nos menciona que los factores más importantes que deben considerarse para seleccionar el proporcionamiento de los agregados son en el orden propuesto por el Instituto Americano del Concreto (ACI 211), secuencia que a continuación se indica.

2.2.1.3.3.1. Selección de la resistencia promedio requerida a partir de la resistencia en compresión especificada.

Según (Torres, 2004) para los casos en que no se cuente con registros de ensayos de resistencia en obra, para el cálculo de la desviación estándar, la resistencia promedio requerida a la compresión usada como base para la dosificación del concreto deberá ser determinada de acuerdo a la siguiente tabla.

Resistencia especificada a la compresión kg/cm ²	Resistencia promedio requerida a la compresión kg/cm ²
$f_c < 210$	$f_{cr} = f_c + 70$
$210 < f_c < 350$	$f_{cr} = f_c + 84$
$f_c > 350$	$f_{cr} = f_c + 98$

Tabla N° 3. Resistencia promedio requerida a la compresión.

Fuente: (Torres C, 2004)

2.2.1.3.3.2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado

La (NTP.400.037, 2018) define al tamaño máximo nominal como aquel que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer peso retenido.

Los agregados gruesos en el concreto armado se fijan por la exigencia de que queda entrar fácilmente en los encofrados y entre las barras de armadura.

En ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso deberá ser mayor que:

- Un quinto, de la menor dimension, entre caras de encofrados.
- Un tercio de la altura de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre entre las barras alambre individual de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de pre esfuerzos

2.2.1.3.3.3. Selección del asentamiento

(ACI211, 2009) nos recomienda que se debe seleccionar el valor más conveniente empleando la Tabla N° 4. Asentamiento, los rangos indicados en esta tabla corresponden a concretos consolidados por vibración. Deberá emplearse mezclas de la mayor consistencia compatible con una adecuada colocación.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ASENTAMIENTO	
	MÁXIMO	MÍNIMO
Zapatas y Muros de Cimentación reforzados	3"	1"
Zapatas simples, cajones y muros subestructura	3"	1"
Vigas y Muros reforzados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Pavimentos y losas	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Tabla N° 4. Asentamiento
Fuente: (Abanto Castillo, 2009).

2.2.1.3.3.4. Selección de volumen unitario del agua de diseño.

(ACI211, 2009) nos dice que la selección del volumen unitario de agua se refiere a la determinada cantidad de agua que se debe incorporar a la mezcladora, por unidad cúbica de concreto, para obtener una consistencia determinada cuando el agregado está en su estado seco, no presentándose generalmente el agregado en estado seco. La cantidad de agua seleccionada deberá ser corregida posteriormente en función del porcentaje de absorción y contenido de humedad del agregado.

El volumen unitario de agua, a partir del cual y conociendo la relación agua/cemento efectiva es posible calcular el factor cemento, es función fundamentalmente de las características físicas del agregado, de la consistencia seleccionada, y del contenido de aire de la mezcla.

La Tabla N° 5. Volumen unitario de agua. ha sido preparada en base a las recomendaciones del comité 211 del ACI. Ella permite seleccionar el volumen unitario de agua, para agregados al estado seco, en concretos preparados con y sin aire incorporado; teniendo como factores a ser considerados la consistencia que se desea para la mezcla y el tamaño máximo nominal del agregado grueso seleccionado.

ASENTAMIENTO O SLUMP	Agua en lt/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170
Cantidad aproximada de aire atrapado. En porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120

3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	...
Promedio recomendado para el contenido total de aire. En porcentaje	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Tabla N° 5. Volumen unitario de agua.
Fuente: (Abanto Castillo, 2009).

2.2.1.3.3.5. Selección del contenido de aire

En los concretos siempre hay un pequeño porcentaje de aire atrapado como resultado de las operaciones propias del proceso de puesta en obra, el cual depende del aporte de los materiales, las condiciones de operación y granulometría y tamaño máximo nominal del agregado (**NTP.400.037, 2018**)

En la Tabla N° 6. Contenido de aire atrapado. Se muestra el porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas sin aire incorporado, para diferentes tamaños máximos nominales de agregados grueso adecuadamente graduado dentro de los requisitos de la norma NTP 400.037 o ASTM C 33.

Tamaño Máximo Nominal (TMN)	Aire Atrapado
3/8"	3.00 %
1/2"	2.50 %
3/4"	2.00 %
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
4"	0.20%

Tabla N° 6. Contenido de aire atrapado.
Fuente: (Abanto Castillo, 2009).

Como recomendación, si no se desea incorporar aire intencionalmente, no se debe tener en cuenta este contenido dentro del diseño de mezcla.

2.2.1.3.3.6. Selección de la relación agua-cemento por resistencia

(ACI211, 2009) nos menciona que la selección de la relación agua/cemento por resistencia se hace partiendo del criterio de que esta propiedad es la más fácilmente mensurable y que, dentro de ciertas limitaciones, está regulada por la cantidad de agua a la cantidad de cemento en la unidad cubica de concreto.

En aquellos casos en que la durabilidad del concreto no es un factor determinante y no se dispone de la información pertinente, la relación agua/cemento por resistencia puede ser seleccionada a partir de los valores indicados en la Tabla N° 7. Relación agua/cemento por resistencia.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (f'c) (kg/cm ²)	RELACIÓN AGUA / CEMENTO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38
400	0.43
350	.048	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Tabla N° 7. Relación agua/cemento por resistencia.

Fuente: (Abanto Castillo, 2009).

Para condiciones de exposiciones severas, la relación agua/cemento deberá mantenerse baja, aun cuando los requerimientos de resistencia puedan cumplirse con valores mayores. En la Tabla N° 8. Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a exposición severa*. Se muestran los máximos valores.

TIPO DE ESTRUCTURA	Estructuras que están continua o frecuentemente	Estructuras expuestas al agua de mar o sulfatos
--------------------	--	--

	húmedas y expuestas a congelación y deshielo	
Secciones delgadas y todas aquellas secciones con menos de 3 cm de recubrimiento	0.45	0.40(*)
Cualquier otro tipo de estructura	0.45	0.40(*)

Tabla N° 8. Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a exposición severa*.
Fuente: (Abanto Castillo, 2009).

2.2.1.3.3.7. Determinación del factor cemento.

De acuerdo a (ACI211, 2009) nos dice que conocido el volumen unitario de agua por unidad de volumen de concreto y la relación agua/cemento seleccionada, se puede determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto mediante la siguiente expresión.

$$\text{Contenido de cemento} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{\text{Relación A/C}}$$

Si las especificaciones de obra indican un contenido mínimo de cemento, además de aquel que puede haber sido seleccionado a partir de los requisitos de durabilidad o resistencia, la mezcla deberá diseñarse con el criterio que conduzca al uso de un mayor contenido de cemento. La determinación final del contenido de cemento en una mezcla se base en pruebas realizadas bajo condiciones de obra, debiendo garantizarse todas las propiedades deseadas en el concreto.

2.2.1.3.3.8. Determinación del contenido de agregados.

(NTP.400.037, 2018) nos menciona que la selección de las proporciones de los agregados fino y grueso en la unidad cubica de concreto tienen por finalidad obtener una mezcla en la que, con un mínimo contenido de pasta (cemento + agua), se pueda obtener las propiedades deseadas en el concreto, para ello es deseable que la granulometría total de

las partículas de agregado sea tal que el volumen de vacíos, o espacios entre partículas, sea mínimo.

La experiencia ha demostrado que no existe una granulometría total que sea la más adecuada para todas las condiciones de obra, dado que la tendencia del concreto a segregar varía con las características de la mezcla. Por ello, la elección de las proporciones relativas de agregado fino y grueso que intervienen en la unidad cúbica de concreto, es fundamentalmente la elección de una proporción adecuada de agregado fino que garantiza a la mezcla una cohesividad adecuada y una compactación total en los encofrados.

Contenido del agregado grueso: en la Tabla N° 9. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto. Elaborada por el comité 211 del ACI hace mención que el volumen de agregado grueso por unidad cúbica de concreto es función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino.

$$\text{Cantidad de agregado grueso (Kg/m}^3\text{)} = \text{Volumen de agregado grueso} * \text{Peso unitario seco y compacto del agregado grueso}$$

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO	Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza de agregado fino			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8 "	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla N° 9. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Fuente: (Abanto Castillo, 2009).

El peso seco del agregado grueso por metro cúbico de concreto, en base al volumen seco y compacto del mismo es igual al valor obtenido de la Tabla N° 9. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto. multiplicado por el peso unitario seco y compacto del agregado grueso, como se muestra en la siguiente ecuación.

Contenido del agregado fino: el comité **(ACI211, 2009)** determina el volumen absoluto de agregado fino por diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso seco.

El Comité **(ACI211, 2009)** propone un método alternativo para determinar la cantidad de agregado fino en la unidad cúbica de concreto. Indica que, si por experiencia puede asumirse o estimarse el peso de la unidad cúbica de concreto, el peso del agregado fino requerido sería simplemente la diferencia entre el peso por metro cúbico de concreto fresco y el peso total de los otros ingredientes.

Indica el Comité **(ACI211, 2009)** que usualmente se conoce el peso unitario del concreto con bastante seguridad, en base a experiencias previas con los materiales a ser utilizados, igualmente señala que en ausencia de tal información, la Tabla N° 10. Peso del concreto en estado fresco. Podría ser empleada para un primer estimado.

Primera estimación del peso del concreto fresco

TAMAÑO MÁXIMO DEL	PRIMERA ESTIMACIÓN DEL PESO DEL CONCRETO EN kg/m ³
-------------------	---

AGREGADO GRUESO	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
3/8 "	2285	2190
1/2 "	2315	2235
3/4 "	2355	2280
1 "	2375	2315
1 1/2 "	2420	2355
2 "	2445	2375
3 "	2465	2400
6 "	2505	2435

Tabla N° 10. Peso del concreto en estado fresco.

Fuente: (Abanto Castillo, 2009).

Finalmente el peso del agregado fino por metro cubico de concreto, en base al peso del concreto fresco es igual a la diferencia del valor obtenido de la Tabla N° 10. Peso del concreto en estado fresco. y el peso total de los demás ingredientes como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\text{Cantidad de agregado fino (Kg/m}^3\text{)} = \text{Peso del concreto kg} - \left(\begin{array}{l} \text{Peso del cemento kg} \\ \text{Peso del agregado grueso (Kg)} \\ \text{Peso del agua de mezclado (Kg)} \end{array} \right)$$

Las cantidades de agregado que deben ser pesadas para preparar el concreto deberán considerar la humedad del agregado, generalmente en obra los agregados están en condición húmeda y su peso seco deberá incrementarse en el porcentaje de agua que ellos contienen, tanto la absorbida como la superficial.

El agua de mezclado incorporada a la mezcladora deberá ser algebraicamente reducida en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados considerándose como tal al contenido de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción. Finalmente, el agua efectiva o de diseño se obtendrá de la siguiente manera:

$$\text{Peso del agregado grueso húmedo (Kg)} = \text{Peso del agregado grueso (Kg)} * \text{Contenido de humedad A.G (\%)}$$

$$X = \text{Peso del agregado fino húmedo (Kg)} = \text{Peso del agregado fino (Kg)} * \text{Contenido de humedad A.G (\%) - agua del A.G (\%)}$$

$$Y = \text{Agua en agregado fino (Kg)} = \text{Peso del agregado fino (Kg)} * \text{Contenido de humedad A.G (\%) - agua del A.G (\%)}$$

$$\text{Agua neta o efectiva} = \text{Agua de diseño (Kg)} - (X+Y)$$

2.2.1.3.3.9. Determinación de la proporción en peso, de diseño y de obra.

La determinación de la proporción del diseño de mezcla en peso será por un m³ el cual se determinó en el proceso de ejecución de la investigación, de acuerdo a las características de los agregados y del aditivo.

2.2.1.4. Concreto autocompactante en estado fresco

El CAC en este estado difiere con respecto al concreto convencional, debido a que los ensayos para su caracterización son distintos, cuyas características en estado fresco deben cumplir con tres requisitos fundamentales a la hora de elaborar el CAC, las cuales son: capacidad de paso, capacidad de llenado y resistencia a la segregación (Vilanova, 2009).

- Capacidad de paso: es aquella capacidad que debe tener el concreto para poder pasar por sitios estrechos sin obstruirse, esta propiedad se puede obtener con la adición de un aditivo superplastificante mejorando así la fluidez de la pasta.
- Capacidad de llenado: es aquella capacidad que debe tener el concreto a la hora de fluir dentro del encofrado para rellenar todas las superficies, el cual garantizara la calidad del acabado, presentado una superficie lisa ala momento del desencofrado.

- Resistencia a la segregación: es aquella propiedad que se puede obtener evitando la exudación de los agregados al momento del mezclado del CAC, el cual deberá ser homogéneo para tener mayor estabilidad (Rigueira, 2007).

2.2.1.4.1. Ensayos de concreto autocompactante

Teniendo en cuenta que el CAC en estado fresco posee propiedades distintas a las de un concreto tradicional. Estas características se obtienen con métodos de ensayos diferentes a los tradicionales; en la actualidad, existe una serie de métodos de ensayo que nos permite caracterizar los CAC en estado fresco, entre los más utilizados tenemos los siguientes: Ecurrimiento, escurrimiento con anillo japonés, caja en U, L y embudo en V (Rigueira, 2007).

2.2.1.4.1.1. Ensayo del escurrimiento

De acuerdo a la (UNE.83361, 2007) el ensayo de escurrimiento nos ayuda a evaluar la fluidez del concreto en estado fresco bajo su propio peso, además nos ayuda a verificar si el concreto presenta segregación.

Su procedimiento consiste en llenar el cono de Abrams con una muestra del concreto en estado fresco, sin ningún tipo de compactación, sobre la placa de superficie lisa y perfectamente plana en el cual se debe presentar una marca circular con diámetro de 500 mm. Tras levantar el cono de Abrams y dejar fluir la muestra del concreto, se mide el tiempo que tarda la masa de concreto en alcanzar un diámetro de 500 mm (T_{500}) y posteriormente el diámetro (D_{max}) final alcanzado por la mezcla del concreto.

2.2.1.4.1.2. Ecurrimiento con el anillo japonés

Este ensayo está normalizado por la (NTP.339.220, 2008), denominado también anillo japonés, o J-Ring en inglés, el cual

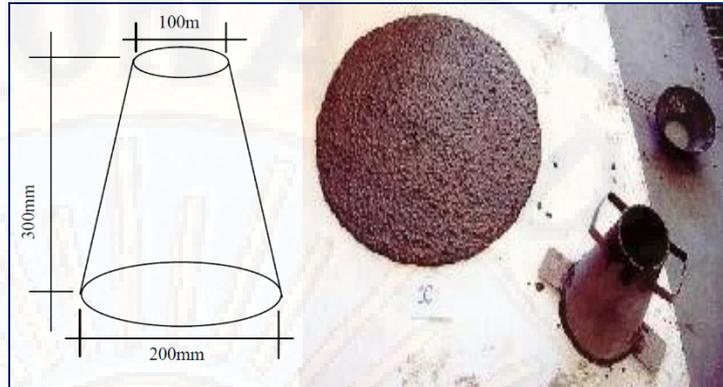


Figura N° 1. Dimensiones del cono de Abrams y realización del ensayo.

Fuente: (UNE.83361, 2007)

es un aparato que se utiliza con la ayuda de otros ensayos, como el de extensión de flujo, a efectos de evaluar conjuntamente las habilidades del concreto autocompactante para que pueda fluir y pasar entre barras de armadura.

Al igual que en el ensayo de escurrimiento, se medirá el tiempo (T_{500}) y tras la estabilización de la mezcla del concreto, se medirá el diámetro final (D_f), como resultado de este ensayo también se miden las alturas H_1 y H_2 alcanzadas por la mezcla, en los bordes interior y exterior del anillo. Se recomienda que los diámetros alcanzados por la mezcla no deben ser más que 50 mm respecto al ensayo de escurrimiento (**Rigueira, 2007**).



Figura N° 2. Ensayo de escurrimiento con anillo J

Fuente: (NTP.339.220, 2008)

Diferencia entre fluidez de asentamiento y fluidez con anillo J	Evaluación de bloqueo
0 a 1 pulg (0 a 25 mm)	Bloqueo no visible
> 1 a 2 pulg (>25 a 50 mm)	Bloqueo mínimamente perceptible
> 2 pulg (>50 mm)	Bloqueo extremadamente perceptible

Tabla N° 11. Evaluación de bloqueo.

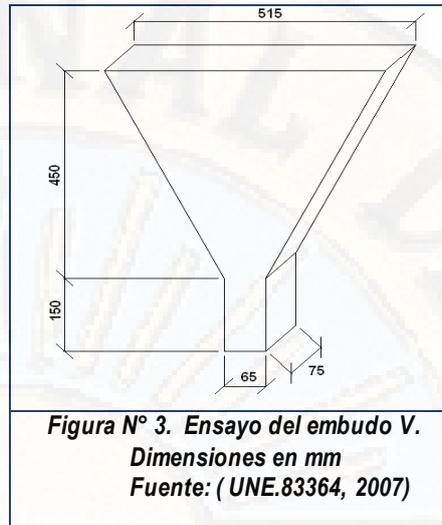
Fuente: NTP 339.220,2013

2.2.1.4.1.3. Embudo en V

Este ensayo nace con el fin de evaluar la habilidad de fluir por su propio peso del concreto en direcciones verticales en áreas restringidas, así mismo verificando la segregación y el riesgo de bloqueo por contacto entre los agregados, esto mediante la observación de la variación de la velocidad de flujo **(Rodríguez, 2016)**.

Para realizar este ensayo se llena el embudo con la mezcla del concreto de forma normal (sin compactación), luego de esperar un minuto se abre la compuerta. Paralelamente se mide el tiempo (Tv) que tarda en fluir la mezcla de concreto desde la apertura de la compuerta hasta que no quede la mezcla en el embudo.

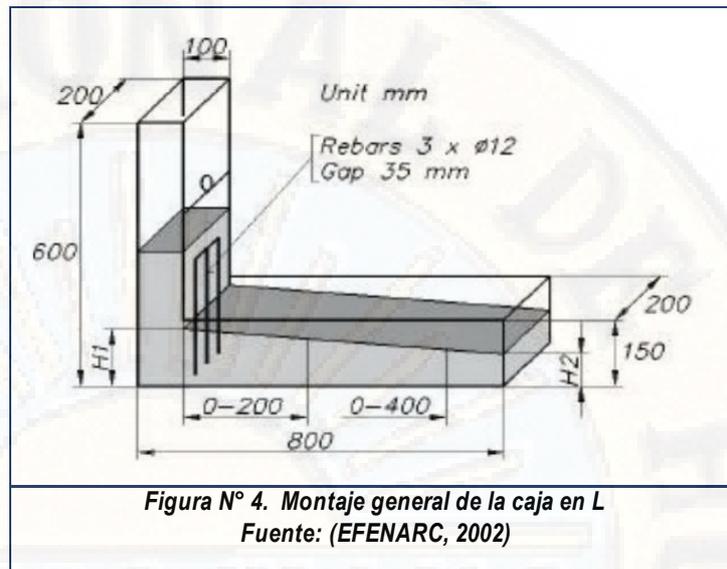
Cabe mencionar que la mezcla del concreto debe fluir con una velocidad constante y de manera continua; en caso que exista variación de velocidades nos estará indicando que la mezcla se está bloqueando y si se muestra una velocidad y tiempos altos en la caída de la mezcla esto nos indicará que esta es muy cohesiva por la presencia de exceso de agregados finos, baja cantidad de agua y mala dosificación de aditivo **(UNE.83364, 2007)**.



2.2.1.4.1.4. Caja en L

Este ensayo consiste en llenar la mezcla del concreto y dejar fluir en el canal, en el cual se medirán los tiempos (T_{20}) y (T_{40}) que tarda la mezcla en llegar a la distancia de 200mm y 400mm respectivamente, y así mismo se medirán las alturas H_1 y H_2 cuando alcanzan los extremos de la parte horizontal de la caja cuando la mezcla esté en completo reposo, al tener estos datos, podremos obtener el coeficiente de bloqueo (CB) el cual será igual a (H_2/H_1) (EFENARC, 2002).

Esta prueba no permitirá conocer los valores que cuantifica al bloque y así mismo nos podrá estimar la fluidez del concreto, también nos permitirá conocer la capacidad de segregación mediante la visualización; en caso que la mezcla del concreto pueda presentar el bloqueo al momento del ensayo se recomienda que los tiempos deben estar en los siguientes rangos: $T_{20} < 1,5$ s y $T_{40} < 2,5$ s. Por este motivo la norma establece que el tiempo a tener en cuenta será el T_{60} o el tiempo que tarda la mezcla en llegar al final del recorrido (EFENARC, 2002).



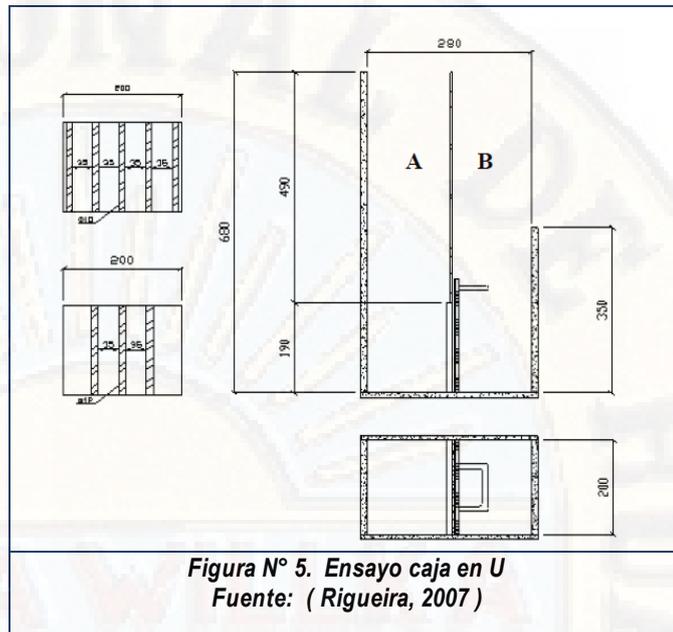
Se debe tener en cuenta que el coeficiente de bloqueo ($CB=H_2/H_1$) deberán ser superiores 0.80 para considerarse aceptable la resistencia al bloqueo, también la norma española establece que $0,8 < CB < 1$ (EFENARC, 2002).

En la gran mayoría de ensayos fallidos el bloque de la mezcla en la barra es causado por la segregación y, en algunos casos, por la mala dosificación de los agregados o la incompatibilidad entre el tamaño máximo del agregado grueso y los vanos entre barras de acero.

2.2.1.4.1.5. Caja en U

De acuerdo a (Rigueira, 2007) este ensayo tiene más exigencia al evaluar la habilidad de fluir por las barras de acero, la resistencia a la segregación y la capacidad de llenado.

El equipo está compuesto por dos aberturas verticales las cuales están separadas por una compuerta.



desarrollo de este ensayo consiste en llenar el primer comportamiento con la mezcla del concreto teniendo la compuerta cerrada; tras esperar un minuto de reposo se abre la compuerta para dejar fluir a la mezcla del concreto del comportamiento A al comportamiento B y, posteriormente, cuando el concreto esté estable se medirá la altura alcanzada en el comportamiento B.

2.2.1.5. Concreto autocompactante en estado endurecido

2.2.1.5.1. Resistencia a la compresión

De acuerdo a la (NTP.339.034, 2013) y (ASTM.C39, 2018), menciona que la resistencia a la compresión del concreto es el máximo esfuerzo que puede soportar dicho material sin agrietarse o romperse, cuya propiedad es la más característica del concreto y que además define su calidad, el cual se determina mediante ensayos de probetas cilíndricas normales de 15 x 30 cm, moldeadas y curadas de acuerdo a norma y que son sometidas a compresión axial en máquinas especiales de laboratorio.

2.2.1.5.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral

El concreto también posee resistencia a la tracción, sin embargo, por su bajo valor comparado con la resistencia a la compresión no es considerado para los diseños estructurales en concreto, dicha función la toma el refuerzo de acero. Por lo cual esta resistencia se determina indirectamente por medio de una compresión diametral, utilizando una probeta de concreto de 15 x 30 cm y la máquina de compresión (NTP.339.084, 2016).

2.2.2. Métodos de curado

Para obtener un buen concreto, al colado de una mezcla adecuada debe seguir el curado, dentro de un ambiente apropiado, durante las primeras etapas del endurecimiento. El curado es el nombre que se da a los procedimientos utilizados para promover la hidratación del cemento; consiste en un control de temperatura y en el movimiento de humedad, a partir de la superficie, hacia dentro del concreto (Neville, 1999).

Según (Abanto, 2009) menciona que hay una variedad de materiales, métodos para el curado del concreto donde se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La continua o frecuente aplicación de agua por anegamiento, aspersión, vapor o materiales de cubrimiento saturados, como carpetas de yute o algodón, alfombras, tierra, arena, aserrín, paja o heno.
- Evitar la pérdida excesiva de agua en la superficie del concreto, mediante el empleo de diversos materiales, tales como hojas de plástico o de papel impermeable, o bien mediante la aplicación de curadores químicos. (pág. 236)

2.2.2.1. Curado con agua

Al utilizar este método se debe utilizar el agua libre de cantidades perjudiciales de materias deletéreas o de otras que ataquen, manchen, o decoloren el concreto, así mismo se debe evitar utilizar agua fría puesto que este generaría un impacto térmico.

A continuación, se describen varios métodos de curado con agua:

- **Anegamiento o inmersión.**

Este método es utilizado comúnmente en estructuras viales (pisos de puentes, pavimentos y otros), de igual manera en lugares donde sea posible crear un charco de agua, también debe evitarse los daños provocados por la liberación prematura o súbita del agua encharcada.

El agua de curado no debe ser de 11° C más fría que el concreto, ya que el posible desarrollo de esfuerzos de temperatura en la superficie puede causar agrietamiento. (pág. 236)

- **Rociado de niebla o aspersion.**

Este método proporciona un curado excelente, cuando la temperatura es bastante superior a la de congelación.

Para empapar superficies verticales es más útil el uso de mangueras y se debe tener cuidado de no provocar la erosión de dicha superficie.

- **Costales, carpetas de algodón y alfombras.**

Estas cubiertas de material absorbente son aquellas que tienen la función de retener agua sobre la superficie del concreto, sea esta horizontal o vertical. Estos materiales deben estar libres de cantidades dañinas de azúcar o fertilizantes, para lo cual se lavarán con anticipación y después de cada uso.

Cuanto más pesado sea el costal, más agua retendrá y será necesario mojarlo con menos frecuencia. Será más ventajoso colocarlo doble, trasladando las tiras hasta la mitad de su ancho, lo cual proporcionará una mejor retención de humedad y ayudará a que no se levante cuando sople viento fuerte o cuando llueva. Los materiales que retienen el agua más tiempo que el costal son las carpetas de algodón y las alfombras.

- **Curado con tierra.**

Este método se emplea con éxito en losas y pisos pequeños. Donde lo principal es que la tierra esté libre de partículas mayores de 1" (25 mm) y que no contenga cantidades peligrosas de materia orgánica.

- **Arena y aserrín.**

La arena limpia y el aserrín mojados se emplean para el curado de la misma forma que la tierra. El aserrín no debe contener cantidades excesivas de ácido tánico.

- **Paja o heno.**

Pueden emplearse la paja o el heno mojados, pero se corre el riesgo de que el viento los levante, a menos que se cubran con tela de alambre. También existe el peligro de incendio si se dejan secar. La paja y el heno suelen causar una decoloración en la superficie del concreto que se aprecia hasta varios meses después de haber sido retirados. Cuando se empleen estos materiales, se debe aplicar una capa que contenga como mínimo 15 cm. de espesor. (págs. 237,238)

2.2.2.2. Curado con materiales selladores

Este método contempla materiales selladores como hojas o membranas que se colocan sobre el concreto para reducir la pérdida de agua por evaporación. Por ejemplo, cuando se impide la pérdida de humedad mediante el sellado, existen menos posibilidades de que el concreto se seque antes de tiempo debido a un error en el mantenimiento de la cubierta tiene la ventaja de ser más fáciles de manejar y pueden aplicarse más temprano, a veces sin necesidad de un curado inicial.

- **Película plástica.**

Es aquel material de peso ligero y donde se tiene como presentación en hojas transparentes, blancas o negras. La película debe cumplir con los requisitos de la norma (ASTM C-171, 2016) donde se especifica un espesor mínimo de 0.10 mm. Las películas

plásticas de color negro son utilizadas para climas fríos y las blancas para climas cálidos.

El empleo de película plástica lisa generalmente da como resultado una superficie moteada y como la apariencia es de gran importancia, el concreto debe ser curado por otros medios.

La película plástica debe colocarse sobre la superficie mojada del concreto fresco lo más pronto posible, sin dañarla y cubriendo todas las partes expuestas, sobre superficies planas, tales como pavimentos; la película debe extenderse más allá de los bordes de la losa, hasta una distancia de por lo menos el doble del espesor de esta.

- **Papel impermeable.**

El papel impermeable debe cumplir con los requisitos de la norma **(ASTM C-171, 2016)**.

Está compuesto de dos hojas de papel Kraft unidas entre sí mediante un adhesivo bituminoso, e impermeabilizadas con fibras y debidamente tratados; para reducir su grado de expansión y contracción tiene que mojarse y secarse. Las hojas pueden unirse entre sí mediante material bituminoso.

La aplicación del papel impermeable se hace de la misma manera que la de la película plástica. **(Abanto, 2009, pág. 238)**

- **Compuestos líquidos para formar membrana.**

Son aquellos compuestos como ceras, resinas naturales o sintéticas, así como solventes de volatilidad elevada a la temperatura atmosférica y deben cumplir con los requisitos de la norma **(ASTM C-309, 2009)**.

Se sugiere que, cuando sea posible, se hagan dos aplicaciones, perpendiculares una con respecto a la otra, para lograr un cubrimiento completo. Deben formar una película que retenga la humedad poco después de haber sido aplicados **(Abanto, 2009, pág. 239)**.

2.2.2.3. Protección del concreto

En obra, las condiciones ambientales y especialmente las temperaturas externas en días fríos son factores que afectan directamente el desarrollo de resistencias del concreto en sus diferentes edades, así como de igual manera su comportamiento. Debido a que la reacción química del cemento con el agua es un proceso exotérmico, las temperaturas ambientales bajas retardan los tiempos de fraguado del concreto, así como el desarrollo de resistencias del mismo y su endurecimiento.

El vaciado en clima frío normalmente permite una mayor resistencia final del concreto, pues entre más baja sea la temperatura inicial, mejor se hará la hidratación del cemento permitiendo la máxima eficiencia del material cementante. Sin embargo, va a dar como resultado un desarrollo de resistencia del concreto más lento y demoras en las operaciones de acabado y desencofrado (Argos, 2013).

2.2.2.3.1. Materiales a utilizar en la protección del concreto:

- **Ichu stipa**

Es un pasto de los andes peruanos, zonas de gran altitud, frío intenso y falta de agua considerada como planta herbácea, amacollada que posee tallos que alcanzan una altura de 60 a 180 cm. En la actualidad se viene trabajando en la fabricación de paneles para aislar a las casas del frío en épocas en que la temperatura desciende bajo cero. (Animales y Plantas de Perú, 2016).



Figura N° 6. Ichu stipa
Fuente: Elaboración propia

- **Aserrín**

El aserrín es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la madera cuando esta es aserrada; también contiene minúsculas partículas de madera producidas durante el proceso y manejo de la misma, paneles contrachapados y/o aglomerados. Además del polvo, en el proceso de aserrado se genera la viruta, que es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral. (Serret, Giralt-Ortega, & Quintero, 2016).



Figura N° 7. Aserrín
Fuente: (Serret, Giralt-Ortega, & Quintero, 2016)

- **Aislante térmico**

(Palomo, 2017, pág. 7) mencionó que los materiales aislantes se pueden definir como aquellos que presentan una elevada resistencia al paso de calor, reduciendo la transferencia de este

calor a su cara opuesta, por lo tanto, podemos decir que protege del frío y de la cal.



*Figura N° 8. Aislantes térmicos
Fuente: Palomo, 2017*

2.3. Bases conceptuales

Se darán a conocer los términos utilizados en el desarrollo de la investigación.

Métodos de curado: es un proceso de controlar y mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto, durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que se desarrollen en el concreto las propiedades deseadas.

Resistencia de concreto autocompactante (CAC): es un concreto altamente fluido sin segregación, que puede ser extendido en el sitio, llenando la formaleta y encapsulado el refuerzo, sin ningún tipo de consolidación mecánica.

2.4. Definición de términos

Se darán a conocer los términos más utilizados en el desarrollo de la investigación.

Aditivos: Material distinto del agua, utilizado como componente del concreto, y que se añade a este antes o durante su mezclado para modificar sus propiedades. (comité ACI 318, 2005).

Aditivo reductor de alto rango: los aditivos reductores de agua de alto rango producen concretos de alta plasticidad, resistencias altas y durabilidad que obedecen las normas ASTM C 494 A y F así como la NTP 334.088.

Asentamiento del concreto: es la diferencia entre la altura del recipiente que sirve de molde de una probeta de concreto fresco y la de la probeta fuera del molde, medida en el eje y expresada en pulgadas.

Congelación: la desintegración del concreto por acción alterna de heladas y deshielo, es debida a la congelación y expansión del agua en los poros de la pasta y/o el agregado.

Dosificación: es la proporción en peso o en volumen de los distintos elementos integrantes de una mezcla.

Endurecimiento: es el proceso de aumento de la resistencia mecánica posterior al período de fraguado.

Fragua: proceso de pérdida de plasticidad de una mezcla con cemento, la cual pasa del estado fluido al estado rígido.

Peso unitario: se define como densidad del concreto a la relación del volumen de sólidos al volumen total de una unidad cubica. Puede también entenderse como el porcentaje de un determinado volumen del concreto que es material sólido.

Peso específico: es la relación, a temperatura estable, entre la masa de un volumen unitario de material y la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas.

Peso específico de masa saturada superficialmente seco: definido de manera análoga al peso específico de masa, excepto que la masa en estudio incluye el agua presente dentro de los poros permeables.

Resistencia: es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos. Es su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Relación agua - cemento: es el cociente entre el peso del contenido de agua libre de mezclado y el de cemento en una mezcla dada.

Temperatura del concreto: la temperatura del concreto al ser mezclado es influenciada por la temperatura y calor de los materiales constituyentes. Por ello el agregado, al estar presente en la mezcla en el volumen más importante, puede tener un efecto sobre la temperatura del concreto.

Trabajabilidad: es la mayor o menor facilidad que presenta un concreto o mortero de ser mezclado, transportado y colocado.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

- Los métodos de curado influyen significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.

2.5.2. Hipótesis específica

- El método de curado con ichu stipa influye significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.
- El método de curado con aserrín influye significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.
- El método de curado con aislante térmico influye significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.
- El método de curado por aspersión influye significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.
- El método de curado por inmersión influye significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.

2.6. Variables

2.6.1 Variable dependiente

Resistencia de concreto autocompactante (CAC)

2.6.2 Variable independiente

Métodos de curado

2.7. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADOR	INSTRUMENTO	FUENTE
INDEPENDIENTES				
Métodos de curado	Es un proceso de controlar y mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto, durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que se desarrollen en el concreto las propiedades deseadas.	Curado con ichu stipa	Observación directa de acuerdo a las especificaciones técnicas	Registro
		Curado con aserrín húmedo		
		Curado con aislante térmico		
		Curado por aspersión		
		Curado por inmersión		
DEPENDIENTES				

Resistencia de concreto autocompactante (CAC)	Es un concreto altamente fluido sin segregación, que puede ser extendido en el sitio, llenando la formaleta y encapsulado el refuerzo, sin ningún tipo de consolidación mecánica.	Resistencia del concreto	Asentamiento del concreto (slump)	ASTM C 143, ACI 237 y NTP 339.035
			Temperatura ambiente	ASTM 1064
			Ensayo embudo "V".	ACI 237
			Ensayo caja "L".	ACI 237
			Ensayo caja "U".	ACI 237
			Ensayo anillo "J".	NTP.339.20 y ACI 237

Tabla N° 12. Operacionalización de variables
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito temporal y espacial

3.1.1. Ámbito temporal

El desarrollo de esta propuesta investigativa se llevó a cabo desde el mes de mayo hasta setiembre del año 2019.

3.1.2. Ámbito espacial

Esta investigación se desarrolló con una de las canteras del río Ichu, específicamente en el lugar denominado “Nuevo Horizonte”, el cual tiene como BMs (511550.00 m E, 8586649.00 m S), donde se llevó a cabo los trabajos de obtención de muestra del agregado grueso y también se desarrolló en el Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Huancavelica, que se encuentra ubicado en el distrito de Huancavelica, provincia y región Huancavelica, a una altitud de 3650 msnm.



Figura N° 9. Mapa de ubicación de cantera “Nuevo Horizonte”
Fuente: Google Earth pro

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, según (Rodríguez, 2005) denomina a esta investigación como activa y dinámica el cual aprovecha los conocimientos de la

investigación básica o teórica, para solucionar problemas concretos, en circunstancias concretas (pág. 23).

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, según (Gonzales, Oseda, Ramirez, & Gave, 2011) mencionan que esta investigación se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, sus resultados y conclusiones contribuyen el nivel más profundo de conocimientos (pág. 142).

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Se trabajó con una población de 105 testigos de concreto cilíndrico de altura de 30 cm y diámetro de 15 cm.

3.4.2. Muestra

Se trabajó con una muestra de 15 unidades de probetas curadas en laboratorio y 90 unidades de probetas para el curado con diferentes materiales (ichu stipa, aserrín, aislante térmico, aspersión e inmersión)

3.4.3. Muestreo

El muestreo será no probabilístico de carácter intencional, cuyo análisis de datos será de carácter experimental factorial completamente al azar.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos serán directas y de observación, se adoptará una forma sistemática y experimental en laboratorio siguiéndose el siguiente proceso:

- Se realizó el diseño de mezcla; una vez obtenidas se vaciarán las primeras muestras de concreto, las muestras se evaluaron en esta investigación, una vez obtenidas las muestras de los patrones, también se realizó las muestras de comparación realizándose diseños de mezcla de concreto autocompactante.
- Los diseños se comprobaron haciendo uso de los diversos ensayos por lo que tienen que pasar el concreto como control de calidad. Estos ensayos están establecidos en la Norma Técnica Peruana, ACI y la ASTM.

- Se tomaron datos durante todo el proceso que engloba esta investigación, (resistencia a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días)

Por otro lado, los instrumentos de medición para un concreto autocompactante son:

- Control de capacidad de paso: caja en L,
- Control de capacidad de relleno: embudo V.
- Control de capacidad de fluir: caja en L, slump.
- Control de resistencia: máquina de compresión de concreto.

3.6. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

Las técnicas de análisis de datos que nos ayudaron a organizar, analizar y describir los datos recogidos con los instrumentos de investigación son: se organizaron los datos en una matriz de tabulación (Excel), estos datos fueron recopilados y guardados a medida que fueron obtenidos en los diferentes ensayos en estado fresco y endurecido requeridos para el control de calidad del concreto. La descripción y análisis de los datos se manejaron mediante las técnicas de análisis cuantitativo que nos sirvieron para mostrar la diferencia de la resistencia del concreto curado mediante diferentes métodos.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de información

El desarrollo metodológico de la investigación inicia a partir de la recopilación de datos y de las características de los insumos para desarrollar la investigación, las cuales son:

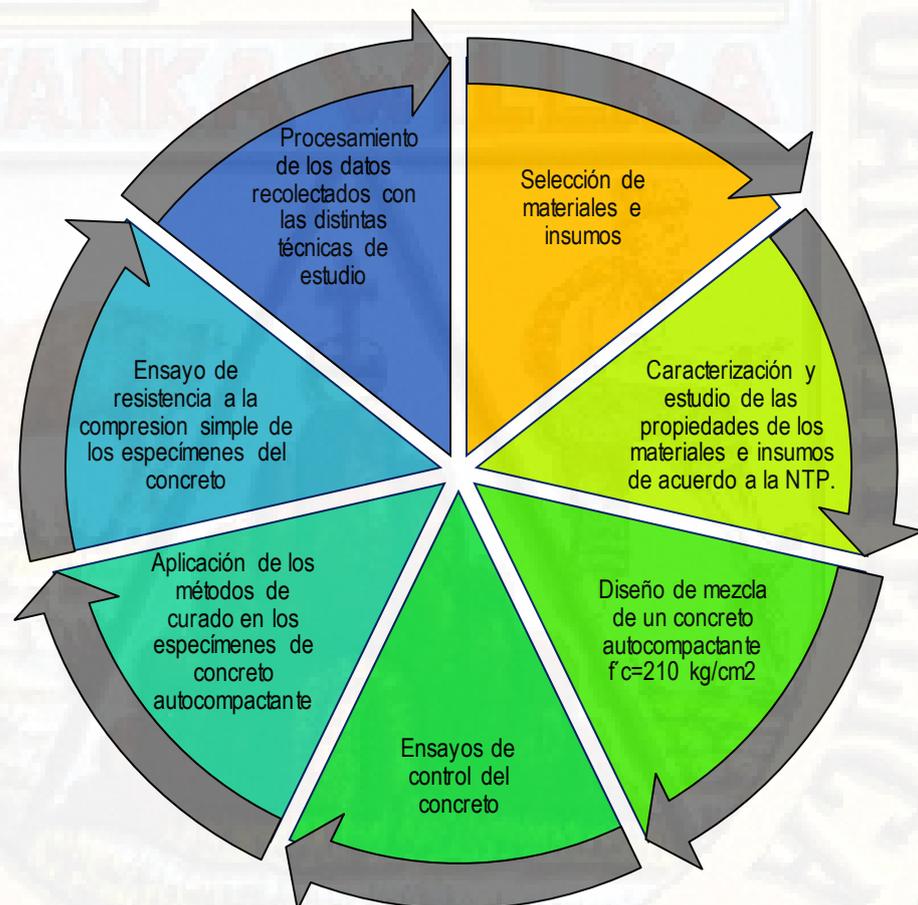


Figura N° 10. Proceso y desarrollo de la investigación
Fuente: Elaboración propia

4.1.1. Selección de materiales e insumos

4.1.1.1. Cemento

El cemento usado en la investigación fue el cemento Andino tipo I, este cemento es de uso general que se utiliza en la mayoría de los concretos, también es el más comercial a nivel nacional y también en la región de Huancavelica, el cual cumple con la NTP 334.009. por lo que se eligió para la producción del concreto autocompactante.



Descripción	Requisitos físicos	Cemento Portland Tipo I
Finura de mallas (% Retenido)	100 M (S)	0.34
	170 M	3.07
	200 M	5.66
	325 M	20.42
Superficie específica (cm ² /gr)		3300
Densidad (gr/cm ³)		3.11
Expansión autoclave (%)		0.02
Calor de hidratación (cal/gr)	7 días	64.93
Consistencia normal (%)		23.38
Falso fraguado (%)		68.44
Contenido de aire (%)		6.50
Fraguado vicat (hr:min)	Inicial/final	2:50/3:45
Fluidez (a/c)		0.485
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	3 días	204
	7 días	289
	28 días	392

Tabla N° 13. Ensayo físico ASTM sobre la muestra de cemento Andino Portland Tipo I
Fuente: Pasquel, 1998

4.1.1.2. Agregados

Los agregados que se utilizaron para el desarrollo de la presente investigación, provienen de la Cantera de "Nuevo Horizonte", Ubicada en el trayecto de la carretera de Huancavelica - Yauli, a las orillas del río Ichu, del distrito de Huancavelica, provincia y región Huancavelica, a una altitud de 3650 msnm. De cuya cantera se extrajo el agregado fino y agregado grueso (piedra chancada). A continuación, se muestra la ubicación de la cantera:



Figura N° 12. Mapa de ubicación de los agregados
Fuente: Google Earth pro



Figura N° 13. Muestreo de agregado grueso (piedra chancada)
Fuente: Elaboración propia

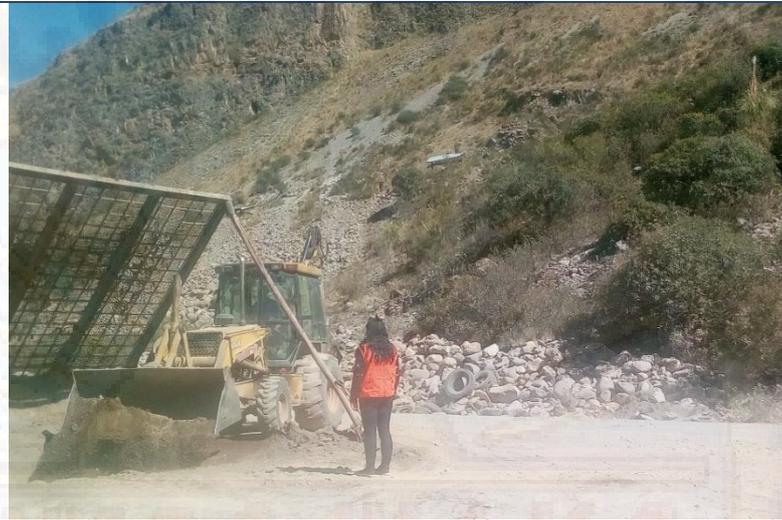


Figura N° 14. Muestreo de agregado fino
Fuente: Elaboración propia

4.1.1.3. Agua

El agua que se utilizó en la preparación y curado de los concretos, proviene de la red que abastece a la Universidad Nacional de Huancavelica para los laboratorios.

4.1.1.4. Aditivo

Se utilizó el aditivo Chema plasta que es un aditivo reductor de agua tipo (A) y reductor de agua de alto rango tipo (F), fabricado por la empresa Chema, el cual es comercializado para usarse en el concreto en estado fresco; la dosis recomendada para usarse está en el rango de 145 ml a 360 ml por 42.50 kg de material cementante. Este aditivo normalmente es comercializado en galones o litros y son líquidos con sus propias características, las cuales se detallan en las especificaciones técnicas adjuntadas en la parte final.



Figura N° 15. Aditivo usado Chema Plast
Fuente: Elaboración propia

4.1.1.5. Ichu stipa

El ichu que se utilizó para el curado de los concretos, está ubicado en el trayecto de la carretera de Huancavelica – Huanaspampa, del distrito de Acoria, provincia y región Huancavelica, a una altitud de 3918 msnm.



Figura N° 16. Mapa de ubicación del Ichu
Fuente: Google Earth pro

4.1.1.6. Aserrín

El aserrín que se utilizó para el curado de los concretos, fue de la maderera “Wanka Willka” ubicada en la Av. Manchego Muñoz del distrito de Huancavelica, provincia y región Huancavelica,



*Figura N° 17. Mapa de ubicación de adquisición de aserrín
Fuente: Elaboración propia*

4.1.1.7. Aislante térmico

Se utilizó un aislante térmico tipo plástico, el cual es comercializado fácilmente en tiendas de plásticos. Normalmente es comercializado en metros lineales.

4.1.2. Caracterización y estudio de las propiedades de los materiales e insumos.

4.1.2.1. Análisis granulométrico de los agregados

Los ensayos de los agregados fueron realizados de acuerdo a la norma ASTM C136. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS,

Equipo utilizado

- Balanza con una precisión de 0.1% del peso del material ensayado.
- Tamices normalizados (1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, base y tapa)

Descripción del proceso

Se realizó el seleccionamiento de los agregados fino y grueso esto por conveniencia al azar para poder obtener una buena muestra.



