

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Influencia del aditivo incorporador de aire en un
concreto autocompactante en la atenuación de
fisuras de losas aligeradas en la ciudad de
Huancayo - 2024**

Rony Wilkerson Quispe Olano
Jhoel Antonio Salvador Salazar

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2025

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Ángel Narcizo Aquino Fernández
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 31 de Julio de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

“Influencia del aditivo incorporador de aire de un concreto autocompactante en la atenuación de fisuras de losas aligeradas en la ciudad de Huancayo – 2024”

Autores:

1. Rony Wilkerson Quispe Olano – EAP. Ingeniería Civil
2. Jhoel Antonio Salvador Salazar – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir “SI”): 10 | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☐ | NO ☒ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citás) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

Índice de Contenido

Agradecimientos	ii
Dedicatorias	iii
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras.....	viii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
Introducción.....	xii
Capítulo I: Planteamiento del estudio	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación de problema	4
1.2. Determinación de objetivos	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Justificación e importancia del estudio	5
1.3.1. Justificación teórica	5
1.3.2. Justificación práctica	5
1.3.3. Justificación social	5
1.3.4. Justificación metodológica	5
1.3.5. Importancia	6
1.4. Delimitación y limitación del proyecto.....	6
1.4.1. Delimitación espacial	6
1.4.2. Delimitación temporal	6
1.4.3. Delimitación económica	7
1.4.4. Limitaciones en el proceso experimental	7
1.4.5. Limitaciones en el diseño estructural y constructivo	7
1.5. Hipótesis y variables	7
1.5.1. Hipótesis	7
1.5.2. Variables	8
Capítulo II: Marco teórico	11
2.1. Antecedentes de la investigación	11
2.1.1. Antecedentes nacionales	11
2.1.2. Antecedentes internacionales	13
2.2. Bases teóricas.....	16

2.2.1. Materiales	16
2.2.2. Agregados	16
2.2.3. Propiedades físicas del agregado grueso	20
2.2.4. Propiedades físicas del agregado fino	23
2.2.5. Aditivo incorporador de aire	24
2.2.6. Concreto	26
2.2.7. Concreto autocompactante	26
2.2.8. Concreto autocompactante con aditivo incorporador de aire	29
2.2.9. Fisuras en el concreto	31
2.2.10. Losas aligeradas	33
Capítulo III: Metodología	36
3.1. Método de investigación	36
3.2. Tipo de investigación.....	36
3.3. Nivel de investigación.....	36
3.4. Diseño de la investigación	36
3.5. Población y muestra.....	37
3.5.1. Población	37
3.5.2. Muestra	37
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
3.6.1. Determinación y observación directa de las fisuras	38
3.7. Metodología del trabajo experimental	39
3.8. Ejecución de la investigación.....	39
3.8.1. Selección de los materiales	39
3.8.2. Ensayo del concreto en estado fresco	49
3.8.3. Proceso del curado de la loza y probeta	57
3.8.4. Ensayo del concreto en estado endurecido	58
Capítulo IV: Resultados y discusión.....	60
4.1. Presentación de resultados	60
4.2. Prueba de hipótesis	84
4.3. Discusión de resultados.....	105
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones	109
5.1. Conclusiones.....	109
5.2. Recomendaciones	110
Referencias.....	111
ANEXOS	115

