



UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**“ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN
TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA
PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES.”**

Autor: Hebert Steven Atencio Hinojosa

Tutor: Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes

AMBATO - ECUADOR

Septiembre – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: “**ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES**”, elaborado por el Sr. **Hebert Steven Atencio Hinojosa**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 0502930571, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Septiembre 2021

Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACION

Yo, **Hebert Steven Atencio Hinojosa**, con C.I. 0502930571 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **“ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Septiembre 2021



Hebert Steven Atencio Hinojosa

C.I: 0502930571

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Septiembre 2021



Hebert Steven Atencio Hinojosa

C.I: 0502930571

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Hebert Steven Atencio Hinojosa de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES”**.

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Betzabeth Jessenia Suquillo Ronquillo

Miembro Calificador

Ing. Mg. Carlos Patricio Navarro Peñaherrera

Miembro Calificador

DEDICATORIA

Gana si puedes, pierde si es necesario, pero ¡Nunca abandones !

El presente Proyecto Técnico de grado lo dedico a Dios por nunca desampararme y guiarme con su luz todos los días.

A mis padres, que me han apoyado en todo este trayecto, por siempre brindarme su apoyo sin pedir nada a cambio y ser un ejemplo de vida.

A mis hermanas, el motivo de mis sonrisas, que me alentaron a nunca rendirme y luchar por mis sueños.

Dedico a todos quienes formaron parte de una u otra manera de esta etapa de mi vida.

Hebert Steven Atencio Hinojosa

Septiembre 2021

AGRADECIMIENTO

“Debemos encontrar el tiempo para detenernos y agradecer a las personas que hacen la diferencia en nuestras vidas”. John F. Kennedy

Primero que nada, quiero agradecer a Dios por mostrarme lo hermoso que es la vida y nunca desampararme en los momentos más difíciles.

A mis padres, los agradezco eternamente, por demostrarme el amor más puro y sincero que un padre puede dar a su hijo. Han sido el motor para seguir adelante, la motivación en las noches de desvelo y la razón de ser alguien en la vida. Me falta vida para agradecerles y demostrarles lo orgulloso que soy de ser su hijo.

A las autoridades y docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, ya que, mediante sus enseñanzas y consejos, me han formado para no solo ser un profesional, sino un ser humano.

Un agradecimiento eterno a mi tutor el Ingeniero Diego Cherez por su paciencia y conocimientos impartidos a lo largo del transcurso del presente trabajo, convirtiéndose en no solo un docente, sino también un amigo que ha sido un eje fundamental para alcanzar el objetivo propuesto. Le deseo de todo corazón éxito en la vida y que siga avanzando en el camino de la ingeniería puesto que tiene gran capacidad ingeniero y como docente.

A mis amigos, que han estado conmigo durante el transcurso de esta maravillosa etapa de mi vida, me han demostrado que la amistad, lealtad y respeto aún existen y de los cuales estoy muy agradecido de tenerlos.

Hebert Steven Atencio Hinojosa

Septiembre 2021

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
ÍNDICE DE IMÁGENES	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii

B. CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO II.....	7
METODOLOGÍA	7
2.1 MATERIALES.....	7
2.1.1 Hormigón	7
2.1.2 Cemento hidráulico	8
2.1.3 Agregados pétreos	9
2.1.3.1 Agregado grueso	9
2.1.3.2 Agregado fino.....	10