Figura N° 18. Selección del agregado fino
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 19. Selección del agregado grueso
Fuente: Elaboración propia

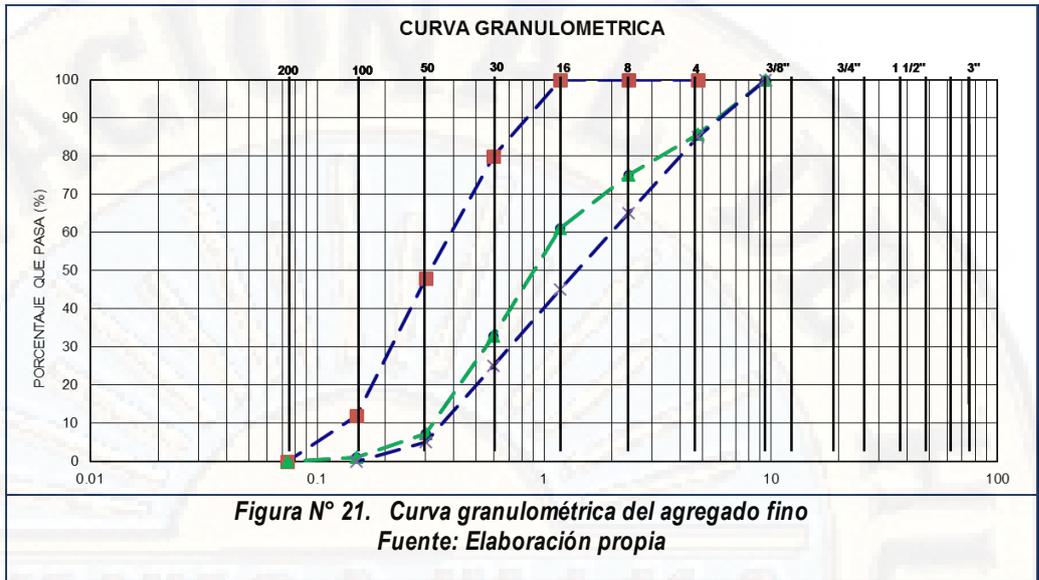
Ya realizado el muestreo de los agregados nos hemos dispuesto a realizar el tamizado de estos mediante los tamices estándares de acuerdo a norma.



Figura N° 20. Selección de los tamices
Fuente: Elaboración propia

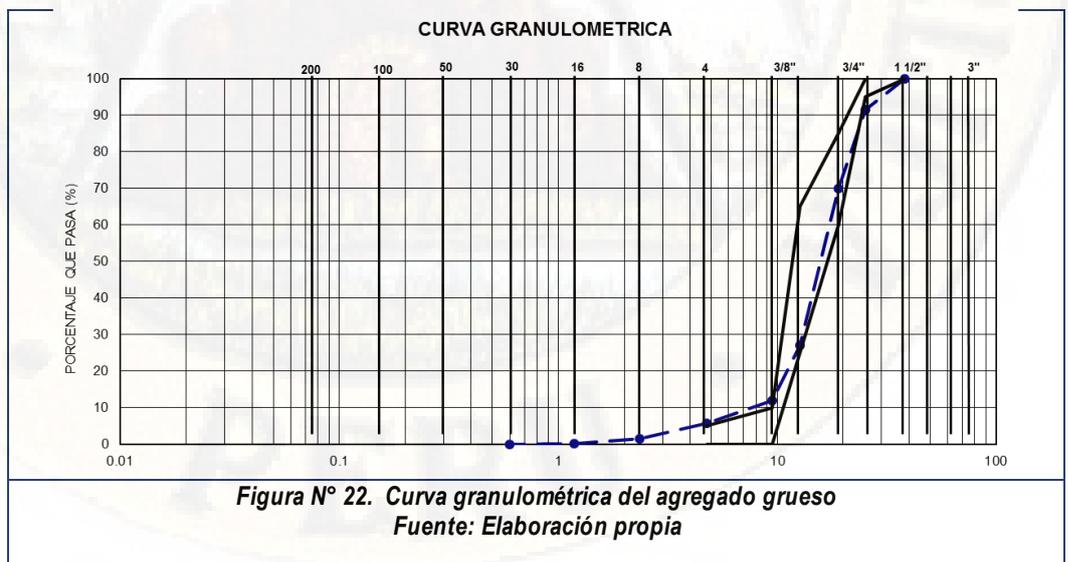
TAMIZ ASTM	ABERTURA MM	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE ACUMULADO	ESPECIFIC. QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	AGREGADO FINO Cantera "Nuevo Horizonte"
3"	76.200					PROCEDENCIA	
2 1/2"	63.500					UBICACIÓN	Huancavelica
2"	50.800					MUESTRA	M - 1
1 1/2"	38.100					MATERIAL	Grupo M (Arenas Intermedias)
1"	25.400					PESO TOTAL	3340.0 grs.
3/4"	19.050					PESO LAVADO	3337.3 grs.
1/2"	12.700					TAMAÑO MAXIMO NOMINAL :	N°4
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	MOD.FINEZA TOTAL	3.37
N°4	4.760	476.0	14.3	14.3	85.7	TAMIZ # 200 (ASTM C-117)	
N°8	2.360	354.5	10.6	24.9	75.1	OBSERVACIONES :	
N°16	1.180	468.7	14.0	38.9	61.1		
N°30	0.600	939.8	28.2	67.1	32.9		
N°50	0.300	855.0	25.6	92.7	7.3		
N°100	0.149	207.7	6.2	98.9	1.1		
N°200	0.074	35.6	1.1	100.0	0.0		
< 200	-	2.7			-		

Tabla N° 14. Análisis granulométrico del agregado fino
Fuente: Elaboración Propia



TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJE		ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
ASTM	MM	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA		AGREGADO GRUESO
3"	76.200					PROCEDENCIA	Cantera "Nuevo Horizonte"
2 1/2"	63.500					UBICACIÓN	Huancavelica
2"	50.800					MUESTRA	Huso Granulométrico (1" a N°4)
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	99.9	100	
1"	25.400	196.4	8.54	8.5	91.4	95 a 100	
3/4"	19.050	495.6	21.55	30.1	69.9	MATERIAL	
1/2"	12.700	986.5	42.89	73.0	27.0	PESO TOTAL	2300.0 grs.
3/8"	9.525	345.2	15.01	88.0	12.0	PESO LAVADO	2300.0 grs.
N°4	4.760	145.3	6.32	94.3	5.7	0 a 10	
N°8	2.360	95.4	4.15	98.5	1.6	0 a 05	TAMAÑO MÁXIMONOMINAL :
N°16	1.180	31.6	1.37	99.8	0.2		1"
N°30	0.600	4.0	0.17	100.00	0.0	MOD.FINEZA TOTAL	7.10
N°50	0.300	0.0	0.0	100.00	0.0	TAMIZ # 200 (ASTM C-117)	
N°100	0.149	0.0	0.0	100.00	0.0	OBSERVACIONES :	
N°200	0.074	0.0	0.0	100.00	0.0		
< 200	-	0	0	100.00	-		

Tabla N° 15. Análisis granulométrico del agregado grueso
Fuente: Elaboración Propia



4.1.2.2. **Peso unitario de los agregados**

Este ensayo nos permite conocer el peso unitario del agregado en su condición compactada y suelta de una masa de agregados. El tamaño del agregado tiene que estar por debajo de 5 pulgadas (125mm). Este ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C29 y NTP 400.017 PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS.

Equipo utilizado

- Balanza con una precisión de 0.1% del peso del material ensayado.
- Varilla compactadora de fierro galvanizado.
- Martillo de goma.
- Recipientes de diversos volúmenes

Descripción del proceso

Para la obtención del peso unitario compactado de los agregados, primero, se pesa el molde de la briqueta, seguidamente se coloca el agregado grueso en tres capas cada una con 25 golpes con la varilla, finalmente se pesa el agregado con el molde, el mismo proceso se realiza para el agregado fino.



**Figura N° 23. Molde de briqueta de 15 cm x 30 cm para determinar los pesos unitarios de los agregados.
Fuente: Elaboración propia**



Figura N° 24 Colocado del agregado grueso en el molde de briqueta
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 25. Peso compactado del agregado grueso con la briqueta
Fuente: Elaboración propia

Para la obtención del peso unitario suelto de los agregados, se pesa el molde de la briqueta, seguidamente se coloca el agregado grueso hasta que esté lleno completamente y finalmente se

procede a pesar el agregado con el molde, el mismo proceso se realiza para el agregado fino.

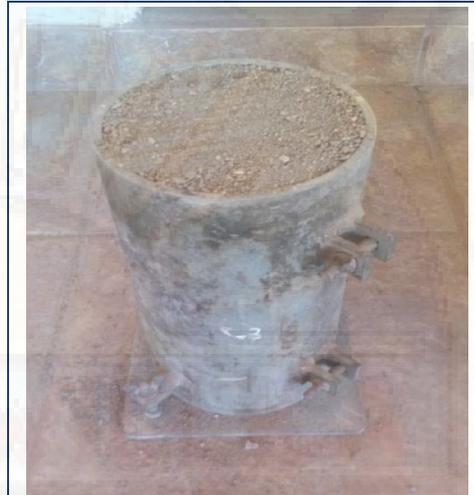


Figura N° 26. Colocado del agregado fino en el molde de briqueta
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 27. Peso suelto del agregado grueso con la briqueta
Fuente: Elaboración propia

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

	N° DE ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO
		N°01	N°02	N°03
A	Peso molde (gr)	10,040.00	10,040.00	10,040.00
B	Peso agregado + molde (gr)	17,350.00	17,455.00	17,450.00
C	Peso agregado suelto (gr) = (B) - (A)	7,310.00	7,415.00	7,410.00
D	Volumen del molde (cm ³)	5,301.44	5,301.44	5,301.44
E	Peso unitario suelto seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,378.87	1,398.68	1,397.73
	PROMEDIO PUSS (Kg/m ³)		1,391.76	

Tabla N° 16. Peso unitario suelto seco del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS)

	N° DE ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO
		N°01	N°02	N°03
A	Peso molde (gr)	10,040.00	10,040.00	10,040.00
B	Peso agregado + molde (gr)	18,325.00	18,380.00	18,385.00
C	Peso agregado suelto (gr) = (B) - (A)	8,285.00	8,340.00	8,345.00
D	Volumen del molde (cm ³) = (C)/(D)	5,301.44	5,301.44	5,301.44
E	Peso unitario compactado seco (Kg/m ³)	1,562.78	1,573.16	1,574.10
	PROMEDIO PUCS (Kg/m ³)		1,570.01	

Tabla N° 17. Peso unitario compactado seco del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

	N° DE ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO
		N°01	N°02	N°03
A	Peso molde (gr)	10,040.00	10,040.00	10,040.00
B	Peso agregado + molde (gr)	17,542.00	17,425.00	17,580.00
C	Peso agregado suelto (gr) = (B) - (A)	7,502.00	7,385.00	7,540.00
D	Volumen del molde (cm ³)	5,301.44	5,301.44	5,301.44
E	Peso unitario suelto seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,415.09	1,393.02	1,422.26
	PROMEDIO PUSS (Kg/m ³)		1,410.12	

Tabla N° 18. Peso Unitario suelto seco del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS)

	N° DE ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO
		N°01	N°02	N°03
A	Peso molde (gr)	10,040.00	10,040.00	10,040.00
B	Peso agregado + molde (gr)	17,715.00	17,737.00	17,730.00
C	Peso agregado suelto (gr) = (B) - (A)	7,675.00	7,697.00	7,690.00
D	Volumen del molde (cm ³) = (C)/(D)	5,301.44	5,301.44	5,301.44
E	Peso unitario compactado seco (Kg/m ³)	1,447.72	1,451.87	1,450.55
	PROMEDIO PUCS (Kg/m ³)		1,450.05	

Tabla N° 19. Peso Unitario compactado seco del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.3. **Peso específico y absorción de los agregados gruesos**

Los ensayos para calcular el peso específico y absorción de los agregados gruesos se realizaron de acuerdo a la norma ASTM C 127. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS, donde se establece el procedimiento para realizar estos ensayos.

Equipo utilizado

- Balanza con una precisión de 0.1% del peso del material ensayado.
- Recipientes de diversos volúmenes.
- Probeta graduada (tubo de ensayo).
- Canastilla tipo tina.
- Homo a 110 +/- 5°C.

Descripción del proceso

Para la obtención del peso específico y absorción del agregado grueso, primero, se debe poner la muestra del agregado en un recipiente y saturar por 24 horas con agua, posteriormente para obtener su estado saturado superficialmente se seca manualmente con un mantel, seguidamente se toma una muestra del agregado y se coloca a la canastilla sumergida y se anota el peso y finalmente se coloca una muestra del agregado en el horno por 24 horas para luego ser pesada.



Figura N° 28. Muestra del agregado grueso saturada por 24 horas

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 29. Muestra del agregado grueso superficialmente seco manualmente
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 30. Muestra del agregado grueso sumergido en la canastilla
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 31. Muestra del agregado grueso colocando al horno
Fuente: Elaboración propia

IDENTIFICACIÓN		ENSAYO N°01	ENSAYO N°02	PROMEDIO
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)	3,547.00	3,552.00	
B	Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	3,565.00	3,570.00	
C	Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	2,170.50	2,130.00	
	Peso específico aparente = A/(B-C)	2.54	2.47	2.51
	Peso específico aparente SSS = B/(B-C)	2.56	2.48	2.52
	Peso específico nominal = A/(A-C)	2.58	2.50	2.54
	% DE Absorción = ((B-A)/A) x 100	0.51	0.51	0.51

Tabla N° 20. Peso específico y absorción del agregado grueso
Fuente: Elaboración propia

4.1.2.4. Peso específico y absorción de los agregados gruesos

Los ensayos para calcular el peso específico y absorción de los agregados finos se realizaron de acuerdo a la norma ASTM C 128. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS, donde se establece el procedimiento para realizar estos ensayos.

Equipo utilizado

- Balanza con una precisión de 0.1% del peso del material ensayado.
- Recipientes de diversos volúmenes.
- Picnómetro.
- Molde cónico (cono de absorción).
- Varilla para apisonado metálica.
- Probeta graduada (tubo de ensayo).
- Canastilla tipo tina.
- Homo a 110 +/- 5°C.

Descripción del proceso

Para la obtención del peso específico y absorción del agregado grueso, primeramente se debe poner la muestra del agregado en un recipiente y saturar por 24 horas con agua; posteriormente se expulsa el agua del recipiente y se deja secar la muestra, una vez que se obtenga una humedad considerable se realiza el ensayo

con el molde cónico, ya encontrado una estabilidad del agregado contra el desmoronamiento se procede a llenar en el picnómetro 500 gr del agregado fino y seguidamente se llena con agua casi en su totalidad para poder expulsar el aire atrapado, finalmente se coloca al horno.



Figura N° 32. Pesado del agregado fino para ser saturado
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 33. Ensayo con el molde cónico
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 34. Colocado de la muestra del agregado fino al horno
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 35. Ensayo con el picnómetro
Fuente: Elaboración propia

IDENTIFICACIÓN		ENSAYO N°01	ENSAYO N°02	PROMEDIO
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)	500.00	518.20	
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua (gr)	684.02	695.32	
C	Peso del picnómetro con la muestra y agua (gr)	984.53	1,010.05	
S	Peso de la muestra en SSS (gr)	502.54	520.86	
	Peso específico aparente = $A/(B-C+S)$	2.47	2.51	2.49
	Peso específico aparente SSS = $S/(B-C+S)$	2.49	2.53	2.51
	Peso específico nominal = $A/(A-C+B)$	2.51	2.55	2.53
	% de absorción = $((S-A)/A) \times 100$	0.51	0.51	0.51

Tabla N° 21. Peso específico y absorción del agregado fino
Fuente: Elaboración propia

4.1.2.5. Contenido de humedad, absorción efectiva y humedad superficial

Los ensayos para calcular la humedad de los agregados se realizaron de acuerdo a la norma ASTM D 2216. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO, donde se establece el procedimiento para realizar estos ensayos.

Equipo utilizado

- Balanza con una precisión de 0.1% del peso del material ensayado.
- Recipientes de diversos volúmenes.
- Homo a 110 +/- 5°C.

Descripción del proceso

Para la obtención del contenido de humedad de los agregados, se toma una muestra del agregado en estado normal o natural, se toma el peso y se coloca al horno en una bandeja durante 24 horas y finalmente se saca del horno y se pesa; este proceso se realizó para el agregado fino y grueso.



Figura N° 36. Pesado del agregado en un recipiente
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 37. Colocado de las muestras del agregado en el horno
Fuente: Elaboración propia

IDENTIFICACIÓN		AGREGADO FINO	
A	Peso húmedo de la muestra (gr)	65.08	43.94
B	Peso seco de la muestra (gr)	65.00	40.00
C	Peso del agua en la muestra (gr) = A - B	0.08	3.94
D	% de absorción		0.51
	Contenido de humedad (%)	0.12	9.85
	Contenido de humedad efectiva (%)		4.99
	Absorción efectiva (%)		-
	Humedad superficial (%)		4.48

Tabla N° 22. Humedad y absorción del agregado fino
Fuente: Elaboración propia

IDENTIFICACIÓN		AGREGADO GRUESO	
A	Peso húmedo de la muestra (gr)	70.21	43.94
B	Peso seco de la muestra (gr)	65.00	40.00
C	Peso del agua en la muestra (gr) = A - B	5.21	3.94
D	% de absorción		0.51
	Contenido de humedad (%)	8.02	9.85
	Contenido de humedad efectiva (%)		8.93
	Absorción efectiva (%)		8.43
	Humedad superficial (%)		-

Tabla N° 23. Humedad y absorción del agregado grueso
Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Diseño de mezcla de un concreto autocompactante $f'c=210$ kg/cm²

4.1.3.1. Criterios de diseño de mezclas

(Rodríguez, 2016) nos menciona que para realizar un buen diseño de un concreto autocompactante, es importante tener en cuenta las siguientes proporciones y cantidades, las cuales ya son típicas en el proporcionamiento de estas mezclas:

- La relación agua/finos por volumen debe estar de 0.80 a 1.00.
 - El contenido total de finos debe considerarse de 400-600kg por m³.
 - El contenido de arena gruesa debe representar más del 38% del volumen del mortero.
 - El contenido del agregado grueso normalmente está entre el 28 y el 40% del volumen de la mezcla.
 - El contenido de agua no debe exceder los 200 litros por m³.
- También, se deben prever y admitir algunas variaciones en el contenido de humedad en los agregados en alguna etapa de diseño de la mezcla. Normalmente, los aditivos modificadores de viscosidad son una herramienta útil para compensar las fluctuaciones debidas a las variaciones de la granulometría de la arena y el contenido de humedad de los agregados en general (Alvarez, 2007, pág. 29). A continuación, se presenta el diseño de mezcla paso a paso:

4.1.3.2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado

El tamaño máximo nominal del agregado grueso para la elaboración del concreto autocompactante de esta investigación fue de 1" para la mezcla con piedra chancada el cual se justifica de acuerdo al ensayo de granulometría; de igual manera el concreto patrón se adecuaba a este tipo de agregado de tamaño máximo nominal.

4.1.3.3. Selección del asentamiento

De acuerdo a la Tabla N° 4 de asentamiento, las condiciones de colocación de concretos normales se considera un asentamiento de 3" a 4" para concreto armado que tenga una consistencia plástica; en tanto que para concretos autocompactante realizando el ensayo de fluidez de asentamiento se aceptaron diámetros entre 60 a 80 cm.

4.1.3.4. Volumen unitario del agua

Para los concretos patrones el agua de diseño, lo seleccionamos de acuerdo a la Tabla N° 5. Volumen unitario de agua, en la que se determina que para un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1", en una mezcla de consistencia plástica y sin aire incorporado, le corresponde un volumen unitario de 193 lt/m³.

4.1.3.5. Contenido de aire

En el diseño de concretos patrones se trata sin aire incorporado, de lo cual en la Tabla N° 6. Contenido de aire atrapado, nos menciona los valores y de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso de 1" el valor que le corresponde es de 1% de contenido de aire atrapado.

4.1.3.6. Relación agua- cemento

La relación de agua/cemento para el diseño de esta investigación se ha elegido de acuerdo a los propósitos de uso en climas fríos, donde las temperaturas ambientales son bajas y en la cual está expuesto el concreto autocompactante, por lo que se seleccionará de acuerdo a la Tabla N° 8. Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a exposición severa. La relación agua-cemento únicamente por durabilidad. El cual podemos usar una relación 0.45 a 0.50, pero para esta investigación se optó por una relación agua-cemento 0.47.

4.1.3.7. Volúmenes absolutos por 1 m³

MATERIALES	VOLUMEN
Cemento	0.128
A. grueso (seco)	0.403
A. fino (seco)	0.439
Agua (lt)	0.020

Tabla N° 24. Volúmenes absolutos por 1 m³

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.8. Pesos de los materiales por 1 m³

MATERIALES	PESOS
Cemento	403.77 kg
A. grueso	1015.00 kg
A. fino	1097.50 kg
Agua efectiva	193.00 lt

Tabla N° 25. Pesos de los materiales por 1 m³

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.9. Expresiones de los pesos en proporciones:

El procedimiento consiste en expresar las cantidades como una relación en peso, relacionándolas a la cantidad de cemento que está siendo utilizada. Por lo tanto, por cada kg de cemento se utilizó.

PROPORCIONES POR PESOS						
1	:	2.51	:	2.72	/	0.48

Tabla N° 26. Expresiones de los pesos en proporciones

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.10. Cantidad de materiales por tanda sin corrección por humedad y absorción:

Para calcular la cantidad de materiales por tanda se multiplica por una bolsa de cemento de 42 kg a cada material.

MATERIALES		PROPORCIÓN	PESO CEMENTO		PESO POR TANDA
Cemento	=	1	42.5	=	42.5 kg
A. grueso	=	2.51	42.5	=	106.84 kg
A. fino	=	2.72	42.5	=	115.52 kg
Agua efectiva	=	0.48	42.5	=	20.31 lt
Aditivo	=	0.66%	42.5	=	0.28 lt

Tabla N° 27. Cantidad de materiales por tanda sin corrección por humedad y absorción

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.11. Cantidad de materiales por tanda con corrección por humedad y absorción:

Para poder calcular la dosificación por corrección por humedad y absorción se realizó de acuerdo a los porcentajes calculados de las humedades y absorción que se muestran en la Tabla N° 22

Humedad y absorción del agregado fino y Tabla N° 23, humedad y absorción del agregado grueso, al haber calculado con los datos de las tablas nos resultan los siguientes datos:

MATERIALES	PESOS	
Cemento	403.77	kg
A. grueso	1023.12	kg
A.fino	1102.99	kg
Agua efectiva	189.95	lt

Tabla N° 28. Pesos de los materiales por 1 m³ corregido por humedad y absorción

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se calcula las cantidades como una relación en peso, relacionándolas a la cantidad de cemento que está siendo utilizada. Por lo tanto, por cada kg de cemento se utilizó.

PROPORCIONES POR PESOS						
1	:	2.53	:	2.73	/	0.47

Tabla N° 29. Expresiones de los pesos en proporciones corregido por humedad y absorción

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la cantidad de materiales por tanda se multiplica por una bolsa de cemento de 42 kg a cada material.

MATERIALES		PROPORCIÓN	PESO CEMENTO		PESO POR TANDA
Cemento	=	1	42.5	=	42.5 kg
A.grueso	=	2.53	42.5	=	107.69 kg
A.fino	=	2.73	42.5	=	116.10 kg
Agua efectiva	=	0.48	42.5	=	19.47 lt
Aditivo	=	0.66%	42.5	=	0.28 lt

Tabla N° 30. Cantidad de materiales por tanda corregido por humedad y absorción

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Ensayos de control del concreto

4.1.4.1. Ensayos del concreto en estado fresco.

En la presente investigación se realizaron los ensayos en estado fresco del concreto convencional y concreto autocompactante (CAC); de igual manera se usaron distintos equipos que cumplan con las medidas que presentan la Norma Técnica Peruana y el ASTM, los cuales se desarrollaron en la presente investigación.

4.1.4.1.1. Concreto convencional $f'c=210$ kg/cm²

Mezclado del concreto

El mezclado del concreto se llevó a cabo siguiendo el mismo proceso que nos describe la NTP 339.183 para concretos normales. Esto consistió en lo siguiente:

- Una vez realizado el diseño de mezcla de un concreto convencional $f'c=210$ kg/cm² se procedió a realizar la mezcla correspondiente.
- Previo al inicio de rotación de la mezcladora, se humedeció y se añadió el agregado grueso, una parte del agua de mezcla, luego se adicionó el agregado fino, el cemento y el agua restante con la mezcladora en funcionamiento.
- Luego de que todos los materiales se añadieron a la mezcladora se dejó mezclar el concreto durante aproximadamente 7 minutos, se verificó que no haya incidencia de segregación por lo que es necesario colocar el concreto mezclado en un recipiente limpio y húmedo, remezclar con lampa o cucharón hasta que se vea uniforme.

TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO

• Ensayo de asentamiento:

Se realizó el ensayo del concreto de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.035 y ASTM-C143, el cual nos ayudó a



Figura N° 38. Mezclado de Concreto en el laboratorio de la UNH
Fuente: Elaboración propia

verificar la consistencia del concreto convencional. Se realizó en cada vaciado para verificar si la mezcla se veía alterado debido a los materiales u otro factor. En la figura 16 se muestra el asentamiento del concreto convencional.



Figura N° 39. (a) Ensayo de asentamiento del concreto (b) slump (3" a 4")
Fuente: Elaboración propia

• **Temperatura:**

Determinamos la temperatura del concreto fresco para verificar el cumplimiento de los requerimientos especificados

mediante la norma NTP 339.184. La temperatura del concreto depende del aporte calorífico de cada uno de sus componentes, además del calor liberado por la hidratación del cemento, la energía de mezclado y el medio ambiente.

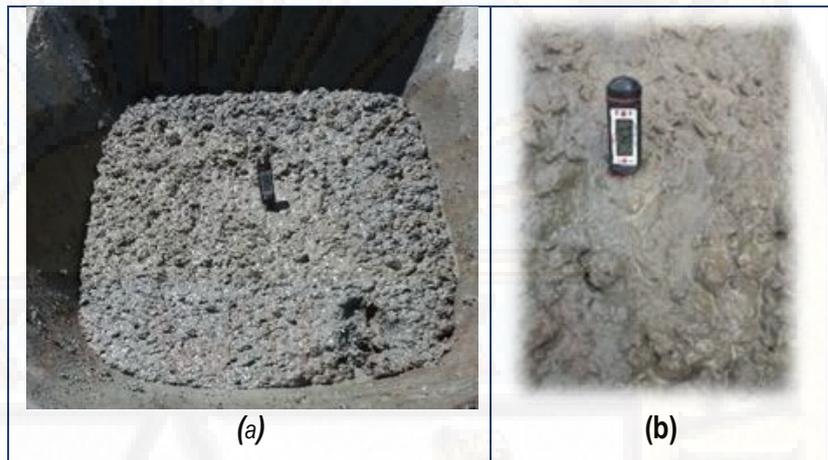


Figura N° 40. Colocado de las muestras del agregado en el horno
Fuente: Elaboración propia

• **Elaboración de probetas cilíndricas de 4":**

Para la elaboración de probetas cilíndricas en esta investigación se usaron los moldes de 4" x 8". Estos moldes están normados mediante la NTP 339.033, para las probetas de concretos convencionales se necesitan varillar mediante compactación.



Figura N° 41. Colocado de mezcla de concreto en la brigetas
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 42. Materiales (arena gruesa, piedra chancada, cemento, aditivo plastificante y agua)
Fuente: Elaboración propia

4.1.4.1.2. Concreto autocompactante $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Mezclado del concreto:

Se pesó todo el material de acuerdo al diseño de mezcla de un (CAC) con resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

DOSIFICACIÓN DE UN (CAC) POR BOLSA		
Cemento	:	42.50 kg
Arena gruesa	:	107.69 kg
Piedra chancada	:	116.10 kg
Agua	:	19.47 litros
Aditivo	:	0.280 litros

Tabla N° 31. Dosificación de un (CAC)
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 43. Colocado de las muestras de concreto en las bridgetas
Fuente: Elaboración propia

La mezcladora se humedeció antes de su uso, se añadió el agregado grueso, una parte del agua de mezcla y el aditivo plastificante, se puso en funcionamiento la mezcladora, luego se adicionó la arena gruesa, el cemento y agua con la mezcladora en funcionamiento.

Una vez añadidos todos los materiales, se mezcló el concreto durante 10 minutos sin reposo alguno.



Figura N° 44. Mezclado uniforme para evitar la segregación
Fuente: Elaboración propia

Ensayos de caracterización del CAC:

Para determinar si un concreto en estado fresco es autocompactante debe presentar tres requisitos fundamentales tales como se muestra en la tabla N° 32:

CARACTERIZACIÓN DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE	
Capacidad de relleno	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ensayo de fluidez de asentamiento ○ Ensayo del embudo en V
Capacidad de paso	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ensayo del anillo J (anillo japonés) ○ Ensayo de caja en L
Resistencia a la segregación	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ensayo de columna de segregación estática

Tabla N° 32. Caracterización del concreto autocompactante (CAC)
Fuente: Elaboración propia

• **Ensayo de fluidez de asentamiento:**

Procedimiento de ensayo según NTP 339.219:

Se humedeció la placa base y el cono de Abrams con un paño húmedo sin dejar agua libre; buscamos un lugar completamente plano para la placa base y se puso el cono en forma invertida.

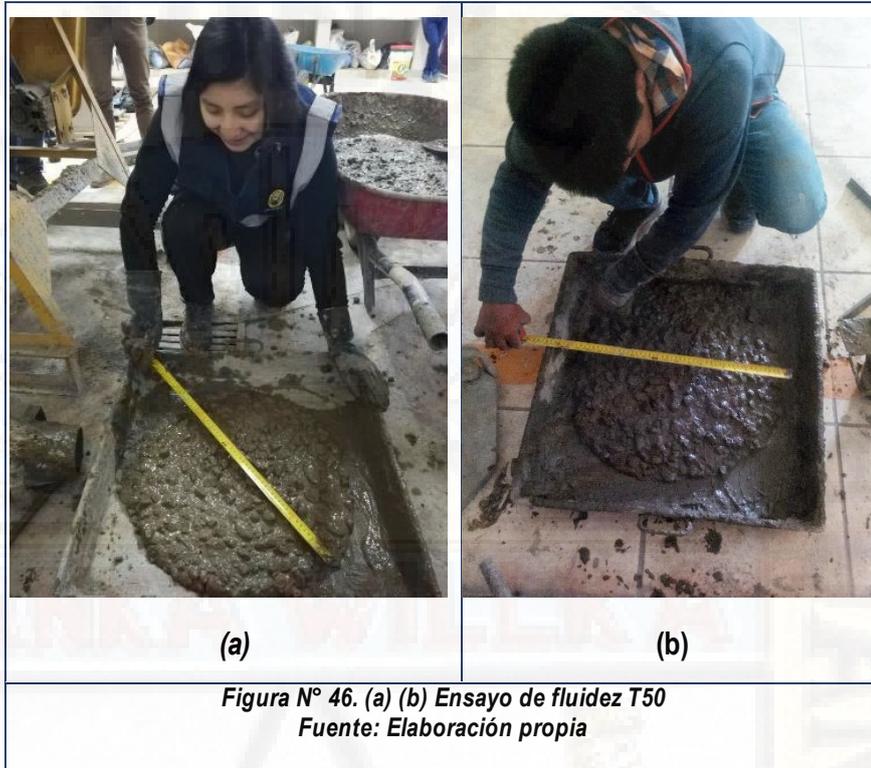
Sujetamos firmemente el cono en el lugar para llenar la mezcla sin ningún tipo de compactado y nivelamos al ras de la parte superior del cono.



*Figura N° 45. Mezcla al ras de la superficie
Fuente: Elaboración propia*

Limpiamos todo concreto que haya en el área alrededor de la base del molde para evitar interferencia con el movimiento de fluidez del concreto.

Retiramos el molde verticalmente en 3 ± 1 segundos, esperamos que el concreto detenga su fluidez y luego medimos dos diámetros perpendiculares entre sí, además tomamos el tiempo T_{50} y el tiempo en detenerse del concreto.



PRUEBAS RELACIÓN <i>a/c=0.47</i>	DOSIS(ml)	Fluidez de asentamiento (cm)	T₅₀ (s)	T _f (s)
P-1	200	30.2	5	15
P-2	250	55.4	8	14
P-3	280	65.8	7	18
P-4	300	69.5	10	13

Tabla N° 33. Fluidez del diseño autocompactante con distintas dosis de aditivo Chema Plast
Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°33 se muestran los diámetros máximos (cm.) alcanzados por las mezclas respecto a las dosis de aditivo Chema Plast, donde a mayor dosis de aditivo que se agregó la reducción de agua fue mayor.

Se recomienda intervalos de diámetro entre 60 a 80 cm, por tanto, podemos decir que la dosis de 280 ml cumple con ese rango, donde mostraba una buena fluidez a diferencia de las

otras dosis de 200, 250 y 300 en el cual había presencia de exudación y segregación de los agregados.

• **Ensayo de caja en L (UNE 83363):**

Se buscó un lugar bien nivelado horizontalmente para sentar la caja humedeciendo todas las paredes y las barras de armadura con una franela

Echamos con un cucharón el concreto (aproximadamente 14 litros) en la parte vertical de la caja y se dejó reposar durante unos 10 segundos. Este tiempo permitió realizar una primera evaluación visual de la estabilidad (segregación) de la muestra.

Se abrió la compuerta rápidamente y se dejó fluir el concreto hacia la parte horizontal, atravesando las barras de armadura. Se tomaron los tiempos cuando el concreto alcanzó los 20 cm, 40 cm y de toda la longitud de recorrido. Posteriormente se midieron las alturas H1 (altura del hormigón en la parte seguida de la compuerta) y H2 (altura del hormigón en la parte final de la caja).



PRUEBAS RELACIÓN a/c=0.47	DOSIS(ml)/ bolsa	T ₂₀ (s) (s)	T ₄₀	T ₆₀ (s)	H ₁ (cm)	H ₂ (cm)	H ₂ /H ₁ (cm)
P-1	200	5.4	15	23.4	10.6	7.1	0.67
P-2	250	3.2	9	15.2	8.9	7.5	0.84
P-3	280	1.5	3.3	6.2	8.4	8.3	0.99
P-4	300	1.7	3.5	5.5	8.2	7.6	0.93

Tabla N° 34. Ensayo de la caja L del diseño autocompactante con distintas dosis de aditivo Chema Plast
Fuente: Elaboración propia

Para esta prueba según la norma **UNE 83363** se establece el intervalo permisible entre $0,8 < CB < 1$, donde el P-1 con dosis de 200 ml no se encuentra dentro de ello, mientras que las dosis de 250,280 y 300 sí cumplen y se enmarcan dentro del rango que presenta el coeficiente de bloqueo.

De la misma manera se verificó que el concreto en el que no se presente bloqueo se recomiendan tiempos de $T_{20} < 1,5$ s donde la dosis que cumple y presenta mayor aproximación con el parámetro es el P-3 con 280 ml.

Finalmente analizamos el tiempo en 40s para un concreto en el que no se presente bloqueo, donde se recomienda $T_{40} < 2,5$ s, siendo de la misma manera el P-3 quien cumple con lo indicado aproximado al rango admisible.

• **Ensayo del embudo en V (UNE 83364):**

Limpiamos el embudo y la compuerta inferior con una franela húmeda, se humedeció toda la superficie interior incluyendo la compuerta y bajo el embudo se colocó un recipiente para recoger el concreto.

Cerramos la compuerta y llenamos la muestra de concreto en el embudo (aproximadamente 15 litros), sin compactación alguna, después enrasamos la parte superior con una barra metálica, igualando la superficie del concreto a la parte superior del embudo.

Pasados 10 ± 2 s del llenado del embudo, abrimos la compuerta y tomamos el tiempo t_v con una resolución de 0.1

segundo, desde el inicio de la apertura de la compuerta hasta que se pueda vaciar el embudo por completo.



PRUEBAS Relación a/c=0.47	DOSIS(ml)/bolsa	T _v (s)
P-1	200	45
P-2	250	30
P-3	280	12
P-4	300	14

Tabla N° 35. Ensayo del embudo (V) del diseño autocompactante con distintas dosis de aditivo Chema Plast
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 35 se presentan el tiempo de descarga total de la mezcla con respecto a la dosis del aditivo ChemaPlast. Para este ensayo los tiempos de flujo óptimos se encuentran entre los intervalos de 6 a 12 segundos, donde la prueba P-3 con dosis de 280 ml es la que se encuentra dentro del intervalo y visualmente presenta casi una nula exudación y segregación con una viscosidad más estable.

Elaboración de probetas cilíndricas de un CAC:

Para la elaboración de probetas cilíndricas en esta investigación se usaron los moldes de 4" x 8". Estos moldes están normados mediante la NTP 339.033, para el concreto

autocompactante solo es necesario echar la mezcla al molde no se varilla ni se golpea.



Figura N° 49. Muestreo de probetas con (CAC)
Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Aplicación de los métodos de curado en los especímenes de concreto autocompactante

4.1.5.1. Curado en Laboratorio ASTM C-192

Una vez realizado el muestreo de los testigos de concreto se espera 24 horas para el desencofrado.



(a)

(b)

Figura N° 50. (a) y (b) Desencofrado de probetas (24 Hr)
Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se realiza el curado en laboratorio según la norma ASTM C-192 (concreto convencional).

Se sumerge en el tanque de curado a una temperatura de entre 20°C a 25°C y se deja hasta que cumpla la edad correspondiente (3,7,14,21 y 28 días).



Figura N° 51. Curado en laboratorio
Fuente: Elaboración propia

Curado en laboratorio ASTM C-192 (concreto con aditivo plastificante)



(a)



(b)

Figura N° 52. (a) Desencofrado de probetas con (CAC) y (b) curado de probetas (24 Hr)
Fuente: Elaboración propia

4.1.5.2. Curado con aserrín

Antes de realizar el curado con aserrín se realizaron los moldes de plásticos donde se introducirá dentro de ello el aserrín húmedo.

Cada molde se cortó y armó de acuerdo al diámetro de los testigos de concreto teniendo como base el diámetro $d=15$ cm y se añadió alrededor un espesor de 1" ($e=2.0$ cm) generando mayor protección y evitando que se genere pérdida de humedad con mayor rapidez.



Pasado las 24 horas se desencofran las probetas correspondientes para el curado con aserrín (A).



Figura N° 54. Desencofrado de probetas
Fuente: Elaboración propia

Antes de introducir a los moldes de plástico se colocan en la base una capa de aserrín húmedo con 78 % de humedad, con $e = 2.0$ cm.

Seguidamente se introducen en cada uno de los moldes de plástico.



Figura N° 55. (a) Base de aserrín (b) Colocación de la probeta parcialmente húmeda
Fuente: Elaboración propia

Se coloca una cantidad considerable a los bordes de la probeta de manera uniforme tratando de que no se genere abultamiento en los laterales.

Una vez rellenado los laterales se coloca el aserrín con el mismo espesor que la capa de la base dejando una mecha de plástico de $h=21$ cm de la superficie hasta el borde del plástico.



Finalmente se procede a verificar la altura de la mecha y se cierra la probeta para evitar la pérdida de humedad.



4.1.5.3. Curado con ichu

Pasado las 24 horas se desencofran las probetas correspondientes para el curado con ichu stipa (I).

Los espesores y diámetro son los mismos que el método de aserrín.



Figura N° 58. (a) Desencofrado probetas (b) Colocación de una capa de ichu stipa en la base
Fuente: Elaboración propia

Se coloca el ichu stipa húmedo a los laterales de la probeta



Figura N° 59. (a) Colocación de ichu stipa en los laterales
(b) Colocación una capa de ichu stipa en la superficie de la probeta
Fuente: Elaboración propia

Finalmente se procede a verificar la altura de la mecha y se cierra la probeta para evitar la pérdida de humedad.



a) **(b)**
Figura N° 60. (a) Colocación de ichu stipa en los laterales y la superficie (b) Cerrado de la probeta
Fuente: Elaboración propia

4.1.5.4. Curado con aislante térmico

Pasado las 24 horas se desencofran las probetas correspondientes para el curado con aislante térmico (AT).

Los espesores y diámetro son los mismos que el método de aserrín, y el ichu.

Se humedeció parcialmente la probeta.



(a) **(b)**
Figura N° 61. (a) Desencofrado de probetas (b) Colocación de la probeta en el aislante térmico
Fuente: Elaboración propia

En este caso se envuelve el aislante térmico al borde de la probeta.

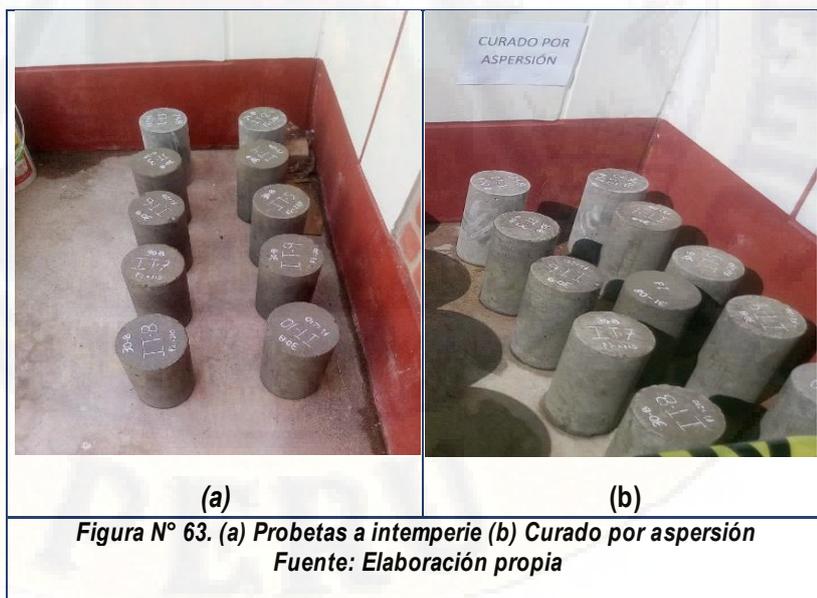


4.1.5.5. Curado por aspersión

Se realizó el rociado de niebla o aspersión, el cual proporciona un curado excelente cuando la temperatura es bastante superior a la congelación.

Se regaron las probetas cada 8 horas de manera constante.

Se tuvo temperaturas en el día de 10°C a 15°C y de noche de 5°C a -3°C.



4.1.5.6. Curado por inmersión

El curado por anegamiento o inmersión se realizó sumergiendo las probetas sobre el agua a condiciones normales.



4.1.6. Ensayo de resistencia a la compresión simple de probetas estándar de concreto (ASTM C -39)

Los ensayos de compresión del concreto se efectuaron según las siguientes normas (NTP 339.034 y ASTM C399.