Índice de Tablas

Tabla 1. Requisitos del Agregado Fino – Granulometría	17
Tabla 2. Requisitos del Agregado Fino - Limite de sustancias nocivas.....	17
Tabla 3. Requisitos del Agregado Grueso – Granulometría	19
Tabla 4. Requisitos del Agregado Grueso - Limite de sustancias nocivas	20
Tabla 5. Tamaño del agregado usado para el estudio.	21
Tabla 6. Requisitos de la relación agua-cemento para concretos expuestos a ciclos de congelamiento-deshielo	25
Tabla 7. Contenido de aire total en concreto con aire incorporado	26
Tabla 8. Edades de ensayo y tolerancias permisibles	30
Tabla 9. Clasificación de fallas en estructuras de concreto.	33
Tabla 10. Medidas tradicionales de losas aligeradas	33
Tabla 11. Características físicas y normas del agregado fino	41
Tabla 12. Características físicas del agregado grueso.....	44
Tabla 13. Volumen Unitario de Agua.....	48
Tabla 14. Contenido de aire atrapado según Tamaño Máximo Nominal	49
Tabla 15. Temperatura mínima del concreto al ser colocado	50
Tabla 16. Evaluación de bloqueo.....	53
Tabla 17. Tolerancia de tiempo para realizar el ensayo de resistencia de los testigos de concreto	58
Tabla 18. Datos para el análisis de fisuras - concreto patrón.....	60
Tabla 19. Datos para el Análisis de Fisuras - + 0.02% Aire incorporador	61
Tabla 20. Datos para el Análisis de Fisuras - + 0.03% Aire incorporador	61
Tabla 21. Datos para el Análisis de Fisuras - + 0.04% Aire incorporador	61
Tabla 22. Datos para el Análisis de Fisuras - concreto patrón.....	62
Tabla 23. Datos para el Análisis de Fisuras - 0.02% incorporador de Aire	65
Tabla 24. Datos para el Análisis de Fisuras + 0.03% incorporador de Aire	68
Tabla 25. Datos para el Análisis de Fisuras + 0.04% incorporador de Aire	71
Tabla 26. Resultados del ensayo de Contenido de Aire.....	74
Tabla 27. Resultados del ensayo de Temperatura.....	75
Tabla 28. Resultados del ensayo de Caja en L.....	76
Tabla 29. Resultados del ensayo de Anillo en J.....	77
Tabla 30. Resultados del ensayo de Slump Flow.....	78
Tabla 31. Resultados del ensayo Embudo en V.....	79
Tabla 32. Resultados del ensayo - Resistencia a compresión a los 7 días de madurez.....	80
Tabla 33. Resultados del ensayo - Resistencia a compresión a los 14 días de madurez.....	82

Tabla 34. Resultados del ensayo - Resistencia a compresión a los 28 días de madurez.....	83
Tabla 35. Datos del número promedio de fisuras por tipo de diseño.....	85
Tabla 36. Resultados de la prueba de normalidad.	85
Tabla 37. Resultados de la prueba de homogeneidad.	86
Tabla 38. Resultados del ANOVA de un factor.....	86
Tabla 39. Resultados de la prueba de tukey para el número de fisuras.	87
Tabla 40. Datos de la Caja L.....	89
Tabla 41. Datos de la Capacidad de llenado	89
Tabla 42. Resultados de la prueba de normalidad:	90
Tabla 43. Resultados de la prueba de homogeneidad	91
Tabla 44. Resultados del ANOVA de un factor.....	92
Tabla 45. Resultados de la prueba de tukey para la capacidad de paso.	92
Tabla 46. Resultados de la prueba de tukey para la capacidad de llenado (Embudo v).	94
Tabla 47. Datos de la Resistencia a la compresión del diseño patrón.....	96
Tabla 48. Datos de la Resistencia a la compresión del diseño al 0.02%.....	96
Tabla 49. Datos de la Resistencia a la compresión del diseño al 0.03%.....	97
Tabla 50. Datos de la Resistencia a la compresión del diseño al 0.04%.....	97
Tabla 51. Resultados de la prueba de normalidad:	98
Tabla 52. Resultados de la prueba de homogeneidad	99
Tabla 53. Resultados del ANOVA de un factor.....	100
Tabla 54. Resultados de la prueba de tukey para la resistencia a la compresión a los 7 días.	101
Tabla 55. Resultados de la prueba de tukey para la resistencia a la compresión a los 14 días	102
Tabla 56. Resultados de la prueba de tukey para la resistencia a la compresión a los 28 días.	104