2.1.4 Agua para hormigón.....	11
2.1.5 Hormigón autocompactante	11
2.1.6 Aditivo.....	12
2.1.7 Hormigón translúcido con fibra óptica.....	13
2.1.8 Fibra óptica.....	14
2.2 MÉTODOS	14
2.2.1 Ensayos de materiales para dosificación.....	14
2.2.1.1 Granulometría de los agregados.....	15
2.2.1.1.1 Tamaño máximo.....	18
2.2.1.1.2 Tamaño nominal máximo (agregado grueso)	18
2.2.1.1.3 Módulo de finura (agregado fino)	18
2.2.1.2 Peso volumétrico compactado y suelto de los agregados	19
2.2.1.3 Densidad relativa y capacidad de absorción de los agregados.....	19
2.2.1.4 Contenido de humedad de los agregados	19
2.2.1.5 Densidad real del cemento	20
2.2.2 Dosificación	20
2.2.2.1 Dosificación del hormigón tradicional.....	20
2.2.2.1.1 Criterio	20
2.2.2.1.2 Procedimiento	21
2.2.2.1.2 Dosificación obtenida.....	25
2.2.2.2 Dosificación del hormigón autocompactante.....	25
2.2.2.2.1 Criterio	25
2.2.2.2.2 Procedimiento	34
2.2.2.2.3 Dosificación obtenida.....	36
2.2.2.3 Dosificación del Hormigón translúcido	36
2.2.2.3.1 Criterio	36
2.2.2.3.2 Procedimiento	38
2.2.2.3.3 Dosificación obtenida.....	39
2.2.3 Ensayo a compresión.....	40
2.2.3.1 Moldes.....	41
2.2.3.1.1 Moldes hormigón tradicional y autocompactante	41
2.2.3.1.1 Moldes hormigón translúcido	41
2.2.3.2 Muestras	45
2.2.4 Ensayo a flexión	46
2.2.4.1 Moldes.....	48

2.2.4.1.1 Moldes hormigón tradicional y autocompactante	48
2.2.4.1.2 Moldes hormigón translúcido	48
2.2.4.2 Muestras	50
CAPÍTULO III.....	52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
3.1 Análisis y discusión de los resultados	52
3.1.1 Propiedades del hormigón en estado fresco	52
3.1.2 Propiedades del hormigón en estado endurecido	61
3.1.2.1 Ensayos a compresión	61
3.1.2.1.1 Resultados a los 7 días de edad	61
3.1.2.1.2 Resultados a los 14 días de edad	69
3.1.2.1.3 Resultados a los 21 días de edad	76
3.1.2.1.4 Porcentaje óptimo.....	83
3.1.2.2 Ensayos a flexión	84
3.1.2.2.1 Resultados a los 7 días de edad	84
3.1.2.2.2 Resultados a los 14 días de edad	88
3.1.2.2.2 Resultados a los 21 días de edad	92
3.1.3 Resumen de resultados	97
3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	103
CAPÍTULO IV	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
4.1 CONCLUSIONES	104
4.2 RECOMENDACIONES	106
C. MATERIALES DE REFERENCIA	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXOS	112
A1. Ensayo de los materiales	112
A2. Anexos fotográficos	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de materiales a utilizar para la elaboración de las muestras.....	7
Tabla 2. Clasificación de los aditivos según la ASTM C 494	12
Tabla 3. Resumen ensayos a realizar	15
Tabla 4. Tamaño de los tamices para agregado grueso según la norma ASTM E11 y NTE INEN 872	16
Tabla 5. Tamaño de los tamices para agregado fino según la norma ASTM E11 y NTE INEN 872	16
Tabla 6. Límites granulométricos del agregado grueso según la norma ASTM C33 y NTE INEN 872	17
Tabla 7. Límites granulométricos del agregado fino según la norma ASTM C33 y NTE INEN 872	17
Tabla 8. Datos requeridos para la dosificación por medio del método de la densidad óptima.....	21
Tabla 9. Resistencia a la compresión del hormigón basado en la relación agua / cemento	21
Tabla 10. Cantidad de pasta en función del asentamiento requerido.....	23
Tabla 11. Dosificación hormigón tradicional.....	25
Tabla 12. Recomendaciones para determinados escurrimientos.....	26
Tabla 13. Rangos sugeridos de material cementante	27
Tabla 14. Dosificaciones de hormigón autocompactante con diferentes tipos de cemento y adiciones (para 1 m ³ de hormigón)	28
Tabla 15. Índice Visual de Estabilidad, (Visual Stability Index, VSI)	29
Tabla 16. Criterio de aceptación de hormigón autocompactante.	33
Tabla 17. Evaluación de propiedades del hormigón autocompactante.	35
Tabla 18. Índice Visual de Estabilidad (VSI) obtenido.	35
Tabla 19. Dosificación hormigón autocompactante.....	36
Tabla 20. Cálculo peso de fibra óptica por cada porcentaje.	39
Tabla 21. Dosificación hormigón translúcido	39
Tabla 22. Cantidad de fibra óptica por molde cúbico	43
Tabla 23. Número de probetas para ensayo de compresión.....	45
Tabla 24. Cantidad de fibra óptica por viga.....	49