Figura N° 65. Medición del diámetro de la probeta con la regla de cálculo Vernier
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 66. Ensayo de resistencia a la compresión
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 67. Falla de probetas sometidas a compresión
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 68. Rotura realizada de probetas a los 28 días
Fuente: Elaboración propia

Se realizó la compresión simple de testigos de concreto con $f_c=210$ kg/cm², de acuerdo a las siguientes edades (3,7,14,21 y 28 días) y diferentes métodos de curado (laboratorio, aserrín, ichu stipa, aislante Térmico, Aspersión, Inmersión) dando las siguientes resistencias:

4.1.6.1. Rotura de probetas curadas en laboratorio con diseño convencional:

CURADO EN TANQUE - CONCRETO CONVENCIONAL F'C = 210 Kg/cm ²												
Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Diámetro (Cm)			Área (cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Promedio de Resistencia F'c (Kg/cm ²)
				D1	D2	D prom				F'c Kg/cm ²	%	
1	CONV-1	16/08/2019	19/08/2019	15.12	15.088	15.104	179.17	3 DIAS	22,090	123.29	58.71%	117.02
2	CONV-2	16/08/2019	19/08/2019	15.156	15.15	15.153	180.34	3 DIAS	20,010	110.96	52.84%	
3	CONV-3	16/08/2019	19/08/2019	15.14	15.148	15.144	180.12	3 DIAS	21,040	116.81	55.62%	
4	CONV-4	15/08/2019	22/08/2019	15.21	15.196	15.203	181.53	7 DIAS	31,970	176.11	83.86%	156.16
5	CONV-5	15/08/2019	22/08/2019	15.2	15.16	15.18	180.98	7 DIAS	31,130	172.01	81.91%	
6	CONV-6	22/08/2019	29/08/2019	14.978	15.5	15.239	182.39	7 DIAS	21,950	120.35	57.31%	
7	CONV-7	15/08/2019	29/08/2019	15.188	15.158	15.173	180.81	14 DIAS	38,320	211.93	100.92%	184.92
8	CONV-8	23/08/2019	06/09/2019	14.986	15.066	15.026	177.33	14 DIAS	31,470	177.47	84.51%	
9	CONV-9	23/08/2019	06/09/2019	15.156	15.194	15.175	180.86	14 DIAS	29,910	165.37	78.75%	
10	CONV-10	16/08/2019	06/09/2019	15.154	15.173	15.1635	180.59	21 DIAS	44,590	246.92	117.58%	200.86
11	CONV-11	22/08/2019	12/09/2019	15.09	15.068	15.079	178.58	21 DIAS	34,700	194.31	92.53%	
12	CONV-12	22/08/2019	12/09/2019	15.026	15.072	15.049	177.87	21 DIAS	28,700	161.35	76.83%	
13	CONV-13	15/08/2019	12/09/2019	15.19	15.186	15.188	181.17	28 DIAS	44,020	242.97	115.70%	234.59
14	CONV-14	15/08/2019	12/09/2019	15.182	15.168	15.175	180.86	28 DIAS	41,200	227.8	108.48%	
15	CONV-15	23/08/2019	20/09/2019	15.172	15.12	15.146	180.17	28 DIAS	41,980	233	110.95%	

Tabla N° 36. Compresión simple de probetas curadas en laboratorio con diseño convencional, edades (3,7,14,21 y 28 días)
Fuente: Elaboración propia

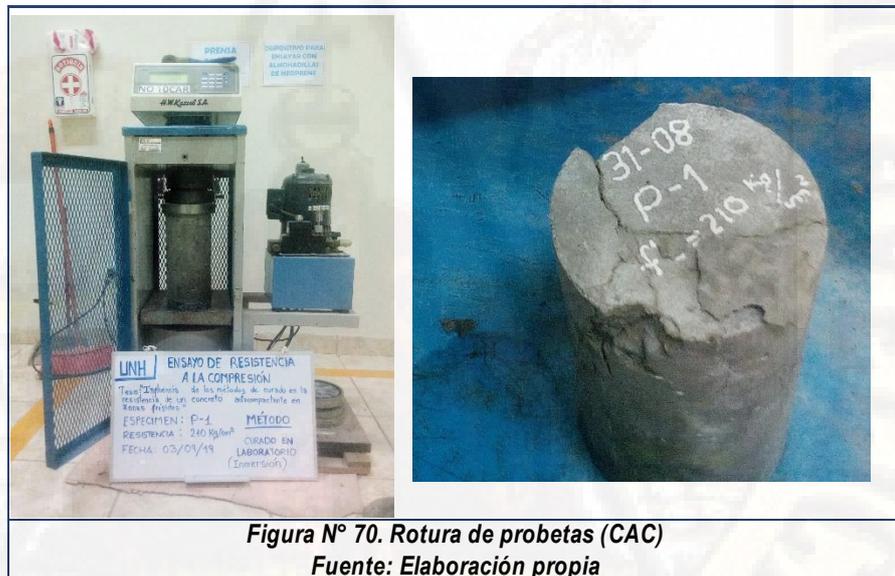


Figura N° 69. Rotura de probetas (convencional)
Fuente: Elaboración propia

4.1.6.2. Rotura de probetas curadas en laboratorio con diseño (CAC):

CURADO EN TANQUE - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2												
Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Diámetro (Cm)			Área (cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Promedio de Resistencia F'c (Kg/cm ²)
				D1	D2	D prom				F'c Kg/cm ²	%	
1	CAC-1	31/08/2019	03/09/2019	15.01	14.964	14.987	176.41	3 DIAS	13,830	78.4	37.33%	76.53
2	CAC-2	31/08/2019	03/09/2019	15.042	15.034	15.038	177.61	3 DIAS	13,820	77.81	37.05%	
3	CAC-3	31/08/2019	03/09/2019	14.916	14.992	14.954	175.63	3 DIAS	12,890	73.39	34.95%	
4	CAC-4	31/08/2019	07/09/2019	15.02	15.032	15.026	177.33	7 DIAS	22,210	125.25	59.64%	141.27
5	CAC-5	31/08/2019	07/09/2019	15.178	15.158	15.168	180.70	7 DIAS	28,220	156.17	74.37%	
6	CAC-6	31/08/2019	07/09/2019	15.112	15.118	15.115	179.43	7 DIAS	25,550	142.39	67.80%	
7	CAC-7	31/08/2019	14/09/2019	15.138	15.118	15.128	179.74	14 DIAS	30,850	171.63	81.73%	176.84
8	CAC-8	31/08/2019	14/09/2019	15.148	15.178	15.163	180.58	14 DIAS	30,000	166.13	79.11%	
9	CAC-9	31/08/2019	14/09/2019	15.128	15.108	15.118	179.51	14 DIAS	34,600	192.75	91.79%	
10	CAC-10	31/08/2019	21/09/2019	15.198	15.168	15.183	181.05	21 DIAS	40,570	224.08	106.70%	212.70
11	CAC-11	31/08/2019	21/09/2019	15.148	15.142	15.145	180.15	21 DIAS	37,340	207.27	98.70%	
12	CAC-12	31/08/2019	21/09/2019	15.12	15.16	15.14	180.03	21 DIAS	37,220	206.74	98.45%	
13	CAC-13	31/08/2019	28/09/2019	15.188	15.176	15.182	181.03	28 DIAS	42,330	233.83	111.35%	224.20
14	CAC-14	31/08/2019	28/09/2019	15.178	15.176	15.177	180.91	28 DIAS	37,830	209.11	99.58%	
15	CAC-15	31/08/2019	28/09/2019	15.164	15.184	15.174	180.84	28 DIAS	41,530	229.65	109.36%	

Tabla N° 37. Compresión simple de probetas curadas en laboratorio con (CAC) a las edades de (3,7,14,21 y 28 días)
Fuente: Elaboración propia



4.1.6.3. Rotura de probetas curadas con ichu stipa:

CURADO CON ICHU e= 2 cm - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2												
Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Diámetro (Cm)			Área (cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Promedio de Resistencia F'c (Kg/cm ²)
				D1	D2	D prom				F'c Kg/cm ²	%	
1	ICHU-1	26/08/2019	29/08/2019	15.138	15.1	15.119	179.53	3 DIAS	13,070	72.8	34.67%	76.94
2	ICHU-2	26/08/2019	29/08/2019	15.158	15.148	15.153	180.34	3 DIAS	14,220	78.85	37.55%	
3	ICHU-3	26/08/2019	29/08/2019	15.06	14.92	14.99	176.48	3 DIAS	13,970	79.16	37.70%	
4	ICHU-4	30/08/2019	06/09/2019	15.098	15.076	15.087	178.77	7 DIAS	20,310	113.61	54.10%	114.74
5	ICHU-5	30/08/2019	06/09/2019	15.12	15.128	15.124	179.65	7 DIAS	22,250	123.85	58.98%	
6	ICHU-6	30/08/2019	06/09/2019	14.984	15.1	15.042	177.71	7 DIAS	18,970	106.75	50.83%	
7	ICHU-7	29/08/2019	12/09/2019	15.14	15.126	15.133	179.86	14 DIAS	24,380	135.55	64.55%	127.85
8	ICHU-8	29/08/2019	12/09/2019	15.08	15.024	15.052	177.94	14 DIAS	20,630	115.94	55.21%	
9	ICHU-9	29/08/2019	12/09/2019	15.1	15.138	15.119	179.53	14 DIAS	23,710	132.07	62.89%	
10	ICHU-10	29/08/2019	19/09/2019	15.182	15.14	15.161	180.53	21 DIAS	25,580	141.7	67.48%	151.77
11	ICHU-11	29/08/2019	19/09/2019	15.08	15.055	15.0675	178.31	21 DIAS	28,820	161.63	76.97%	
12	ICHU-12	29/08/2019	19/09/2019	15.248	14.822	15.035	177.54	21 DIAS	26,980	151.97	72.37%	
13	ICHU-13	29/08/2019	26/09/2019	15.238	15.198	15.218	181.89	28 DIAS	36,150	198.75	94.64%	202.19
14	ICHU-14	29/08/2019	26/09/2019	15.04	14.95	14.995	176.60	28 DIAS	34,450	195.08	92.90%	
15	ICHU-15	29/08/2019	26/09/2019	15.12	15.05	15.085	178.72	28 DIAS	38,020	212.73	101.30%	

Tabla N° 38. Compresión simple de probetas curadas con ichu stipa (CAC) a las edades de (3,7,14,21 y 28 días)
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 71. Rotura de probetas (ichu stipa)
Fuente: Elaboración propia

4.1.6.4. Rotura de probetas curadas con aserrín:

CURADO CON ASERRIN e= 2 cm - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2												
Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Diámetro (Cm)			Área (cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Promedio de Resistencia F'c (Kg/cm ²)
				D1	D2	D prom				F'c Kg/cm ²	%	
1	ASERRIN-1	26/08/2019	29/08/2019	15.12	15.152	15.136	179.93	3 DIAS	15,350	85.31	40.62%	84.61
2	ASERRIN-2	26/08/2019	29/08/2019	14.91	15.2	15.055	178.01	3 DIAS	14,920	83.81	39.91%	
3	ASERRIN-3	26/08/2019	29/08/2019	15.05	15.2	15.125	179.67	3 DIAS	15,220	84.71	40.34%	
4	ASERRIN-4	22/08/2019	29/08/2019	15.08	15.07	15.075	178.49	7 DIAS	17,370	97.32	46.34%	101.28
5	ASERRIN-5	22/08/2019	29/08/2019	15.03	14.94	14.985	176.36	7 DIAS	16,900	95.83	45.63%	
6	ASERRIN-6	22/08/2019	29/08/2019	15.178	15.18	15.179	180.96	7 DIAS	20,030	110.69	52.71%	
7	ASERRIN-7	23/08/2019	06/09/2019	15.11	15.01	15.06	178.13	14 DIAS	26,510	148.82	70.87%	147.59
8	ASERRIN-8	23/08/2019	06/09/2019	15.19	15.148	15.169	180.72	14 DIAS	27,190	150.45	71.64%	
9	ASERRIN-9	24/08/2019	07/09/2019	15.112	15.096	15.104	179.17	14 DIAS	25,710	143.49	68.33%	
10	ASERRIN-10	23/08/2019	13/09/2019	15.172	15.11	15.141	180.05	21 DIAS	30,370	168.67	80.32%	154.13
11	ASERRIN-11	23/08/2019	13/09/2019	15.12	15.118	15.119	179.53	21 DIAS	24,260	135.13	64.35%	
12	ASERRIN-12	23/08/2019	13/09/2019	15.17	15.13	15.15	180.27	21 DIAS	28,590	158.6	75.52%	
13	ASERRIN-13	23/08/2019	20/09/2019	15.08	15.12	15.1	179.08	28 DIAS	33,120	184.95	88.07%	187.40
14	ASERRIN-14	23/08/2019	20/09/2019	15.126	15.16	15.143	180.10	28 DIAS	34,880	193.67	92.22%	
15	ASERRIN-15	23/08/2019	20/09/2019	15.122	15.116	15.119	179.53	28 DIAS	32,960	183.59	87.42%	

Tabla N° 39. Compresión simple de probetas curadas con aserrín (CAC) a las edades de (3,7,14,21 y 28 días)
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 72. Rotura de probetas (aserrín)
Fuente: Elaboración propia

4.1.6.5. Rotura de probetas curadas con aislante térmico:

CURADO CON AISLANTE TERMICO e= 0.10 mm - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm2												
Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Diámetro (Cm)			Área (cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Promedio de Resistencia F'c (Kg/cm2)
				D1	D2	D prom				F'c Kg/cm2	%	
1	AISL.TERMI-1	30/08/2019	02/09/2019	15.138	15.166	15.152	180.31	3 DIAS	9,360	51.91	24.72%	65.51
2	AISL.TERMI-2	30/08/2019	02/09/2019	15.032	14.98	15.006	176.86	3 DIAS	12,320	69.66	33.17%	
3	AISL.TERMI-3	30/08/2019	02/09/2019	15.13	15.1	15.115	179.43	3 DIAS	13,450	74.96	35.70%	
4	AISL.TERMI-4	30/08/2019	06/09/2019	15.172	15.156	15.164	180.60	7 DIAS	23,550	130.4	62.10%	120.09
5	AISL.TERMI-5	30/08/2019	06/09/2019	15.01	15.09	15.05	177.89	7 DIAS	19,150	107.65	51.26%	
6	AISL.TERMI-6	30/08/2019	06/09/2019	15.12	15.06	15.09	178.84	7 DIAS	21,860	122.23	58.20%	
7	AISL.TERMI-7	29/08/2019	12/09/2019	15.198	15.188	15.193	181.29	14 DIAS	26,700	147.28	70.13%	143.98
8	AISL.TERMI-8	29/08/2019	12/09/2019	15.162	15.158	15.16	180.50	14 DIAS	24,080	133.4	63.52%	
9	AISL.TERMI-9	29/08/2019	12/09/2019	15.12	15.16	15.14	180.03	14 DIAS	27,230	151.25	72.02%	
10	AISL.TERMI-10	29/08/2019	19/09/2019	15.102	15.174	15.138	179.98	21 DIAS	28,110	156.18	74.37%	159.29
11	AISL.TERMI-11	29/08/2019	19/09/2019	15.19	15.182	15.186	181.12	21 DIAS	27,790	153.43	73.06%	
12	AISL.TERMI-12	29/08/2019	19/09/2019	15.1	15.08	15.09	178.84	21 DIAS	30,090	168.25	80.12%	
13	AISL.TERMI-13	29/08/2019	26/09/2019	15.178	15.172	15.175	180.86	28 DIAS	36,680	202.81	96.58%	199.22
14	AISL.TERMI-14	29/08/2019	26/09/2019	15.148	15.182	15.165	180.62	28 DIAS	33,020	182.81	87.05%	
15	AISL.TERMI-15	29/08/2019	26/09/2019	15.08	15.16	15.12	179.55	28 DIAS	38,070	212.03	100.97%	

Tabla N° 40. Compresión simple de probetas curadas con aislante térmico (CAC) a las edades de (3,7,14,21 y 28 días)
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 73. Rotura de probetas (aislante térmico)
Fuente: Elaboración propia

4.1.6.6. Rotura de probetas curadas por aspersión:

CURADO POR ASPERSION - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm2												
Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Diámetro (Cm)			Área (cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Promedio de Resistencia F'c (Kg/cm ²)
				D1	D2	D prom				F'c Kg/cm ²	%	
1	ASPERSION-1	30/08/2019	02/09/2019	15.19	15.186	15.188	181.17	3 DIAS	18,850	104.04	49.54%	113.89
2	ASPERSION-2	30/08/2019	02/09/2019	15.08	15.132	15.106	179.22	3 DIAS	21,780	121.53	57.87%	
3	ASPERSION-3	30/08/2019	02/09/2019	15.12	12.14	13.63	145.91	3 DIAS	16,940	116.1	55.29%	
4	ASPERSION-4	30/08/2019	06/09/2019	15.18	15.166	15.173	180.81	7 DIAS	22,910	126.7	60.33%	139.39
5	ASPERSION-5	30/08/2019	06/09/2019	15.062	15.018	15.04	177.66	7 DIAS	25,480	143.42	68.30%	
6	ASPERSION-6	30/08/2019	06/09/2019	15.1	15.04	15.07	178.37	7 DIAS	26,410	148.06	70.50%	
7	ASPERSION-7	30/08/2019	13/09/2019	15.11	15.142	15.126	179.70	14 DIAS	27,110	150.87	71.84%	144.39
8	ASPERSION-8	30/08/2019	13/09/2019	14.954	14.996	14.975	176.13	14 DIAS	25,580	145.24	69.16%	
9	ASPERSION-9	30/08/2019	13/09/2019	14.98	15.02	15	176.71	14 DIAS	24,220	137.06	65.27%	
10	ASPERSION-10	30/08/2019	20/09/2019	14.992	15.022	15.007	176.88	21 DIAS	27,160	153.55	73.12%	157.58
11	ASPERSION-11	30/08/2019	20/09/2019	15.038	15.15	15.094	178.94	21 DIAS	27,720	154.92	73.77%	
12	ASPERSION-12	30/08/2019	20/09/2019	15.08	15.1	15.09	178.84	21 DIAS	29,380	164.28	78.23%	
13	ASPERSION-13	30/08/2019	27/09/2019	15.162	15.178	15.17	180.74	28 DIAS	29,540	163.44	77.83%	186.25
14	ASPERSION-14	30/08/2019	27/09/2019	15.17	15.168	15.169	180.72	28 DIAS	32,890	182	86.67%	
15	ASPERSION-15	31/08/2019	28/09/2019	15.184	15.17	15.177	180.91	28 DIAS	38,590	213.31	101.58%	

Tabla N° 41. Compresión simple de probetas curadas por aspersión (CAC) a las edades de (3,7,14,21 y 28 días)
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 74. Rotura de probetas (aspersión)
Fuente: Elaboración propia

4.1.6.7. Rotura de probetas curadas por inmersión:

CURADO POR INMERSION - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm ²												
Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Diámetro (Cm)			Área (cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Promedio de Resistencia F'c (Kg/cm ²)
				D1	D2	D prom				F'c Kg/cm ²	%	
1	INMERSION-1	30/08/2019	02/09/2019	15.188	15.178	15.183	181.05	3 DIAS	8,190	45.24	21.54%	47.51
2	INMERSION-2	30/08/2019	02/09/2019	15.146	15.14	15.143	180.10	3 DIAS	8,090	44.92	21.39%	
3	INMERSION-3	30/08/2019	02/09/2019	15.1	15.18	15.14	180.03	3 DIAS	9,430	52.38	24.94%	
4	INMERSION-4	30/08/2019	06/09/2019	15.194	15.162	15.178	180.93	7 DIAS	17,220	95.17	45.32%	100.19
5	INMERSION-5	30/08/2019	06/09/2019	15.024	15.104	15.064	178.23	7 DIAS	16,840	94.49	45.00%	
6	INMERSION-6	30/08/2019	06/09/2019	15.12	15.08	15.1	179.08	7 DIAS	19,860	110.9	52.81%	
7	INMERSION-7	30/08/2019	13/09/2019	15.182	15.182	15.182	181.03	14 DIAS	24,990	138.04	65.73%	137.56
8	INMERSION-8	30/08/2019	13/09/2019	15.188	15.168	15.178	180.93	14 DIAS	23,210	128.28	61.09%	
9	INMERSION-9	30/08/2019	13/09/2019	15.14	15.134	15.137	179.96	14 DIAS	26,340	146.37	69.70%	
10	INMERSION-10	30/08/2019	20/09/2019	15.174	15.182	15.178	180.93	21 DIAS	32,780	181.17	86.27%	177.51
11	INMERSION-11	30/08/2019	20/09/2019	15.09	15.11	15.1	179.08	21 DIAS	29,610	165.35	78.74%	
12	INMERSION-12	30/08/2019	20/09/2019	15.142	15.125	15.1335	179.87	21 DIAS	33,460	186.02	88.58%	
13	INMERSION-13	30/08/2019	27/09/2019	15.184	15.192	15.188	181.17	28 DIAS	35,010	193.24	92.02%	192.32
14	INMERSION-14	31/08/2019	28/09/2019	15.188	15.116	15.152	180.31	28 DIAS	34,910	193.61	92.20%	
15	INMERSION-15	31/08/2019	28/09/2019	15.148	15.156	15.152	180.31	28 DIAS	34,280	190.11	90.53%	

Tabla N° 42. Compresión simple de probetas curadas por inmersión (CAC) a las edades de (3,7,14,21 y 28 días)
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 75. Rotura de probetas (inmersión)
Fuente: Elaboración propia

4.1.7. Procesamiento de los datos recolectados con las distintas técnicas de estudio

Se realizó el procesamiento de los datos a partir de los resultados de la compresión simple de testigos de concreto con $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$, de acuerdo a las siguientes edades (3,7,14,21 y 28 días) y diferentes métodos de curado (laboratorio, aserrín, ichu stipa, aislante térmico, aspersión, Inmersión).

4.1.7.1. Resumen de edades de probetas curadas en laboratorio con diseño de mezcla convencional:

CURADO EN TANQUE - CONCRETO CONVENCIONAL F'C = 210 Kg/cm ²	
Edad	Promedio de resistencia F'c (Kg/cm ²)
3 días	117.02
7 días	156.16
14 días	184.92
21 días	200.86
28 días	234.59

Tabla N° 43. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de concreto convencionales
Fuente: Elaboración propia

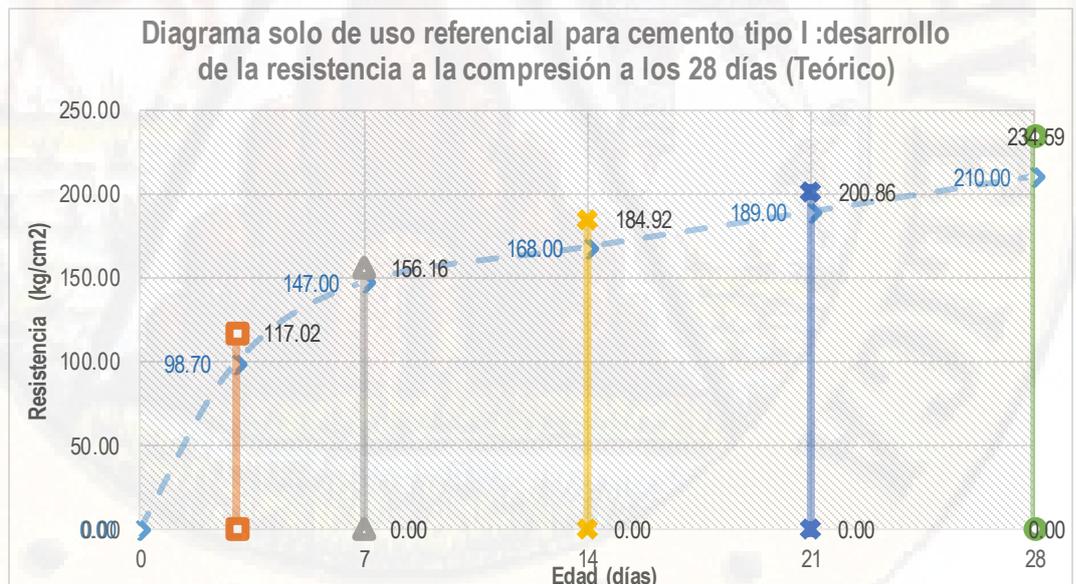


Figura N° 76. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas convencionales
Fuente: Elaboración propia

4.1.7.2. Resumen de edades de probetas curadas en laboratorio con diseño (CAC):

CURADO EN TANQUE - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²	
Edad	Promedio de resistencia F'c (Kg/cm ²)
3 días	76.53
7 días	141.27
14 días	176.84
21 días	212.70
28 días	224.20

Tabla N° 44. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de CAC

Fuente: Elaboración propia

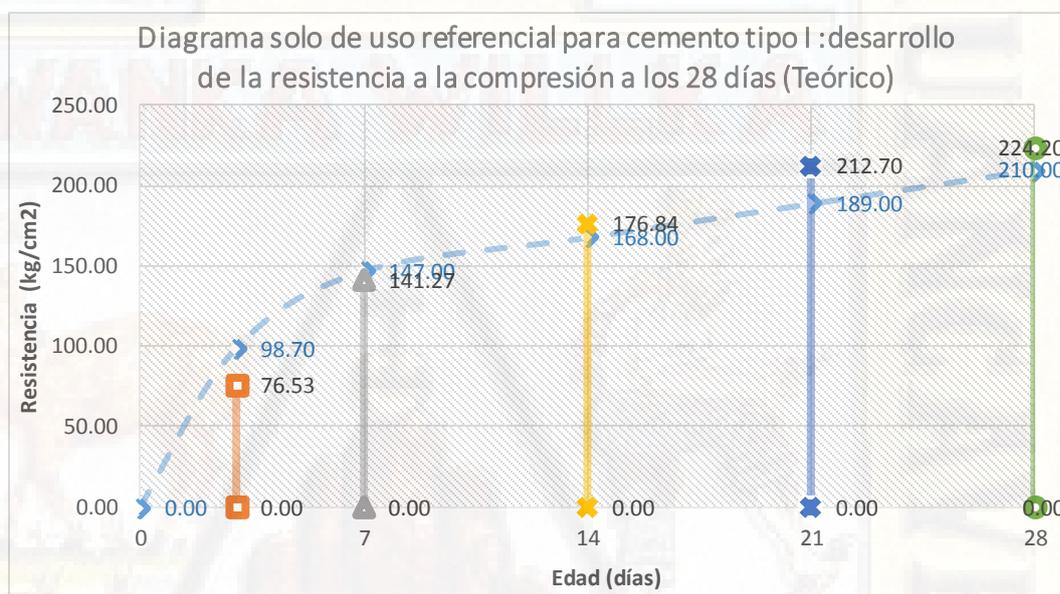


Figura N° 77. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas de un CAC

Fuente: Elaboración propia

4.1.7.3. Resumen de edades de rotura de probetas curadas con ichu stipa:

CURADO CON ICHU e= 2 cm - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²	
Edad	Promedio de resistencia F'c (Kg/cm ²)
3 días	76.94
7 días	114.74
14 días	127.85
21 días	151.77
28 días	202.19

Tabla N° 45. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas curadas con ichu stipa

Fuente: Elaboración propia

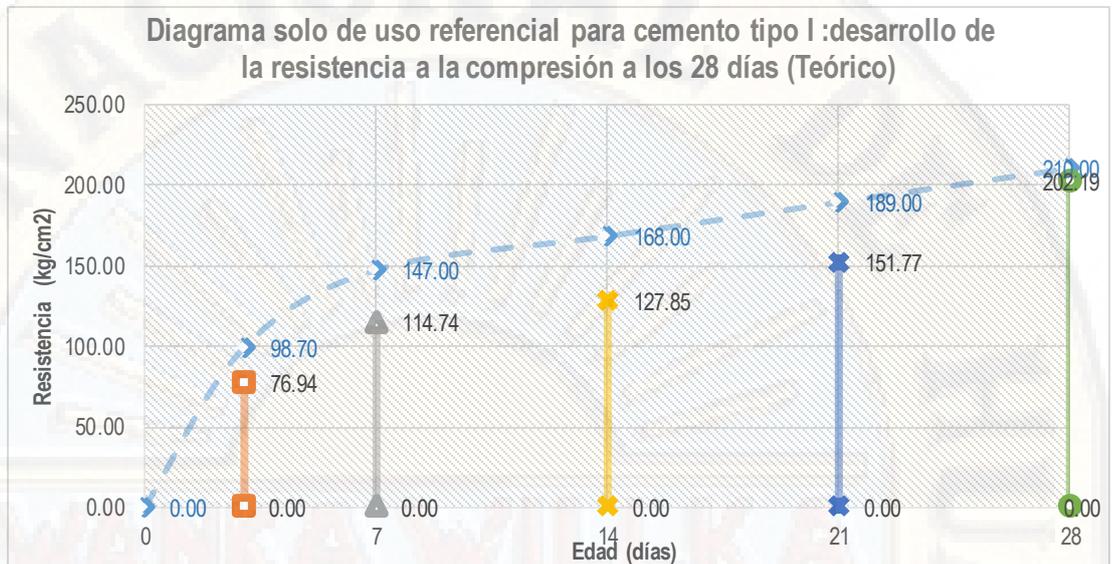


Figura N° 78. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas curadas con ichu stipa
Fuente: Elaboración propia

4.1.7.4. Resumen de edades de rotura de probetas curadas con aserrín:

CURADO CON ase e= 2 cm - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²	
Edad	Promedio de resistencia F'c (Kg/cm ²)
3 días	84.61
7 días	101.28
14 días	147.59
21 días	154.13
28 días	187.40

Tabla N° 46. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas curadas con aserrín
Fuente: Elaboración propia

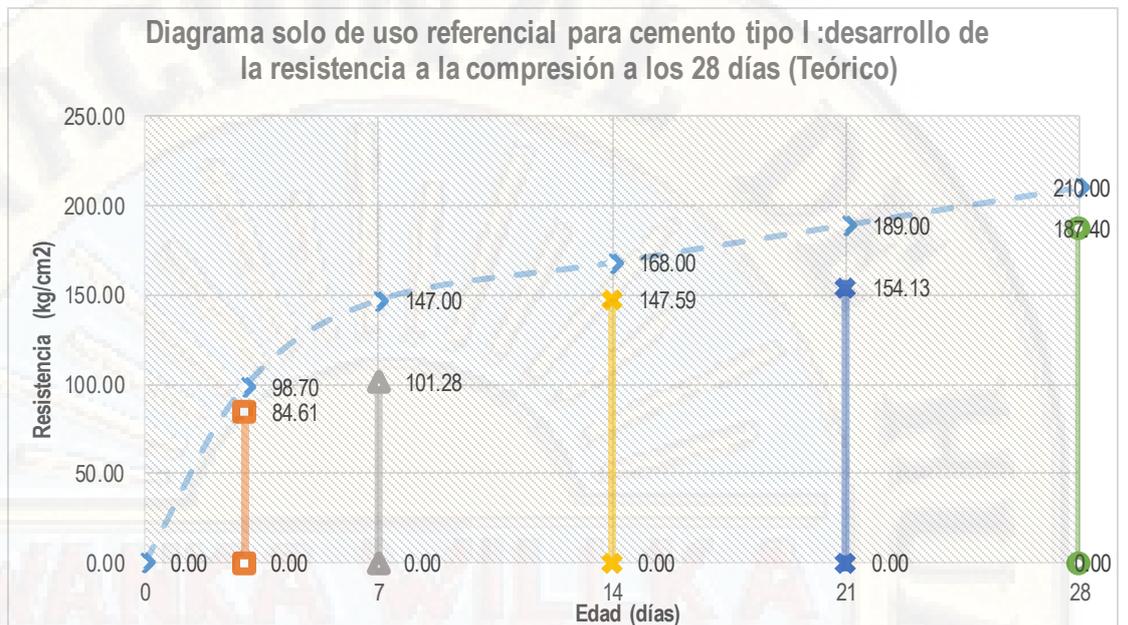


Figura N° 79. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas curadas con aserrín
Fuente: Elaboración propia

4.1.7.5. Resumen de edades de rotura de probetas curadas con aislante térmico:

CURADO CON AISLANTE TERMICO e= 0.10 mm - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm2	
Edad	Promedio de resistencia F'c (Kg/cm2)
3 días	65.51
7 días	120.09
14 días	143.98
21 días	159.29
28 días	199.22

Tabla N° 47. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas curadas con aislante térmico
Fuente: Elaboración propia

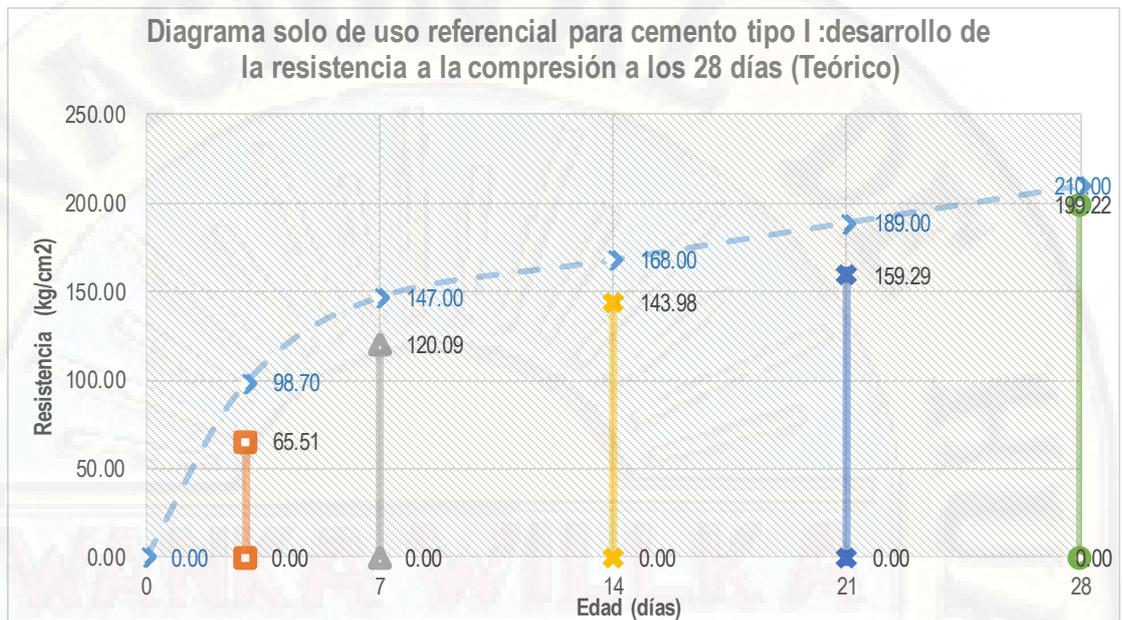


Figura N° 80. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas curadas con aislante térmico
Fuente: Elaboración propia

4.1.7.6. Resumen de edades de rotura de probetas curadas por aspersión:

CURADO POR ASPERSION - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²	
Edad	Promedio de resistencia F'c (Kg/cm ²)
3 días	113.89
7 días	139.39
14 días	144.39
21 días	157.58
28 días	186.25

Tabla N° 48. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas curadas por aspersión
Fuente: Elaboración propia

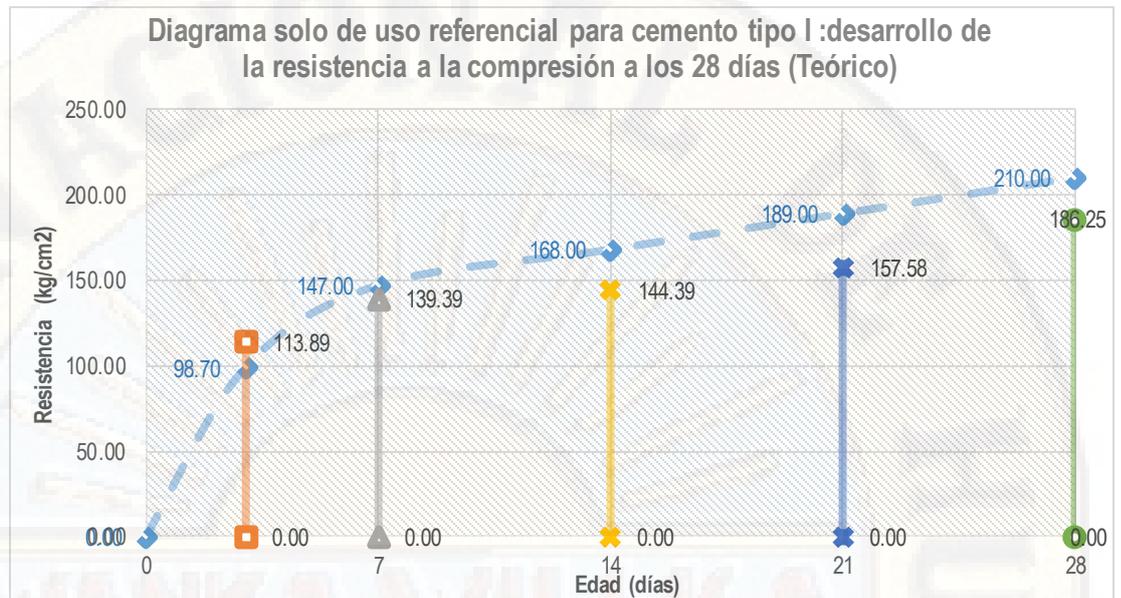


Figura N° 81. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas curadas por aspersion
Fuente: Elaboración propia

4.1.7.7. Resumen de edades de rotura de probetas curadas por inmersión:

CURADO POR INMERSIÓN - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm ²	
Edad	Promedio de resistencia F'c (Kg/cm ²)
3 días	47.51
7 días	100.19
14 días	137.56
21 días	177.51
28 días	192.32

Tabla N° 49. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas curadas por inmersión
Fuente: Elaboración propia

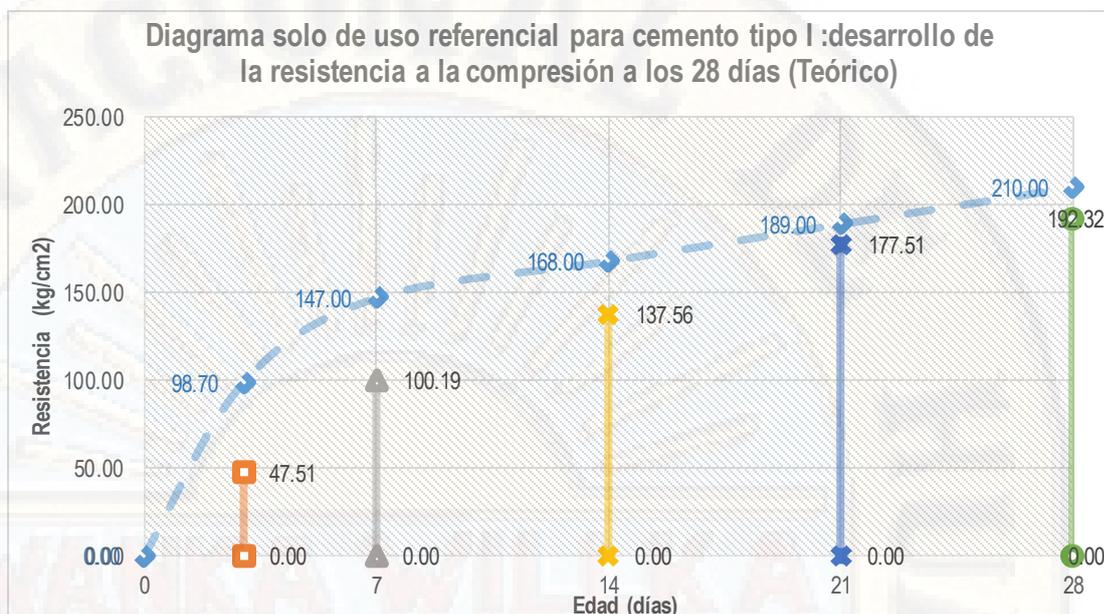


Figura N° 82. Resumen de desarrollo de edad por resistencia de probetas curadas por inmersión
Fuente: Elaboración propia

4.1.7.8. Comparación de edades de rotura de probetas:

EDAD/MÉTODO	CURADO EN TANQUE - CONCRETO CONVENCIONAL F'C = 210 Kg/cm ²	CURADO EN TANQUE - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²
	3 días	117.02
7 días	156.16	141.27
14 días	184.92	176.84
21 días	200.86	212.70
28 días	234.59	224.20

Tabla N° 50. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de concreto convencional vs. CAC
Fuente: Elaboración propia

EDAD/MÉTODO	CURADO EN TANQUE - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²	CURADO CON ASERRÍN e= 2 cm - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²
	3 días	76.53
7 días	141.27	101.28
14 días	176.84	147.59
21 días	212.70	154.13
28 días	224.20	187.40

Tabla N° 51. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de CAC (laboratorio) vs. CAC curado con aserrín
Fuente: Elaboración propia

EDAD/MÉTODO	CURADO EN TANQUE - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²	CURADO CON ICHU e= 2 cm - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²
3 días	76.53	76.94
7 días	141.27	114.74
14 días	176.84	127.85
21 días	212.70	151.77
28 días	224.20	202.19

Tabla N° 52. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de CAC (laboratorio) vs. CAC curado con ichu
Fuente: Elaboración propia

EDAD/MÉTODO	CURADO EN TANQUE - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²	CURADO CON AISLANTE TÉRMICO e= 0.10 mm - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²
3 días	76.53	65.51
7 días	141.27	120.09
14 días	176.84	143.98
21 días	212.70	159.29
28 días	224.20	199.22

Tabla N° 53. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de CAC (laboratorio) vs. CAC curado con aislante térmico
Fuente: Elaboración propia

EDAD/MÉTODO	CURADO EN TANQUE - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²	CURADO POR INMERSION - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²
3 días	76.53	47.51
7 días	141.27	100.19
14 días	176.84	137.56
21 días	212.70	177.51
28 días	224.20	192.32

Tabla N° 54. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de CAC (laboratorio) vs. CAC curado por inmersión
Fuente: Elaboración propia

EDAD/MÉTODO	CURADO EN TANQUE - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²	CURADO POR ASPERSIÓN - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²
3 días	76.53	113.89
7 días	141.27	139.39
14 días	176.84	144.39
21 días	212.70	157.58
28 días	224.20	186.25

Tabla N° 55. Promedio de resistencia a la compresión simple de probetas de CAC (laboratorio) vs. CAC curado por aspersión
Fuente: Elaboración propia

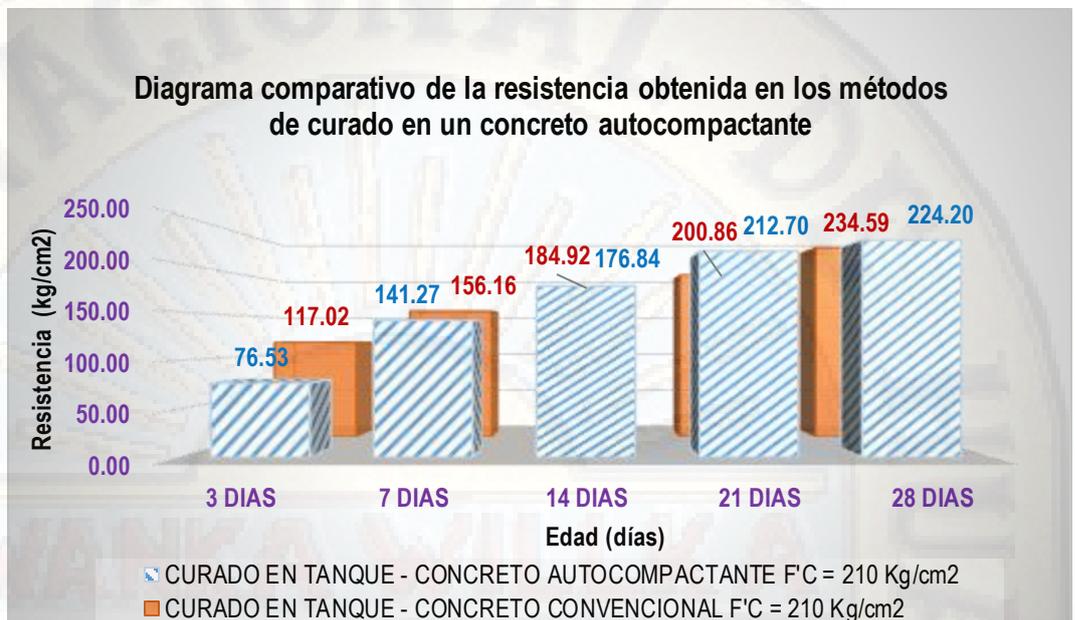


Figura N° 83. Promedio de resistencia de edad de probetas de concreto convencional vs. CAC
Fuente: Elaboración propia

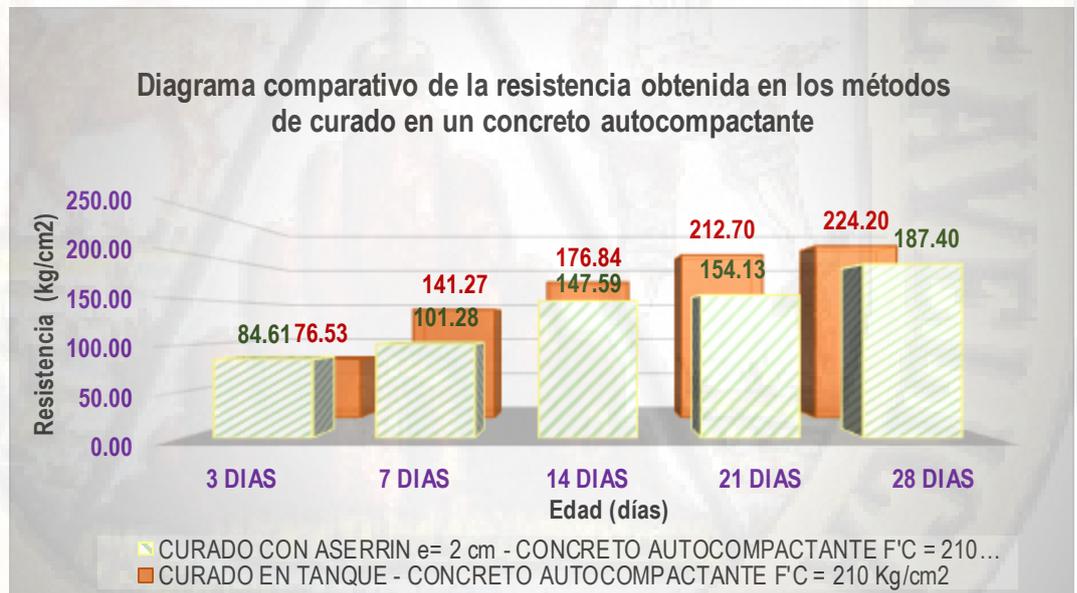


Figura N° 84. Promedio de resistencia de edad de probetas de concreto CAC (laboratorio) vs. CAC curado con aserrín
Fuente: Elaboración propia

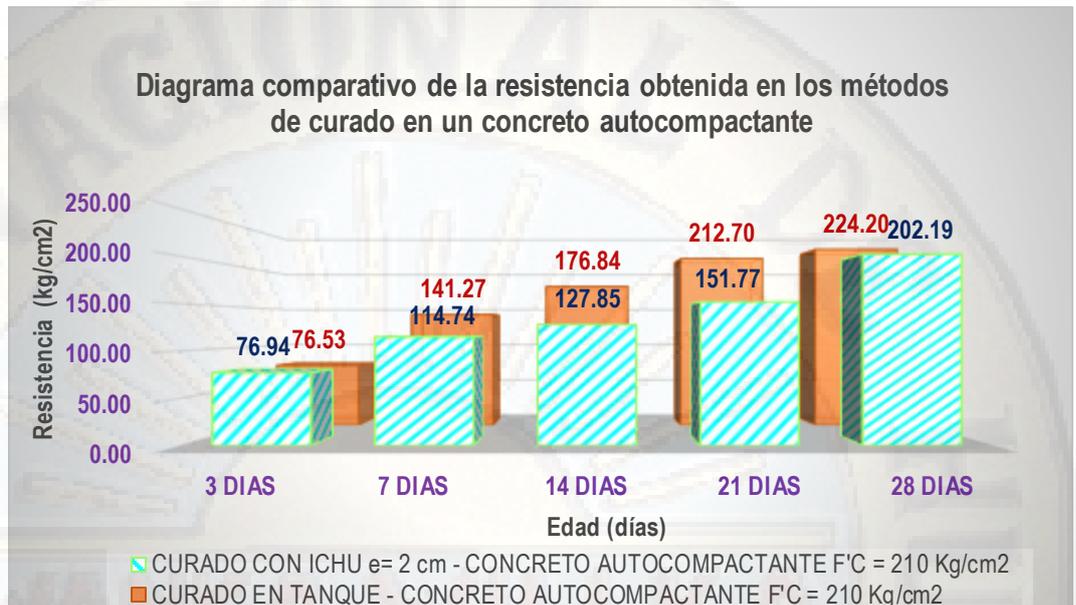


Figura N° 85. Promedio de resistencia de edad de probetas de concreto CAC (laboratorio) vs. CAC curado con ichu
Fuente: Elaboración propia

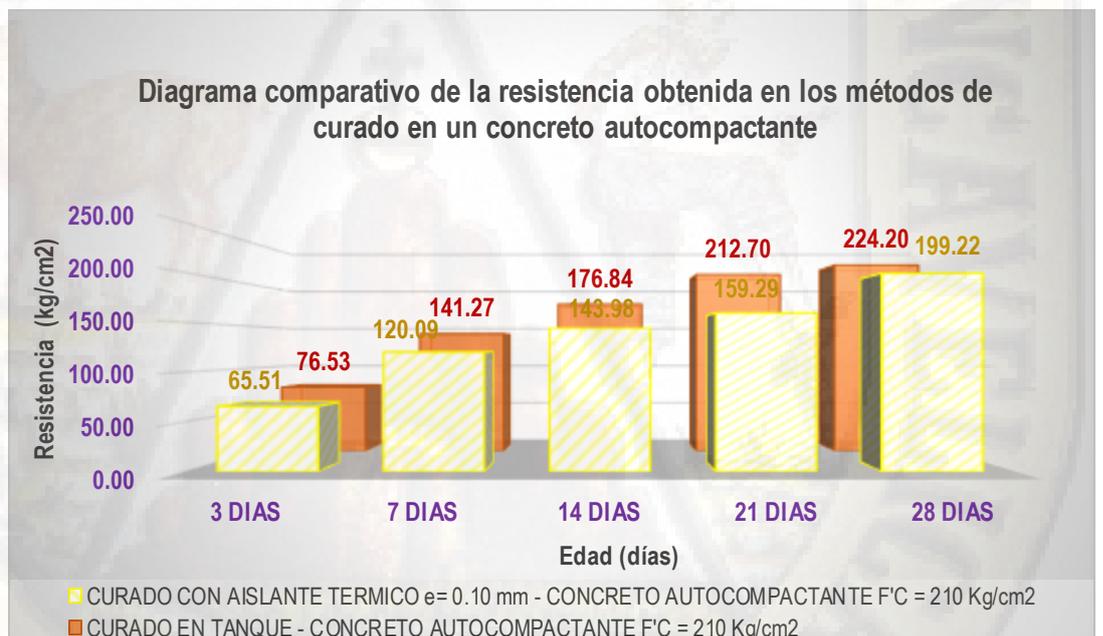


Figura N° 86. Promedio de resistencia de edad de probetas de concreto CAC (laboratorio) vs. CAC curado con aislante térmico
Fuente: Elaboración propia