Índice de Figuras

Figura 1. Producto bruto interno por actividad económica, 2024-I.	2
Figura 2. Producción del cemento	2
Figura 3. Incidencia de fisuras en estructuras de concreto armado.....	3
Figura 4. Delimitación espacial del proyecto.....	6
Figura 5. Dosificaciones tradicionales en relación el volumen total de todos los elementos para el Concreto	27
Figura 6. Plano de fisuración.	32
Figura 7. Fisura formada debido a una precipitación obstruida.....	32
Figura 8. Formas de losas aligeradas..	34
Figura 9. Plano de losa aligerada.	35
Figura 10. Unidad de análisis y muestras de estudio	37
Figura 11. Regla o tarjeta de comparación de fisuras usada para esta investigación.....	39
Figura 12. Proceso, desarrollo y evaluación de la investigación.	39
Figura 13. cemento portland Andino Tipo I utilizado para el diseño de la mezcla.	40
Figura 14. Ubicación de la cantera de Rio Mantaro - Orcotuna.	40
Figura 15. Cuarteo manual-reducción de prueba del agregado fino.	41
Figura 16. Examen del peso específico y la absorción de la arena mediante la utilización de una probeta graduada.....	42
Figura 17. Ensayo peso unitario suelto compactado.....	42
Figura 18. Ensayo de granulometría por tamizado	43
Figura 19. Ubicación de la cantera de 3 de diciembre	43
Figura 20. Cuarteo manual-reducción de prueba del agregado grueso.	44
Figura 21. Ensayo de peso unitario compactado.....	45
Figura 22. Ensayo de peso específico del agregado grueso	45
Figura 23. Ensayo de granulometría por tamizado agregado grueso	46
Figura 24. Aditivos usados	46
Figura 25. a) proceso de mezclado del concreto autocompactante, b) adicción del agua más el aditivo y c) tanda de prueba del concreto autocompactante	50
Figura 26. Control de temperatura del concreto autocompactante	51
Figura 27. Ensayo del slump flow	52
Figura 28. Ensayo del anillo J.....	53
Figura 29. Montaje general de la caja en L.	54
Figura 30. a) Ensayo de caja L, b) medición de la pendiente en dos puntos de la caja L	54
Figura 31. a) Ensayo del embudo V, b) Medición del tiempo que tarda el volumen total de concreto en fluir a través de la apertura	56

Figura 32. a) curado de losa aligerada, b) Curado de las muestras cilíndricas.	57
Figura 33. a) encofrado de losa aligerada, b) y c) vaciado de la losa aligerada.	58
Figura 34. a) Vaciado y desencofrado de losa aligerada, b) observación de fisuras en los paños de la losa aligerada, c) medición de fisuras para el rellenado de la ficha de control de fisuras.	59
Figura 35. Resultados del análisis del espesor de fisuras- concreto patrón	63
Figura 36. Resultados del análisis de la longitud de fisuras - concreto patrón	64
Figura 37. Resultados del análisis del espesor de fisuras + 0.02% incorporador de Aire.....	66
Figura 38. Resultados del análisis de la longitud de fisuras + 0.02% incorporador de Aire ...	67
Figura 39. Resultados del análisis del espesor de fisuras + 0.03% incorporador de Aire.....	69
Figura 40. Resultados del análisis de la longitud de fisuras+ 0.03% incorporador de Aire	70
Figura 41. Resultados del análisis del espesor de fisuras + 0.03% incorporador de Aire.....	72
Figura 42. Resultados del análisis de la longitud de fisuras+ 0.03% incorporador de Aire	73
Figura 43. Resultados del ensayo de Contenido de Aire	74
Figura 44. Resultados del ensayo de Temperatura	75
Figura 45. Resultados del ensayo de Caja en L	76
Figura 46. Resultados del ensayo de Anillo en J	77
Figura 47. Resultados del ensayo de Slump Flow	78
Figura 48. Resultados del ensayo Embudo en V	79
Figura 49. Resultados del ensayo - Resistencia a compresión a los 7 días de madurez	81
Figura 50. Resultados del ensayo - Resistencia a compresión a los 14 días de madurez	82
Figura 51. Resultados del ensayo - Resistencia a compresión a los 28 días de madurez	83
Figura 52. Gráfico de Medias.	87
Figura 53. Gráfico de Medias.	93
Figura 54. Gráfico de Medias.	94
Figura 55. Gráfico de Medias.	101
Figura 56. Gráfico de Medias.	103
Figura 57. Gráfico de Medias.	104