Tabla 25. Número de probetas para ensayo de flexión	50
Tabla 26. Densidad aparente y asentamiento del hormigón tradicional	53
Tabla 27. Densidad aparente y propiedades del hormigón autocompactante	54
Tabla 28. Densidad aparente y propiedades del hormigón translúcido con 3% de fibra óptica.....	55
Tabla 29. Densidad aparente y propiedades del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica.....	56
Tabla 30. Densidad aparente y propiedades del hormigón translúcido con 5% de fibra óptica.....	57
Tabla 31. Propiedades de autocompactabilidad del hormigón autocompactante y translúcido.....	59
Tabla 32. Ensayo de compresión del hormigón tradicional a los 7 días	62
Tabla 33. Ensayo de compresión del hormigón autocompactante a los 7 días	63
Tabla 34. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 3% de fibra óptica a los 7 días.....	64
Tabla 35. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 7 días.....	65
Tabla 36. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 5% de fibra óptica a los 7 días.....	66
Tabla 37. Ensayo de compresión del hormigón tradicional a los 14 días	69
Tabla 38. Ensayo de compresión del hormigón autocompactante a los 14 días	70
Tabla 39. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 3% de fibra óptica a los 14 días.....	71
Tabla 40. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 14 días.....	72
Tabla 41. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 5% de fibra óptica a los 14 días.....	73
Tabla 42. Ensayo de compresión del hormigón tradicional a los 21 días	76
Tabla 43. Ensayo de compresión del hormigón autocompactante a los 21 días	77
Tabla 44. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 3% de fibra óptica a los 21 días.....	78
Tabla 45. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 21 días.....	79

Tabla 46. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 5% de fibra óptica a los 21 días.....	80
Tabla 47. Ensayo a flexión del hormigón tradicional a los 7 días de edad	85
Tabla 48. Ensayo a flexión del hormigón autocompactante a los 7 días de edad	86
Tabla 49. Ensayo a flexión del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 7 días de edad.....	87
Tabla 50. Ensayo a flexión del hormigón tradicional a los 14 días de edad	89
Tabla 51. Ensayo a flexión del hormigón autocompactante a los 14 días de edad	90
Tabla 52. Ensayo a flexión del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 14 días de edad.....	91
Tabla 53. Ensayo a flexión del hormigón tradicional a los 21 días de edad	93
Tabla 54. Ensayo a flexión del hormigón autocompactante a los 21 días de edad	94
Tabla 55. Ensayo a flexión del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 21 días de edad.....	95
Tabla 56. Granulometría del agregado grueso	112
Tabla 57. Granulometría del agregado fino	113
Tabla 58. Peso volumétrico suelto y compactado de los agregados	114
Tabla 59. Densidad aparente máxima de la mezcla de los agregados	114
Tabla 60. Densidad relativa y capacidad de absorción del agregado grueso.....	116
Tabla 61. Densidad relativa y capacidad de absorción del agregado fino	116
Tabla 62. Contenido de humedad de los agregados.....	117
Tabla 63. Densidad real del cemento	118
Tabla 64. Dosificación hormigón tradicional.....	119
Tabla 65. Dosificación hormigón autocompactante.....	120
Tabla 66. Dosificación hormigón translúcido.....	120
Tabla 67. Dosificación por parada del hormigón tradicional - cilindros	121
Tabla 68. Dosificación por parada del hormigón tradicional - vigas.....	122
Tabla 69. Dosificación por parada del hormigón autocompactante - cilindros	123
Tabla 70. Dosificación por parada del hormigón autocompactante - vigas.....	123
Tabla 71. Dosificación por parada del hormigón translúcido 3% - cubos.....	124
Tabla 72. Dosificación por parada del hormigón translúcido 4% - cubos.....	125
Tabla 73. Dosificación por parada del hormigón translúcido 4% - vigas.....	126
Tabla 74. Dosificación por parada del hormigón translúcido 5% - cubos.....	127