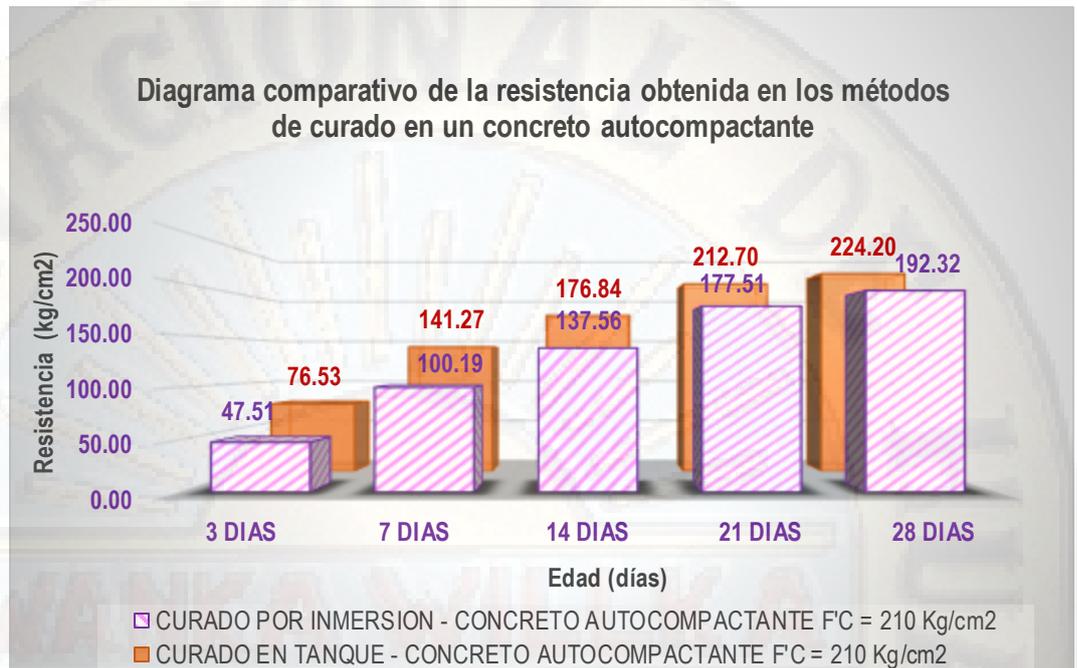


Figura N° 87. Promedio de resistencia de edad de probetas de concreto CAC (laboratorio) vs. CAC curado por inmersión
Fuente: Elaboración propia

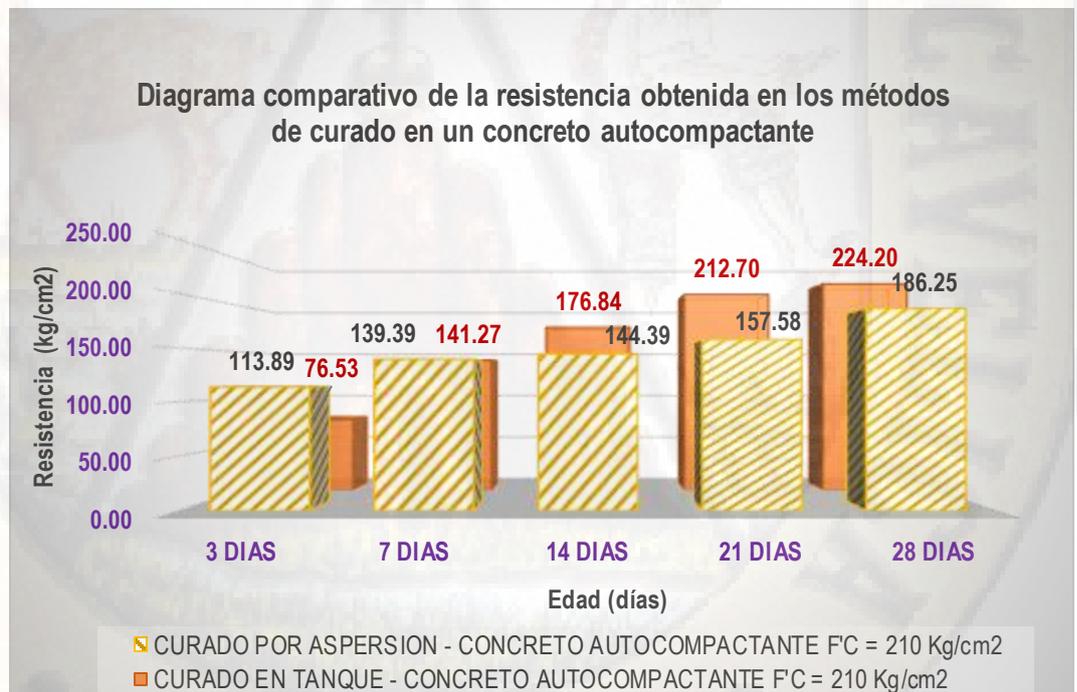


Figura N° 88. Promedio de resistencia de edad de probetas de concreto CAC (laboratorio) vs. CAC curado por aspersión
Fuente: Elaboración propia

CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²						
EDAD/MÉTODO	CURADO EN TANQUE	CURADO CON ASERRÍN e= 2 cm	CURADO CON ICHU e= 2 cm	CURADO CON AISLANTE TÉRMICO e= 0.10 mm	CURADO POR INMERSIÓN	CURADO POR ASPERSIÓN
3 días	76.53	84.61	76.94	65.51	47.51	113.89
7 días	141.27	101.28	114.74	120.09	100.19	139.39
14 días	176.84	147.59	127.85	143.98	137.56	144.39
21 días	212.70	154.13	151.77	159.29	177.51	157.58
28 días	224.20	187.40	202.19	199.22	192.32	186.25

Tabla N° 56. Promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de CAC de los diferentes métodos
Fuente: Elaboración propia

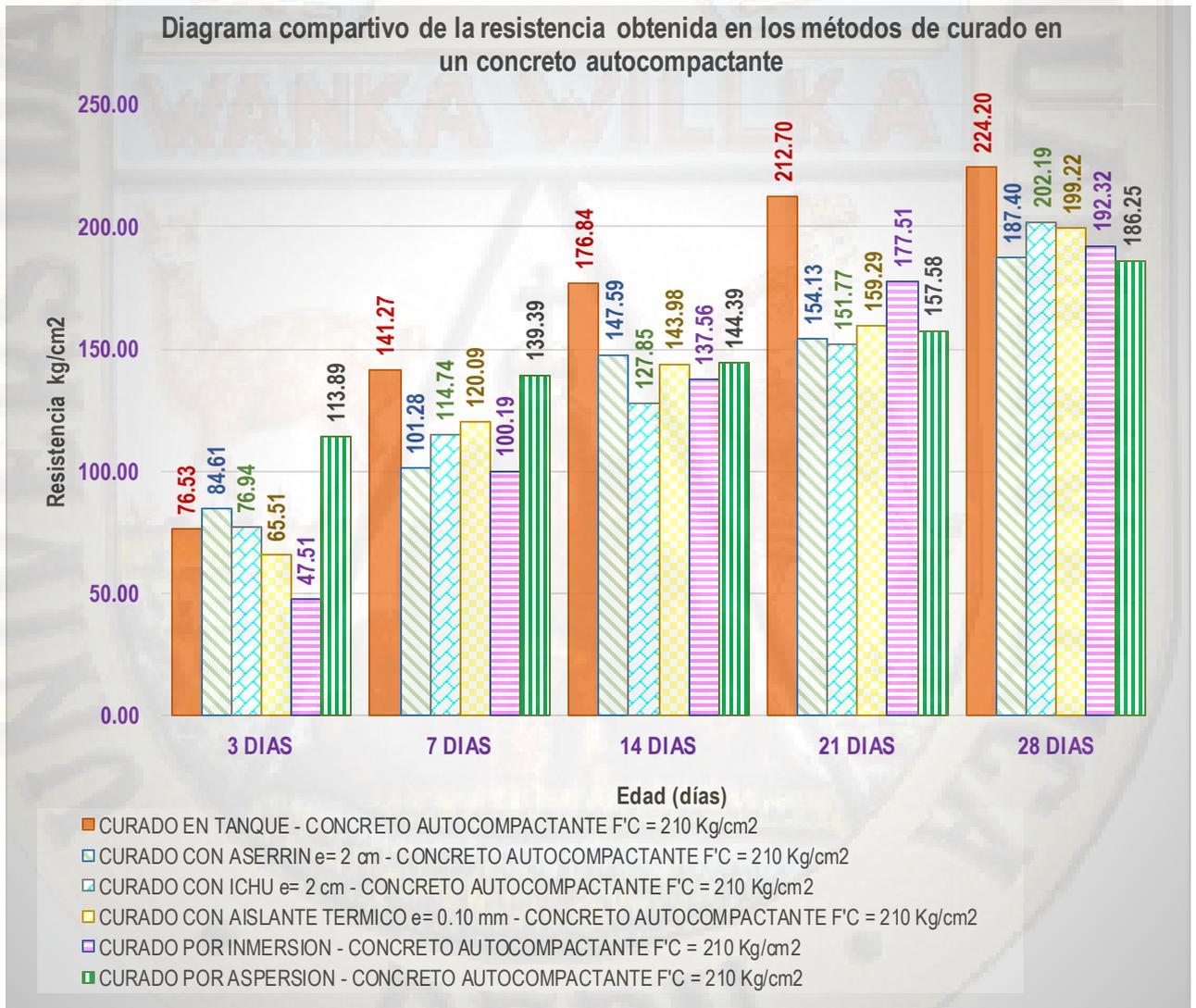


Figura N° 89. Promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de CAC de los diferentes métodos
Fuente: Elaboración propia

4.1.8. Análisis de costo por cada método para concretos autocompactantes

El análisis de costos del concreto autocompactante sea generado en base al diseño $f_c=210$ kg/cm², el cual es un aspecto muy importante para considerarlo al momento de analizar económicamente un proyecto en donde sea utilizado este material para poder verificar si el material resulta ser rentable.

CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²				
Descripción Recurso	Und.	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³	0.40	120.00	48.36
ARENA GRUESA	m ³	0.44	110.00	48.29
AGUA PUESTA EN OBRA	m ³	0.02	1.00	0.02
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	9.50	24.00	228.00
ADITIVO CHEMA PLAST	gal	2.66	15.00	39.90
PRECIO TOTAL				364.57

Tabla N° 57. Costo de materiales de un CAC por 1 m³
Fuente: Elaboración propia

CURADO CON ICHU e= 2 cm - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²				
Descripción Recurso	Und.	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³	0.40	120.00	48.36
ARENA GRUESA	m ³	0.44	110.00	48.29
AGUA PUESTA EN OBRA	m ³	0.02	1.00	0.02
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	9.50	24.00	228.00
ADITIVO CHEMA PLAST	gal	2.66	15.00	39.90
ICHU (W=78%)	Kg	25.00	0.10	2.50
AISLANTE TÉRMICO e=10mm	M2	13.00	3.00	39.00
PRECIO TOTAL				406.07

Tabla N° 58. Costo de materiales de un CAC por 1 m³ para curado con ichu stipa
Fuente: Elaboración propia

CURADO CON ASERRÍN e= 2 cm - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²				
Descripción Recurso	Und.	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³	0.40	120.00	48.36
ARENA GRUESA	m ³	0.44	110.00	48.29
AGUA PUESTA EN OBRA	m ³	0.02	1.00	0.02
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	9.50	24.00	228.00
ADITIVO CHEMA PLAST	gal	2.66	15.00	39.90
ASERRIN (W=78%)	Kg	30.00	0.10	3.00
AISLANTE TÉRMICO e=10mm	M2	13.00	3.00	39.00
PRECIO TOTAL				406.57

Tabla N° 59. Costo de materiales de un CAC por 1 m³ para curado con aserrín
Fuente: Elaboración propia

CURADO CON AISLANTE TÉRMICO e= 0.10 mm - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²				
Descripción Recurso	Und.	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³	0.40	120.00	48.36
ARENA GRUESA	m ³	0.44	110.00	48.29
AGUA PUESTA EN OBRA	m ³	0.02	1.00	0.02
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	9.50	24.00	228.00
ADITIVO CHEMA PLAST	gal	2.66	15.00	39.90
AISLANTE TERMICO e=10mm	M2	13.00	3.00	39.00
PRECIO TOTAL				403.57

Tabla N° 60. Costo de materiales de un CAC por 1 m³ para curado con aislante térmico
Fuente: Elaboración propia

CURADO POR ASPERSIÓN - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²				
Descripción Recurso	Und.	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³	0.40	120.00	48.36
ARENA GRUESA	m ³	0.44	110.00	48.29
AGUA PUESTA EN OBRA	m ³	0.02	1.00	0.02
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	9.50	24.00	228.00
ADITIVO CHEMA PLAST	gal	2.66	15.00	39.90
CURADO CON AGUA - ASPERSIÓN	glb	1.00	15.00	15.00
PRECIO TOTAL				379.57

Tabla N° 61. Costo de materiales de un CAC por 1 m³ para curado por aspersión
Fuente: Elaboración propia

CURADO POR INMERSIÓN - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm ²				
Descripción Recurso	Und.	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³	0.40	120.00	48.36
ARENA GRUESA	m ³	0.44	110.00	48.29
AGUA PUESTA EN OBRA	m ³	0.02	1.00	0.02
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	9.50	24.00	228.00
ADITIVO CHEMA PLAST	gal	2.66	15.00	39.90
CURADO CON AGUA - INMERSIÓN	glb	1.00	45.00	45.00
PRECIO TOTAL				409.57

Tabla N° 62. Costo de materiales de un CAC por 1 m³ para curado por inmersión
Fuente: Elaboración propia

4.2. Prueba de hipótesis

Para obtener los datos del presente trabajo de investigación se ha tenido en cuenta muchos aspectos, entre ellos la planificación, la validación y aplicación del instrumento.

Para realizar el procesamiento de datos se utilizó la herramienta SASstudio para tabular la información que recogimos a través de las pruebas, después de obtener los resultados se procedió a generar gráficos para poder interpretar los resultados del cuestionario, tomando en cuenta un análisis por dimensiones de la variable,

para así lograr el objetivo propuesto en la tesis y así generar las conclusiones respectivas por cada gráfico enfocado al objetivo y hacer las recomendaciones respectivas.

Para la prueba de hipótesis se procedió a realizar con el programa estadístico SASstudio con una estadística inferencial y de particular la ANOVA de un factor, por ser variables cuantitativas de intervalo, cuya significancia es del 5% (95% de nivel de confianza).

Se trabajó con dos variables que fueron:

- **RESISTENCIA A COMPRESIÓN** (concreto autocompactante)
- **MÉTODOS DE CURADO** (ichu stipa, aserrín, aislante térmico, aspersión e inmersión)

4.2.1. Hipótesis específica

4.2.1.1. Método de curado con ichu stipa:

La hipótesis específica que se plantea para validar es: el método de curado con ichu stipa influye significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.1.1.1. Presentación e interpretación de datos:

Para el análisis estadístico se presentará a continuación los datos y procedimientos presentados por el SASstudio para el ANOVA:

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
CURADO	2	CAC2 ICHU1
EDAD	5	E03 E07 E14 E21 E28

Tabla N° 63. Niveles de clase para el CAC vs. ichu

Fuente: SAS studio (base de datos)

N.º observaciones leídas	30
Número de observaciones usadas	30

Tabla N° 64. Observaciones leídas para el CAC vs. ichu

Fuente: SAS studio (base de datos)

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	76278.21655	8475.35739	77.07	<.0001
Error	20	2199.44760	109.97238		
Total corregido	29	78477.66415			

Tabla N° 65. ANOVA general de la resistencia para el CAC vs. ichu
Fuente: SAS studio (base de datos)

R-CUADRADO	VAR COEF.	RAÍZ MSE	MEDIA DE RESISTENCIA
0.971974	6.967893	10.48677	150.5013

Tabla N° 66. Ajuste estadístico del CAC vs. ichu
Fuente: SAS studio (base de datos)

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
CURADO	1	7494.25685	7494.25685	68.15	<.0001
EDAD	4	65327.53795	16331.88449	148.51	<.0001
CURADO*EDAD	4	3456.42175	864.10544	7.86	0.0006

Tabla N° 67. ANOVA TIPO III para el CAC vs. ichu
Fuente: SAS studio (base de datos)

CURADO	EDAD	LSMEAN RESISTENCIA
CAC2	E03	76.533333
CAC2	E07	141.270000
CAC2	E14	176.836667
CAC2	E21	212.696667
CAC2	E28	224.196667
ICHU1	E03	76.936667
ICHU1	E07	114.736667
ICHU1	E14	127.853333
ICHU1	E21	151.766667
ICHU1	E28	202.186667

Tabla N° 68. Medias de mínimos cuadrados por resistencia por curado del CAC vs. ichu
Fuente: SAS studio (base de datos)

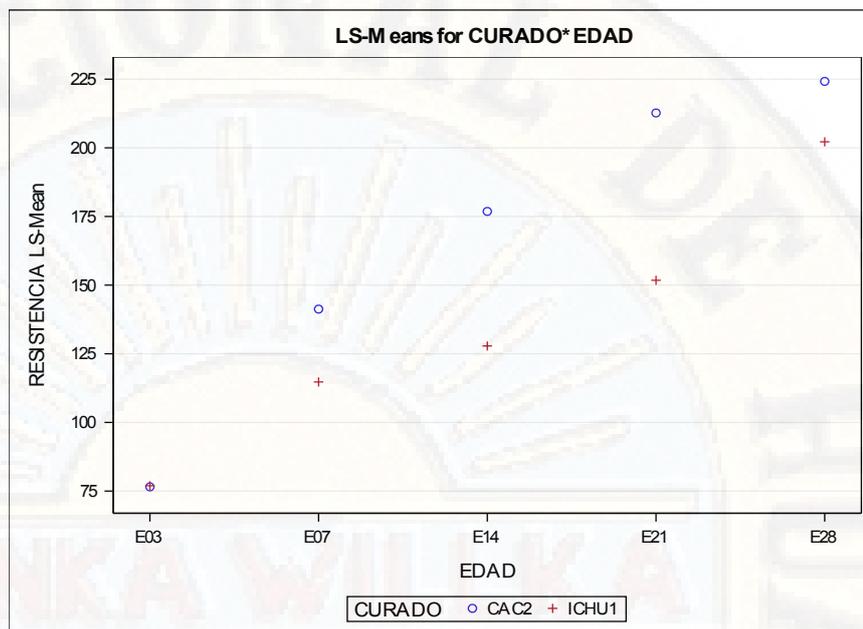


Figura N° 90. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de del CAC vs. Ichu
Fuente: SAS Studio (base de datos)

EFECTO CURADO*EDAD SUBDIVIDIDO POR CURADO PARA RESISTENCIA					
CURADO	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
CAC2	4	42901	10725	97.53	<.0001
ICHU1	4	25883	6470.801557	58.84	<.0001

Tabla N° 69. ANOVA para resistencia por curado CAC vs. ichu
Fuente: SAS studio (base de datos)

CURADO	EDAD	LSMEAN RESISTENCIA
CAC2	E03	76.533333
CAC2	E07	141.270000
CAC2	E14	176.836667
CAC2	E21	212.696667
CAC2	E28	224.196667
ICHU1	E03	76.936667
ICHU1	E07	114.736667
ICHU1	E14	127.853333
ICHU1	E21	151.766667
ICHU1	E28	202.186667

Tabla N° 70. Medias de mínimos cuadrados por curado por edad del CAC vs. ichu
Fuente: SAS studio (base de datos)

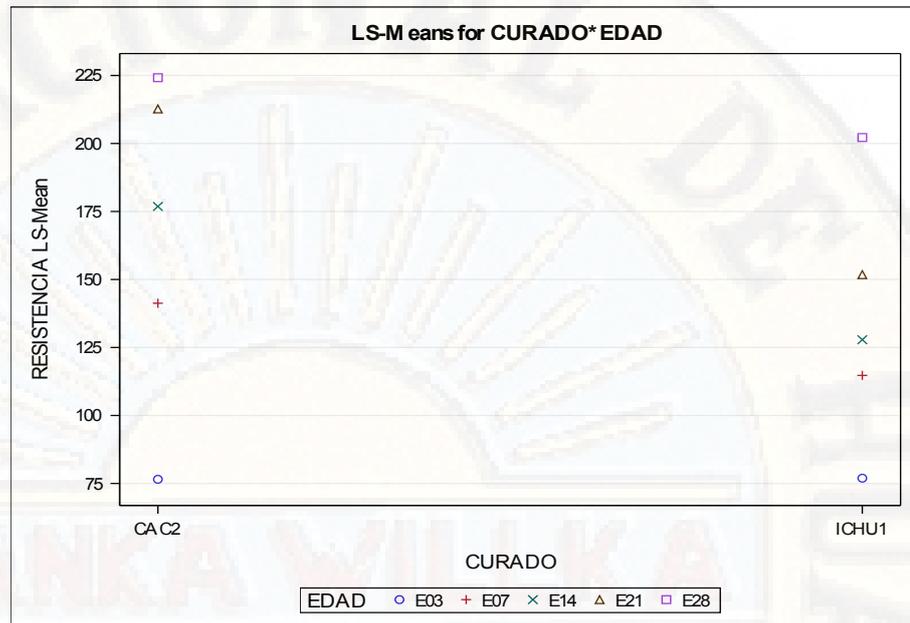


Figura N° 91. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de resistencia por curado del CAC vs. ichu
Fuente: SAS studio (base de datos)

EFECTO CURADO*EDAD SUBDIVIDIDO POR EDAD PARA RESISTENCIA					
EDAD	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
E03	1	0.244017	0.244017	0.00	0.9629
E07	1	1056.026667	1056.026667	9.60	0.0057
E14	1	3599.050417	3599.050417	32.73	<.0001
E21	1	5568.697350	5568.697350	50.64	<.0001
E28	1	726.660150	726.660150	6.61	0.0183

Tabla N° 71. ANOVA para curado por edad CAC vs. ichu
Fuente: SAS studio (base de datos)

Nivel de CURADO	Nivel de EDAD	N	RESISTENCIA	
			Media	Desv. est.
CAC2	E03	3	76.533333	2.7381441
CAC2	E07	3	141.270000	15.4903970
CAC2	E14	3	176.836667	14.0530471
CAC2	E21	3	212.696667	9.8618169
CAC2	E28	3	224.196667	13.2315431
ICHU1	E03	3	76.936667	3.5858100
ICHU1	E07	3	114.736667	8.6054944
ICHU1	E14	3	127.853333	10.4629457
ICHU1	E21	3	151.766667	9.9665557
ICHU1	E28	3	202.186667	9.3133578

Tabla N° 72. Medias de resistencia por curado – edad del CAC vs. ichu
Fuente: SAS studio (base de datos)

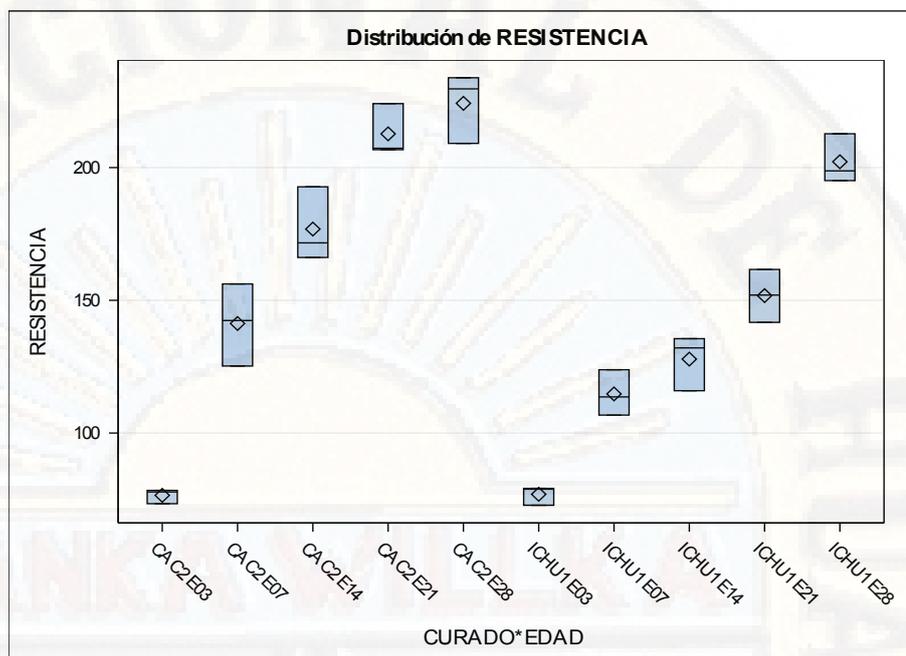


Figura N° 92. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas de curado – edad del CAC vs. Ichu
 Fuente: SAS Studio (base de datos)

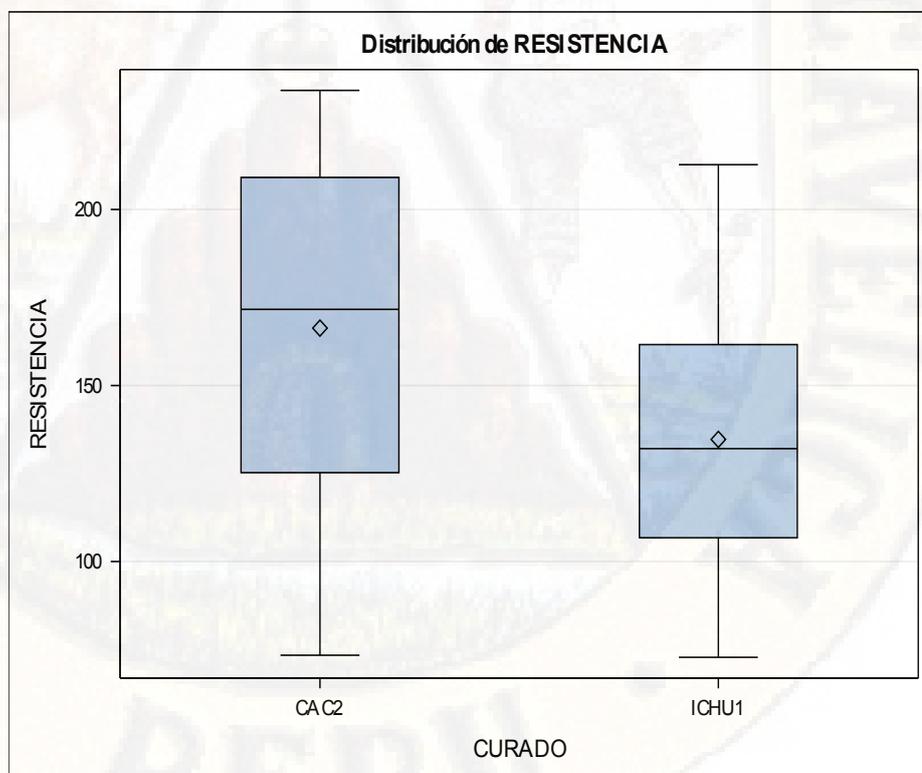


Figura N° 93. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas por curado del CAC vs. ichu
 Fuente: SAS studio (base de datos)

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	20
Error de cuadrado medio	109.9724
Valor crítico del rango estudentizado	2.94994
Diferencia significativa mínima	7.9875

RESISTENCIA Tukey Grouping for Means of CURADO (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

CURADO Estimación

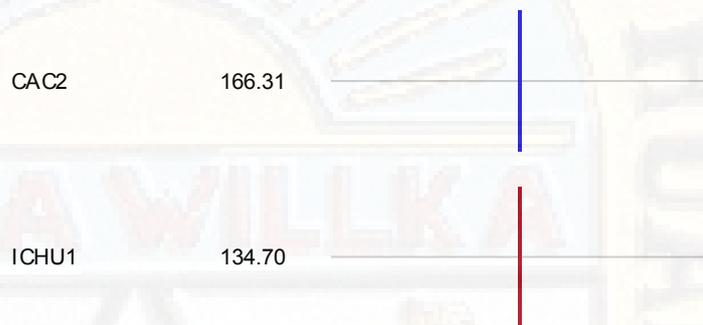


Figura N° 94. Prueba del rango estudentizado de tukey (HSD) para resistencia del CAC vs. ichu
Fuente: SAS studio (base de datos)

Interpretación

Como podemos observar en los respectivos gráficos, se tiene puntuaciones normales, pues las medias se encuentran dentro del rango, lo que significa que la cantidad de ensayos realizados son los necesarios para verificar la significancia del método de curado con ichu respecto a la resistencia a la compresión del concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.1.1.2. Prueba de hipótesis de la resistencia a compresión:

Hipótesis nula (H₀)

El método de curado con ichu no influye significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

Hipótesis alterna (H1)

El método de curado con ichu influye significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

El análisis estadístico se realizó mediante el diseño factorial completamente al azar, en la cual se hizo un análisis de varianza para contrastar la afirmación anterior, utilizando un cuadro de ANOVA y prueba F con 5% de significancia (95 % de nivel de confianza), así como también se realizó la comparación de medias para verificar la diferencia significativa de los tratamientos:

Origen	D F	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	76278.21655	8475.35739	77.07	<.0001
Error	20	2199.44760	109.97238		
Total corregido	29	78477.66415			

*Tabla N° 73. ANOVA general para el CAC vs. Ichu
Fuente: SAS Studio (base de datos)*

En las tablas se muestran los resultados del procesamiento en SAS Studio con los datos que se recabaron a partir del ensayo de compresión digital de testigos de concreto a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días, en el cual se muestra el valor de (Pr>F) igual a <.0001 siendo este inferior a 0.05 y mediante la decisión estadística se descarta la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alterna; la cual afirma que el método de curado con ichu influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto autocompactante en zonas frías..

4.2.1.2. Método de curado con aserrín:

La hipótesis específica que se plantea para validar es: el método de curado con aserrín influye significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.1.2.1. Presentación e interpretación de datos:

Para el análisis estadístico se presentará a continuación los datos y procedimientos presentados por el SAS studio para el ANOVA:

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
CURADO	2	ASERRIN CAC2
EDAD	5	E03 E07 E14 E21 E28

Tabla N° 74. Niveles de clase para el CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

N.º observaciones leídas	30
Número de observaciones usadas	30

Tabla N° 75. Observaciones leídas para el CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	71090.73188	7898.97021	70.27	<.0001
Error	20	2248.33287	112.41664		
Total corregido	29	73339.06475			

Tabla N° 76. ANOVA general de resistencia para el CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

R-CUADRADO	VAR COEF.	RAÍZ MSE	MEDIA DE RESISTENCIA
0.969343	7.037732	10.60267	150.6547

Tabla N° 77. Ajuste estadístico del CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
CURADO	1	7349.55312	7349.55312	65.38	<.0001
EDAD	4	60135.61908	15033.90477	133.73	<.0001
CURADO*EDAD	4	3605.55968	901.38992	8.02	0.0005

Tabla N° 78. ANOVA TIPO III para el CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

CURADO	EDAD	LSMEAN RESISTENCIA
CAC2	E03	76.533333
CAC2	E07	141.270000
CAC2	E14	176.836667
CAC2	E21	212.696667
CAC2	E28	224.196667
ASERRIN	E03	84.610000
ASERRIN	E07	101.280000
ASERRIN	E14	147.586667
ASERRIN	E21	154.133333
ASERRIN	E28	187.403333

Tabla N° 79. Medias de mínimos cuadrados por resistencia por curado del CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

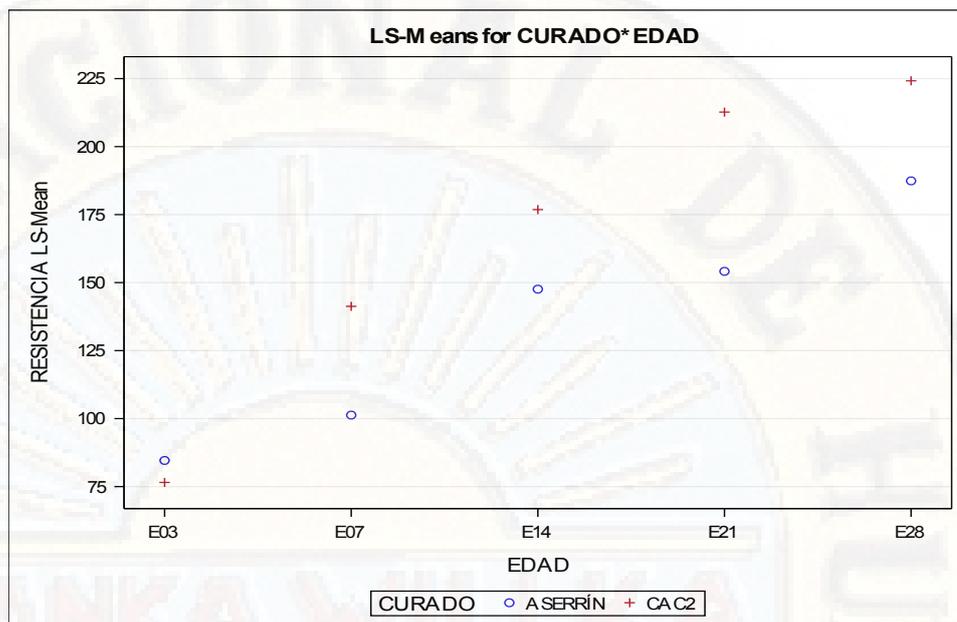


Figura N° 95. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de del CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

Efecto CURADO*EDAD subdividido por CURADO para RESISTENCIA					
CURADO	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
ASERRIN	4	20840	5210.106323	46.35	<.0001
CAC2	4	42901	10725	95.41	<.0001

Tabla N° 80. ANOVA para resistencia por curado CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

CURADO	EDAD	LSMEAN RESISTENCIA
CAC2	E03	76.533333
CAC2	E07	141.270000
CAC2	E14	176.836667
CAC2	E21	212.696667
CAC2	E28	224.196667
ASERRIN	E03	84.610000
ASERRIN	E07	101.280000
ASERRIN	E14	147.586667
ASERRIN	E21	154.133333
ASERRIN	E28	187.403333

Tabla N° 81. Medias de mínimos cuadrados por curado por edad del CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

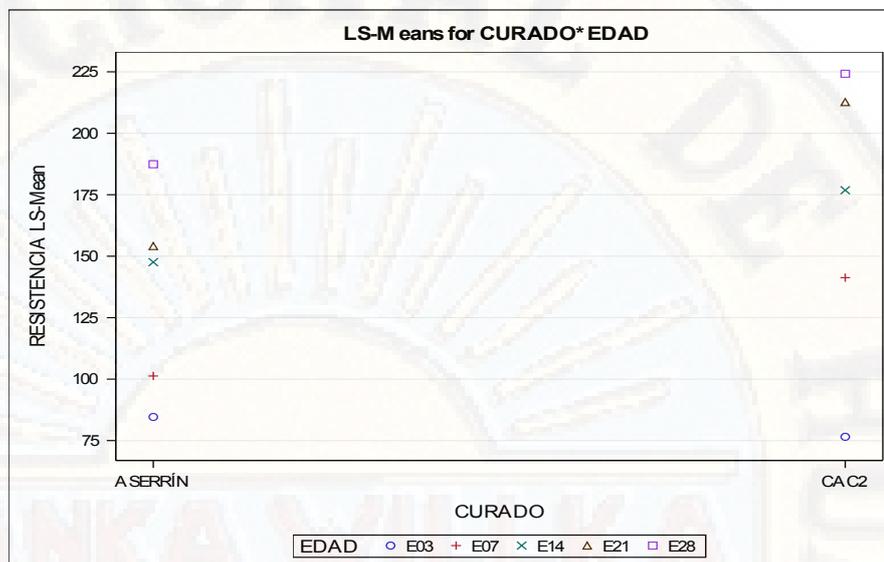


Figura N° 96. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de resistencia por curado del CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

Efecto CURADO*EDAD subdividido por EDAD para RESISTENCIA					
EDAD	D	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
E03	1	97.848817	97.848817	0.87	0.3620
E07	1	2398.800150	2398.800150	21.34	0.0002
E14	1	1283.343750	1283.343750	11.42	0.0030
E21	1	5144.496017	5144.496017	45.76	<.0001
E28	1	2030.624067	2030.624067	18.06	0.0004

Tabla N° 82. ANOVA para curado por edad CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

Nivel de CURADO	Nivel de EDAD	N	RESISTENCIA	
			Media	Dev. est.
CAC2	E03	3	76.533333	2.7381441
CAC2	E07	3	141.270000	15.4903970
CAC2	E14	3	176.836667	14.0530471
CAC2	E21	3	212.696667	9.8618169
CAC2	E28	3	224.196667	13.2315431
ASERRIN	E03	3	84.610000	0.7549834
ASERRIN	E07	3	101.280000	8.1832817
ASERRIN	E14	3	147.586667	3.6402244
ASERRIN	E21	3	154.133333	17.2103525
ASERRIN	E28	3	187.403333	5.4695277

Tabla N° 83. Medias de resistencia por curado – edad del CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

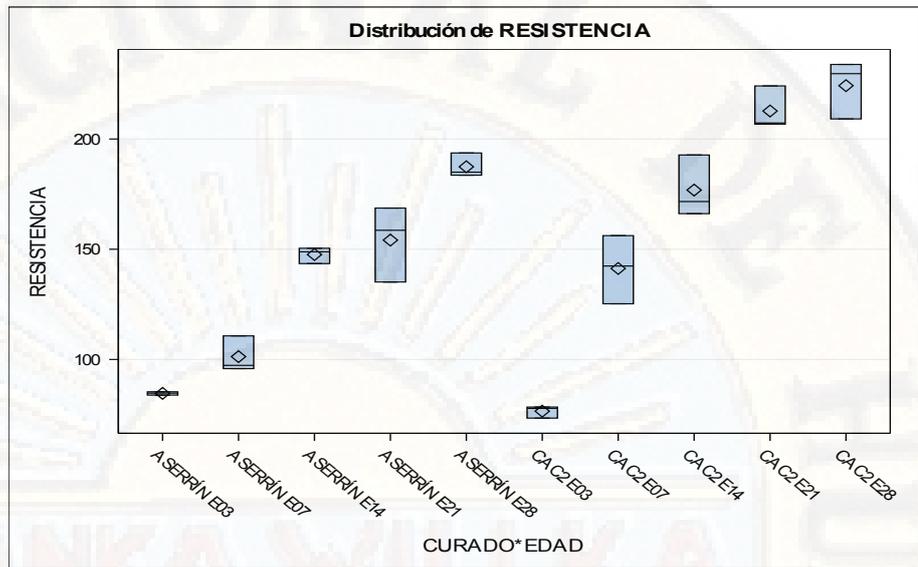


Figura N° 97. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas de curado – edad del CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

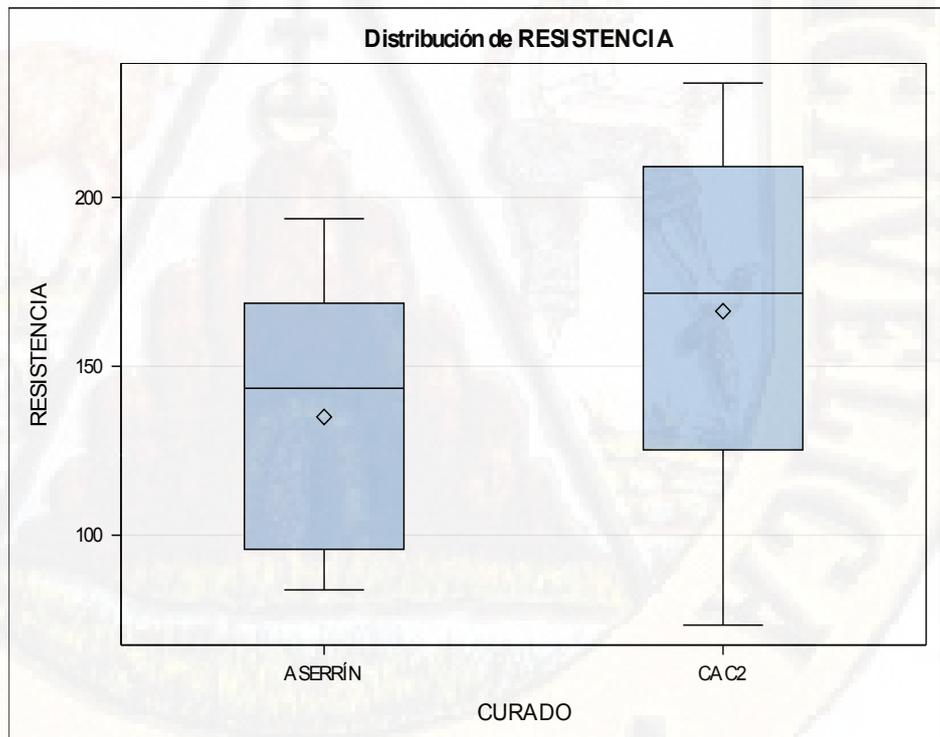


Figura N° 98. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas por curado del CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	20
Error de cuadrado medio	112.4166
Valor crítico del rango estudentizado	2.94994
Diferencia significativa mínima	8.0758

RESISTENCIA Tukey Grouping for Means of CURADO (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

CURADO Estimación

CAC2 166.31

ASERRÍN 135.00

Figura N° 99. Prueba del rango estudentizado de tukey (HSD) para resistencia del CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

Interpretación

Como podemos observar en los respectivos gráficos, se tiene puntuaciones normales, pues las medias se encuentran dentro del rango lo que significa que la cantidad de ensayos realizados son los necesarios para verificar la significancia del método de curado con aserrín respecto a la resistencia a la compresión del concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.1.2.2. Prueba de hipótesis de la resistencia a compresión:

Hipótesis nula (Ho)

El método de curado con aserrín no influye significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

Hipótesis alterna (H1)

El método de curado con aserrín influye significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

El análisis estadístico se realizó mediante el diseño factorial completamente al azar, en la cual se hizo un análisis de varianza para contrastar la afirmación anterior, utilizando un cuadro de ANOVA y prueba F con 5% de significancia (95 % de nivel de confianza), así como también se realizó la comparación de medias para verificar la diferencia significativa de los tratamientos:

Origen	D F	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	71090.73188	7898.97021	70.27	<.0001
Error	20	2248.33287	112.41664		
Total corregido	29	73339.06475			

Tabla N° 84. ANOVA general para el CAC vs. aserrín
Fuente: SAS studio (base de datos)

En las tablas se muestran los resultados del procesamiento en SAS Studio con los datos que se recabaron a partir del ensayo de compresión digital de testigos de concreto a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días, en el cual se muestra el valor de (Pr>F) igual a <.0.0001 siendo este inferior a 0.05 y mediante la decisión estadística se descarta la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alterna; la cual afirma que el método de curado con aserrín influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto autocompactante.