Resumen

La presente investigación tuvo el objetivo de determinar la influencia del aditivo incorporador de aire de un concreto autocompactante en la atenuación de fisuras en losas aligeradas en la ciudad de Huancayo, 2024. La población objetiva estuvo comprendida por 36 probetas cilíndricas y 4 paños de losas aligeradas. La selección de la muestra comprende 36 probetas y 4 paños de losas con distintos porcentajes de aditivo incorporador de aire, cuyas dimensiones de la losa son 1.00 m x 1.00 m. Estos paños de prueba están representados por modelos a escala, empleando una metodología que considera una tipología aplicada, enfoque cuantitativo y diseño experimental. Los resultados indican que el uso del aditivo incorporador de aire al concreto autocompactante presenta un efecto positivo en la atenuación de fisuras en las losas aligeradas. En cuanto al objetivo específico 1, se observó que el incremento en la dosificación del aditivo redujo el espesor y la longitud de las fisuras, alcanzando valores mínimos de 0.12 mm y 3.87 cm a los 28 días con 0.04 % de aditivo. Respecto al objetivo específico 2, el aditivo incrementó la cantidad de proporción de aire para el concreto desde 1.2 % (muestra patrón) hasta 1.7 %. Con 0.04 % mejoró la fluidez del concreto y la capacidad de paso, reflejando una suma positiva para cuantificaciones en los exámenes de Caja en L, Anillo en J y Slump Flow. Finalmente, respecto al objetivo específico 3, se observó gran reducción progresiva en la resistencia a compresión del concreto con mayores dosis de aditivo, alcanzando 325.9 kg/cm² en una madurez de 28 días, 0.04 % de aire incorporado, frente a los 362.4 kg/cm² de la muestra patrón. Finalmente, estos resultados confirman que el aditivo tiene un impacto favorable en la reducción de fisuras, pero con una reducción en menor dimensión en la resistencia a compresión del material de estudio.

Palabras Clave: Fisuras, incorporador de aire, concreto autocompactante.

Abstract

The present investigation had the objective to determine the influence of the air-entraining additive of a self-compacting concrete in the attenuation of cracks in lightweight slabs in the city of Huancayo, 2024. The target population is comprised of the lightweight slabs used for the design of roofs in homes, larger infrastructure and other constructions in the city of Huancayo. The sample selection comprises 36 test specimens and 4 slab panels with different percentages of air-entraining additive whose slab dimensions are 1.00 m x 1.00 m, these test panels are represented by scale models, using a methodology considering applied typology, quantitative approach and quasi-experimental design; in which the results were reached which indicate that the use of the air-entraining additive in self-compacting concrete has a positive effect on crack attenuation in lightweight slabs. Regarding specific objective 01, it was observed that the increase in the additive dosage reduced the thickness and length of the cracks, reaching minimum values of 0.12 mm and 5.70 cm at 28 days with 0.04% additive. In specific objective 02, the additive increased the amount of air proportion for the Concrete from 1.2% (standard sample) to 1.7% with 0.04%, improved the fluidity of the concrete and the passage capacity, reflecting a positive sum for quantifications in the L-Box, J-Ring and Slump Flow tests. Finally, in specific objective 03, a great progressive reduction in the compressive strength of the concrete was evident with higher additive doses, reaching 325.9 kg / cm² at a maturity of 28 days 0.04% of incorporated air, compared to 362.4 kg / cm² of the standard sample. Finally, it is concluded that these results confirm that the additive has a favorable impact on crack reduction, but with a smaller reduction in the compressive strength of the study material.

Keywords: Cracking, Air Incorporator, Self-Compacting Concrete.