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Densidad de los hormigones en estado fresco	60
Gráfico 2. Resumen de las densidades en estado endurecido a los 7 días	67
Gráfico 3. Resumen de las resistencias a la compresión a los 7 días.....	68
Gráfico 4. Resumen de las densidades en estado endurecido a los 14 días de edad..	74
Gráfico 5. Resumen de las resistencias a la compresión a los 14 días de edad	75
Gráfico 6. Resumen de las densidades en estado endurecido a los 21 días de edad..	81
Gráfico 7. Resumen de las resistencias a la compresión a los 21 días de edad	82
Gráfico 8. Porcentaje óptimo de fibra óptica	83
Gráfico 9. Resumen de las resistencias a flexión a los 7 días de edad.....	88
Gráfico 10. Resumen de las resistencias a flexión a los 14 días de edad.....	92
Gráfico 11. Resumen de las resistencias a flexión a los 21 días de edad.....	96
Gráfico 12. Densidad en estado endurecido de los hormigones: tradicional, autocompactante y translúcido.....	97
Gráfico 13. Resistencia a la compresión de los hormigones: tradicional, autocompactante y translúcido.....	99
Gráfico 14. Resistencia a la flexión de los hormigones: tradicional, autocompactante y translúcido.....	101

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Cemento hidráulico tipo GU	9
Imagen 2. $V_{si}= 0$. Muy estable	30
Imagen 3. $V_{si}= 1$. Estable	30
Imagen 4. $V_{si}= 2$. Inestable	30
Imagen 5. $V_{si}= 3$. Muy inestable	31
Imagen 6. Medidas Caja L	32
Imagen 7. Medidas Embudo V.....	32
Imagen 8. Dirección de la carga, ensayo de compresión	41
Imagen 9. Armado hormigón translúcido con el 3% de fibra óptica	44
Imagen 10. Armado hormigón translúcido con el 4% de fibra óptica	44
Imagen 11. Armado hormigón translúcido con el 5% de fibra óptica	45
Imagen 12. Dirección de la carga, ensayo de flexión	47
Imagen 13. Armado viga de hormigón translúcido con el 4% de fibra óptica.....	50

RESUMEN

Para la realización del presente trabajo experimental, se inició con la recolección de los materiales: los agregados pétreos provenientes de la ciudad de Latacunga-San Buenaventura, cemento Tipo GU, aditivo superplastificante Viscomix 410L y fibra óptica de 125 umm. A continuación, se realizaron los ensayos correspondientes a los materiales siguiendo las normas INEN y ASTM en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la FICM. Con los resultados obtenidos, se procedió a dosificar utilizando el método de densidad óptima para el hormigón tradicional y realizando correcciones de acuerdo al ACI para el autocompactante y translúcido. En cuanto a la resistencia de compresión, el hormigón translúcido con 4 por ciento fue el que mejor desempeño tuvo en comparación con el 3 y 5 por ciento, con valores a los 7,14 y 21 días de 17.2, 24.4 y 32.4 Mpa respectivamente. Con estos resultados se determina el porcentaje óptimo (4 por ciento) con el cuál se procedió a la fabricación de las vigas. El ensayo a flexión indica que, el módulo de rotura a los 7 y 14 días (1.81 y 2.69 Mpa) es menor que las obtenidas con el hormigón tradicional (2.12 y 2.76 Mpa) y autocompactante (2.81 y 3.99 Mpa), sin embargo, a los 21 días (3.79 Mpa) tiene una resistencia a la flexión mayor que el del hormigón tradicional (3.27 Mpa) pero menor que el autocompactante (4.21 Mpa). Finalmente se deduce que el hormigón translúcido con el porcentaje óptimo del 4 por ciento puede utilizarse como material estructural.

PALABRAS CLAVES: Hormigón translúcido, Hormigón tradicional, Hormigón autocompactante, Fibra óptica, Aditivo superplastificante, Elementos estructurales.