4.2.1.3. Método de curado con aislante térmico:

La hipótesis específica que se plantea para validar es: el método de curado con aislante térmico influye significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.1.3.1. Presentación e interpretación de datos:

Para el análisis estadístico se presentará a continuación los datos y procedimientos presentados por el SAS studio para el ANOVA

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
CURADO	2	AIS.TERM CAC2
EDAD	5	E03 E07 E14 E21 E28

Tabla N° 85. Niveles de clase para el CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)

N.º observaciones leídas	30
Número de observaciones usadas	30

Tabla N° 86. Observaciones leídas para el CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	78507.23548	8723.02616	63.72	<.0001
Error	20	2737.89333	136.89467		
Total corregido	29	81245.12882			

Tabla N° 87. ANOVA general de resistencia para el CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESISTENCIA
0.966301	7.699441	11.70020	151.9617

Tabla N° 88. Ajuste estadístico del CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
CURADO	1	6173.37075	6173.37075	45.10	<.0001
EDAD	4	70817.67570	17704.41893	129.33	<.0001
CURADO*EDAD	4	1516.18903	379.04726	2.77	0.0556

Tabla N° 89. ANOVA TIPO III para el CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)

CURADO	EDAD	LSMEAN RESISTENCIA
CAC2	E03	76.533333
CAC2	E07	141.270000
CAC2	E14	176.836667
CAC2	E21	212.696667
CAC2	E28	224.196667
AIS.TERM	E03	65.510000
AIS.TERM	E07	120.093333
AIS.TERM	E14	143.976667
AIS.TERM	E21	159.286667
AIS.TERM	E28	199.216667

Tabla N° 90. Medias de mínimos cuadrados por resistencia por curado del CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)

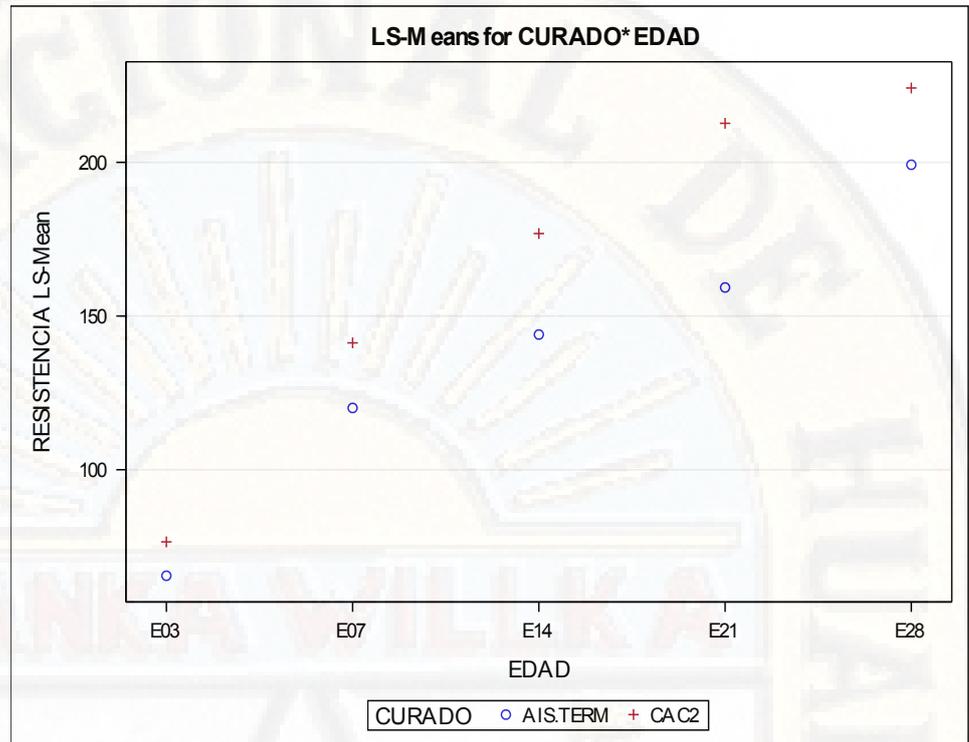


Figura N° 100. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de del CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)

Efecto CURADO*EDAD subdividido por CURADO para RESISTENCIA					
CURADO	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
AIS.TERM	4	29433	7358.277817	53.75	<.0001
CAC2	4	42901	10725	78.35	<.0001

Tabla N° 91. ANOVA para resistencia por curado CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)

CURADO	EDAD	LSMEAN RESISTENCIA
CAC2	E03	76.533333
CAC2	E07	141.270000
CAC2	E14	176.836667
CAC2	E21	212.696667
CAC2	E28	224.196667
AIS.TERM	E03	65.510000
AIS.TERM	E07	120.093333
AIS.TERM	E14	143.976667
AIS.TERM	E21	159.286667
AIS.TERM	E28	199.216667

Tabla N° 92. Medias de mínimos cuadrados por curado por edad del CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)

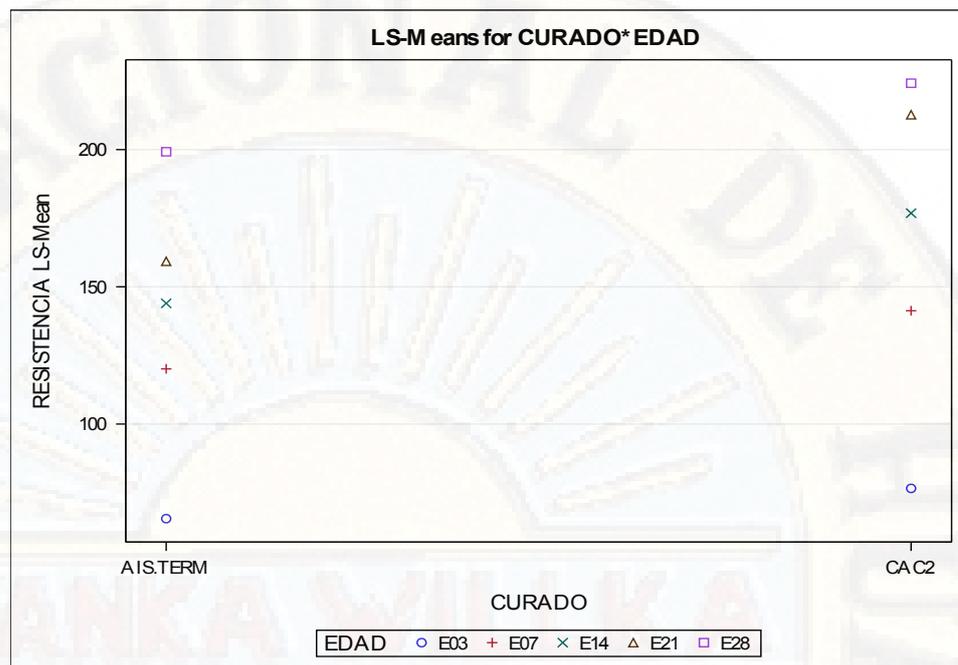


Figura N° 101. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de resistencia por curado del CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)

Efecto CURADO*EDAD subdividido por EDAD para RESISTENCIA					
EDAD	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
E03	1	182.270817	182.270817	1.33	0.2621
E07	1	672.676817	672.676817	4.91	0.0384
E14	1	1619.669400	1619.669400	11.83	0.0026
E21	1	4278.942150	4278.942150	31.26	<.0001
E28	1	936.000600	936.000600	6.84	0.0166

Tabla N° 93. ANOVA para curado por edad CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)

Nivel de CURADO	Nivel de EDAD	N	RESISTENCIA	
			Media	Desv. est.
CAC2	E03	3	76.533333	2.7381441
CAC2	E07	3	141.270000	15.4903970
CAC2	E14	3	176.836667	14.0530471
CAC2	E21	3	212.696667	9.8618169
CAC2	E28	3	224.196667	13.2315431
AIS.TERM	E03	3	65.510000	12.0723858
AIS.TERM	E07	3	120.093333	11.5245231
AIS.TERM	E14	3	143.976667	9.3722800
AIS.TERM	E21	3	159.286667	7.8833136
AIS.TERM	E28	3	199.216667	14.9377419

Tabla N° 94. Medias de resistencia por curado – edad del CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)

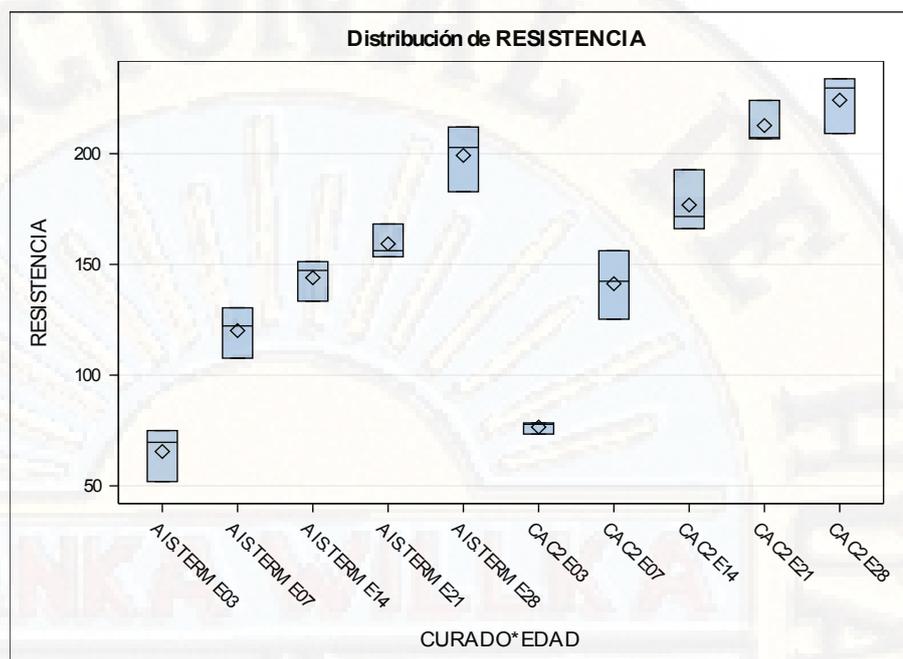


Figura N° 102. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas de curado – edad del CAC vs. aislante térmico
 Fuente: SAS studio (base de datos)

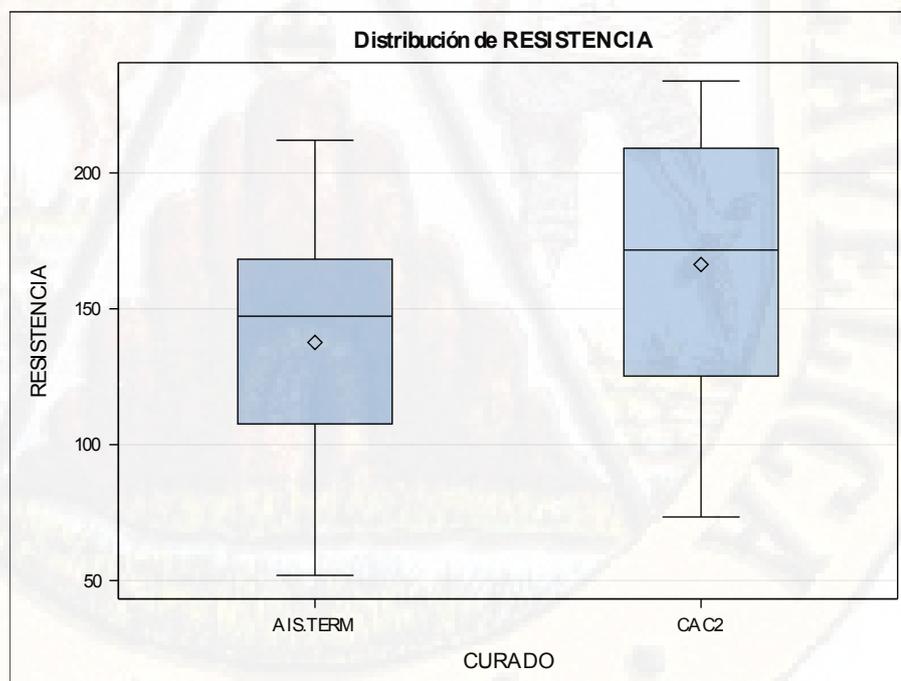


Figura N° 103. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas por curado del CAC vs. aislante térmico
 Fuente: SAS studio (base de datos)

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	20
Error de cuadrado medio	136.8947
Valor crítico del rango estudentizado	2.94994
Diferencia significativa mínima	8.9117

RESISTENCIA Tukey Grouping for Means of CURADO (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

CURADO Estimación

CAC2 166.31

AISTERM 137.62

*Figura N° 104. Prueba del rango estudentizado de tukey (HSD) para resistencia del CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)*

Interpretación

Como podemos observar en los respectivos gráficos, se tiene puntuaciones normales, pues las medias se encuentran dentro del rango lo que significa que la cantidad de ensayos realizados son los necesarios para verificar la significancia del método de curado con aislante térmico respecto a la resistencia a la compresión del concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.1.3.2. Prueba de hipótesis de la resistencia a compresión:

Hipótesis nula (Ho)

El método de curado con aislante térmico no influye significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

Hipótesis alterna (H1)

El método de curado con aislante térmico influye significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

El análisis estadístico se realizó mediante el diseño factorial completamente al azar, en la cual se hizo un análisis de varianza para contrastar la afirmación anterior, utilizando un cuadro de ANOVA y prueba F con 5% de significancia (95 % de nivel de confianza), así como también se realizó la comparación de medias para verificar la diferencia significativa de los tratamientos:

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	78507.23548	8723.02616	63.72	<.0001
Error	20	2737.89333	136.89467		
Total corregido	29	81245.12882			

Tabla N° 95. ANOVA general para el CAC vs. aislante térmico
Fuente: SAS studio (base de datos)

En las tablas se muestran los resultados del procesamiento en SAS Studio con los datos que se recabaron a partir del ensayo de compresión digital de testigos de concreto a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días, en el cual se muestra el valor de (Pr>F) igual a <.0.0001 siendo este inferior a 0.05 y mediante la decisión estadística se descarta la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alterna; la cual afirma que el método de curado con aislante térmico influye significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.1.4. Método de curado por aspersión:

La hipótesis específica que se plantea para validar es: el método de curado por aspersión influye significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.1.4.1. Presentación e Interpretación de datos:

Para el análisis estadístico se presentará a continuación los datos y procedimientos presentados por el SAS studio para el ANOVA

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
CURADO	2	ASPERSIO CAC2
EDAD	5	E03 E07 E14 E21 E28

Tabla N° 96. Niveles de clase para el CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

N.º observaciones leídas	30
Número de observaciones usadas	30

Tabla N° 97. Observaciones leídas para el CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	53747.33672	5971.92630	36.39	<.0001
Error	20	3282.50680	164.12534		
Total corregido	29	57029.84352			

Tabla N° 98. ANOVA general de resistencia para el CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESISTENCIA
0.942442	8.144193	12.81114	157.3040

Tabla N° 99. Ajuste estadístico del CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
CURADO	1	2431.44021	2431.44021	14.81	0.0010
EDAD	4	43353.45029	10838.36257	66.04	<.0001
CURADO*EDAD	4	7962.44622	1990.61156	12.13	<.0001

Tabla N° 100. ANOVA TIPO III para el CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

CURADO	EDAD	LSMEAN RESISTENCIA
CAC2	E03	76.533333
CAC2	E07	141.270000
CAC2	E14	176.836667
CAC2	E21	212.696667
CAC2	E28	224.196667
ASPERSIO	E03	113.890000
ASPERSIO	E07	139.393333
ASPERSIO	E14	144.390000
ASPERSIO	E21	157.583333
ASPERSIO	E28	186.250000

Tabla N° 101. Medias de mínimos cuadrados por resistencia por curado del CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

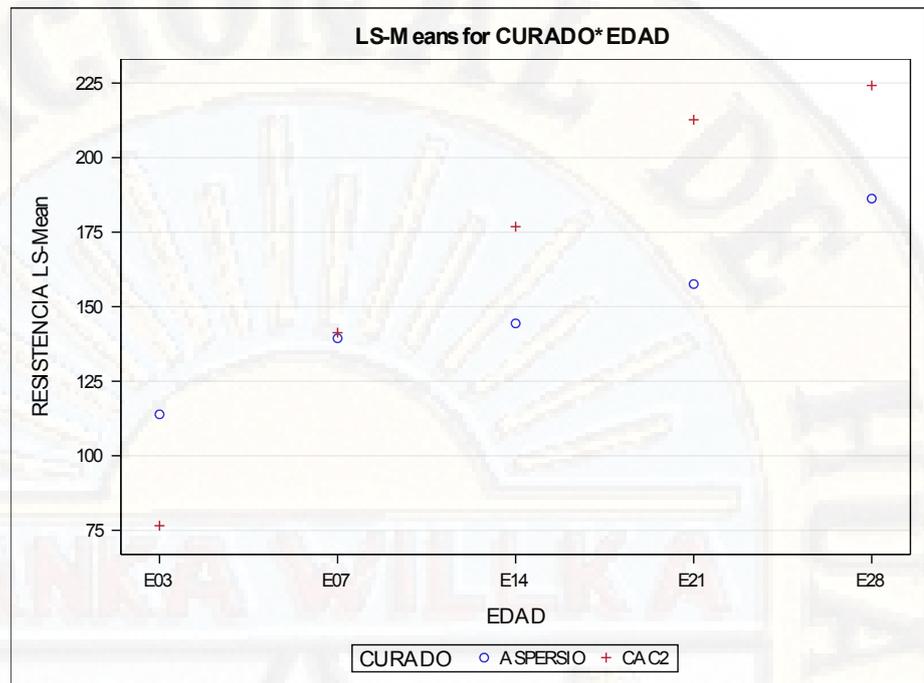


Figura N° 105. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de del CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

Efecto CURADO*EDAD subdividido por CURADO para RESISTENCIA					
CURADO	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
ASPERSIO	4	8415.143040	2103.785760	12.82	<.0001
CAC2	4	42901	10725	65.35	<.0001

Tabla N° 102. ANOVA para resistencia por curado CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

CURADO	EDAD	LSMEAN RESISTENCIA
CAC2	E03	76.533333
CAC2	E07	141.270000
CAC2	E14	176.836667
CAC2	E21	212.696667
CAC2	E28	224.196667
ASPERSIO	E03	113.890000
ASPERSIO	E07	139.393333
ASPERSIO	E14	144.390000
ASPERSIO	E21	157.583333
ASPERSIO	E28	186.250000

Tabla N° 103. Medias de mínimos cuadrados por curado por edad del CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

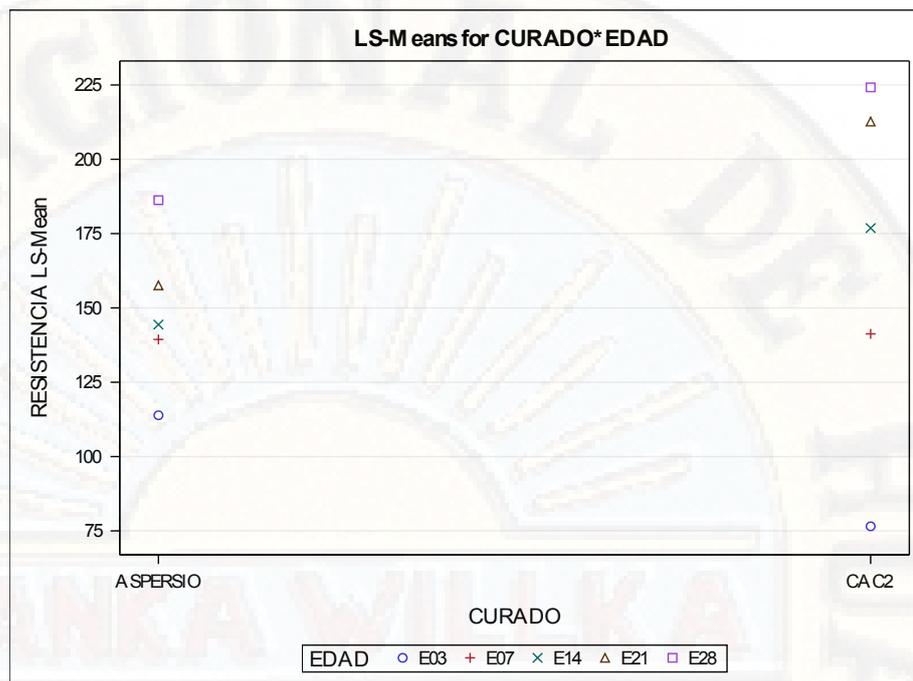


Figura N° 106. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de resistencia por curado del CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

Efecto CURADO*EDAD subdividido por EDAD para RESISTENCIA					
EDAD	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
E03	1	2093.280817	2093.280817	12.75	0.0019
E07	1	5.282817	5.282817	0.03	0.8594
E14	1	1579.179267	1579.179267	9.62	0.0056
E21	1	4556.219267	4556.219267	27.76	<.0001
E28	1	2159.924267	2159.924267	13.16	0.0017

Tabla N° 104. ANOVA para curado por edad CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

Nivel de CURADO	Nivel de EDAD	N	RESISTENCIA	
			Media	Desv. est.
CAC2	E03	3	76.533333	2.7381441
CAC2	E07	3	141.270000	15.4903970
CAC2	E14	3	176.836667	14.0530471
CAC2	E21	3	212.696667	9.8618169
CAC2	E28	3	224.196667	13.2315431
ASPERSIO	E03	3	113.890000	8.9519886
ASPERSIO	E07	3	139.393333	11.2348980
ASPERSIO	E14	3	144.390000	6.9441270
ASPERSIO	E21	3	157.583333	5.8397974
ASPERSIO	E28	3	186.250000	25.2051800

Tabla N° 105. Medias de resistencia por curado – edad del CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

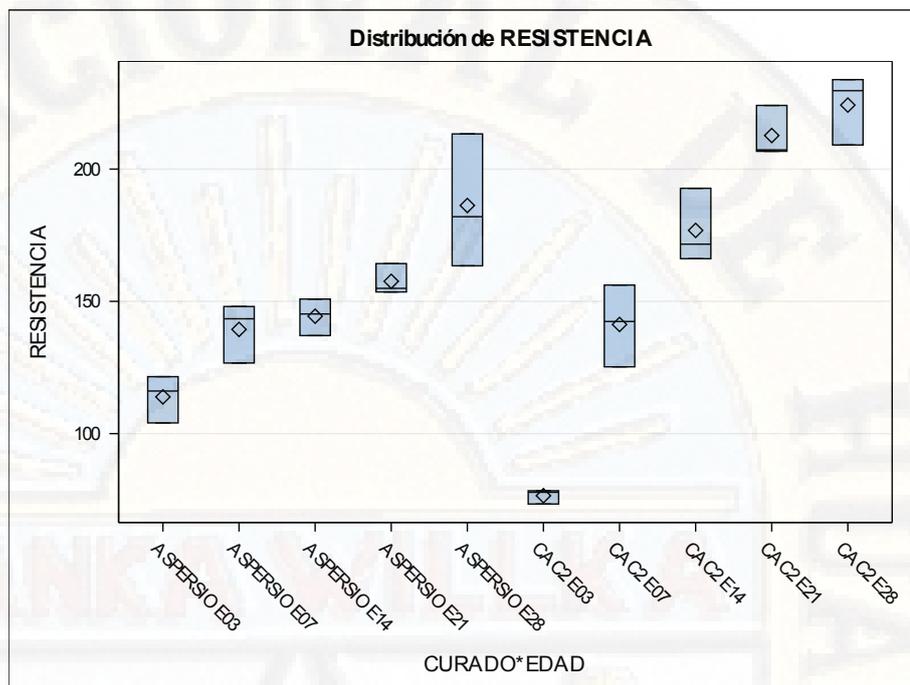


Figura N° 107. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas de curado – edad del CAC vs. aspersión
 Fuente: SAS studio (base de datos)

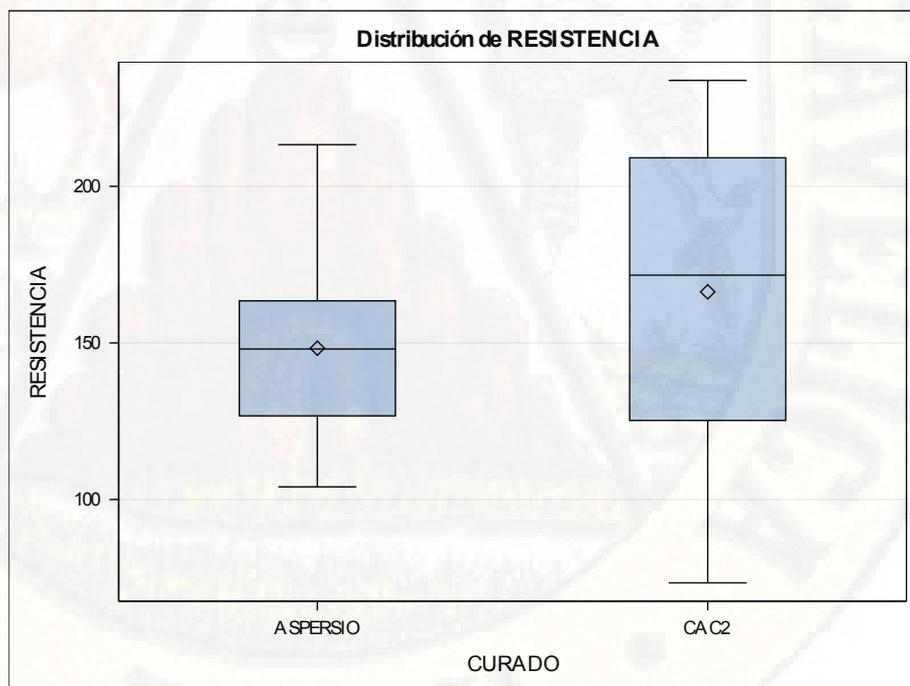


Figura N° 108. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas por curado del CAC vs. aspersión
 Fuente: SAS studio (base de datos)

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	20
Error de cuadrado medio	164.1253
Valor crítico del rango estudentizado	2.94994
Diferencia significativa mínima	9.7579

RESISTENCIA Tukey Grouping for Means of CURADO (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

CURADO Estimación

CAC2 166.31

ASPERSO 148.30

Figura N° 109. Prueba del rango estudentizado de tukey (HSD) para resistencia del CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

Interpretación

Como podemos observar en los respectivos gráficos, se tiene puntuaciones normales, pues las medias se encuentran dentro del rango lo que significa que la cantidad de ensayos realizados son los necesarios para verificar la significancia del método de curado por aspersión respecto a la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.1.4.2. Prueba de hipótesis de la resistencia a compresión:

Hipótesis nula (Ho)

El método de curado por aspersión no influye significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

Hipótesis alterna (H1)

El método de curado por aspersión influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto a la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

El análisis estadístico se realizó mediante el diseño factorial completamente al azar, en la cual se hizo un análisis de varianza para contrastar la afirmación anterior, utilizando un cuadro de ANOVA y prueba F con 5% de significancia (95 % de nivel de confianza), así como también se realizó la comparación de medias para verificar la diferencia significativa de los tratamientos:

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	53747.33672	5971.92630	36.39	<.0001
Error	20	3282.50680	164.12534		
Total corregido	29	57029.84352			

Tabla N° 106. ANOVA general para el CAC vs. aspersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

En las tablas se muestran los resultados del procesamiento en SAS Studio con los datos que se recabaron a partir del ensayo de compresión digital de testigos de concreto a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días, en el cual se muestra el valor de (Pr>F) igual a <.0.0001 siendo este inferior a 0.05 y mediante la decisión estadística se descarta la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alterna; la cual afirma que el método de curado por aspersión influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.1.5. Método de curado por inmersión:

La hipótesis específica que se plantea para validar es: el método de curado por inmersión influye significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.1.5.1. Presentación e interpretación de datos:

Para el análisis estadístico se presentará a continuación los datos y procedimientos presentados por el SAS studio para el ANOVA

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
CURADO	2	CAC2 INMERSIO
EDAD	5	E03 E07 E14 E21 E28

Tabla N° 107. Niveles de clase para el CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

N.º observaciones leídas	30
Número de observaciones usadas	30

Tabla N° 108. Observaciones leídas para el CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	93898.30190	10433.14466	101.91	<.0001
Error	20	2047.54733	102.37737		
Total corregido	29	95945.84923			

Tabla N° 109. ANOVA general de resistencia para el CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESISTENCIA
0.978659	6.806112	10.11817	148.6630

Tabla N° 110. Ajuste estadístico del CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
CURADO	1	9338.96920	9338.96920	91.22	<.0001
EDAD	4	84408.72558	21102.18140	206.12	<.0001
CURADO*EDAD	4	150.60711	37.65178	0.37	0.8287

Tabla N° 111. ANOVA TIPO III para el CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

CURADO	EDAD	LSMEAN RESISTENCIA
CAC2	E03	76.533333
CAC2	E07	141.270000
CAC2	E14	176.836667
CAC2	E21	212.696667
CAC2	E28	224.196667
INMERSIO	E03	47.513333
INMERSIO	E07	100.186667
INMERSIO	E14	137.563333
INMERSIO	E21	177.513333
INMERSIO	E28	192.320000

Tabla N° 112. Medias de mínimos cuadrados por resistencia por curado del CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

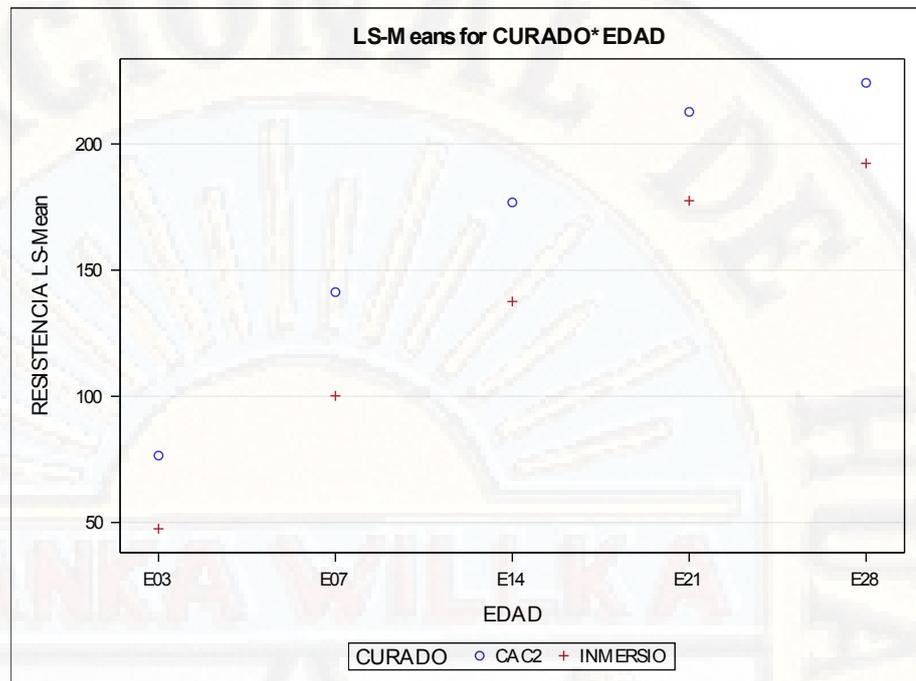


Figura N° 110. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de del CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

Efecto CURADO*EDAD subdividido por CURADO para RESISTENCIA					
CURADO	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
CAC2	4	42901	10725	104.76	<.0001
INMERSIO	4	41659	10415	101.73	<.0001

Tabla N° 113. ANOVA para resistencia por curado CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

CURADO	EDAD	LSMEAN RESISTENCIA
CAC2	E03	76.533333
CAC2	E07	141.270000
CAC2	E14	176.836667
CAC2	E21	212.696667
CAC2	E28	224.196667
INMERSIO	E03	47.513333
INMERSIO	E07	100.186667
INMERSIO	E14	137.563333
INMERSIO	E21	177.513333
INMERSIO	E28	192.320000

Tabla N° 114. Medias de mínimos cuadrados por curado por edad del CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

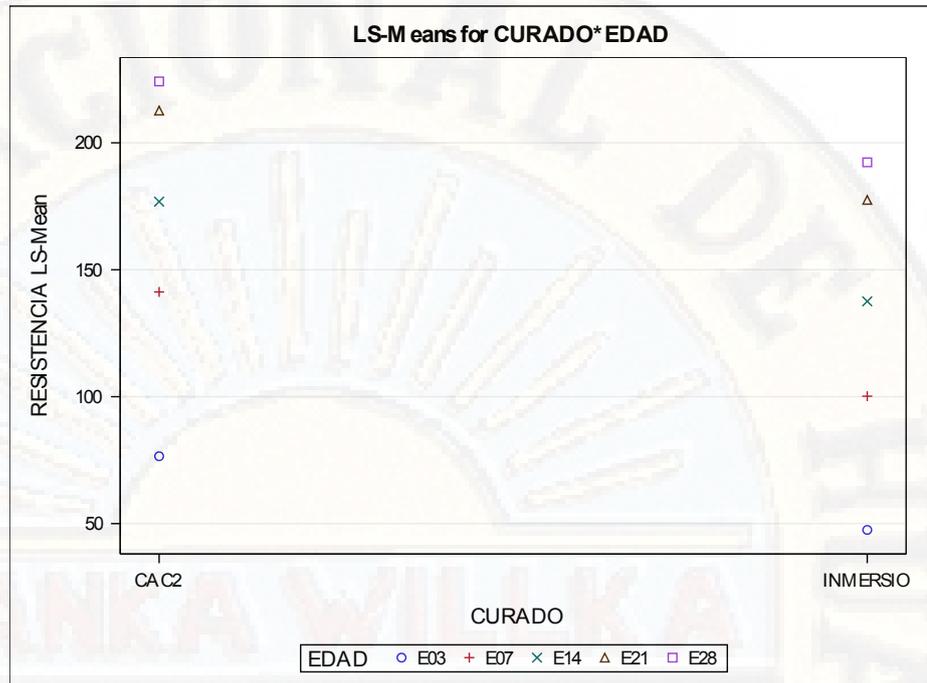


Figura N° 111. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de resistencia por curado del CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

Efecto CURADO*EDAD subdividido por EDAD para RESISTENCIA					
EDAD	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
E03	1	1263.240600	1263.240600	12.34	0.0022
E07	1	2531.760417	2531.760417	24.73	<.0001
E14	1	2313.592067	2313.592067	22.60	0.0001
E21	1	1856.800417	1856.800417	18.14	0.0004
E28	1	1524.182817	1524.182817	14.89	0.0010

Tabla N° 115. ANOVA para curado por edad CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

Nivel de CURADO	Nivel de EDAD	N	RESISTENCIA	
			Media	Desv. est.
CAC2	E03	3	76.533333	2.7381441
CAC2	E07	3	141.270000	15.4903970
CAC2	E14	3	176.836667	14.0530471
CAC2	E21	3	212.696667	9.8618169
CAC2	E28	3	224.196667	13.2315431
INMERSIO	E03	3	47.513333	4.2176929
INMERSIO	E07	3	100.186667	9.2842465
INMERSIO	E14	3	137.563333	9.0544151
INMERSIO	E21	3	177.513333	10.8092846
INMERSIO	E28	3	192.320000	1.9228364

Tabla N° 116. Medias de resistencia por curado – edad del CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

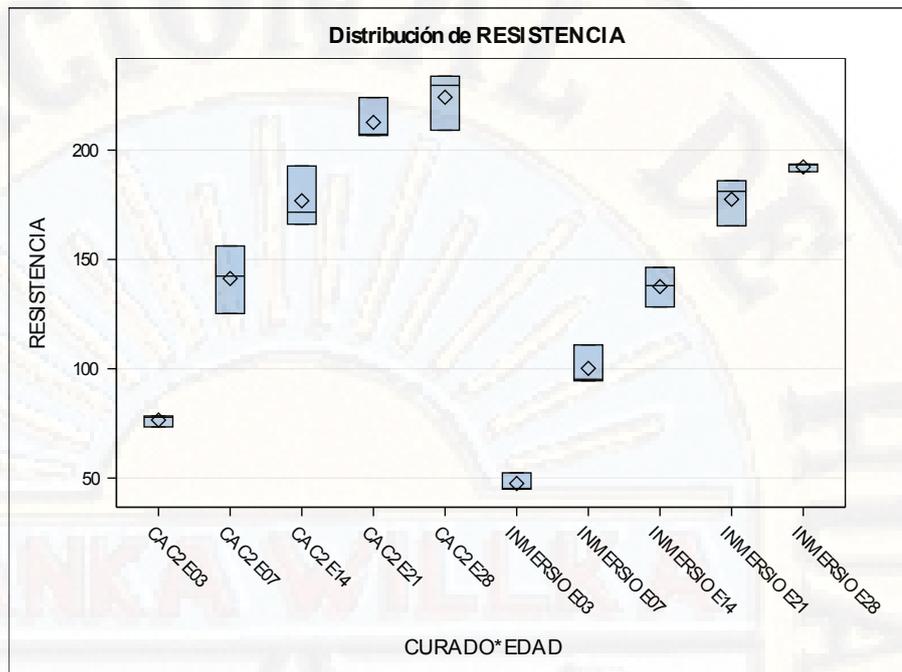


Figura N° 112. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas de curado – edad del CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

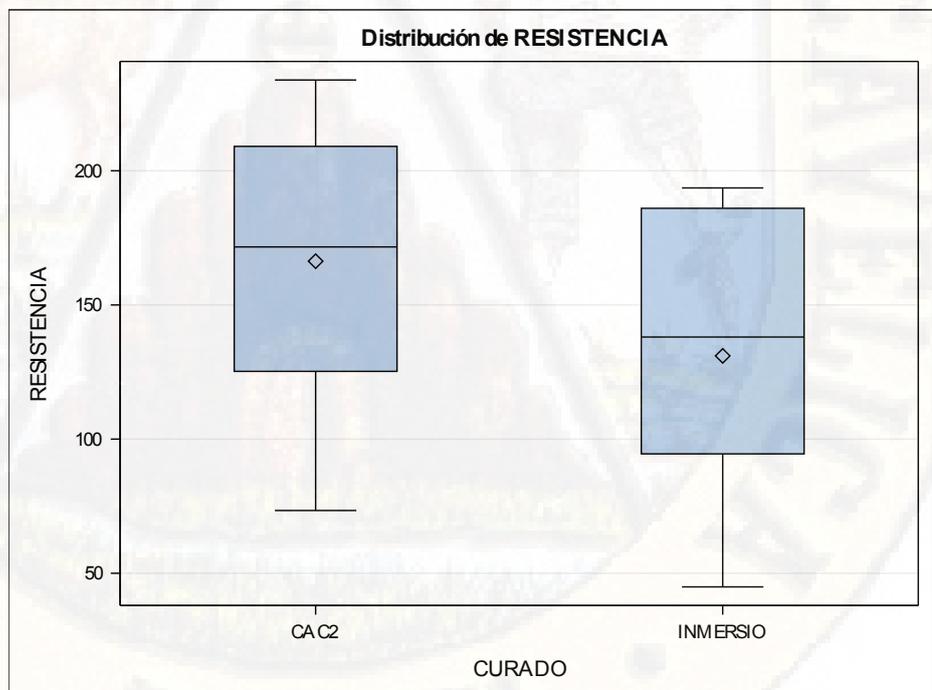


Figura N° 113. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas por curado del CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	20
Error de cuadrado medio	102.3774
Valor crítico del rango estudentizado	2.94994
Diferencia significativa mínima	7.7067

RESISTENCIA Tukey Grouping for Means of CURADO (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

CURADO Estimación

CAC2 166.31

INMERSO 131.02

Figura N° 114. Prueba del rango estudentizado de tukey (HSD) para resistencia del CAC vs. Inmersión
Fuente: SAS Studio (base de datos)

Interpretación

Como podemos observar en los respectivos gráficos, se tiene puntuaciones normales, pues las medias se encuentran dentro del rango, lo que significa que la cantidad de ensayos realizados son los necesarios para verificar la significancia del método de curado por inmersión respecto a la resistencia a la compresión del concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.1.5.2. Prueba de hipótesis de la resistencia a compresión:

Hipótesis nula (H₀)

El método de curado por inmersión no influye significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

Hipótesis alterna (H₁)

El método de curado por inmersión influye significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

El análisis estadístico se realizó mediante el diseño factorial completamente al azar, en la cual se hizo un análisis de varianza para contrastar la afirmación anterior, utilizando un cuadro de ANOVA y prueba F con 5% de significancia (95 % de nivel de confianza), así como también se realizó la comparación de medias para verificar la diferencia significativa de los tratamientos:

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	93898.30190	10433.14466	101.91	<.0001
Error	20	2047.54733	102.37737		
Total corregido	29	95945.84923			

Tabla N° 117. ANOVA general para el CAC vs. inmersión
Fuente: SAS studio (base de datos)

En las tablas se muestran los resultados del procesamiento en SAS Studio con los datos que se recabaron a partir del ensayo de compresión digital de testigos de concreto a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días, en el cual se muestra el valor de (Pr>F) igual a <.0.0001 siendo este inferior a 0.05 y mediante la decisión estadística se descarta la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alterna; la cual afirma que el método de curado por inmersión influye significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.2. Hipótesis general

La hipótesis general que se plantea para validar es: los métodos de curado influyen significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.2.1. Presentación e interpretación de datos:

Para el análisis estadístico se presentará a continuación los datos y procedimientos presentados por el SAS studio para el ANOVA:

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
CURADO	6	AIS.TERM ASERRÍN ASPERSION CAC1 ICHU1 INMERSION
EDAD	5	E03 E07 E14 E21 E28

Tabla N° 118. Niveles de clase para los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

N.º observaciones leídas	90
Número de observaciones usadas	90

Tabla N° 119. Observaciones leídas para los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	29	182218.3058	6283.3899	55.62	<.0001
Error	60	6777.5909	112.9598		
Total corregido	89	188995.8966			

Tabla N° 120. ANOVA general de resistencia para los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESISTENCIA
0.964139	7.476416	10.62826	142.1571

Tabla N° 121. Ajuste estadístico para los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
CURADO	5	13087.0873	2617.4175	23.17	<.0001
EDAD	4	154958.4585	38739.6146	342.95	<.0001
CURADO*EDAD	20	14172.7600	708.6380	6.27	<.0001

Tabla N° 122. ANOVA TIPO III para los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

CURADO	EDAD	LSMEAN RESISTENCIA
AIS.TERM	E03	65.510000
AIS.TERM	E07	120.093333
AIS.TERM	E14	143.976667
AIS.TERM	E21	159.286667
AIS.TERM	E28	199.216667
ASERRIN	E03	84.610000
ASERRIN	E07	101.280000
ASERRIN	E14	147.586667
ASERRIN	E21	154.133333

ASERRIN	E28	187.403333
ASPERSIO	E03	113.890000
ASPERSIO	E07	139.393333
ASPERSIO	E14	144.390000
ASPERSIO	E21	157.583333
ASPERSIO	E28	186.250000
CAC1	E03	76.533333
CAC1	E07	141.270000
CAC1	E14	176.836667
CAC1	E21	212.696667
CAC1	E28	224.196667
ICHU1	E03	76.936667
ICHU1	E07	114.736667
ICHU1	E14	127.853333
ICHU1	E21	151.766667
ICHU1	E28	202.186667
INMERSIO	E03	47.513333
INMERSIO	E07	100.186667
INMERSIO	E14	137.563333
INMERSIO	E21	177.513333
INMERSIO	E28	192.320000

Tabla N° 123. Medias de mínimos cuadrados por resistencia por curado para los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

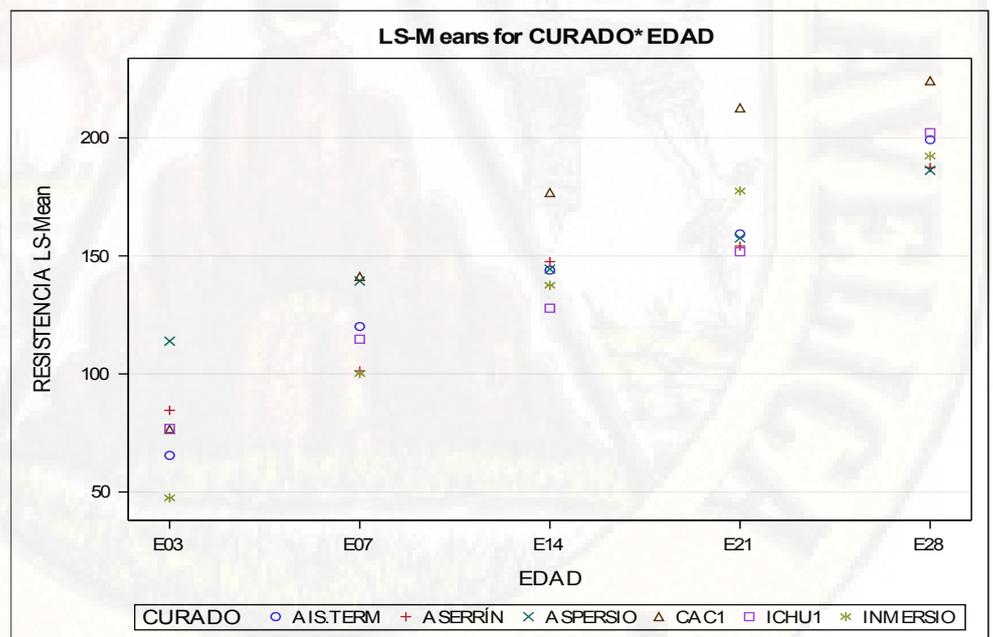


Figura N° 115. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas para los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

EFECTO CURADO*EDAD SUBDIVIDIDO POR CURADO PARA RESISTENCIA					
CURADO	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
AIS.TERM	4	29433	7358.277817	65.14	<.0001
ASERRIN	4	20840	5210.106323	46.12	<.0001
ASPERSIO	4	8415.143040	2103.785760	18.62	<.0001
CAC1	4	42901	10725	94.95	<.0001
ICHU1	4	25883	6470.801557	57.28	<.0001
INMERSIO	4	41659	10415	92.20	<.0001

Tabla N° 124. ANOVA para resistencia por curado para los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

CURADO	EDAD	LSMEAN RESISTENCIA
AIS.TERM	E03	65.510000
AIS.TERM	E07	120.093333
AIS.TERM	E14	143.976667
AIS.TERM	E21	159.286667
AIS.TERM	E28	199.216667
ASERRIN	E03	84.610000
ASERRIN	E07	101.280000
ASERRIN	E14	147.586667
ASERRIN	E21	154.133333
ASERRIN	E28	187.403333
ASPERSIO	E03	113.890000
ASPERSIO	E07	139.393333
ASPERSIO	E14	144.390000
ASPERSIO	E21	157.583333
ASPERSIO	E28	186.250000
CAC1	E03	76.533333
CAC1	E07	141.270000
CAC1	E14	176.836667
CAC1	E21	212.696667
CAC1	E28	224.196667
ICHU1	E03	76.936667
ICHU1	E07	114.736667
ICHU1	E14	127.853333
ICHU1	E21	151.766667
ICHU1	E28	202.186667
INMERSIO	E03	47.513333
INMERSIO	E07	100.186667
INMERSIO	E14	137.563333
INMERSIO	E21	177.513333
INMERSIO	E28	192.320000

Tabla N° 125. Medias de mínimos cuadrados por curado por edad para los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

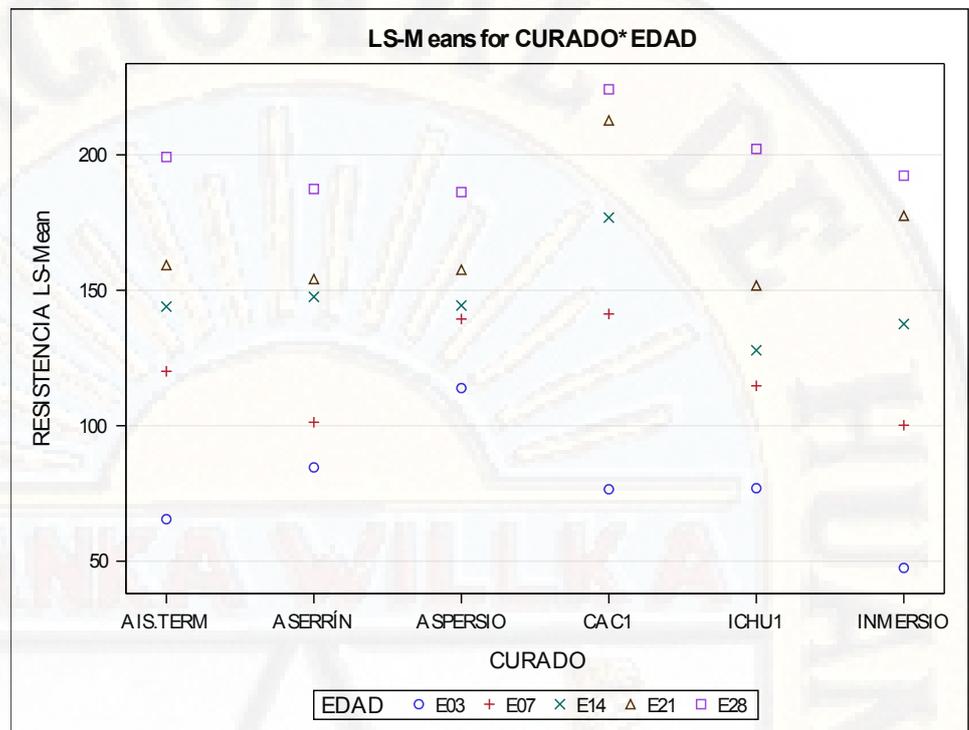


Figura N° 116. Comparación de promedio de resistencias a la compresión simple de probetas de resistencia por curado para los métodos de curado en un CAC

Fuente: SAS studio (base de datos)

EFECTO CURADO*EDAD SUBDIVIDIDO POR EDAD PARA RESISTENCIA					
EDAD	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
E03	1	7256.988778	1451.397756	12.85	<.0001
E07	1	4793.075933	958.615187	8.49	<.0001
E14	1	4079.312378	815.862476	7.22	<.0001
E21	1	8173.190400	1634.638080	14.47	<.0001
E28	1	2957.279778	591.455956	5.24	0.0005

Tabla N° 126. ANOVA para curado por edad para los métodos de curado en un CAC

Fuente: SAS studio (base de datos)

Nivel de CURADO	Nivel de EDAD	N	RESISTENCIA	
			Media	Desv. est.
AIS.TERM	E03	3	65.510000	12.0723858
AIS.TERM	E07	3	120.093333	11.5245231
AIS.TERM	E14	3	143.976667	9.3722800
AIS.TERM	E21	3	159.286667	7.8833136
AIS.TERM	E28	3	199.216667	14.9377419
ASERRÍN	E03	3	84.610000	0.7549834
ASERRÍN	E07	3	101.280000	8.1832817
ASERRÍN	E14	3	147.586667	3.6402244
ASERRÍN	E21	3	154.133333	17.2103525

ASERRIN	E28	3	187.403333	5.4695277
ASPERSIO	E03	3	113.890000	8.9519886
ASPERSIO	E07	3	139.393333	11.2348980
ASPERSIO	E14	3	144.390000	6.9441270
ASPERSIO	E21	3	157.583333	5.8397974
ASPERSIO	E28	3	186.250000	25.2051800
CAC1	E03	3	76.533333	2.7381441
CAC1	E07	3	141.270000	15.4903970
CAC1	E14	3	176.836667	14.0530471
CAC1	E21	3	212.696667	9.8618169
CAC1	E28	3	224.196667	13.2315431
ICHU1	E03	3	76.936667	3.5858100
ICHU1	E07	3	114.736667	8.6054944
ICHU1	E14	3	127.853333	10.4629457
ICHU1	E21	3	151.766667	9.9665557
ICHU1	E28	3	202.186667	9.3133578
INMERSIO	E03	3	47.513333	4.2176929
INMERSIO	E07	3	100.186667	9.2842465
INMERSIO	E14	3	137.563333	9.0544151
INMERSIO	E21	3	177.513333	10.8092846
INMERSIO	E28	3	192.320000	1.9228364

Tabla N° 127. Medias de resistencia por curado – edad para los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

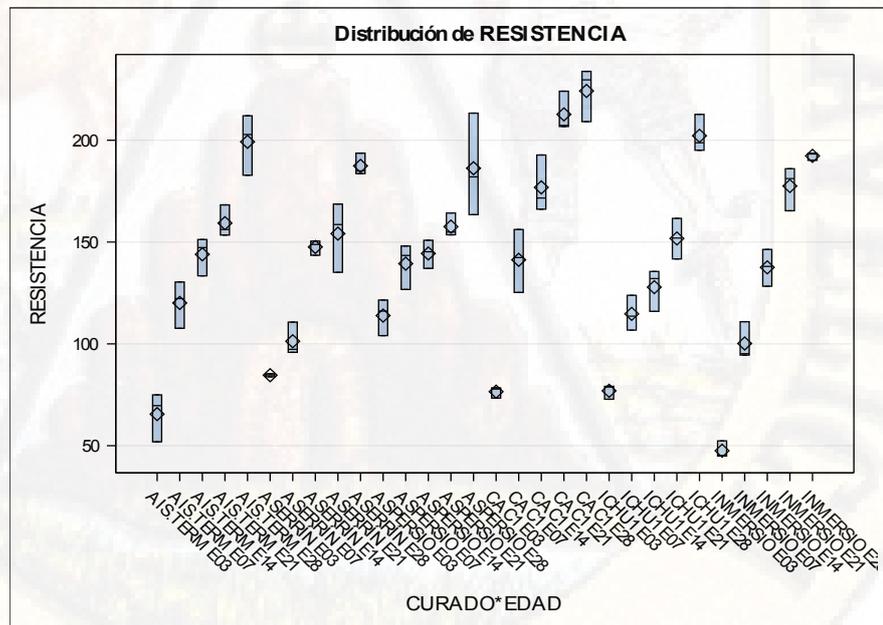


Figura N° 117. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas de curado – edad para los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

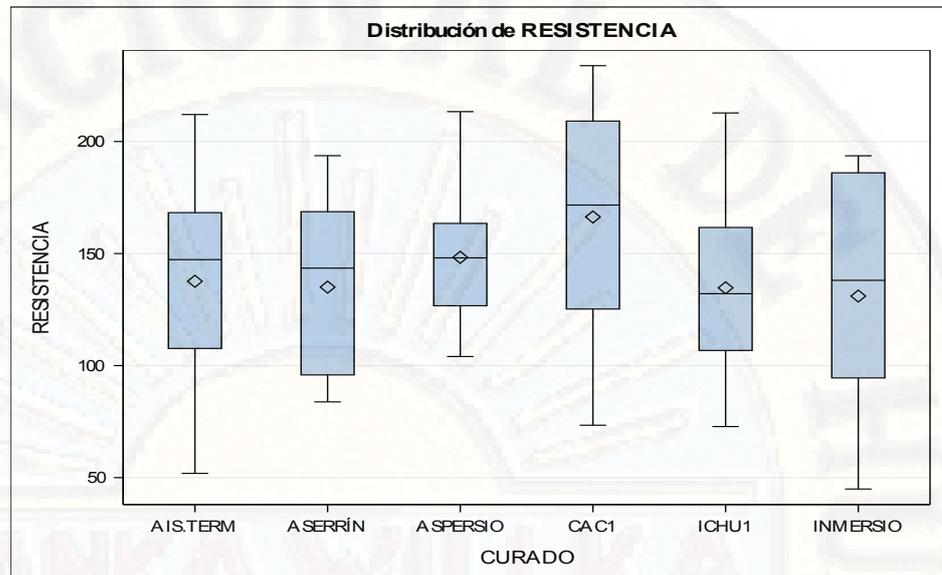


Figura N° 118. Comparación de medias de mínimos cuadrados de resistencias a la compresión simple de probetas por curado para los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	60
Error de cuadrado medio	112.9598
Valor crítico del rango estudentizado	4.16316
Diferencia significativa mínima	11.425

RESISTENCIA Tukey Grouping for Means of CURADO (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

CURADO	Estimación	Grouping
CAC1	166.31	Red
ASPERSEO	148.30	Green
AISTERM	137.62	Blue
ASERRIN	135.00	Blue
ICHU1	134.70	Blue
INMERSIO	131.02	Blue

Figura N° 119. Prueba del rango estudentizado de tukey (HSD) para resistencia de los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

Interpretación

Como podemos observar en los respectivos gráficos, se tiene puntuaciones normales, pues las medias se encuentran dentro del rango lo que significa que la cantidad de ensayos realizados son los necesarios para verificar la significancia de los métodos de curado (ichu stipa, aserrín, aislante térmico, aspersión e inmersión) respecto a la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

4.2.2.2. Prueba de hipótesis de la resistencia a compresión:

Hipótesis nula (Ho)

Los métodos de curado (ichu stipa, aserrín, aislante térmico, aspersión e inmersión) no influyen significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

Hipótesis alterna (H1)

Los métodos de curado (ichu stipa, aserrín, aislante térmico, aspersión e inmersión) influyen significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

El análisis estadístico se realizó mediante el diseño factorial completamente al azar, en la cual se hizo un análisis de varianza para contrastar la afirmación anterior, utilizando un cuadro de ANOVA y prueba F con 5% de significancia (95 % de nivel de confianza), así como también se realizó la comparación de medias para verificar la diferencia significativa de los tratamientos:

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	31	183201.0088	5909.7100	59.15	<.0001
Error	58	5794.8878	99.9119		
Total corregido	89	188995.8966			

Tabla N° 128. ANOVA general para los métodos de curado en un CAC
Fuente: SAS studio (base de datos)

En las tablas se muestran los resultados del procesamiento en SAS Studio con los datos que se recabaron a partir del ensayo de compresión digital de testigos de concreto a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días, en el cual se muestra el valor de $(P > F)$ igual a < 0.0001 siendo este inferior a 0.05 y mediante la decisión estadística se descarta la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alterna; la cual afirma que los métodos de curado (ichu stipa, aserrín, aislante térmico, aspersión e inmersión) influyen significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante en zonas frías.

4.3. Discusión de resultados

- (Pineda, 2003) usó en su diseño las siguientes relaciones a/c (0.50, 0.45 y 0.40) donde demostró que los concretos fluidos que presentan autocompactación son mezclas de excelente trabajabilidad, por lo que en la presente tesis se realizó un diseño con relación $a/c=0.47$ en el que se verificó a través de los ensayos de extensión de flujo la capacidad de la mezcla fluida.
- Se pudo obtener resistencias mecánicas altas con bajas relaciones de agua-cemento utilizando aditivos plastificantes y/o super-plastificantes.
- Se menciona que el exceso de agua y/o altas dosificaciones de aditivo provocan inestabilidad en las mezclas fluidas, por lo que se realizó los ensayos de extensión de flujo para evitar la segregación, de la misma manera se utilizó diferentes dosis de aditivo para la obtención de una mezcla fluida y debido a ello se obtuvo resistencias mecánicas altas de acuerdo a su edad correspondiente.
- Si bien no se cuenta con ningún estudio como antecedente con respecto a la relación que se tiene entre el concreto autocompactante sometido a diferentes métodos de curado, mas solo se verifica su estudio del (CAC) como tal, en el proyecto de investigación de (Medina & Quispe, 2017) utilizaron el método de curado con polietileno más aserrín sobre un

concreto convencional $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ donde obtuvieron mejor resistencia frente a ciclos de congelamiento y deshielo.

- Se realizó el análisis estadístico y procesamiento de datos con respecto a concreto autocompactante (CAC) y su interacción directa de cada método de curado con (aserrín, ichu stipa, aislante térmico, aspersión, inmersión), teniendo una influencia de manera significativa en la resistencia del concreto.

Conclusiones

- Al realizar los ensayos de caracterización para la obtención de un CAC, se aplicó diferentes dosis de aditivo plastificante siendo la más óptima 280 ml por bolsa de cemento; obteniéndose así en el ensayo de fluidez de asentamiento una expansión del concreto de 65.80 cm de diámetro, así mismo en el ensayo de caja L nos resultó un 0.99 como coeficiente de bloqueo y con el ensayo del embudo V se obtuvo una descarga total de la mezcla en un tiempo de 12 s generando un flujo contante; finalmente encontrándose estos resultados dentro de los parámetros para la obtención de un CAC.
- Realizado el diseño de mezcla de un CAC de $f_c=210$ kg/cm² con una relación de $a/c = 0.47$ y con una dosificación del aditivo plastificante CHEMA PLAST de 0.28 litros por bolsa de cemento. Se realizó el ensayo de compresión y se obtuvo a la edad de 7 días una resistencia promedio de 141.27 kg/cm² con 67.27% y a la edad de 28 días la resistencia promedio fue 224.20 kg/cm² con 106.76%; por lo que de acuerdo a la norma ASTM C494 la resistencias obtenidas se enmarcan dentro de los parámetros.
- Se aplicó los métodos de curado con ichu stipa, aserrín, aislante térmico, aspersión e inmersión a un CAC, obteniéndose como mejor resultado en los ensayos de compresión de los especímenes de concreto a la edad de 28 días el método de curado con ichu stipa, con una resistencia promedio de 202.19 kg/cm² con 96.28%, así mismo el que menor resistencia presentó fue el método de curado por aspersión con una resistencia promedio de 186.25 kg/cm² con 88.69%; observándose así que cada método de curado influye en la resistencia de un CAC.
- Se aplicó el método de curado con ichu stipa, obteniéndose a la edad de 28 días una resistencia promedio de 202.19 kg/cm² con 96.28%. teniendo una variación de 9.82% con respecto a la resistencia del CAC curado en laboratorio.
- Se aplicó el método de curado con aserrín, obteniéndose a la edad de 28 días una resistencia promedio de 187.40 kg/cm² con 89.24%. teniendo una variación de 16.41% con respecto a la resistencia del CAC curado en laboratorio.
- Se aplicó el método de curado con aislante térmico, obteniéndose a la edad de 28 días una resistencia promedio de 199.22 kg/cm² con 94.87%. teniendo una variación de 11.14% con respecto a la resistencia del CAC curado en laboratorio.

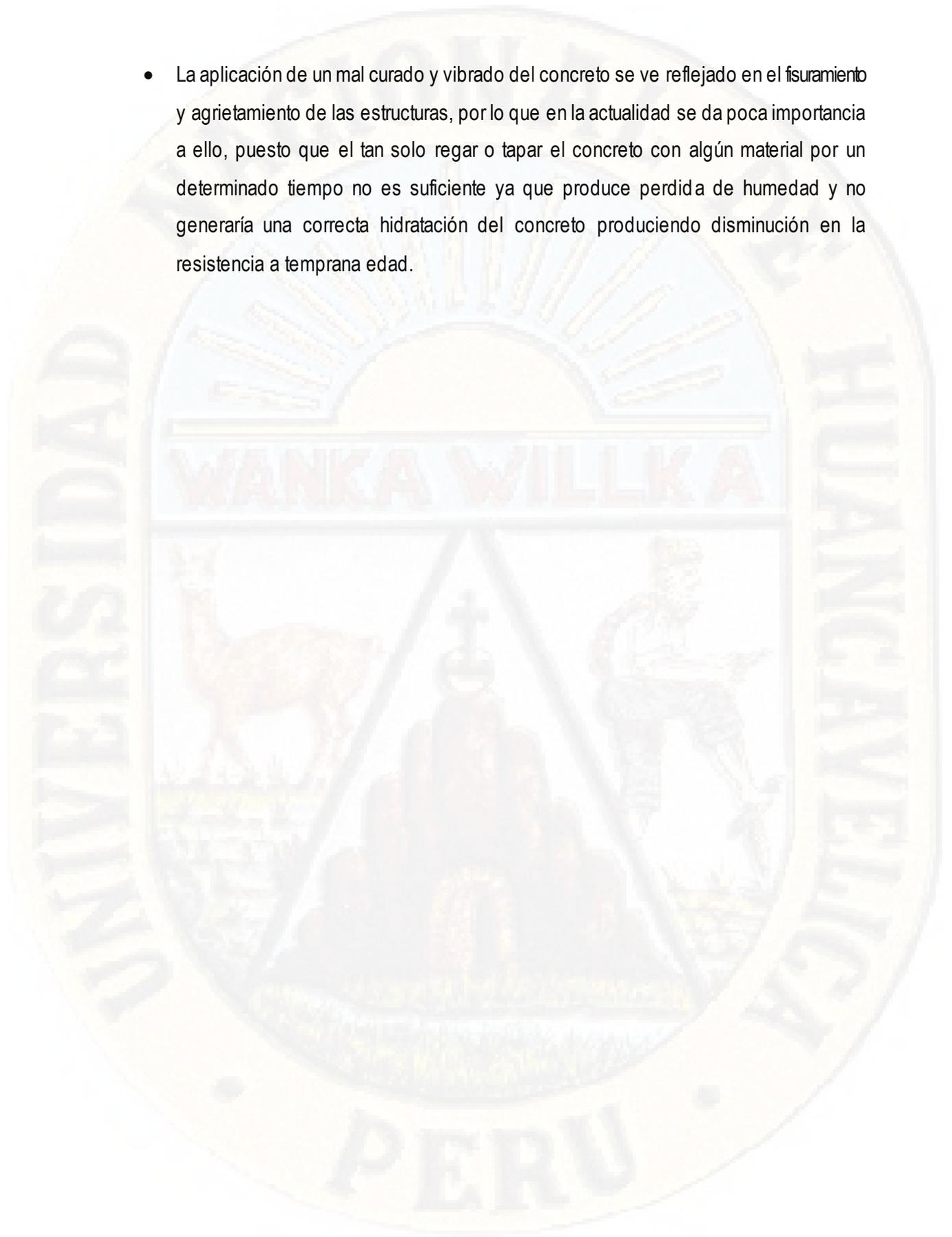
- Se aplicó el método de curado con aspersión, obteniéndose a la edad de 28 días una resistencia promedio de 186.25 kg/cm² con 88.69%. teniendo una variación de 16.93% con respecto a la resistencia del CAC curado en laboratorio.
- Se aplicó el método de curado con inmersión, obteniéndose a la edad de 28 días una resistencia promedio de 192.32 kg/cm² con 91.58%. teniendo una variación de 14.22% con respecto a la resistencia del CAC curado en laboratorio.
- De igual manera los resultados del ANOVA confirman la influencia significativa que los métodos de curado influyen significativamente en la resistencia a la compresión del concreto autocompactante, debido a que se muestra que el nivel de significancia es de <0.0001 , el cual es menor a 0.05.
- En cuanto a los costos económicos para un metro cúbico de concreto autocompactante, se estimó que el curado por aspersión y con aislante térmico es el más económico con un monto de s/. 379.57 y s/. 403.57 soles respectivamente, pero con estos métodos no se obtuvo la resistencia adecuada a la edad de 28 días para un CAC.
- Finalmente los métodos de curado influyen en la resistencia de un CAC por la forma de curado y la aplicación de diversos materiales de protección.

Recomendaciones

Las conclusiones de la presente investigación servirán como antecedente a los estudios posteriores, a fin de recabar mayor información que involucre su ejecución con estos tipos de materiales, en consecuencia, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Para el diseño de mezclas de un CAC se recomienda utilizar los procedimientos propuestos en el ACI 211, esto con la finalidad de obtener los valores adecuados durante el cálculo del diseño.
- En la ciudad de Huancavelica debe emplearse agregados gruesos de tamaños menores a 1" – 1 ½" en el diseño de mezcla.
- Para un adecuado proceso de mezclado del CAC, se recomienda lo siguiente: vaciar en la mezcladora parte del agua de diseño, seguido del agregado grueso y fino, luego el cemento para finalmente el agua restante y el aditivo de acuerdo a las especificaciones técnicas planteadas según la marca correspondiente. Además, se debe tener en cuenta que el agua debe ser añadida en forma progresiva, debido a que una mínima cantidad de agua generará una mezcla sin consistencia.
- Se recomienda utilizar los métodos de curado con aserrín, ichu stipa y aislante térmico con diferentes espesores y así observar el comportamiento de la resistencia a la compresión, de la misma manera se debe evaluar diferentes porcentajes de humedad de estos materiales al momento de aplicarlos al concreto.
- Se debe hacer uso de otros materiales que se pueden añadir en el diseño de mezcla del CAC los cuales nos permitan verificar la viabilidad técnica y económica, así mismo para mejorar la resistencia a la compresión.
- Realizar ensayos de compresión a las edades de 7, 14, 21 y 28 días teniendo en cuenta las temperaturas internas como del ambiente, ya que estos podrían determinar los valores de la resistencia del concreto.
- Realizar investigaciones con diversos tipos de diseños de mezcla considerando diferente relación de a/c y la procedencia del agregado grueso.
- Utilizar diferentes aditivos tales como: incorporador de aire, superplastificante, etc., con el fin de verificar como actúa cada uno de ellos a diferentes edades con respecto al CAC.

- La aplicación de un mal curado y vibrado del concreto se ve reflejado en el fisuramiento y agrietamiento de las estructuras, por lo que en la actualidad se da poca importancia a ello, puesto que el tan solo regar o tapar el concreto con algún material por un determinado tiempo no es suficiente ya que produce pérdida de humedad y no generaría una correcta hidratación del concreto produciendo disminución en la resistencia a temprana edad.



Referencias Bibliográficas

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto* (Segunda ed.). Lima, Perú: San Marcos E.I.R.L.
- ACI211. (2009). *Diseño de mezcla*. España.
- Ahmed, L. (2011). *Self Compacting Concrete* (Primera ed.).
- Al-Assadi, G. (2009). *Influencia de las condiciones del curado en el comportamiento del hormigón sometido a ciclos de hielo - deshielos*. Madrid, España.
- Alvarez, A. (2007). *Desempeño del concreto autocompactable en estado plástico y endurecido*. Mexico: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- Amacifuen, R. (2002). *Curado y protección de concretos colocados en climas fríos*. Lima, Perú.
- Amaru, I. (2002). *Estudio de la variación de la resistencia en compresión en concretos de alta resistencia debido al curado en laboratorio y bajo condiciones de obra*. Lima, Perú.
- Animales y Plantas de Perú. (2016). Obtenido de <https://animalesyplantasdeperu.blogspot.com/2016/02/ichu-stipa-ichu.html>
- Argos. (2013). *Sugerencia técnicas "Qué hacer cuando"*. Colombia.
- ASTM C-171. (2016). *Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete*. ASTM International.
- ASTM C-309. (2009). *Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete*. ASTM International.
- ASTM.C39. (2018). *Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto*.
- Choquenaira, I. (2013). *Diseño de concreto autocompactante con agregado angular y sub-redondeado utilizando aditivos de las marcas chema, sika y euco, en la ciudad de arequipa*. Arequipa, Perú.
- Contreras, S., & Velazco, C. (2018). *Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa*. Arequipa, Perú.
- EFENARC. (2002). *Especificaciones y Directrices Para el Concreto Autocompactable -HA C. Brian Poulson*, Europa.
- Garín, L., Pejoja, E., & Santilli, A. (2012). *"Influencia del curado en la resistencia a compresión del hormigón: estudio experimental"*. Madrid, España.
- Gonzales, A., Oseda, D., Ramirez, F., & Gave, J. (2011). *¿Aprender y enseñar investigación científica?* (Primera ed.). (J. J. Rojas, Ed.) Huncavelica, Perú: Universidad Nacional de Huncavelica.

- Medina, L., & Quispe, N. (2017). *Protección óptima en el proceso de curado y su influencia en la resistencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo*. Arequipa, Perú.
- Neville, A. M. (1999). *Tecnología del concreto* (Primera ed.). (A. C. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Ed.) México: M. en A Soledad Moliné Venanzi.
- NTP.334.009. (2016). *CEMENTOS. Cemento Pórtland. Requisitos* (sexta ed.). Lima, Perú.
- NTP.339.034. (2013). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concret*. Lima, Perú.
- NTP.339.084. (2016). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto*. Lima, Perú.
- NTP.339.086. (2016). *Los aditivos para el concreto*. Lima.
- NTP.339.088. (2016). *Agua para el concreto*. Lima.
- NTP.339.220. (2008). *Método de ensayo estándar para determinar la habilidad de paso del concreto auto compactado por el anillo J*. Lima, Perú.
- NTP.400.037. (2018). *Agregados para concreto*. Lima.
- Okamura, H. (1997). *Self-Compacting High-Performance*. Tokio.
- Palomo, M. (2017). *Ailstantes Térmicos. Criterios de selección*. Madrid, España: Universidad Politecnica de Madrid.
- Patrick, P., Kamal, K., Daniel, C., & Tremblay, S. (2005). *Structural performance of self-consolidating concrete used in confined concrete columns*.
- Pineda, H. (2003). *Diseño de mezcla de concreto autocompactante*. Lima, Perú: Univesidad Nacional de Ingeniería.
- Rigueira, J. (2007). *Estudio de la sensibilidad e influencia de la composición en las propiedades reológicas y mecánicas de los hormigones autocompactantes*. Valencia, España.
- Riwa, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto* (Primera ed.). Lima, Perú.
- Riwa, L. (2010). *Concreto Diseño de Mezclas* (1 ed., Vol. 2). Lima, Peru: ICG.
- Rodríguez, E. (2005). *Metodología de la Investigación*. Tabasco, México.
- Rodríguez, K. (2016). *Apliación del concreto autocompactante con aditivo incorporador de aire para el estudio de fisuras en losas de concreto armado*. (U. N. Perú, Ed.) Huancayo, Perú.
- Ruiz, P. (2006). *Influencia de los métodos comunes de curado en los especímenes de concreto de alto desempeño*. Lima, Perú.
- Sánchez, H., & Reyes, C. (1996). *Metodología y diseño de la investigacion científica*. Lima, Perú: Vision universitaria.
- Serret, N., Giralt-Ortega, G., & Quintero, M. (2016). *Caracterización de aserrín de diferentes maderas* (Vol. 36). (F. d. Química., Ed.) Santiago de Cuba.

Sullcaray, S. (2013). *Metodología de la investigación* (Primera ed.). Lima: Universidad Continental S.A.C. 2012.

Torres, A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto para ingenieros civiles*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

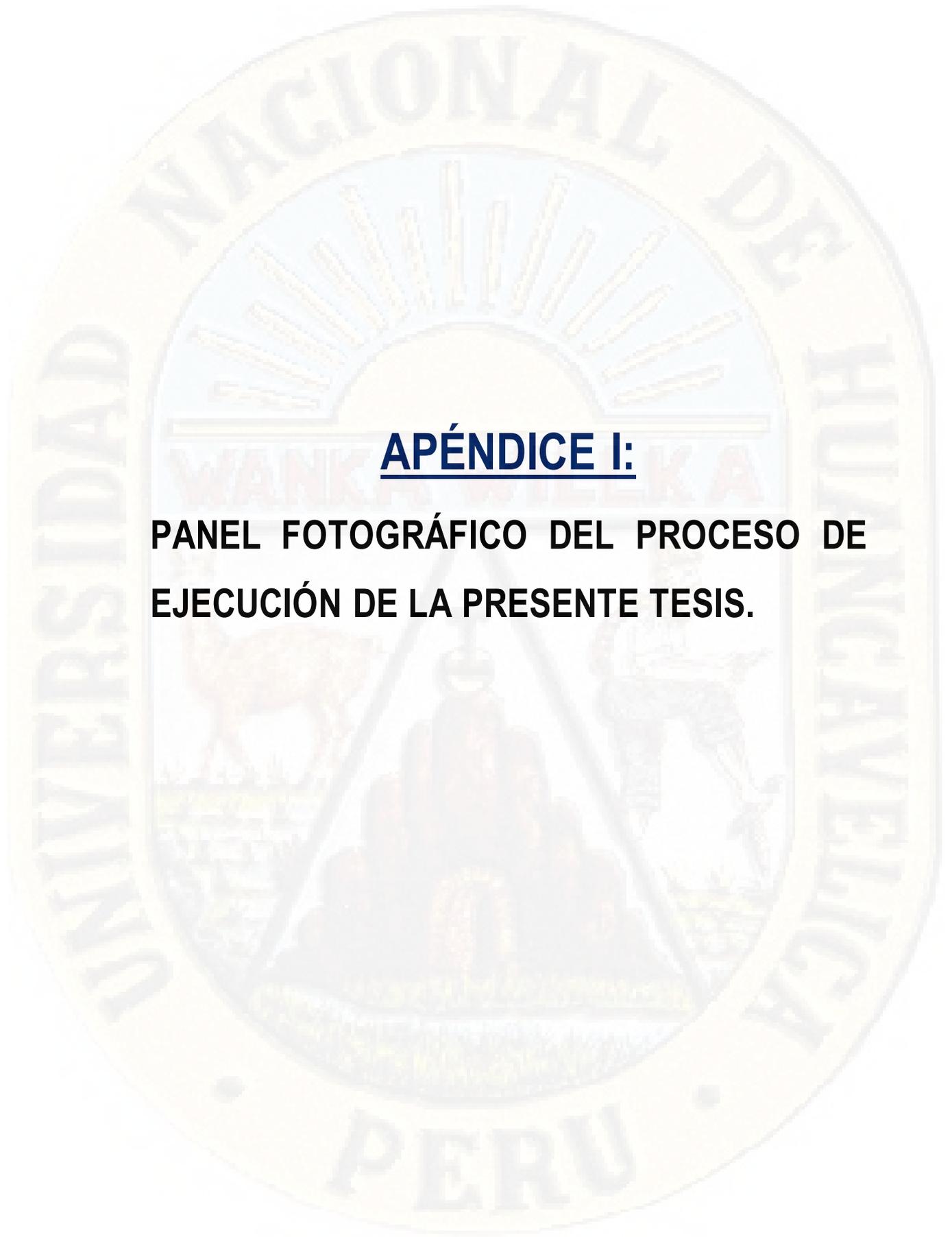
UNE.83361. (2007). *Hormigón autocompactante. Caracterización de la fluidez. Ensayo del escurrimiento*. España.

UNE.83364. (2007). *Hormigón autocompactante. Determinación del tiempo de flujo. Ensayo del embudo en V*. España.

Vilanova, Á. (2009). *Influencia de la dosificación y empleo de diferentes tipos de cemento y adiciones en las propiedades mecánicas del hormigón autocompactante*. Madrid, España: Escuela Técnica Superior De Ingenieros, de Caminos, Canales Y Puertos.

APÉNDICE

- **APÉNDICE I:** PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROCESO DE EJECUCIÓN DE LA PRESENTE TESIS.
- **APÉNDICE II:** RESULTADOS DEL ENSAYO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE (CAC) $F'c=210$ KG/CM²
- **APÉNDICE III:** DISEÑO DE MEZCLA $F'c=210$ KG/CM²
- **APÉNDICE IV:** ARTÍCULO CIENTÍFICO
- **APÉNDICE V:** CONSTANCIA DE USO DEL LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL – HUANCVELICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA.
- **APÉNDICE VI:** MATRIZ DE CONSISTENCIA
- **APÉNDICE VII:** FICHAS TÉCNICAS



APÉNDICE I:

**PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROCESO DE
EJECUCIÓN DE LA PRESENTE TESIS.**

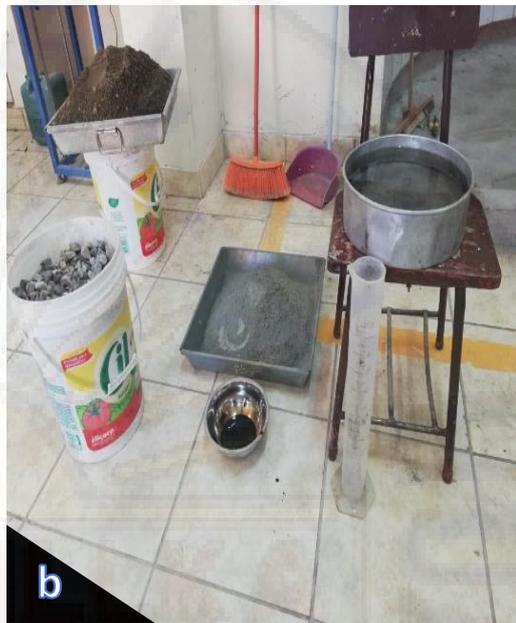


IMAGEN 1: (a) Pesado de materiales (b) materiales para el diseño de mezcla, (c) Elaboración de mezcla de un concreto autocompactante $f_c=210$ kg/cm² (d) Muestreo de probetas



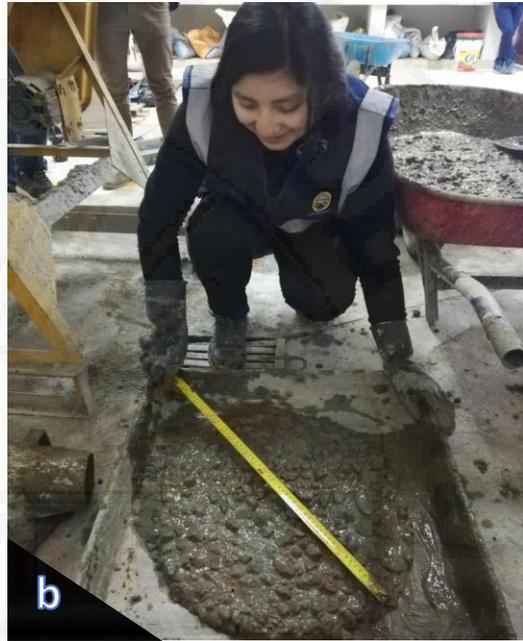


IMAGEN 02: Ensayos de control de un concreto autocompactante $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (a, b) fluidez de asentamiento, (c) ensayo del embudo y (d) ensayo de la caja L





IMAGEN 03: (a),(b),(c) y (d) Curado de probetas de concreto autocompactante $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (ichu stipa, aserrín, aislante térmico, aspersion, inmersión)





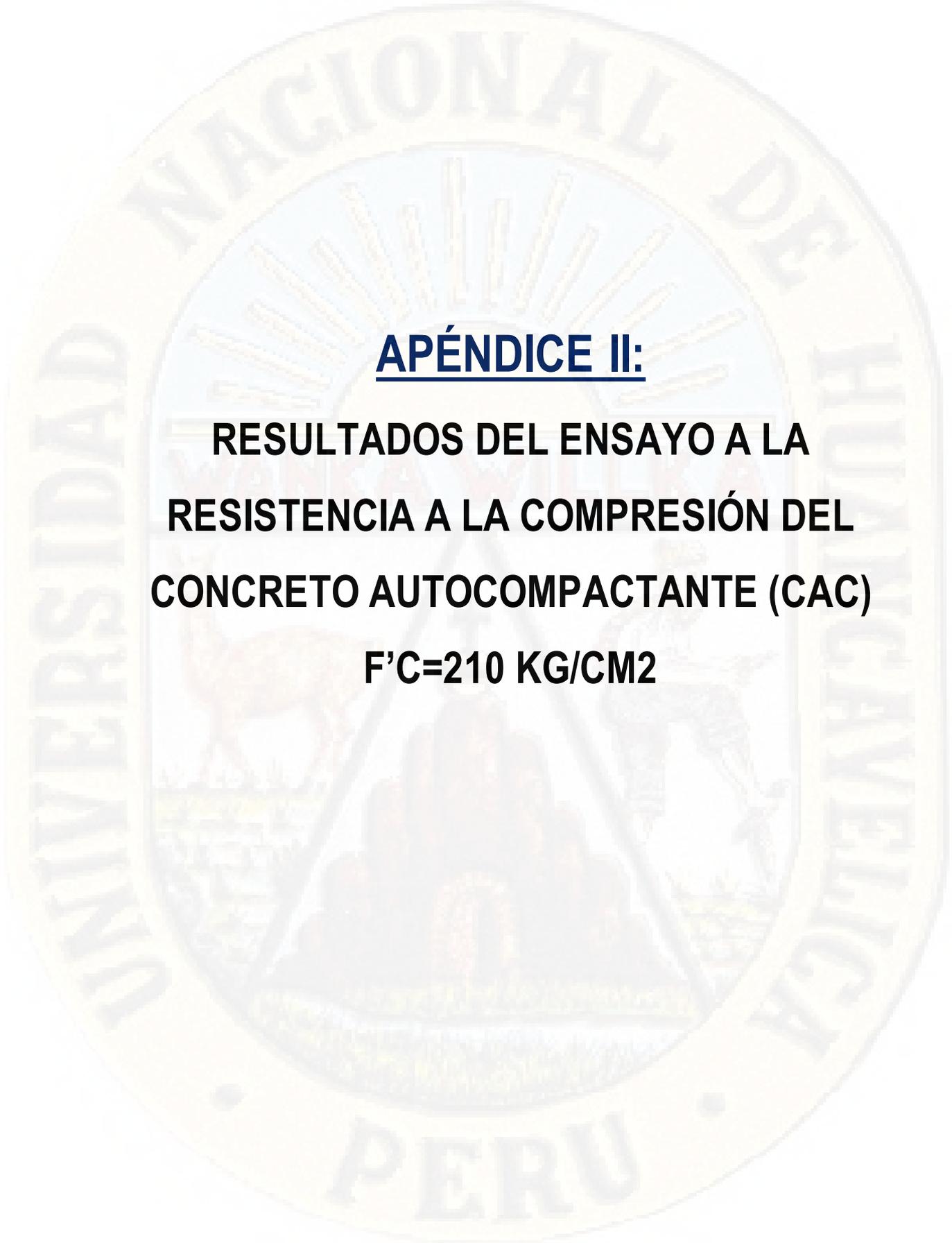
IMAGEN 04: (a), (b) y (c) Curado de probetas de concreto autocompactante $f'c=210$ kg/cm² (en laboratorio)





IMAGEN 05: (a) (b) Habilitado de testigos de concretos curados con ichu stipa, aislante térmico y aserrín (c) Ensayo de compresión de testigos de concreto en laboratorio (prensa digital)





APÉNDICE II:
**RESULTADOS DEL ENSAYO A LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE (CAC)**
 $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

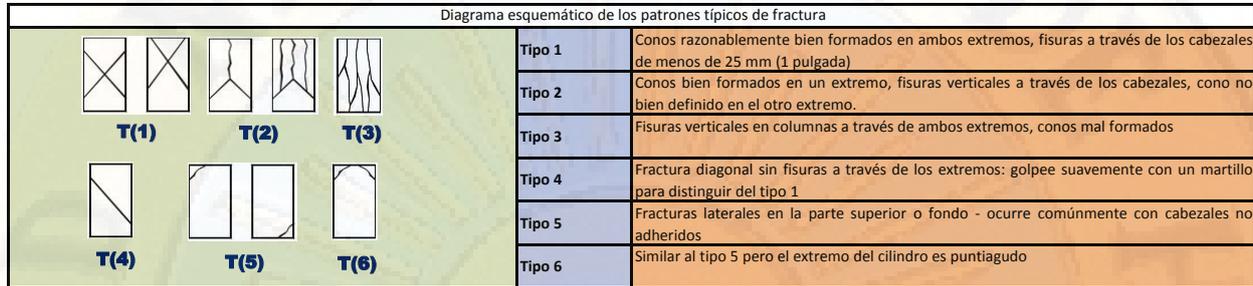
EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 31/08/2019

FECHA DE ROTURA: 03/09/2019

EDAD: 3

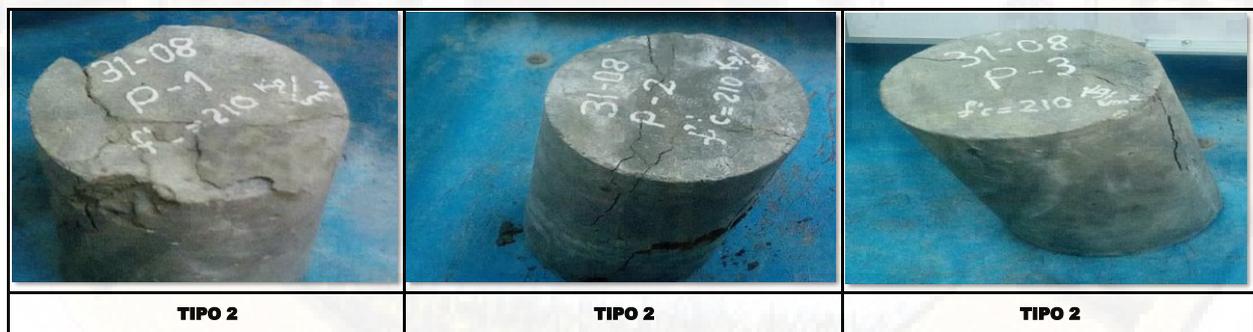
DÍAS:



CURADO EN LABORATORIO (ASTM C192) - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
1	P-1	31/08/2019	03/09/2019	14.987	176.41	3 DIAS	13,830	78.4	37.33%	76.53	36.44%
2	P-2	31/08/2019	03/09/2019	15.038	177.61	3 DIAS	13,820	77.81	37.05%		
3	P-3	31/08/2019	03/09/2019	14.954	175.63	3 DIAS	12,890	73.39	34.95%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 3 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

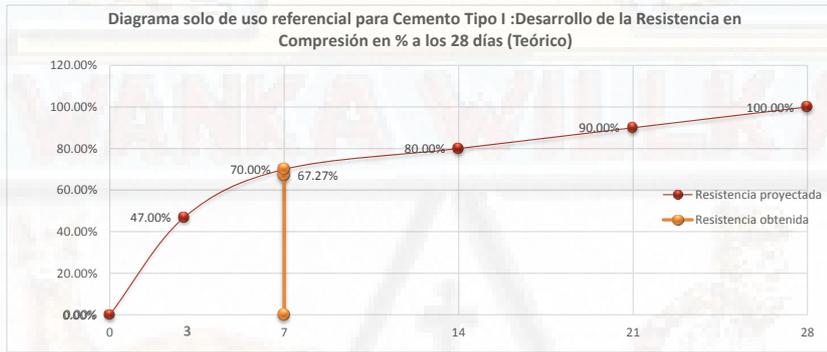
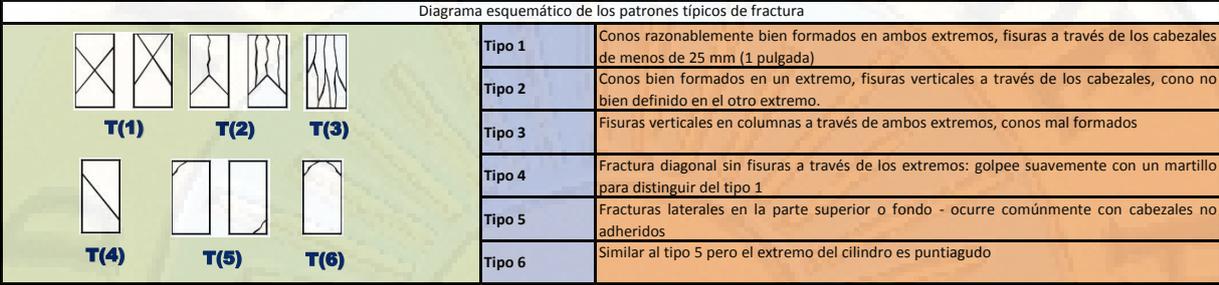
EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 31/08/2019

FECHA DE ROTURA: 07/09/2019

EDAD: 7

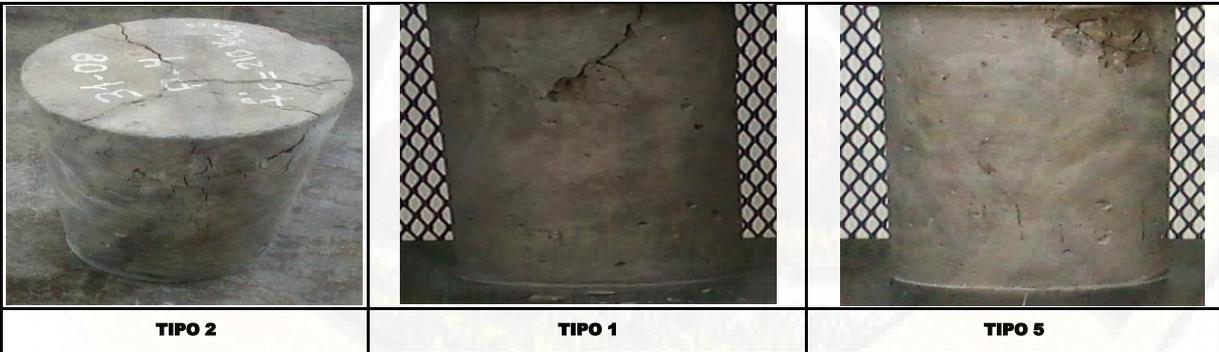
DÍAS:



CURADO EN LABORATORIO (ASTM C192) - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
1	P-4	31/08/2019	07/09/2019	15.026	177.33	7 DIAS	22,210	125.25	59.64%	141.27	67.27%
2	P-5	31/08/2019	07/09/2019	15.168	180.7	7 DIAS	28,220	156.17	74.37%		
3	P-6	31/08/2019	07/09/2019	15.115	179.43	7 DIAS	25,550	142.4	67.81%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 7 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'C = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS:

"INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS:	- Bach. Inés Ximena Reyes Quispe - Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe	EFECTUADO:	2019
-----------	--	------------	------

FECHA DE MOLDEO:	31/08/2019	EDAD:	14
FECHA DE ROTURA:	14/09/2019		DÍAS

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

<p>T(1) T(2) T(3)</p> <p>T(4) T(5) T(6)</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Tipo 1</td> <td>Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)</td> </tr> <tr> <td>Tipo 2</td> <td>Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.</td> </tr> <tr> <td>Tipo 3</td> <td>Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados</td> </tr> <tr> <td>Tipo 4</td> <td>Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1</td> </tr> <tr> <td>Tipo 5</td> <td>Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos</td> </tr> <tr> <td>Tipo 6</td> <td>Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo</td> </tr> </table>	Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)	Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.	Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados	Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1	Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos	Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo
Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)												
Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.												
Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados												
Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1												
Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos												
Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo												



CURADO EN LABORATORIO (ASTM C192) - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
1	P-14	31/08/2019	14/09/2019	15.128	179.74	14 DIAS	30,850	171.64	81.73%	176.84	84.21%
2	P-8	31/08/2019	14/09/2019	15.163	180.58	14 DIAS	30,000	166.13	79.11%		
3	P-7	31/08/2019	14/09/2019	15.118	179.51	14 DIAS	34,600	192.75	91.79%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'C = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS:	- Bach. Inés Ximena Reyes Quispe - Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe	EFECTUADO:	2019
-----------	--	------------	------

FECHA DE MOLDEO:	31/08/2019	EDAD:	21	DÍAS
FECHA DE ROTURA:	21/09/2019			

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

<p>T(1)</p>	<p>T(2)</p>	<p>T(3)</p>
<p>T(4)</p>	<p>T(5)</p>	<p>T(6)</p>



CURADO EN LABORATORIO (ASTM C192) - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm2

Probeta N°	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
1	CAC-15	31/08/2019	21/09/2019	15.183	181.05	21 DIAS	40,570	224.08	106.70%	212.70	101.28%
2	CAC-12	31/08/2019	21/09/2019	15.145	180.15	21 DIAS	37,340	207.27	98.70%		
3	CAC-10	31/08/2019	21/09/2019	15.14	180.03	21 DIAS	37,220	206.74	98.45%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 21 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'C = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



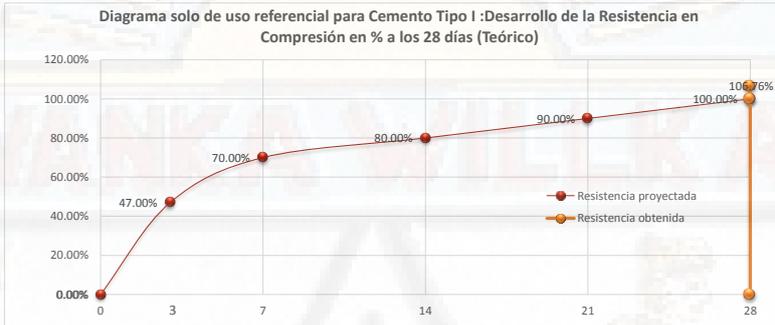
TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 31/08/2019 **EDAD:** 28 **DÍAS**

FECHA DE ROTURA: 28/09/2019



CURADO EN LABORATORIO (ASTM C192) - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
1	CAC-09	31/08/2019	28/09/2019	15.182	181.03	28 DIAS	42,330	233.83	111.35%	224.20	106.76%
2	CAC-11	31/08/2019	28/09/2019	15.177	180.91	28 DIAS	37,830	209.11	99.58%		
3	CAC-13	31/08/2019	28/09/2019	15.174	180.84	28 DIAS	41,530	229.65	109.36%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



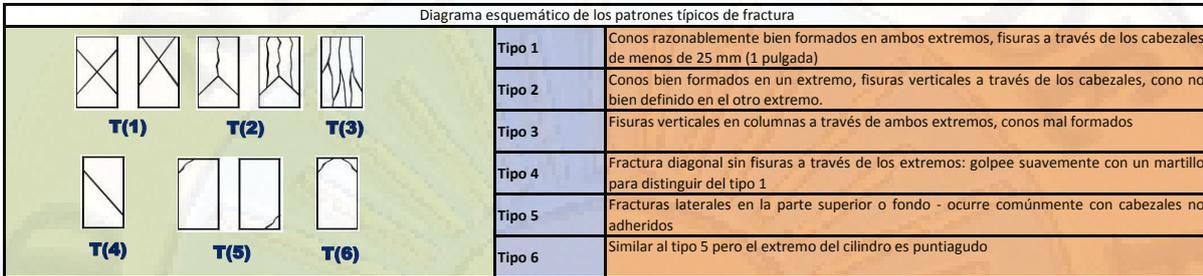
TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 16/08/2019
FECHA DE ROTURA: 19/08/2019

EDAD: 3 DÍAS



CURADO EN LABORATORIO CONCRETO CONVENCIONAL F'c = 210 Kg/cm2 (ASTM C192)

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
1	CONV-1	16/08/2019	19/08/2019	15.104	179.174	3 DIAS	22,090	123.29	58.71%	117.02	55.72%
2	CONV-2	16/08/2019	19/08/2019	15.153	180.338	3 DIAS	20,010	110.96	52.84%		
3	CONV-3	16/08/2019	19/08/2019	15.144	180.124	3 DIAS	21,040	116.81	55.62%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 3 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS:	- Bach. Inés Ximena Reyes Quispe - Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe	EFFECTUADO:	2019
------------------	--	--------------------	------

FECHA DE MOLDEO:	15/08/2019	EDAD:	7	DÍAS
FECHA DE ROTURA:	22/08/2019			

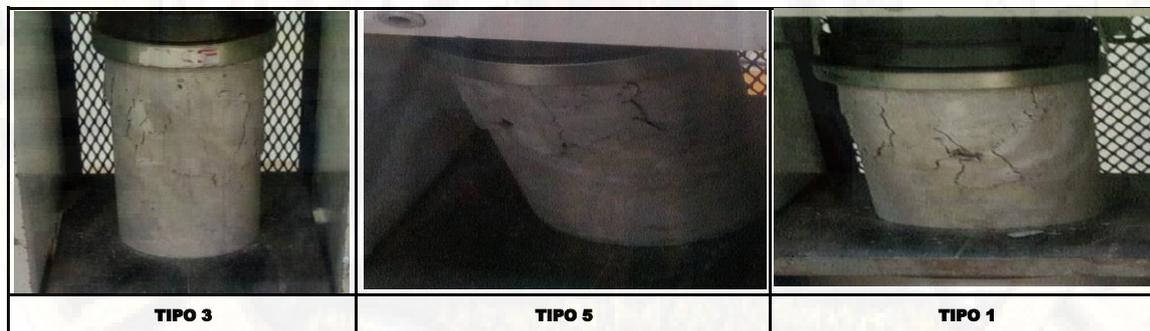
Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura	
 T(1)	Tipo 1 Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
 T(2)	Tipo 2 Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo.
 T(3)	Tipo 3 Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
 T(4)	Tipo 4 Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
 T(5)	Tipo 5 Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
 T(6)	Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO EN LABORATORIO CONCRETO CONVENCIONAL F'c = 210 Kg/cm² (ASTM C192)

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm ²	%
								F'c Kg/cm ²	%		
3	CONV-4	15/08/2019	22/08/2019	15.203	181.530	7 DIAS	31,970	176.11	83.86%	156.16	74.36%
4	CONV-5	15/08/2019	22/08/2019	15.18	180.981	7 DIAS	31,130	172.01	81.91%		
5	CONV-6	22/08/2019	29/08/2019	15.239	182.391	7 DIAS	21,950	120.35	57.31%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 7 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm²





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C-39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 23/08/2019 **EDAD:** 14 **DÍAS**

FECHA DE ROTURA: 06/09/2019

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

 T(1)	 T(2)	 T(3)
 T(4)	 T(5)	 T(6)

Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo.
Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO EN LABORATORIO CONCRETO CONVENCIONAL F'c = 210 Kg/cm2 (ASTM C192)