ABSTRACT

To carry out the present experimental work, it began with the collection of materials: stone aggregates from the city of Latacunga-San Buenaventura, Type GU cement, Viscomix 410L superplasticizer additive and 125 umm fiber optic. Next, the tests corresponding to the materials were carried out following INEN and ASTM standards in the Materials Testing Laboratory of the FICM. With the results obtained, we proceeded to dose using the optimal density method for traditional concrete and making corrections according to the ACI for self-compacting and translucent concrete. Regarding compression resistance, translucent concrete with 4 percent was the one that had the best performance compared to 3 and 5 percent, with values at 7, 14 and 21 days of 17.2, 24.4 and 32.4 Mpa respectively. With these results, the optimal percentage (4 percent) with which the beams were manufactured is determined. The flexural test indicates that the modulus of rupture at 7 and 14 days (1.81 and 2.69 Mpa) is lower than those obtained with traditional concrete (2.12 and 2.76 Mpa) and self-compacting (2.81 and 3.99 Mpa), however, at 21 days (3.79 MPa) it has a flexural strength greater than traditional concrete (3.27 MPa) but less than self-compacting concrete (4.21 MPa). Finally, it follows that translucent concrete with the optimum percentage of 4 percent can be used as a structural material.

KEY WORDS: Translucent concrete, Traditional concrete, Self-compacting concrete, Optical fiber, Superplasticizer additive, Structural elements.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1.1 Antecedentes

Los primeros indicios de la fabricación del hormigón translúcido empiezan en el año 1999 cuando el arquitecto estadounidense y, profesor de la Universidad de Houston, Bill Price, crea la primera muestra utilizando como base pedazos de vidrio y plástico translúcido. A pesar del apoyo que contaba, el proyecto del nuevo material se terminó desarrollando en una empresa europea cuyos resultados no fueron publicados. En el año 2001, el arquitecto húngaro de 27 años Aron Losonczy, mientras realizaba su postgrado en Estocolmo, desarrolló un hormigón que permitía la transmisión de luz gracias a la incorporación de fibra óptica, tiempo después logró patentar dicha idea con el nombre de LitraCon (acrónimo de Light Transmitting Concrete). [1]

En el año 2002 se desarrolló un concurso en Estocolmo en el cual se diseñó un pavimento iluminado para colocarse en una plaza concurrida de la ciudad, durante el transcurso del día tiene el aspecto de un hormigón normal, pero durante la noche se ilumina brindando a la plaza un aspecto único. [2]

En 2004 se llevó a cabo un proyecto en Hungría llamado “European Gate”, dicha estructura se le realizó como celebración por la unión de Hungría a la Unión Europea (EU), consiste en una estructura con una entrada similar a una puerta elaborado de hormigón translúcido, como resultado se tiene una pieza de arte que conjuga el despliegue visual de la luz y el uso artístico de este nuevo tipo de hormigón.[3]

Los mexicanos Joel Sosa y Omar Galván, ingenieros civiles de profesión, en el año 2005 crean el aditivo Ilum el cual le confiere las propiedades translúcidas al hormigón, además es un 30% más ligero que el hormigón tradicional y puede llegar hasta 15 veces su resistencia, se puede colar bajo el agua y ser utilizado en plataformas marítimas gracias a su resistencia al agua. Está compuesto por cemento blanco, agregados finos y gruesos, agua, fibras y un aditivo cuya fórmula se encuentra patentada. [4]

Actualmente se sigue realizando investigaciones para conferirle al hormigón propiedades translúcidas, se ha recurrido a diferentes tipos de materiales y metodologías. En la Escuela Politécnica del Ejercito se elaboró probetas de hormigón translúcido utilizando fibra nylon y resina, en el caso de la fibra se obtuvo resistencias a la compresión mayores a 250 kg/cm² y paso de la luz entre el 30% y 60%; las probetas utilizando resina obtuvieron resistencias a la compresión mayores a 700 kg/cm² y paso de la luz hasta un 80%. [5].

1.1.2 Justificación

A medida que la industria de la construcción sigue avanzando, nuevas técnicas y materiales aparecen en el mercado proporcionando al cliente la posibilidad de innovar y sobresalir en un medio en el que los materiales tradicionales han prevalecido por varios años. Es así que la creación de nuevos materiales revoluciona la manera en que se que construye brindando un atractivo visual sobresaliente en los medios urbanos.[1]