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
6	CONV-7	15/08/2019	29/08/2019	15.173	180.814	14 DIAS	38,320	211.93	100.92%	184.92	88.06%
7	CONV-8	23/08/2019	06/09/2019	15.026	177.328	14 DIAS	31,470	177.47	84.51%		
8	CONV-9	23/08/2019	06/09/2019	15.175	180.862	14 DIAS	29,910	165.37	78.75%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

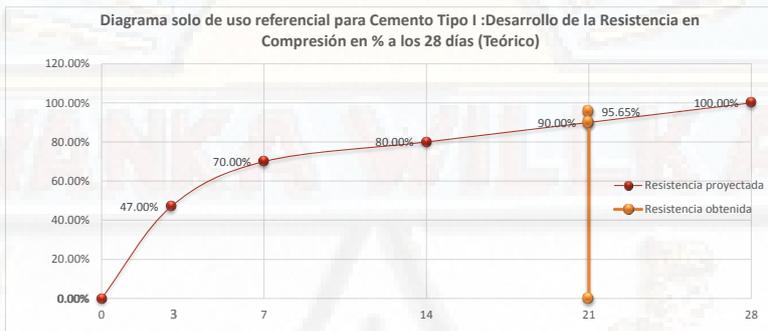
EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 22/08/2019 **EDAD:** 21 **DÍAS**

FECHA DE ROTURA: 12/09/2019

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

			Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)	
			Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.	
				Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
				Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
				Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
				Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO EN LABORATORIO CONCRETO CONVENCIONAL F'c = 210 Kg/cm² (ASTM C192)

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm ²	%
								F'c Kg/cm ²	%		
9	CONV-10	16/08/2019	06/09/2019	15.1635	180.588	21 DIAS	44,590	246.92	117.58%	200.86	95.65%
10	CONV-11	22/08/2019	12/09/2019	15.079	178.581	21 DIAS	34,700	194.31	92.53%		
11	CONV-12	22/08/2019	12/09/2019	15.049	177.871	21 DIAS	28,700	161.35	76.83%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 21 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm²





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 15/08/2019

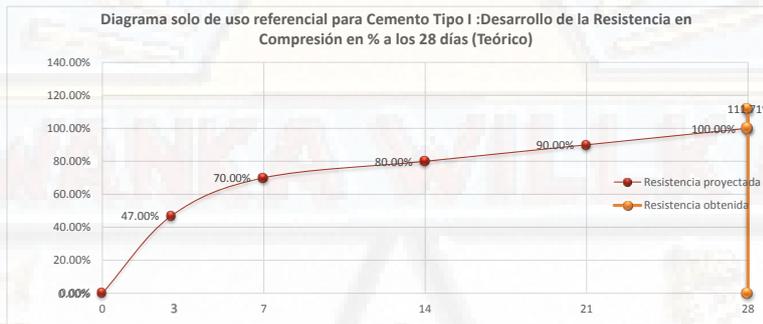
FECHA DE ROTURA: 12/09/2019

EDAD: 28

DÍAS

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

	T(1)	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
	T(2)	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo.
	T(3)	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
	T(4)	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
	T(5)	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
	T(6)	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO EN LABORATORIO CONCRETO CONVENCIONAL F'C = 210 Kg/cm² (ASTM C192)

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm ²	%
								F'c Kg/cm ²	%		
12	CONV-7	15/08/2019	12/09/2019	15.188	181.17	28 DIAS	44,020	242.97	115.70%	234.59	111.71%
13	CONV-16	15/08/2019	12/09/2019	15.175	180.86	28 DIAS	41,200	227.8	108.48%		
14	CONV-2	23/08/2019	20/09/2019	15.146	180.17	28 DIAS	41,980	233	110.95%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'C = 210 Kg/cm²





**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO
(ASTM C -39)**



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

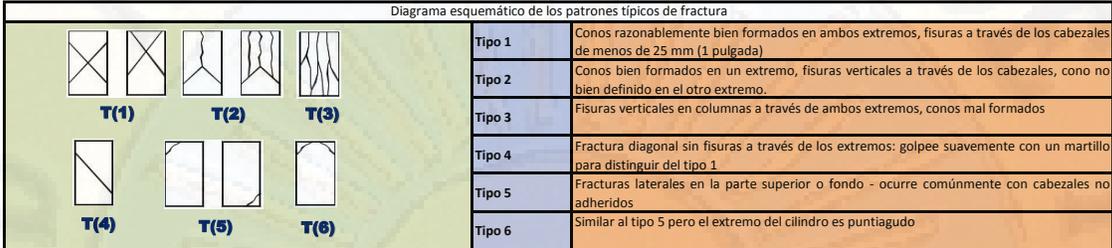
TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 26/08/2019

FECHA DE ROTURA: 29/08/2019

EDAD: 3 DÍAS



CURADO CON ICHU STIPA- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
1	I-14	26/08/2019	29/08/2019	15.119	179.530	3 DIAS	13,070	72.8	34.67%	76.94	36.64%
2	I-2	26/08/2019	29/08/2019	15.153	180.338	3 DIAS	14,220	78.85	37.55%		
3	I-3	26/08/2019	29/08/2019	14.99	176.479	3 DIAS	13,970	79.16	37.70%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 3 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'C = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



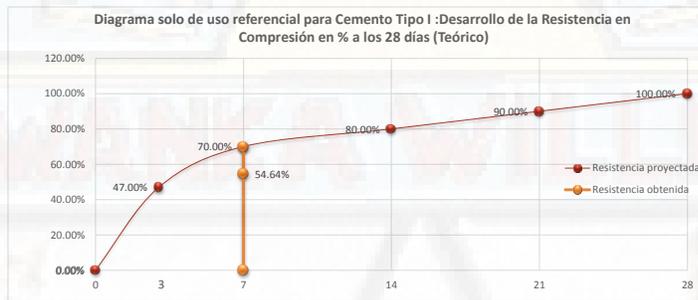
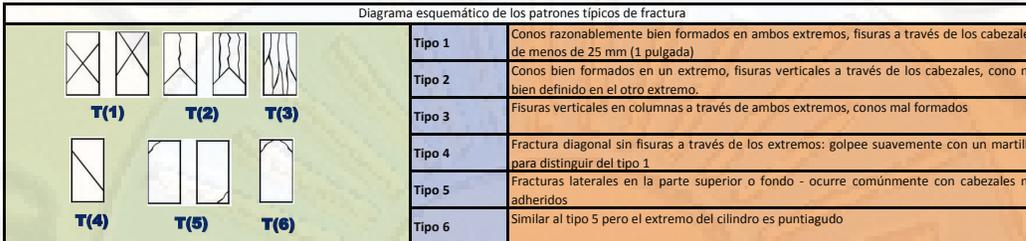
TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 30/08/2019 **EDAD:** 7 **DÍAS**

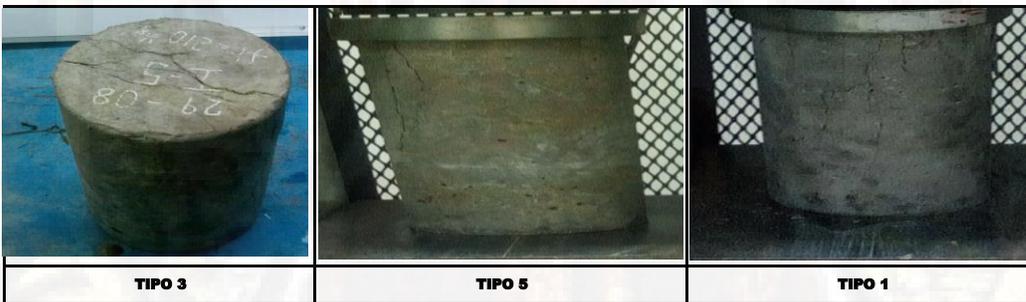
FECHA DE ROTURA: 06/09/2019



CURADO CON ICHU STIPA - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
3	I-4	30/08/2019	06/09/2019	15.087	178.770	7 DIAS	20,310	113.61	54.10%	114.74	54.64%
4	I-13	30/08/2019	06/09/2019	15.124	179.648	7 DIAS	22,250	123.85	58.98%		
5	I-6	30/08/2019	06/09/2019	15.042	177.706	7 DIAS	18,970	106.75	50.83%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 7 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'C = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO
(ASTM C -39)



TESIS:

"INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS:

- Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFFECTUADO:

2019

FECHA DE MOLDEO:

29/08/2019

EDAD:

14

DÍAS

FECHA DE ROTURA:

12/09/2019

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

			Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
			Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.
			Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
			Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
			Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
			Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

Diagrama solo de uso referencial para Cemento Tipo I :Desarrollo de la Resistencia en Compresión en % a los 28 días (Teórico)



CURADO CON ICHU STIPA - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
6	I-7	29/08/2019	12/09/2019	15.133	179.862	14 DIAS	24,380	135.55	64.55%	127.85	60.88%
7	I-5	29/08/2019	12/09/2019	15.052	177.942	14 DIAS	20,630	115.94	55.21%		
8	I-9	29/08/2019	12/09/2019	15.119	179.530	14 DIAS	23,710	132.07	62.89%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2



TIPO DE FALLA: 5



TIPO DE FALLA: 3



TIPO DE FALLA: 3



UNM ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
Tipo: Probetas de los moldes de curado en la zona fría de un concreto autocompactante en zonas frías.
ESPECIMEN: I-5
RESISTENCIA: 240 Kg/cm²
FECHA: 12/09/19
MÉTODO: CURADO CON ICHU



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 29/08/2019
FECHA DE ROTURA: 19/09/2019

EDAD: 21 DÍAS

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

	T(1)	Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
	T(2)	Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo.
	T(3)	Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
	T(4)	Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
	T(5)	Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
	T(6)	Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO CON ICHU STIPA - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F_c = 210 Kg/cm²

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F _c Kg/cm ²	%
								F _c Kg/cm ²	%		
9	I-10	29/08/2019	19/09/2019	15.161	180.528	21 DIAS	25,580	141.7	67.48%	151.77	72.27%
10	I-11	29/08/2019	19/09/2019	15.0675	178.309	21 DIAS	28,820	161.63	76.97%		
11	I-08	29/08/2019	19/09/2019	15.035	177.540	21 DIAS	26,980	151.97	72.37%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 21 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F_c = 210 Kg/cm²





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: Bach. Inés Ximena Reyes Quispe / Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe EFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 29/08/2019 EDAD: 28 DÍAS
FECHA DE ROTURA: 26/09/2019

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

			Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
			Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.
			Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
			Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
			Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
			Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO CON ICHU STIPA - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
12	I-1	29/08/2019	26/09/2019	15.218	181.89	28 DIAS	36,150	198.75	94.64%	202.19	96.28%
13	I-12	29/08/2019	26/09/2019	14.995	176.60	28 DIAS	34,450	195.08	92.90%		
14	I-15	29/08/2019	26/09/2019	15.085	178.72	28 DIAS	38,020	212.73	101.30%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'C = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

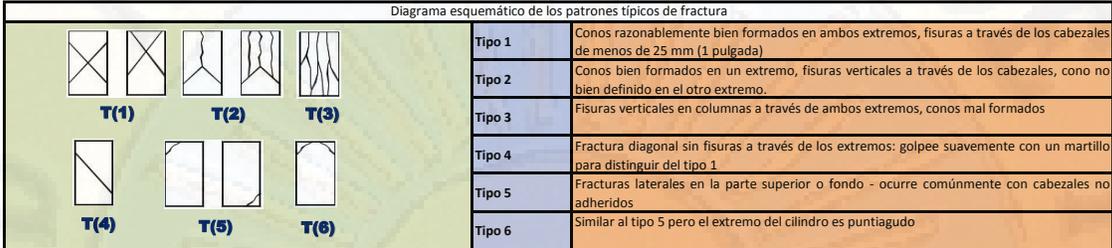
EFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 26/08/2019

FECHA DE ROTURA: 29/08/2019

EDAD: 3

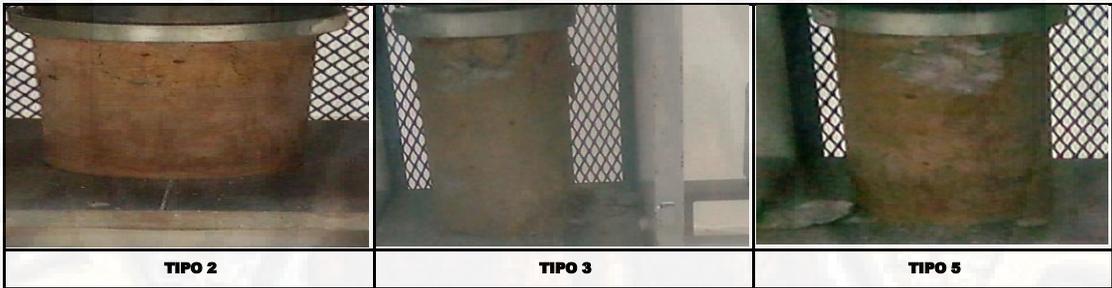
DÍAS:



CURADO CON ASERRÍN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
1	A-1	26/08/2019	29/08/2019	15.136	179.93	3 DIAS	15,350	85.31	40.62%	84.61	40.29%
2	A-5	26/08/2019	29/08/2019	15.055	178.01	3 DIAS	14,920	83.81	39.91%		
3	A-6	26/08/2019	29/08/2019	15.125	179.67	3 DIAS	15,220	84.71	40.34%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 3 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'C = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



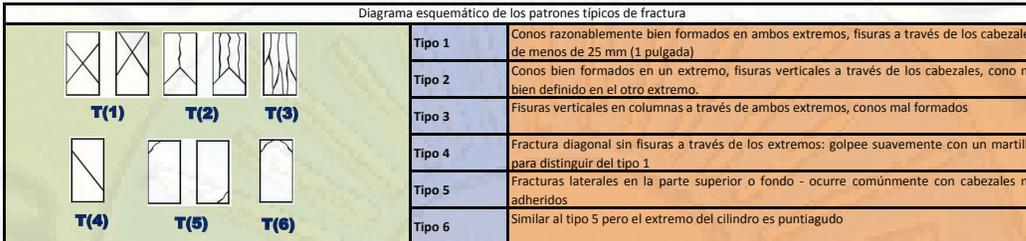
TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 22/08/2019 **EDAD:** 7 **DÍAS**

FECHA DE ROTURA: 29/08/2019



CURADO CON ASERRÍN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
3	A-10	22/08/2019	29/08/2019	15.075	178.486	7 DIAS	17,370	97.32	46.34%	101.28	48.23%
4	A-13	22/08/2019	29/08/2019	14.985	176.361	7 DIAS	16,900	95.83	45.63%		
5	A-14	22/08/2019	29/08/2019	15.179	180.957	7 DIAS	20,030	110.69	52.71%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 7 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 23/08/2019

FECHA DE ROTURA: 06/09/2019

EDAD: 14

DÍAS

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

			Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
			Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.
			Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
			Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
			Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
			Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO CON ASERRÍN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
6	A-3	23/08/2019	06/09/2019	15.06	178.131	14 DIAS	26,510	148.82	70.87%	147.59	70.28%
7	A-4	23/08/2019	06/09/2019	15.169	180.719	14 DIAS	27,190	150.45	71.64%		
8	A-2	24/08/2019	07/09/2019	15.104	179.174	14 DIAS	25,710	143.49	68.33%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 23/08/2019 EDAD: 21 DÍAS
FECHA DE ROTURA: 13/09/2019

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

T(1)	T(2)	T(3)
T(4)	T(5)	T(6)

Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo.
Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO CON ASERRIN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
9	A-8	23/08/2019	13/09/2019	15.141	180.052	21 DIAS	30,370	168.67	80.32%	154.13	73.40%
10	A-7	23/08/2019	13/09/2019	15.119	179.530	21 DIAS	24,260	135.13	64.35%		
11	A-12	23/08/2019	13/09/2019	15.15	180.267	21 DIAS	28,590	158.6	75.52%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 21 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: **Bach. Inés Ximena Reyes Quispe**
Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe EFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 23/08/2019 EDAD: 28 DÍAS
FECHA DE ROTURA: 20/09/2019

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

			Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
			Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.
			Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
			Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
			Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
			Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO CON ASERRIN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
12	A-15	23/08/2019	20/09/2019	15.1	179.08	28 DIAS	33,120	184.95	88.07%	187.40	89.24%
13	A-9	23/08/2019	20/09/2019	15.143	180.10	28 DIAS	34,880	193.67	92.22%		
14	A-11	23/08/2019	20/09/2019	15.119	179.53	28 DIAS	32,960	183.59	87.42%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'C = 210 Kg/cm2





**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO
(ASTM C -39)**



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

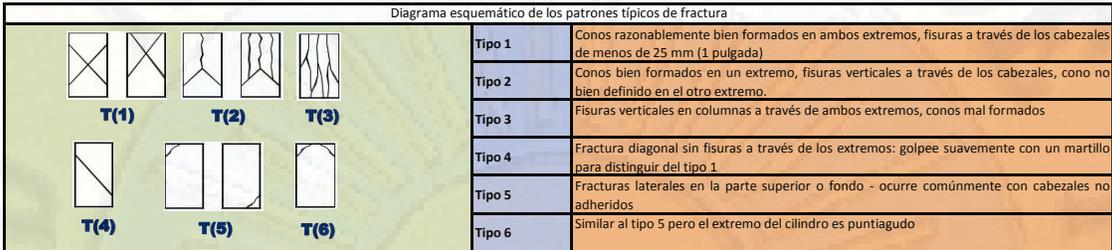
EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 30/08/2019

FECHA DE ROTURA: 02/09/2019

EDAD: 3

DÍAS:



CURADO CON AISLANTE TÉRMICO- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
1	AT-1	30/08/2019	02/09/2019	15.152	180.31	3 DIAS	9,360	51.91	24.72%	65.51	31.20%
2	AT-2	30/08/2019	02/09/2019	15.006	176.86	3 DIAS	12,320	69.66	33.17%		
3	AT-3	30/08/2019	02/09/2019	15.115	179.43	3 DIAS	13,450	74.96	35.70%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 3 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



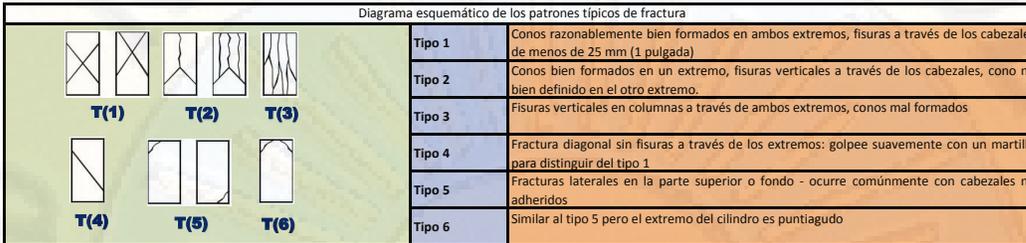
TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 30/08/2019 **EDAD:** 7 **DÍAS**

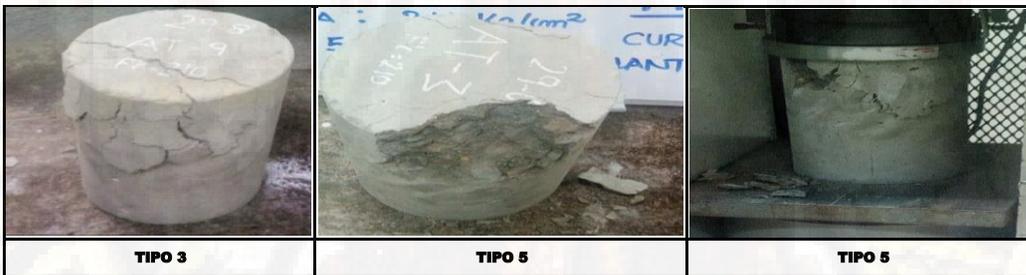
FECHA DE ROTURA: 06/09/2019



CURADO CON AISLANTE TÉRMICO- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
3	AT-4	30/08/2019	06/09/2019	15.164	180.600	7 DIAS	23,550	130.4	62.10%	120.09	57.19%
4	AT-5	30/08/2019	06/09/2019	15.05	177.895	7 DIAS	19,150	107.65	51.26%		
5	AT-6	30/08/2019	06/09/2019	15.09	178.842	7 DIAS	21,860	122.23	58.20%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 7 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS:

"INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS:

- Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFECTUADO:

2019

FECHA DE MOLDEO:

29/08/2019

FECHA DE ROTURA:

12/09/2019

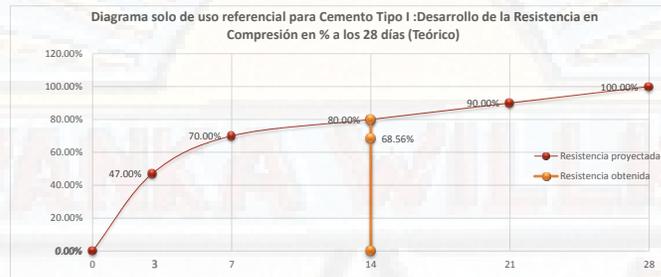
EDAD:

14

DÍAS

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

	Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
	Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, pero no bien definidos en el otro extremo.
	Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
	Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir el tipo 1
	Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
	Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO CON AISLANTE TÉRMICO- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm²

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm ²	%
								F'c Kg/cm ²	%		
6	AT-7	29/08/2019	12/09/2019	15.193	181.291	14 DIAS	26,700	147.28	70.13%	143.98	68.56%
7	AT-8	29/08/2019	12/09/2019	15.16	180.505	14 DIAS	24,080	133.4	63.52%		
8	AT-9	29/08/2019	12/09/2019	15.14	180.029	14 DIAS	27,230	151.25	72.02%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm²



TIPO DE FALLA: 2



TIPO DE FALLA: 3



TIPO DE FALLA: 6





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 29/08/2019

FECHA DE ROTURA: 19/09/2019

EDAD: 21 DÍAS

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

	T(1)	Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
	T(2)	Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo.
	T(3)	Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
	T(4)	Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
	T(5)	Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
	T(6)	Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO CON AISLANTE TÉRMICO- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F_c = 210 Kg/cm²

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F _c Kg/cm ²	%
								F _c Kg/cm ²	%		
9	AT-10	29/08/2019	19/09/2019	15.138	179.981	21 DIAS	28,110	156.18	74.37%	159.29	75.85%
10	AT-11	29/08/2019	19/09/2019	15.186	181.124	21 DIAS	27,790	153.43	73.06%		
11	AT-12	29/08/2019	19/09/2019	15.09	178.842	21 DIAS	30,090	168.25	80.12%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 21 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F_c = 210 Kg/cm²





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: **Bach. Inés Ximena Reyes Quispe** EFECTUADO: 2019
Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

FECHA DE MOLDEO: 29/08/2019 EDAD: 28 DÍAS
 FECHA DE ROTURA: 26/09/2019

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

	Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
	Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, pero no definidas en el otro extremo.
	Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
	Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
	Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
	Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO CON AISLANTE TÉRMICO- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm²

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm ²	%
								F'c Kg/cm ²	%		
12	A-13	29/08/2019	26/09/2019	15.175	180.86	28 DIAS	36,680	202.81	96.58%	199.22	94.87%
13	A-14	29/08/2019	26/09/2019	15.165	180.62	28 DIAS	33,020	182.81	87.05%		
14	A-15	29/08/2019	26/09/2019	15.12	179.55	28 DIAS	38,070	212.03	100.97%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'C = 210 Kg/cm²





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



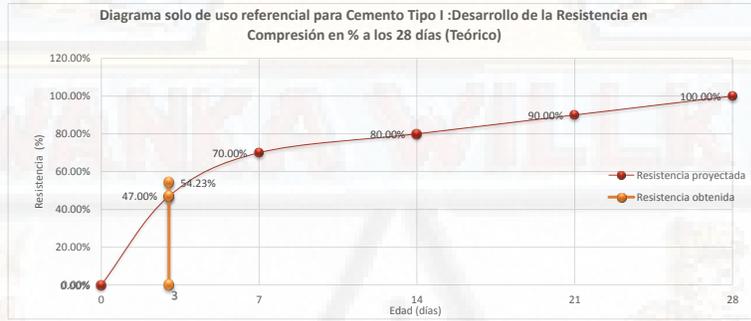
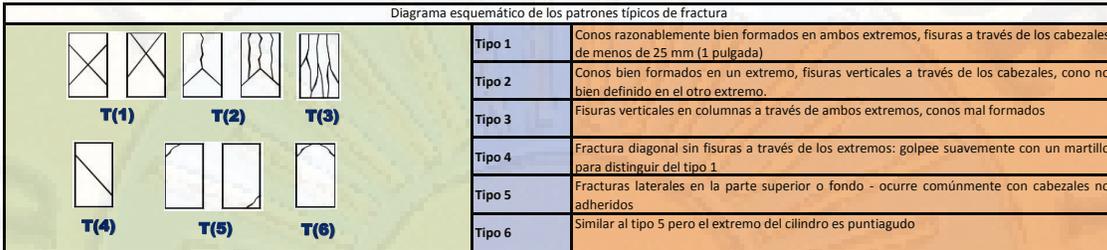
TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 30/08/2019 **EDAD:** 3 **DÍAS**

FECHA DE ROTURA: 02/09/2019



CURADO POR ASPERSIÓN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
1	IT-1	30/08/2019	02/09/2019	15.188	181.17	3 DIAS	18,850	104.04	49.54%	113.89	54.23%
2	IT-2	30/08/2019	02/09/2019	15.106	179.22	3 DIAS	21,780	121.53	57.87%		
3	IT-3	30/08/2019	02/09/2019	13.63	145.91	3 DIAS	16,940	116.1	55.29%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 3 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



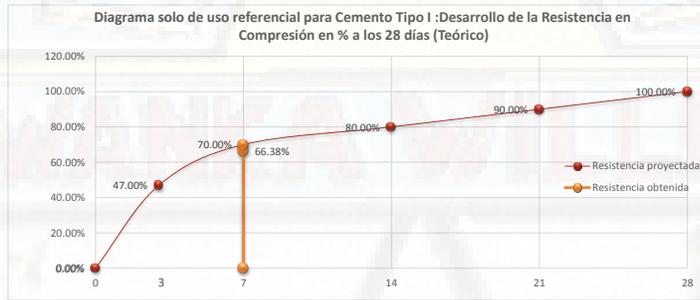
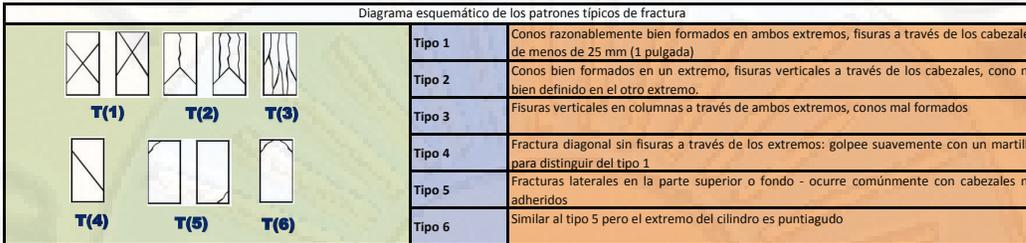
TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
 - Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 30/08/2019 EDAD: 7 DÍAS

FECHA DE ROTURA: 06/09/2019



CURADO POR ASPERSIÓN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
3	IT-13	30/08/2019	06/09/2019	15.173	180.814	7 DIAS	22,910	126.7	60.33%	139.39	66.38%
4	IT-14	30/08/2019	06/09/2019	15.04	177.658	7 DIAS	25,480	143.42	68.30%		
5	IT-15	30/08/2019	06/09/2019	15.07	178.368	7 DIAS	26,410	148.06	70.50%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 7 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO
(ASTM C -39)



TESIS:

"INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS:

- Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFEITUADO:

2019

FECHA DE MOLDEO:

30/08/2019

EDAD:

14

DÍAS

FECHA DE ROTURA:

13/09/2019

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

			Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
			Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.
			Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
			Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
			Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
			Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

Diagrama solo de uso referencial para Cemento Tipo I :Desarrollo de la Resistencia en Compresión en % a los 28 días (Teórico)



CURADO POR ASPERSIÓN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
6	IT-7	30/08/2019	13/09/2019	15.126	179.696	14 DIAS	27,110	150.87	71.84%	144.39	68.76%
7	IT-8	30/08/2019	13/09/2019	14.975	176.126	14 DIAS	25,580	145.24	69.16%		
8	IT-9	30/08/2019	13/09/2019	15	176.715	14 DIAS	24,220	137.06	65.27%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2



TIPO DE FALLA: 5

TIPO DE FALLA : 6

TIPO DE FALLA: 5





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 30/08/2019
FECHA DE ROTURA: 20/09/2019

EDAD: 21 DÍAS

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

	T(1)	Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
	T(2)	Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo.
	T(3)	Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
	T(4)	Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
	T(5)	Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
	T(6)	Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO POR ASPERSIÓN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
9	IT-10	30/08/2019	20/09/2019	15.007	176.880	21 DIAS	27,160	153.55	73.12%	157.58	75.04%
10	IT-11	30/08/2019	20/09/2019	15.094	178.936	21 DIAS	27,720	154.92	73.77%		
11	IT-12	30/08/2019	20/09/2019	15.09	178.842	21 DIAS	29,380	164.28	78.23%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 21 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 30/08/2019
FECHA DE ROTURA: 27/09/2019

EDAD: 28 DÍAS

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

			Tipo 1	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
			Tipo 2	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.
			Tipo 3	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
			Tipo 4	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
			Tipo 5	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
			Tipo 6	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO POR ASPERSIÓN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
12	IT-4	30/08/2019	27/09/2019	15.17	180.74	28 DIAS	29,540	163.44	77.83%	186.25	88.69%
13	IT-5	30/08/2019	27/09/2019	15.169	180.72	28 DIAS	32,890	182	86.67%		
14	IT-6	31/08/2019	28/09/2019	15.177	180.91	28 DIAS	38,590	213.31	101.58%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



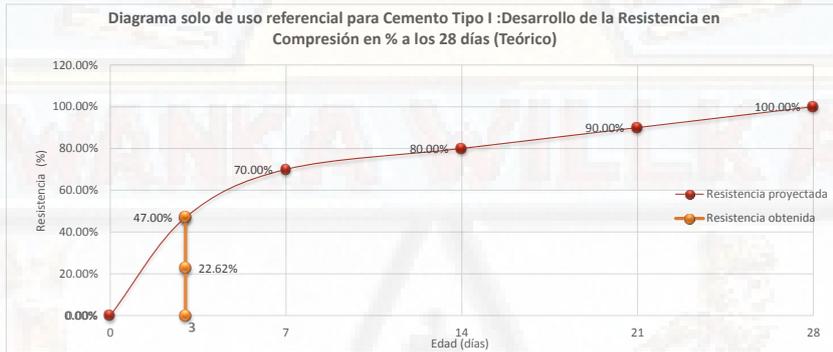
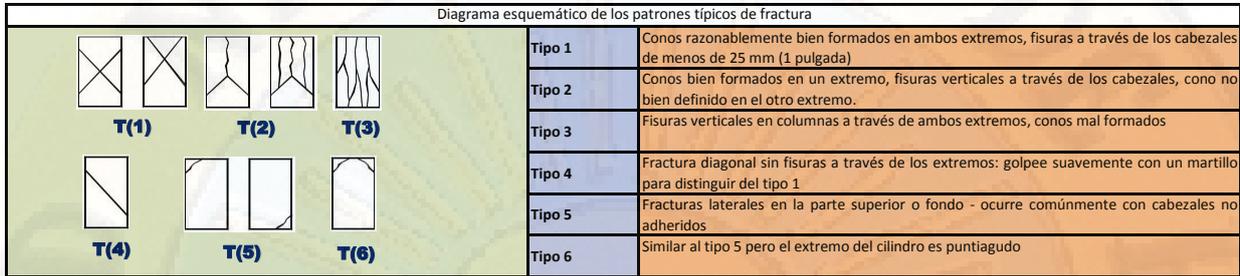
TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 30/08/2019
FECHA DE ROTURA: 02/09/2019

EDAD: 3 **DÍAS**



CURADO POR INMERSIÓN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
1	S-1	30/08/2019	02/09/2019	15.183	181.05	3 DIAS	8,190	45.24	21.54%	47.51	22.62%
2	S-2	30/08/2019	02/09/2019	15.143	180.10	3 DIAS	8,090	44.92	21.39%		
3	S-12	30/08/2019	02/09/2019	15.14	180.03	3 DIAS	9,430	52.38	24.94%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 3 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS:

"INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS:	- Bach. Inés Ximena Reyes Quispe - Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe	EFECTUADO:	2019
-----------	--	------------	------

FECHA DE MOLDEO:	30/08/2019	EDAD:	7	DÍAS
FECHA DE ROTURA:	06/09/2019			

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura	
 T(1)	Tipo 1 Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
 T(2)	Tipo 2 Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo.
 T(3)	Tipo 3 Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
 T(4)	Tipo 4 Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
 T(5)	Tipo 5 Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
 T(6)	Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO POR INMERSIÓN.- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm²

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm ²)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del espécimen		Resistencia específica F'c Kg/cm ²	%
								F'c Kg/cm ²	%		
3	S-9	30/08/2019	06/09/2019	15.178	180.933	7 DIAS	17,220	95.17	45.32%	100.19	47.71%
4	S-7	30/08/2019	06/09/2019	15.064	178.226	7 DIAS	16,840	94.49	45.00%		
5	S-10	30/08/2019	06/09/2019	15.1	179.079	7 DIAS	19,860	110.9	52.81%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 7 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm²





**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO
(ASTM C-39)**



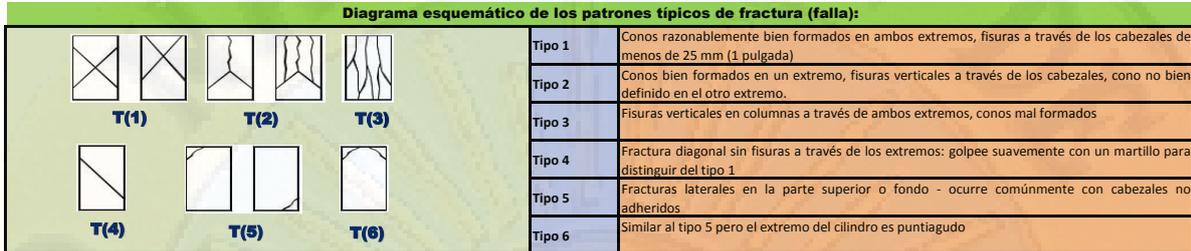
TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 30/08/2019 **EDAD:** 14 **DÍAS**

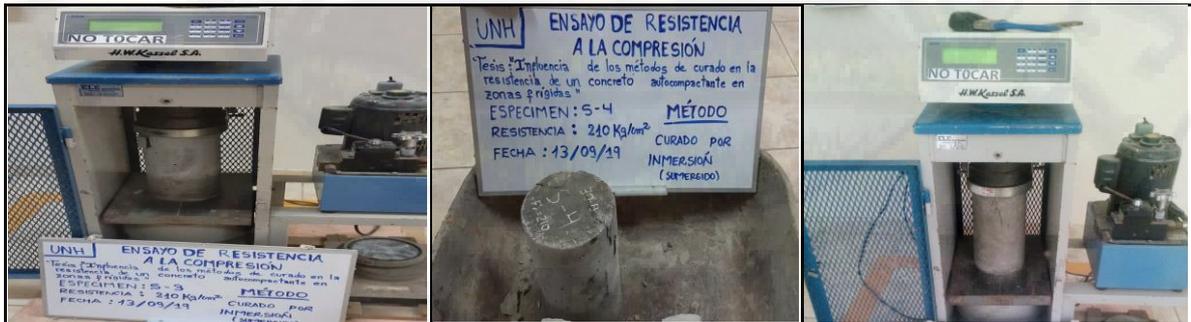
FECHA DE ROTURA: 13/09/2019



CURADO POR INMERSIÓN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
6	S-3	30/08/2019	13/09/2019	15.182	181.029	14 DIAS	24,990	138.04	65.73%	137.56	65.51%
7	S-13	30/08/2019	13/09/2019	15.178	180.933	14 DIAS	23,210	128.28	61.09%		
8	S-4	30/08/2019	13/09/2019	15.137	179.957	14 DIAS	26,340	146.37	69.70%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 30/08/2019 **EDAD:** 21 **DÍAS**

FECHA DE ROTURA: 20/09/2019

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

			Tipo 1 Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
T(1)	T(2)	T(3)	Tipo 2 Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo.
			Tipo 3 Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
T(4)	T(5)	T(6)	Tipo 4 Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
			Tipo 5 Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
			Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO POR INMERSIÓN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
9	S-5	30/08/2019	20/09/2019	15.178	180.933	21 DIAS	32,780	181.17	86.27%	177.51	84.53%
10	S-6	30/08/2019	20/09/2019	15.1	179.079	21 DIAS	29,610	165.35	78.74%		
11	S-11	30/08/2019	20/09/2019	15.1335	179.874	21 DIAS	33,460	186.02	88.58%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 21 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'C = 210 Kg/cm2





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO (ASTM C -39)



TESIS: "INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS"

TESISTAS: - Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo Quispe

EFFECTUADO: 2019

FECHA DE MOLDEO: 31/08/2019 **EDAD:** 28 **DÍAS**

FECHA DE ROTURA: 28/09/2019

Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura (falla):

	T(1)	Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)
	T(2)	Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo.
	T(3)	Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados
	T(4)	Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos: golpee suavemente con un martillo para distinguir del tipo 1
	T(5)	Fracturas laterales en la parte superior o fondo - ocurre comúnmente con cabezales no adheridos
	T(6)	Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo



CURADO POR INMERSIÓN- CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'c = 210 Kg/cm2

Probeta N°1	Identificación de testigos	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	D prom (cm)	Área(cm2)	Edad	Carga de rotura Kg	Resistencia del		Resistencia específica F'c Kg/cm2	%
								F'c Kg/cm2	%		
12	S-8	30/08/2019	27/09/2019	15.188	181.17	28 DIAS	35,010	193.24	92.02%	192.32	91.58%
13	S-14	31/08/2019	28/09/2019	15.152	180.31	28 DIAS	34,910	193.61	92.20%		
14	S-15	31/08/2019	28/09/2019	15.152	180.31	28 DIAS	34,280	190.11	90.53%		

PROBETAS ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c = 210 Kg/cm2





APÉNDICE III:

DISEÑO DE MEZCLA $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$

“INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS”



DISEÑO DE MEZCLA Método del Comité 211 del ACI $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (CONCRETO AUTOCOMPACTANTE)

A. ESPECIFICACIONES TECNICAS

Diseñar mezcla con agregados de cantera "Nuevo Horizonte"
Resistencia de diseño a 28 días f_c (kg/cm²) : 210

B. MATERIALES

Cemento
Portland : ASTM TIPO I
Pe (kg/cm³) : 3.15

Agua
Agua de laboratorio UNH - escuela profecion Ingenieri Civil - Hvca

Agregados

		fino	grueso
Peso específico (g/cm ³)	:	2.5	2.52
Peso unitario compactado y seco (kg/m ³)	:	1570	1450
Contenido de humedad (%)	:	0.5	0.8
Porcentaje de absorción (%)	:	0.5	0.5
Módulo de finesa	:	3.3	-

C. CALCULOS

- 1.- RESISTENCIA PROMEDIO A CRITERI DE ACI : $f_{cr} = 295.00$
- 2.- TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO : 1 "
- 3.- ASENTAMIENTO (slump) : 3"
- 4.- DETERMINACION DEL AGUA DE MEZCLADO : 193 lt/m³
Con el valor de tamaño máximo del Agregado grueso ($T_m = 1 "$)
Asentamiento 3" vamos a la Tabla N° 2 (agua de mezclado) y Tabla N° 3 (% aire atrapado)
Aire atrapado: 1 %
- 5.- RELACIÓN AGUA / CEMENTO EN PESO : 0.478
MÁXIMA RELACIÓN AGUA / CEMENTO PERMISIBLE PARA CONCRETOS SOMETIDOS A EXPOSICIÓN SEVERA (*)
- 6.- FACTOR DE CEMENTO : 9.50 Bolsas/m³
- 7.- **Volúmen Absoluto de los materiales por m³ de concreto:**

Cemento =	0.128
Vol. Agua =	0.02
Vol. Aire atrapado =	0.01
Agregado grueso =	<u>0.403</u>
	0.561
Vol. Agregado fino =	<u>0.439</u>
	1
- 8.- **CANTIDAD DE MATERIALES / M3 DE CONCRETO SIN CORREGIR (SECO)**

Cemento =	403.77 kg
A. grueso =	1015.00 kg
A. fino =	1097.50 kg
Agua =	193.00 lt

“INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS”



DISEÑO DE MEZCLA Método del Comité 211 del ACI $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (CONCRETO AUTOCOMPACTANTE)

9.- CANTIDAD DE MATERIALES / M3 DE CONCRETO CORREGIDO (CON HUMEDAD)

Aporte de agua	3.05 lt
Agua neta	189.95 lt

Pesos húmedos de los materiales por m3 de concreto (se le suma el contenido de humedad)

Cemento :	403.77 kg
A. grueso :	1023.12 kg
A.fino :	1102.99 kg
Agua efectiva :	189.95 lt
Aditivo .	0.28 lt

10.- Determinamos las expresiones de las proporciones en peso:

peso seco	:	1	:	2.53	:	2.73	✓	0.48
peso corregido por humedad :		1	:	2.51	:	2.72	✓	0.47

11.- Cantidad de materiales por tanda:

Dosificación corregida por humedad

Cemento	:	42.50 kg
A.grueso	:	107.69 kg
A.fino	:	116.10 kg
Agua efectiva	:	20.31 lt
Aditivo	:	0.28 lt



APÉNDICE IV:
ARTÍCULO CIENTÍFICO

INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS

(REYES QUISPE, Inés Ximena y CHAHUAYO QUISPE, Jose Rolando)

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: "Influencia de los métodos de curado en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías", se desarrolló en el Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Huancavelica de la Universidad Nacional de Huancavelica; el cual centra su estudio en la influencia que tienen los métodos de curado con ichu stipa, aserrín, aislante térmico, inmersión y aspersion en la resistencia a la compresión, aplicado a un concreto autocompactante (CAC) con $f_c=210$ kg/cm² en la ciudad de Huancavelica.

Se realizó el diseño de mezcla conforme a las normas del ACI, para un concreto autocompactante de una resistencia de 210 kg/cm², donde se utilizaron agregados como la piedra chancada y arena gruesa, provenientes de la cantera de Yauli, con un tamaño máximo de 1" y porcentaje óptimo de $\frac{3}{4}$ ", cada uno de ellos con parámetros correspondientes a las normas ASTM; teniendo ese criterio se trabajó con una relación de a/c igual a 0.47; se utilizó un aditivo plastificante con una dosificación de 0.28 litros por bolsa de cemento, el cual nos permitió obtener las características del CAC, para verificar la fluidez del mismo se realizó ensayos teniendo en cuenta la capacidad de relleno, paso y resistencia a la segregación del concreto, seguidamente se elaboró 105 probetas de concreto, siendo 15 probetas sumergidas a temperaturas de 20°C en el tanque de curado del laboratorio, los cuales nos sirvieron como patrón para el uso comparativo; 15 probetas con un diseño de concreto convencional, 15 probetas curadas a intemperie con ichu (húmedo al 78% de e=2cm y aislante térmico de e=10mm); 15 probetas curadas a intemperie con aserrín (húmedo al 78% de e=2cm y aislante térmico de e=10mm); 15 probetas curadas a intemperie con aislante térmico, 15 probetas curadas por aspersion y 15 probetas curadas por inmersión donde se realizó el ensayo de resistencia a la compresión a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días.

Realizado el diseño de mezcla de un CAC de $f_c=210$ kg/cm² con una relación de a/c = 0.47 y con una dosificación del aditivo plastificante CHEMA PLAST de 0.28 litros por bolsa de cemento. Se realizó el ensayo de compresión y se obtuvo a la edad de 7 días una resistencia promedio de 141.27 kg/cm² con 67.27% y a la edad de 28 días la resistencia promedio fue 224.20 kg/cm² con 106.76%; por lo que de acuerdo a la norma ASTM C494 la resistencias obtenidas se enmarcan dentro de los parámetros.

Se aplicó los métodos de curado con ichu stipa, aserrín, aislante térmico, aspersion e inmersión a un CAC, obteniéndose como mejor resultado en los ensayos de compresión de los especímenes de concreto a la edad de 28 días el método de curado con ichu stipa, con una resistencia promedio de 202.19 kg/cm² con 96.28%, así mismos el que menor resistencia presentó fue el método de curado por aspersion con una resistencia promedio de 186.25 kg/cm² con 88.69%; observándose así que cada método de curado influye en la resistencia de un CAC.

En cuanto al análisis estadístico se usó un diseño factorial completamente al azar, ANOVA y prueba F con 5% de significancia y 95 % de nivel de confianza, a través del software SAS studio con los datos que se recabaron a partir del ensayo de compresión digital de testigos de concreto a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días, en el cual se muestra el valor de (Pr>F) igual a <0.0001 siendo este inferior a 0.05, por ello se afirma que los métodos de curado con ichu stipa, aserrín, aislante térmico, aspersion e inmersión influyen significativamente en la resistencia a la compresión de un CAC en zonas frías.

Palabras clave: Concreto autocompactante, métodos de curado, resistencia a la compresión.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la escasez de materiales, principalmente del agua, así como el altocosto de los agregados, alquiler de equipo liviano y su transporte dieron paso a la utilización de un concreto que pueda mejorar todo ello, con el fin de generar bajos costos y obtener un concreto de alta resistencia y con superficies lisas; por lo tanto, el concreto autocompactante se puede establecer como una de las medidas innovadoras ante los problemas de la resistencia de concretos a bajo costo sin afectar el desarrollo urbano.

El CAC es una mezcla con revenimiento mínimo, compuesto de cemento Portland, agregado grueso, agregado fino y aditivo, que se caracteriza por su alta fluidez que tiene en estructuras de alto contenido de aceros, este concreto permite el paso de la mezcla a través de su estructura con normalidad. Esta característica se debe a su alto contenido de plasticidad, de acuerdo al slump dependiendo de los materiales y del método de curado que se aplique.

La posibilidad de utilizar este tipo de concreto, en Huancavelica motivó esta investigación, cuyo objetivo principal consiste en determinar la influencia de los métodos de curado en la resistencia de un CAC en zonas frías, para lo cual el estudio comprendió la realización de un diseño de concreto autocompactante para una resistencia de $f_c=210\text{kg/cm}^2$, con la finalidad de verificar el comportamiento de la resistencia del CAC sometido a los diferentes métodos de curado y obtener el método "idóneo", descrito esto como la obtención de las mejores características, como mayores valores de resistencia a la compresión.

Con este estudio, que contempla la utilización del CAC para la construcción de edificaciones, se pretende conseguir la fácil trabajabilidad del concreto en estado fresco en estructuras de mayor cantidad de acero, reducir la cantidad de uso de agua en el diseño de mezcla y evitar el vibrado.

En el capítulo I, se realizó la descripción del problema, detallando nuestros objetivos principales, respecto a la aplicación de los métodos de curado al CAC.

En el capítulo II, se muestran antecedentes, los cuales fundamentan para el estudio de un CAC y sus propiedades de este, las bases teóricas nos han ayudado a ampliar nuestro conocimiento sobre las propiedades de un CAC así mismo sobre los ensayos y los materiales necesarios para su elaboración.

En el capítulo III, se desarrolló la metodología de investigación, las técnicas de procesamiento de datos, la muestra y población; cuyas técnicas fueron usadas de manera directa durante la obtención de los datos y resultados.