Su uso en escaleras o en paredes divisores ayuda a la visibilidad en casos de cortes de energía permitiendo guiar a los usuarios de manera más segura y previniendo posibles accidentes; además su incorporación en estructuras subterráneas, donde el paso de la luz es casi nulo, permite crear ambientes más seguros y cómodos para los ocupantes. Se puede incorporar en escuelas, museos, sitios públicos y privados, o lugares en donde

se necesita vigilancia (esto debido a que la silueta de las personas se puede distinguir a través del concreto) pero a la vez proteger la privacidad de los usuarios. [3]

En la ciudad de Estocolmo se incorporó paneles de hormigón translúcido las mismas que durante el día tienen el aspecto de un hormigón normal, pero al caer la noche otorga a la plaza un aspecto único iluminando el lugar por completo brindando a los turistas una experiencia inigualable, se puede utilizar el mismo concepto para iluminar caminos peatonales donde sea necesario tener una ruta clara para transitar, brindar seguridad a los peatones y a su vez generar ambientes con mejor estética. [2]

Pero no solo su uso está limitado a las aceras, un estudio realizado en 2016 [6] sugiere realizar carriles de hormigón translúcido como una forma de incrementar la seguridad al transitar y reducir el costo de iluminación debido a los postes de alumbrado, el carril se encuentra conformado por una capa metálica en donde se ubican los componentes de iluminación y demás sensores, encima de esta capa se ubica el hormigón translúcido utilizando fibra óptica armada en una matriz vertical para permitir el paso de la luz hacia la carretera.

De acuerdo a [7], el hormigón translúcido con fibra óptica usando como materias primas cemento, agua, arena y fibra óptica (porcentaje en función de la masa del hormigón), tiene un incremento en la resistencia a compresión a los 28 días con respecto al hormigón convencional. Es así que el hormigón con 0% de adición de fibra óptica arroja un valor de esfuerzo a la compresión de 270.43 kg/cm²; mientras que el hormigón translúcido que obtuvo el mejor desempeño (usando un diámetro de fibra óptica de 1.5 mm y espaciado de 10 mm), fue utilizando 1.43% de fibra óptica obteniendo un valor de 348.34 kg/cm², es así que a medida que se aumenta el porcentaje de fibra, la resistencia a compresión del hormigón translúcido también aumentará.

Por otro lado, según [8], la resistencia a compresión del hormigón translúcido va reduciendo conforme aumenta el porcentaje de fibra óptica. Para este caso de estudio el porcentaje de fibra óptica corresponde a la superficie del concreto, se ensayó con porcentajes del 1% al 5%, se obtuvo como resultado que la resistencia del concreto se reduce en 30%, 20%, 18% para los 3, 7 y 28 días correspondientemente.

También existen variaciones de acuerdo al tipo de concreto a utilizar, es así que en [6] se usa hormigón autocompactante para la elaboración de hormigón translúcido debido a la trabajabilidad y facilidad de vertido. De acuerdo a los ensayos realizados de prueba y error para encontrar el porcentaje óptimo de fibra óptica a utilizar, se obtuvo que usando el 3% de fibra óptica se obtiene el menor impacto de reducción en el esfuerzo de compresión y la mayor transmitancia de luz, además, dichos ensayos se realizaron aplicando la carga paralela a la fibra. Es así que usando el 3% se obtuvo una reducción de resistencia a la compresión del 11.14% con respecto al concreto convencional.

Con respecto a la relación del diámetro de la fibra óptica y su incidencia en la resistencia a la compresión, según [9], el diámetro de 2.0 mm de fibra óptica es el que da mejores resultados, para ello se probaron diferentes muestras con 2%, 3% y 4% de fibra óptica, además se indica que el porcentaje con mayor esfuerzo a la compresión es el que usa 4% de fibra óptica estando en un rango entre 20 – 23 N/mm² en comparación con un hormigón de grado M20.

En cuanto al comportamiento a flexión, en el estudio realizado por [6] para obtener el comportamiento a flexión del hormigón translúcido para su uso en pavimentos, se observó que, debido a la ausencia de cualquier tipo de reforzamiento, la capacidad de carga de la viga ensayada es mínima. Es así que las 3 muestras ensayadas alcanzaron el valor mínimo de 9.1 KN para ser usado tanto en pavimentos rígidos como en flexibles.