En el capítulo IV, se muestra el análisis de la información, el procesamiento de datos, prueba de hipótesis y los resultados obtenidos de los ensayos realizados al CAC con cada uno de los métodos de curado. En este capítulo se desarrolla todo el proceso de ejecución experimental el cual inicia con la recopilación de datos, la selección de materiales e insumos necesarios para la elaboración de un CAC, la caracterización y los estudios de las propiedades de los materiales de acuerdo a la NTP, así mismo el criterio y proceso de diseño de mezcla para un CAC de resistencia 210 kg/cm^2 , seguidamente se muestra el desarrollo de los ensayos de control de un CAC, una vez encontrado el CAC óptimo se aplica los métodos de curado en los especímenes de un CAC, para posteriormente ser sometidos a los ensayos de resistencia a la compresión y finalmente se muestra el procesamiento de los datos recolectados de los diferentes estudios y ensayos.

También se desarrolló la prueba de hipótesis de acuerdo a los resultados obtenidos del procesamiento de datos, las cuales se muestran en este capítulo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En algunos países se ha intensificado el uso de diversas variedades de concreto en la ejecución de obras civiles, en las cuales se ha visto que se han generado microfisuras en las estructuras de concreto, debido a diversos factores sean internas y externas; también cabe mencionar que un incorrecto colocado y

vibrado en el concreto generaría baja resistencia y durabilidad.

En El Salvador se ha estado utilizando un concreto convencional en las diferentes estructuras complejas, en las cuales se han presenciado problemas al momento de la colocación y consolidación del concreto.

La resistencia del concreto es muy determinante para la durabilidad de una estructura, pero no solo depende de un eficiente mezclado, colocado y correctodiseño de mezcla, sino también depende mucho del método de curado que se aplique; cabe mencionar que la resistencia obtenida en laboratorio es diferente a la que se obtiene en obra, debido a que las condiciones de curado son diferentes.

También cuando las condiciones de curado son inadecuadas para el concreto, se genera un proceso lento de hidratación, el cual se ve interrumpida, modificando las propiedadesdel concreto.

Presentando nuestro país una variedad de climas, donde el clima frio es el que afecta directamente a la resistencia del concreto, se debe utilizar una nueva metodología capazde resolver el problema que se hace cada vez más necesario.

El concreto, siendo un componente muy importante en el sector de la construcción, es necesario que se adapte a las condiciones climáticas y sustancias que se pueden adicionar a este; por ello en este trabajo de investigación se elaboró un diseño de mezcla de un concreto autocompactante mediante el método ACI 211 con un $f'c=210$ kg/cm², para luego obtener las resistencias con los diferentes métodos de curado.

ESTUDIO EXPERIMENTAL

1. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

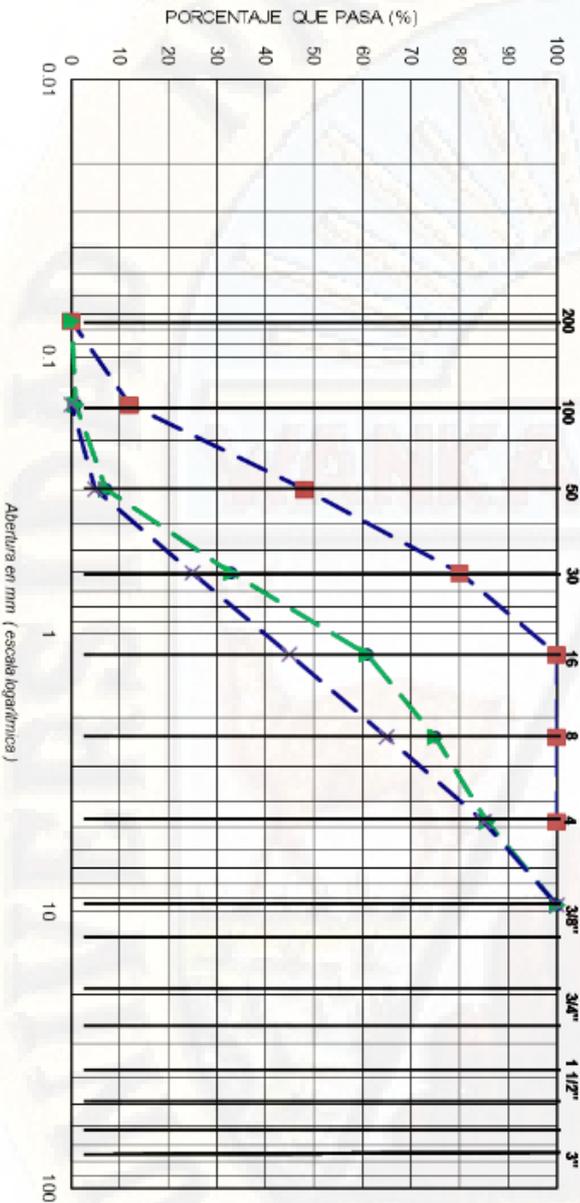
DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso específico (g/cm ³)	2.5	2.52
Peso unitario compactado y seco (kg/m ³)	1570	1450
Contenido de humedad (%)	0.5	0.8
Porcentaje de absorción (%)	0.5	0.5
Módulo de finesa	3.3	-

❖ Granulometría de agregados

TAMIZ ASTM	ABERTURA MM	PESO RETENIDO	RETENIDO PORCENTAJE	ACUMULADO	QUE PASA	ESPECIFIC. 100	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA AGREGADO
3"	76.200						FINO Cantera "Nuevo Horizonte"
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						Huancavelica
1 1/2"	38.100						M - 1
1"	25.400						Grupo M (Arenas Intermedias)
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						PESO TOTAL 3340.0 grs.
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	100	PESO LAVADO 3337.3 grs.
Nº4	4.760	476.0	14.3	14.3	85.7	85 a 100	TAMANO MAXIMO Nº4
Nº8	2.360	354.5	10.6	24.9	75.1	65 a 100	NOMINAL :
Nº16	1.180	468.7	14.0	38.9	61.1	45 a 100	MOD.FINEZA TOTAL
Nº30	0.600	939.8	28.2	67.1	32.9	25 a 80	3.37
Nº50	0.300	855.0	25.6	92.7	7.3	05 a 48	TAMIZ # 200 (
Nº100	0.149	207.7	6.2	98.9	1.1	0 a 12	ASTM C-117)
Nº200	0.074	35.6	1.1	100.0	0.0		OBSERVACIONES :
< 200	-	2.7					

TAMIZ	Abertura	PESO	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	MM							AGREGADO GRUESO
3"	76.200					99.9		Huancaavelica
2 1/2"	63.500					91.4	95 a 700	Huso Granulométrico (1" a N°4)
2"	50.800	0.0	0.0	0.0		89.9		
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0		85.0		
1"	25.400	196.4	8.54	8.5		80.1	25 a 65	
3/4"	19.050	495.6	21.55	30.1		69.9	0 a 10	
1/2"	12.700	986.5	42.89	73.0		27.0	0 a 05	
3/8"	9.525	345.2	15.01	88.0		12.0		
N°4	4.760	145.3	6.32	94.3		5.7		
N°8	2.360	95.4	4.15	98.5		1.6		
N°16	1.180	31.6	1.37	99.8		0.2		
N°30	0.600	4.0	0.17	100.00		0.0		
N°50	0.300		0.0	100.00		0.0		
N°100	0.149		0.0	100.00		0.0		
N°200	0.074		0.0	100.00		0.0		
< 200	-		0	100.00		-		

CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO



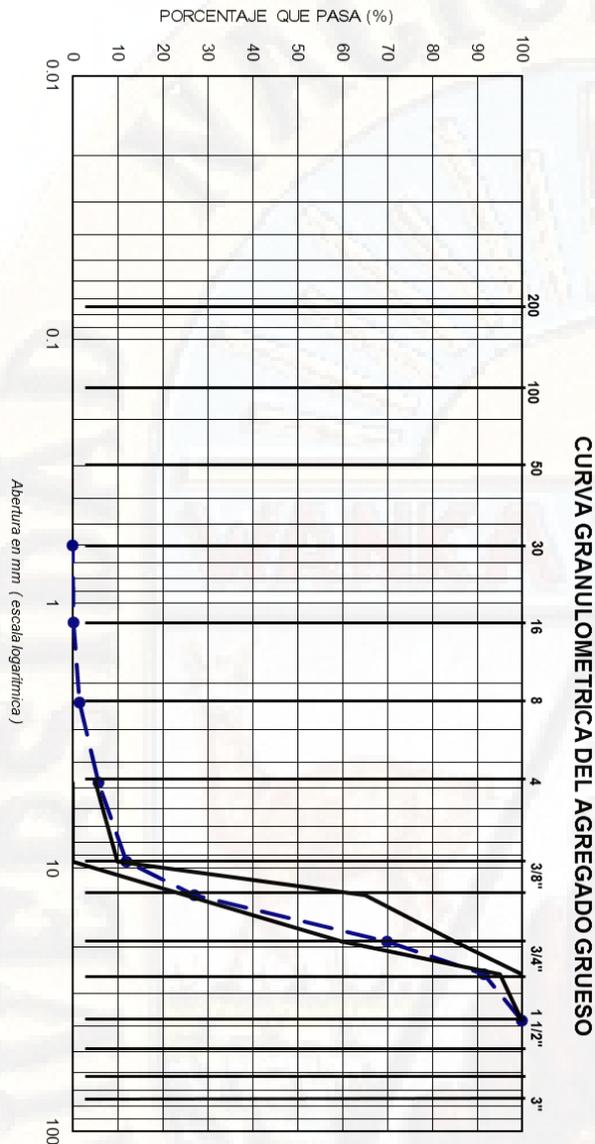
MOD.FINEZA TOTAL
TAMIZ # 200 (ASTM C-117)
OBSERVACIONES :

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL : 1"

7.10

grs.
2300.0

2. ENSAYO DE CONTROL AL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE



❖ Proporciones del diseño de mezcla del concreto autocompactante por bolsa

DOSIFICACIÓN DE UN (CAC) POR BOLSA	
Cemento	: 42.50 kg
Arena gruesa	: 107.69 kg
Piedra chancada	: 116.10 kg
Agua	: 19.47 litros
Aditivo	: 0.280 litros

❖ Ensayo de fluidez de asentamiento

PRUEBAS RELACIÓN a/c=0.47	DOSIS(ml)	Fluidez de asentamiento (cm)	T ₅₀ (s)	T _r (s)
P-1	200	30.2	5	15
P-2	250	55.4	8	14
P-3	280	65.8	7	18
P-4	300	69.5	10	13

❖ Ensayo de caja en L

PRUEBAS RELACIÓN a/c=0.47	DOSIS(ml)/bolsa	T ₁₀ (s)	T ₄₀ (s)	T ₆₀ (s)	H ₁ (cm)	H ₂ (cm)	H ₂ / H ₁ (cm)
P-1	200	5.4	15	23.4	10.6	7.1	0.67
P-2	250	3.2	9	15.2	8.9	7.5	0.84
P-3	280	1.5	3.3	6.2	8.4	8.3	0.99
P-4	300	1.7	3.5	5.5	8.2	7.6	0.93

❖ Ensayo del embudo en V

PRUEBAS Relación a/c=0.47	DOSIS(ml)/bolsa	T _v (s)
P-1	200	45
P-2	250	30
P-3	280	12
P-4	300	14

3. ELABORACIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

Se elaboró la dosificación patrón del concreto para el concreto autocompactante.

MATERIALES	PROPORCIÓN	PESO CEMENTO	PESO POR TANDA
Cemento	= 1	42.5	= 42.5 kg
A. grueso	= 2.53	42.5	= 107.69 kg
A. fino	= 2.73	42.5	= 116.10 kg
Agua efectiva	= 0.48	42.5	= 19.47 lt
Aditivo	= 0.66%	42.5	= 0.28 lt

Método de curado con lchu: Las probetas cilíndricas se envolvieron con un espesor de 2 cm de lchu stipa en todo el perímetro del espécimen de concreto con una humedad de 78% así mismo este se envolvió con aislante térmico de espesor de 10mm.

Método de curado con Aserrín: Las probetas cilíndricas se envolvieron con un

espesor de 2 cm de Aserrín en todo el perímetro del espécimen de concreto con una humedad de 78% así mismo este se envolvió con aislante térmico de espesor de 10mm.

Método de curado con aislante térmico: Las probetas cilíndricas se envolvieron con un espesor de 10mm de aislante térmico en todo el perímetro del espécimen de concreto.

Método de curado por aspersión: Las probetas cilíndricas se curaron a intemperie y se le curó con agua cada 6 horas durante el día.

Método de curado por sumergido: Las probetas cilíndricas se sumergieron en baldes con agua las cuales se expandieron a la intemperie hasta la edad de rotura.

4. ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS

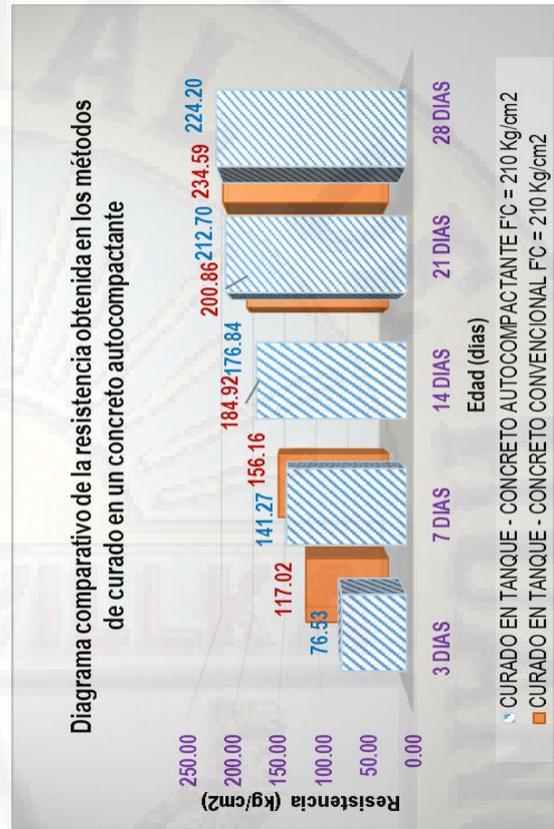
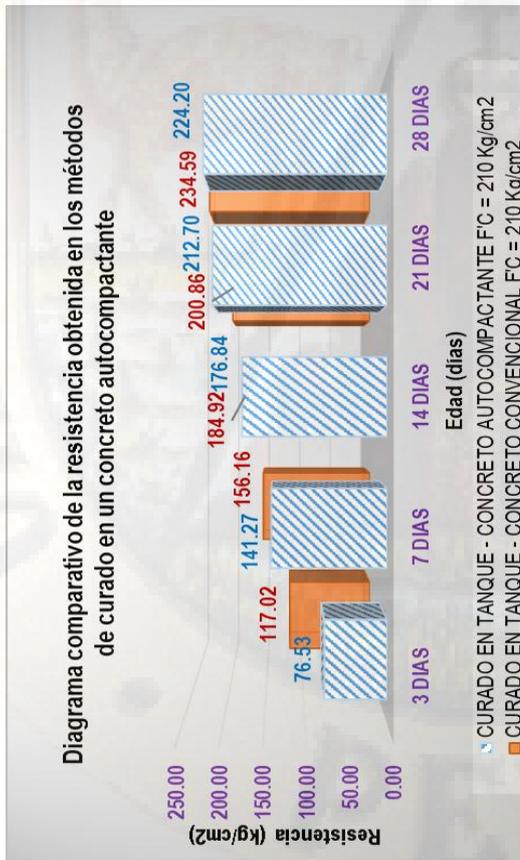


Diagrama comparativo de la resistencia obtenida en los métodos de curado en un concreto autocompactante



Diagrama comparativo de la resistencia obtenida en los métodos de curado en un concreto autocompactante



Diagrama comparativo de la resistencia obtenida en los métodos de curado en un concreto autocompactante

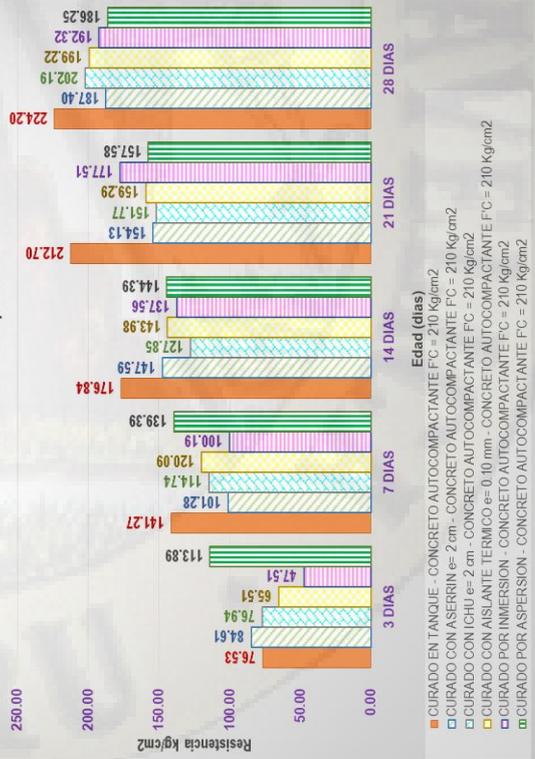
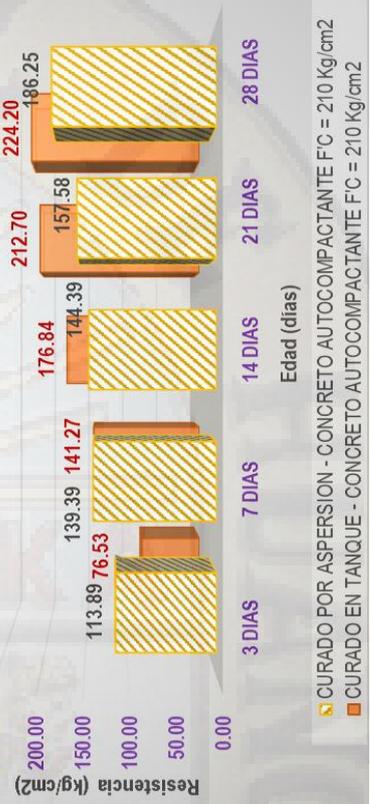


Diagrama comparativo de la resistencia obtenida en los métodos de curado en un concreto autocompactante



CONCLUSIONES

- ❖ Al realizar los ensayos de caracterización para la obtención de un CAC, se aplicó diferentes dosis de aditivo plastificante siendo la más óptima 280 ml por bolsa de cemento; obteniéndose así en el ensayo de fluidez de asentamiento una expansión del concreto de 65.80 cm de diámetro, así mismo en el ensayo de caja L nos resultó un 0.99 como coeficiente de bloqueo y con el ensayo del embudo V se obtuvo una descarga total de la mezcla en un tiempo de 12 s generando un flujo contante; finalmente encontrándose este resultado dentro de los parámetros para la obtención de un CAC.
- ❖ Realizado el diseño de mezcla de un CAC de $f_c=210$ kg/cm² con una relación $d_e/a/c = 0.47$ y con una dosificación del aditivo plastificante CHEMAPLAST de 0.28 litros por bolsa de cemento. Se realizó el ensayo de compresión y se obtuvo a la edad de 7 días una resistencia promedio de 141.27 kg/cm² con 67.27% y a la edad de 28 días la resistencia promedio fue 224.20 kg/cm² con 106.76%; por lo que de acuerdo a la norma ASTM C494 la resistencias obtenidas se enmarcan dentro de los parámetros.
- ❖ Se aplicó los métodos de curado con ichu stipa, aserrín, aislante térmico, aspersión e inmersión a un CAC, obteniéndose como mejor resultado en los ensayos de compresión de los especímenes de concreto a la edad de 28 días el método de curado con ichu stipa, con una resistencia promedio de 202.19 kg/cm² con 96.28%, así mismos el que menor resistencia presentó fue el método de curado por aspersión con una resistencia promedio de 186.25 kg/cm² con 88.69%; observándose así que cada método de curado influye en la resistencia de un CAC.
- ❖ Se aplicó el método de curado con ichu stipa, obteniéndose a la edad de 28 días una resistencia promedio de 202.19 kg/cm² con 96.28%. teniendo una variación de 9.82% con respecto a la resistencia del CAC curado en laboratorio.
- ❖ Se aplicó el método de curado con aserrín, obteniéndose a la edad de 28 días una resistencia promedio de 187.40 kg/cm² con 89.24 %. teniendo una variación de 16.41% con respecto a la resistencia del CAC curado en laboratorio.
- ❖ Se aplicó el método de curado con aislante térmico, obteniéndose a la edad de 28 días una resistencia promedio de 199.22 kg/cm² con 94.87%. teniendo una variación de 11.14% con respecto a la resistencia del CAC curado en laboratorio.
- ❖ Se aplicó el método de curado con aspersión, obteniéndose a la edad de 28 días una resistencia promedio de 186.25 kg/cm² con 88.69%. teniendo una variación de 16.93% con respecto a la resistencia del CAC curado en laboratorio.
- ❖ Se aplicó el método de curado con inmersión, obteniéndose a la edad de 28 días una resistencia promedio de 192.32 kg/cm² con 91.58%. teniendo una variación de 14.22% con respecto a la resistencia del CAC curado en laboratorio.
- ❖ De igual manera los resultados del ANOVA confirman la influencia significativa que los métodos de curado influyen significativamente en la resistencia a la compresión del concreto autocompactante, debido a que se muestra que el nivel de significancia es <0.0001 , el cual es menor a 0.05.
- ❖ En cuanto a los costos económicos para un metro cúbico de concreto autocompactante, se estimó que el curado por aspersión y con aislante térmico es el más económico con un monto de s/. 379.57 y s/. 403.57 soles respectivamente, pero con estos métodos no se obtuvo la resistencia adecuada a la edad de 28 días para un CAC.
- ❖ Finalmente los métodos de curado influyen en la resistencia de un concreto autocompactante por la forma de curado

y la aplicación de diversos materiales de protección.

RECOMENDACIONES

Las conclusiones de la presente investigación servirán como antecedente a los estudios posteriores, a fin de recabar mayor información que involucre su ejecución con estos tipos de materiales, en consecuencia, se plantean las siguientes recomendaciones:

- ❖ Para el diseño de mezclas de un CAC se recomienda utilizar los procedimientos propuestos en el ACI 211, esto con la finalidad de obtener los valores adecuados durante el cálculo del diseño.
- ❖ En la ciudad de Huancavelica debe emplearse agregados gruesos de tamaños menores a 1" – 1 ½" en el diseño de mezcla.
- ❖ Para un adecuado proceso de mezclado del CAC, se recomienda lo siguiente: vaciar en la mezcladora parte del agua de diseño, seguido del agregado grueso y fino, luego el cemento para finalmente el agua restante y el aditivo de acuerdo a las especificaciones técnicas planteadas según la marca correspondiente. Además, se debe tener en cuenta que el agua debe ser añadida en forma progresiva, debido a que una mínima cantidad de agua generará una mezcla sin consistencia.
- ❖ Se recomienda utilizar los métodos de curado con aserrín, ichu stipa y aislante térmico con diferentes espesores y así observar el comportamiento de la resistencia a la compresión, de la misma manera se debe evaluar diferentes porcentajes de humedad de estos materiales al momento de aplicarlos al concreto.
- ❖ Se debe hacer uso de otros materiales que se pueden añadir en el diseño de mezcla del CAC los cuales nos permitan verificar la viabilidad técnica y económica, así mismo para mejorar la resistencia a la compresión.
- ❖ Realizar ensayos de compresión a las edades de 7, 14, 21 y 28 días teniendo en cuenta las temperaturas internas como del ambiente, ya que estos podrían

determinar los valores de la resistencia del concreto.

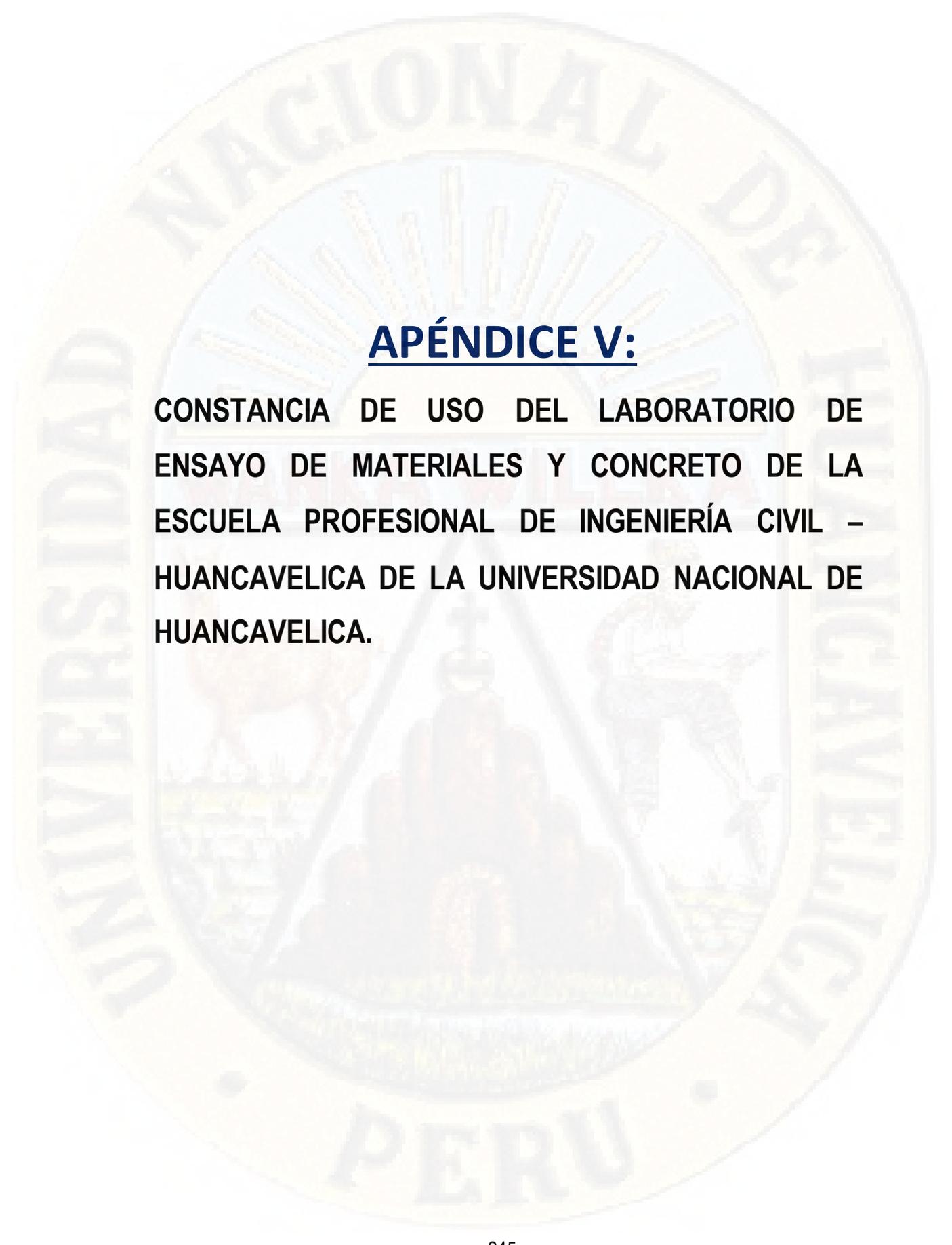
- ❖ Realizar investigaciones con diversos tipos de diseños de mezcla considerando diferente relación de a/c y la procedencia del agregado grueso.
- ❖ Utilizar diferentes aditivos tales como: incorporador de aire, superplastificante, etc., con el fin de verificar como actúa cada uno de ellos a diferentes edades con respecto al CAC.
- ❖ La aplicación de un mal curado y vibrado del concreto se ve reflejado en el fisuramiento y agrietamiento de las estructuras, por lo que en la actualidad se da poca importancia a ello, puesto que el tan solo regar o tapar el concreto con algún material por un determinado tiempo no es suficiente ya que produce pérdida de humedad y no generaría una correcta hidratación del concreto produciendo disminución en la resistencia a temprana edad.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto* (Segunda ed.). Lima, Perú: San Marcos E.I.R.L.
- ACI 211. (2009). *Diseño de mezcla*. España.
- Ahmed, L. (2011). *Self Compacting Concrete* (Primera ed.).
- Al-Assadi, G. (2009). *Influencia de las condiciones del curado en el comportamiento del hormigón sometido a ciclos de hielo - deshielos*. Madrid, España.
- Alvarez, A. (2007). *Desempeño del concreto autocompactable en estado plástico y endurecido*. Mexico: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- Amacifuen, R. (2002). *Curado y protección de concretos colocados en climas fríos*. Lima, Perú.
- Amaru, I. (2002). *Estudio de la variación de la resistencia en compresión en*

- concretos de alta resistencia debido al curado en laboratorio y bajo condiciones de obra. Lima, Perú.
- Animales y Plantas de Perú. (2016). Obtenido de <https://animalesyplantasdeperu.blogspot.com/2016/02/ichu-stipa-ichu.html>
- Argos. (2013). *Sugerencia técnicas "Qué hacer cuando"*. Colombia.
- ASTM C-171. (2016). *Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete*. ASTM International.
- ASTM C-309. (2009). *Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete*. ASTM International.
- ASTM.C39. (2018). *Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto*.
- Choquenaira, I. (2013). *Diseño de concreto autocompactante con agregado angular y sub-redondeado utilizando aditivos de las marcas chema, sika y euco, en la ciudad de arequipa*. Arequipa, Perú.
- Contreras, S., & Velazco, C. (2018). *Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa*. Arequipa, Perú.
- EFENARC. (2002). *Especificaciones y Directrices Para el Concreto Autocompactable -HA C*. Brian Poulson, Europa.
- Garín, L., Pejoja, E., & Santilli, A. (2012). *"Influencia del curado en la resistencia a compresión del hormigón: estudio experimental"*. Madrid, España.
- Gonzales, A., Oseda, D., Ramirez, F., & Gave, J. (2011). *¿Aprender y enseñar investigación científica?* (Primera ed.). (J. J. Rojas, Ed.) Huncavelica, Perú: Universidad Nacional de Huncavelica.
- Medina, L., & Quispe, N. (2017). *Protección óptima en el proceso de curado y su influencia en la resistencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo*. Arequipa, Perú.
- Neville, A. M. (1999). *Tecnología del concreto* (Primera ed.). (A. C. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Ed.) México: M. en A. Soledad Moliné Venanzi.
- NTP.334.009. (2016). *CEMENTOS. Cemento Pórtland. Requisitos* (sexta ed.). Lima, Perú.
- NTP.339.034. (2013). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concret*. Lima, Perú.
- NTP.339.084. (2016). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto*. Lima, Perú.
- NTP.339.086. (2016). *Los aditivos para el concreto*. Lima.
- NTP.339.088. (2016). *Agua para el concreto*. Lima.
- NTP.339.220. (2008). *Método de ensayo estándar para determinar la habilidad de paso del concreto auto compactado por el anillo J*. Lima, Perú.
- NTP.400.037. (2018). *Agregados para concreto*. Lima.
- Okamura, H. (1997). *Self-Compacting High-Performance*. Tokio.

- Palomo, M. (2017). *Aislantes Térmicos. Criterios de selección*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Patrick, P., Kamal, K., Daniel, C., & Tremblay, S. (2005). *Structural performance of self-consolidating concrete used in confined concrete columns*.
- Pineda, H. (2003). *Diseño de mezcla de concreto autocompactante*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Rigueira, J. (2007). *Estudio de la sensibilidad e influencia de la composición en las propiedades reológicas y mecánicas de los hormigones autocompactantes*. Valencia, España.
- Riwa, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto* (Primera ed.). Lima, Perú.
- Riwa, L. (2010). *Concreto Diseño de Mezclas* (1 ed., Vol. 2). Lima, Peru: ICG.
- Rodríguez, E. (2005). *Metodología de la Investigación*. Tabasco, México.
- Rodríguez, K. (2016). *Aplicación del concreto autocompactante con aditivo incorporador de aire para el estudio de fisuras en losas de concreto armado*. (U. N. Perú, Ed.) Huancayo, Perú.
- Ruiz, P. (2006). *Influencia de los métodos comunes de curado en los especímenes de concreto de alto desempeño*. Lima, Perú.
- Sánchez, H., & Reyes, C. (1996). *Metodología y diseño de la investigación científica*. Lima, Perú: Vision universitaria.
- Serret, N., Giralt-Ortega, G., & Quintero, M. (2016). *Caracterización de aserrín de diferentes maderas* (Vol. 36). (F. d. Química., Ed.) Santiago de Cuba.
- Sullcaray, S. (2013). *Metodología de la investigación* (Primera ed.). Lima: Universidad Continental S.A.C. 2012.
- Torres, A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto para ingenieros civiles*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- UNE.83361. (2007). *Hormigón autocompactante. Caracterización de la fluidez. Ensayo del escurrimiento*. España.
- UNE.83364. (2007). *Hormigón autocompactante. Determinación del tiempo de flujo. Ensayo del embudo en V*. España.
- Vilanova, Á. (2009). *Influencia de la dosificación y empleo de diferentes tipos de cemento y adiciones en las propiedades mecánicas del hormigón autocompactante*. Madrid, España: Escuela Técnica Superior De Ingenieros, de Caminos, Canales Y Puertos.



APÉNDICE V:

CONSTANCIA DE USO DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL – HUANCVELICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HUANCAMELICA

ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EPICH



“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

EL JEFE DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAMELICA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA, otorga la presente:

CONSTANCIA

A: **REYES QUISPE Inés Ximena** y **CHAHUAYO QUISPE Jose Rolando**, bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Huancavelica, quienes han concluido con el desarrollo los siguientes ensayos en los laboratorios de **TECNOLOGÍA DEL CONCRETO** de la EPICH:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Análisis de contenido de humedad (fino, grueso o global)	02
2	Análisis granulométrico por tamizado (fino - grueso)	02
3	Análisis de peso unitaria (ss) y (sc)	02
4	Análisis de peso específico y absorción de agregado fino	02
5	Análisis de peso específico y absorción de agregado grueso	02
6	Análisis de módulo de fineza de los agregados	02
7	Análisis de compresión digital de testigos de concreto	76
8	Análisis de muestreo y curado de testigos de concreto	16

Durante el periodo de ejecución del mes de agosto a setiembre de 2019, del proyecto de tesis: “INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ZONAS FRÍGIDAS”.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para fines que estime por conveniente.

Huancavelica, 07 de octubre de 2019.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HUACA
AREA DE PRODUCCION

Ing. Carlos Gaspar Paco
JEFE

Nº 010-2019

C. c.
Archivo
AP



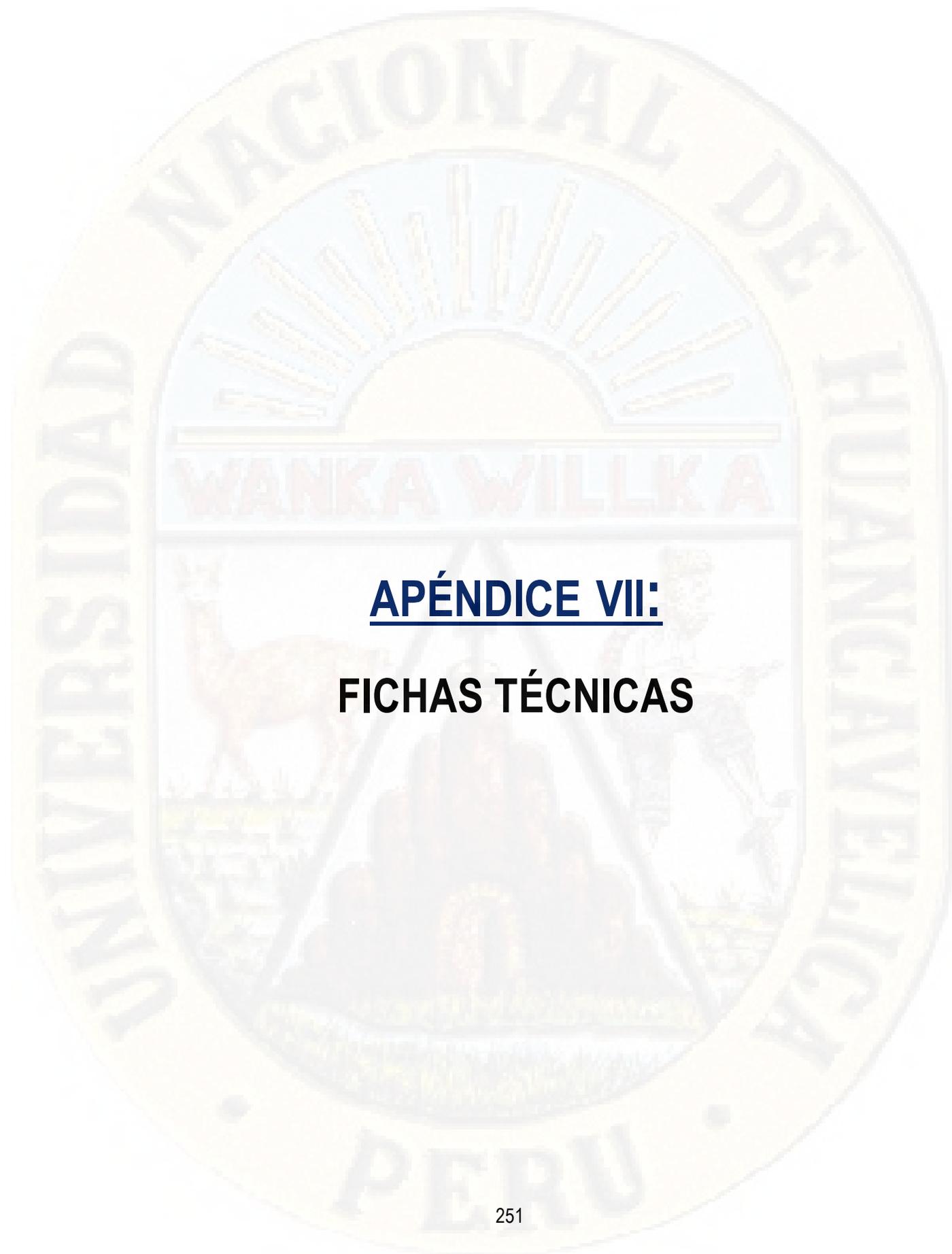
APÉNDICE VI:
MATRIZ DE CONSISTENCIA

<p>en zonas frías?</p> <p>c. ¿De qué manera el curado con aislante térmico influye en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías?</p> <p>d. ¿De qué manera el método de curado por aspersión influye en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías?</p> <p>e. ¿De qué manera el método de curado por inmersión influye en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías?</p>	<p>autocompactante en zonas frías.</p> <p>c. Determinar la influencia del método de curado con aislante térmico en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías</p> <p>d. Determinar la influencia del método de curado por aspersión en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías</p> <p>e. Determinar la influencia del método de curado por inmersión en la resistencia de un concreto</p>	<p>experimental. Montevideo- Uruguay.</p> <p>2. Nacional</p> <p>a. Arredondo Gonzales, E., & Arredondo Gonzales, L. (2015). Influencia del Aire Incorporado, Condiciones de Curado y Evaluación del Deterioro del Concreto Sometido a Ciclos de Congelamiento y Deshielo. Arequipa - Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.</p> <p>b. Calderón Antezana, W. (2002). Influencia del Curado en la Resistencia Final del Concreto Para Mezclas de $f_c 210 \text{ kg/cm}^2$, $f_c 280 \text{ kg/cm}^2$ y $f_c 350 \text{ kg/cm}^2$. Arequipa - Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.</p> <p>c. Contreras, S. & Velazco, C. (2018). Análisis comparativo</p>	<p>c. El método de curado con aislante térmico influye significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.</p> <p>d. El método de curado por aspersión influye significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.</p> <p>e. El método de curado por inmersión influye significativamente en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías.</p>		<p>- 90 Testigos de concreto cilíndrico de altura 30cm y diámetro 15 cm</p> <p>Muestra</p> <p>Se trabajará con:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Muestra de 15 unidades de probetas, curado con agua. - Muestra de 90 unidades de probetas, curado con diferentes materiales (lchu, aserrín húmedo, aislantes térmicos, aspersión e inmersión) <p>Muestra de control:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 90 unidades de probetas, <p>Técnicas e Instrumentos de recolección de datos:</p> <p>Técnicas: observación y documentos bibliográficos.</p> <p>Instrumentos: Equipos de laboratorio, máquina de compresión axial, cono de abrams, Balanza calibrada y Fichas de resultados de laboratorio.</p> <p>Técnicas de Procesamiento de datos.</p> <p>Hojas de cálculo personal, Pruebas de comparación múltiple (Tuckey), Software estadístico SAS studio.</p> <p>Para el análisis e interpretación de datos se desarrollará a través de</p>
--	---	---	---	--	---

	<p>autocompactante en zonas frías</p>	<p>del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa.</p> <p>Marco teórico referencial</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Agregados. 2. Cemento. 3. Agua. 4. Aditivos. 5. Diseño de mezcla con aditivo. 6. Control de calidad en estado fresco y endurecido. 7. Resistencia del concreto autocompactante (CAC). 8. Métodos de curado en el estado endurecido. 9. Zonas frías. 			<p>la aplicación de la estadística descriptiva (cuadros y gráficos estadísticos).</p>
--	---------------------------------------	--	--	--	---

TESITAS:

- Bach. Inés Ximena Reyes Quispe
- Bach. Jose Rolando Chahuayo



APÉNDICE VII:
FICHAS TÉCNICAS



Calidad que Construye

Hoja Técnica

CHEMA PLAST

Aditivo mejorador de la trabajabilidad del concreto y reductor de agua para lograr concretos fluidos, compactos, y durables.

VERSION: 02
FECHA: 09/02/2018

DESCRIPCIÓN

CHEMA PLAST es un aditivo reductor de agua y plastificante de color marrón de uso universal, que hace posible diseñar mezclas de concreto de fácil colocación. Permite una reducción de agua hasta 10%, generando aumento en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto. Tiene además propiedades de reducir la permeabilidad del concreto. Cumple con los requerimientos de la norma ASTM C-494 tipo A.

VENTAJAS

El concreto tratado con CHEMAPLAST tiene las siguientes ventajas:

- Mejor acabado: La plasticidad permite un mejor acabado, por lo tanto, aumenta la durabilidad.
- Aumenta la trabajabilidad y facilita la colocación del concreto en elementos con alta densidad de armadura sin necesidad de aumentar la relación agua / cemento.
- Disminuye la contracción debido a la mejor retención de agua así como mayor aglomeración interna del concreto en estado plástico.
- Aumenta la hermeticidad al agua impermeabilizándolo y produciendo mayor resistencia a la penetración de la humedad y por consiguiente al ataque de sales.
- Aumenta la durabilidad debido a su alto grado de resistencia al salitre, sulfatos y cloruros.
- No contiene cloruros.
- Aumenta la resistencia a la compresión y flexión a todas las edades; mejora la adherencia al acero de construcción.
- No transmite olor ni sabor al agua potable, ni la contamina. Cuenta con certificado CEPIS¹.

USOS

Como reductor de agua y plastificante en:

- En concretos estructurales de edificaciones y en elementos esbeltos.
- En concreto caravista.
- En concretos pretensados y post-tensados.
- En obras hidráulicas.
- En concretos para elementos pre-fabricados: postes, buzones, cajas, tuberías, etc.
- En concretos para pavimentos y puentes.
- En concretos que deben ser desencofrados a temprana edad.
- En concretos de reparación en general.
- En construcciones frente al mar se recomienda utilizarlo desde los cimientos, en el concreto de techos, vigas, columnas, pisos, en el mortero de asentado y en el tarrajeo.
- En esculturas de concreto.

DATOS TÉCNICOS

- Apariencia : Líquido
- Color : Marrón oscuro
- Densidad : 1.2 g/ml ± 0.06
- pH : 9.00 - 12.50
- VOC : 0 g/L

ATENCIÓN AL CLIENTE:
(511) 336-8407

Página 1 de 2



Calidad que Construye

Hoja Técnica

CHEMA PLAST

Aditivo mejorador de la trabajabilidad del concreto y reductor de agua para lograr concretos fluidos, compactos, y durables.

VERSION: 02
FECHA: 09/02/2018

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO

Agregar de 145 ml a 360 ml de **CHEMA PLAST** por bolsa de cemento al agua de amasado de acuerdo al efecto deseado, sin combinarlo con otros aditivos. Dosificar por separado cuando se usen otros aditivos en la misma mezcla. Se sugiere realizar pruebas previas con los materiales, tipo de cemento y condiciones de obra.

Para morteros impermeables usar diseño 1:3 (1 de cemento+ 3 de arena fina) utilizando la mayor dosis de aditivo.

Es indispensable realizar el curado del concreto con agua o alguno de nuestros curadores como Membranil Económico Reforzado antes y después del fraguado

RENDIMIENTO

La dosis sugerida es de 145 ml a 360 ml de CHEMAPLAST por bolsa de cemento. La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales, tipo de cemento y en las condiciones de obra.

PRESENTACIÓN

Envase de 1 gal.
Envase de 5 gal.
Envase de 55 gal.

ALMACENAMIENTO

1 año almacenado en su envase original, sellado en lugar fresco, ventilado y bajo techo.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES

En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico).

Durante su manipulación no beber ni comer alimentos. Lavarse las manos luego de manipular el producto. Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua. Es tóxico si es ingerido, no provocar vómitos; procurar ayuda médica inmediata.

“La presente Edición anula y reemplaza la Versión N° 1 para todos los fines”

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

ATENCIÓN AL CLIENTE:
(511) 336-8407

Página 2 de 2



Ficha Técnica

CEMENTO ANDINO PREMIUM

Descripción:

- Es un Cemento Portland Tipo I, obtenido de la molienda Clinker Tipo I y yeso.

Beneficios:

- Alta resistencia a mediano y largo plazo, alta durabilidad.
- Excelente trabajabilidad y acabado.
- Bajo contenido de álcalis. Buena resistencia a los agregados álcali reactivos.
- Moderada resistencia al salitre.

Usos:

- Estructuras sólidas de acabados perfectos.
- Construcciones en general de gran envergadura como, puentes, estructuras industriales y conjuntos habitacionales.

Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

Formato de Distribución:

- Bolsas de 42,5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



Recomendaciones

Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

Manipulación:

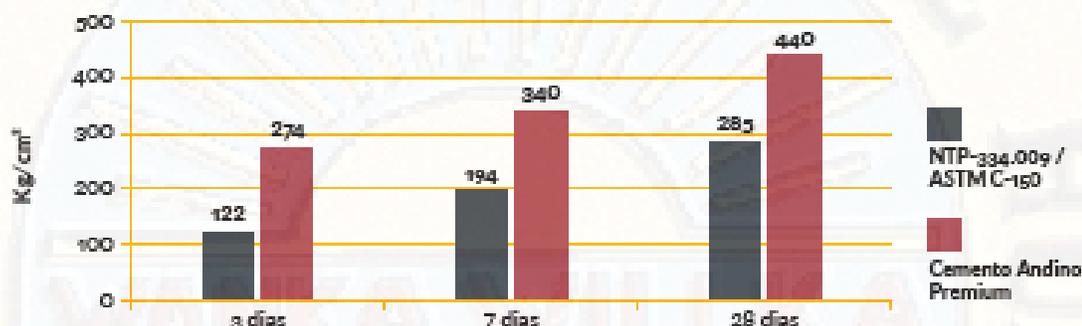
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

Requisitos mecánicos

Comparación resistencias NTP-334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Andino Premium



Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Andino Premium	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.01	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	361	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.15	No específica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	274	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	340	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	440	Mínimo 285*
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	116	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	285	Máximo 375
Composición Química			
MgO	%	1.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.68	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.69	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C ₂ S	%	15.53	No específica
C ₃ S	%	57.35	No específica
C ₃ A	%	7.50	No específica
C ₄ AF	%	10.61	No específica
Alcalis Equivalentes			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.47	Requisito opcional, máximo 0.60
Resistencia a los Sulfatos			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.083	0.10 % máx. a 180 días

*Requisito opcional