El diámetro de la fibra también tiene relación con la resistencia a flexión, de acuerdo a [9], el diámetro que mejor desempeño tiene a los 7 días es el de 1.5 mm, mientras que a los 90 días el diámetro de 2.0 mm muestra mejores resultados (8.11, 7.7 y 7.11 MPa) para (2, 3 y 4 %) de fibra óptica respectivamente, estos en comparación con un concreto convencional de grado M20.

Existen varios factores que afectan al comportamiento mecánico del hormigón translúcido, ya sea por el tipo de concreto a usar, el diámetro y tipo de fibra, el porcentaje de fibra óptica, aplicación de carga, entre otros. Es por ello que seguir realizando estudios teniendo en cuenta las diferentes variables es necesario para poder conocer más a fondo el comportamiento de este novedoso material y de esta manera incluirlo de mejor manera en las infraestructuras civiles.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Analizar las propiedades mecánicas del hormigón translúcido usando diferentes porcentajes de fibra óptica para su uso en elementos estructurales.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar el porcentaje de fibra óptica que ofrezca el mejor comportamiento a compresión.
- Comparar las propiedades mecánicas obtenidas de un hormigón tradicional y hormigón autocompactante ($f'c$ 240 kg/cm²) con las del hormigón translúcido con diferentes porcentajes de fibra óptica.

- Realizar ensayos a flexión en vigas con los hormigones estudiados (tradicional, autocompactante y translúcido) en base al porcentaje óptimo de fibra óptica.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 MATERIALES

Tabla 1. Resumen de materiales a utilizar para la elaboración de las muestras

Hormigón	Materiales
Tradicional	Cemento
	Agregado fino (Arena)
	Agregado grueso (Ripio)
	Agua
Autocompactante	Cemento
	Agregado fino (Arena)
	Agregado grueso (Ripio)
	Agua
	Aditivo superplastificante de alto rango tipo F
Translúcido	Cemento
	Agregado fino (Arena)
	Agregado grueso (Ripio)
	Agua
	Aditivo superplastificante de alto rango tipo F
	Fibra óptica

Fuente: Elaboración propia

2.1.1 Hormigón

Es un material compuesto el cual contiene un medio aglutinante, una mezcla de cemento hidráulico y agua, que sirve como unión de las partículas y fragmentos de áridos. [9]

El hormigón posee características tanto en estado fresco como en estado endurecido. Cuando el hormigón se encuentra en estado fresco debe cumplir ciertos requerimientos dependiendo el tipo de obra que se esté realizando, si el hormigón resulta fácil de manejar, transportar, es manejable y homogéneo, se puede decir que este hormigón es dócil.

El factor que interviene en la docilidad del hormigón son los agregados, si el hormigón posee agregados alargados y con aristas va a dar como resultado un hormigón poco dócil el cuál para darle mejor trabajabilidad hay que usar mezclas más ricas en cemento y arena, o a su vez incluir el uso de aditivos. La propiedad que más resalta en el estado endurecida es la durabilidad, en general si un hormigón es durable se puede decir que es de buena calidad. [10]

2.1.2 Cemento hidráulico

El cemento portland es un conglomerante hidráulico compuesto de materiales inorgánicos y minerales, el cual después de un proceso de molido y en contacto con el agua genera una mezcla que por medio de reacciones químicas fraguan y endurecen teniendo como resultado productos mecánicamente resistentes. [10]

El cemento a utilizar es un cemento del tipo GU el cuál sirve generalmente para cualquier construcción teniendo como características principales la resistencia, durabilidad y desempeño de acuerdo a los estándares de la norma NTE INEN 2380.

Entre las principales ventajas se encuentran: mejoramiento de la trabajabilidad en las mezclas, reducción en la segregación, exudación, calor de hidratación y reducción en la fisuración. [11]

Imagen 1. Cemento hidráulico tipo GU



Fuente: Holcim [11]

2.1.3 Agregados pétreos

Los agregados pétreos constituyen el mayor volumen del concreto por lo que la variación de los mismos representa cambios en las propiedades mecánicas del hormigón en cuestión. Los agregados deben tener igual o superior grado de durabilidad y resistencia que las especificadas en el concreto, pueden ser rodados cuando se emplea en hormigones de baja resistencia o triturados en hormigones de mediana y alta resistencia. La principal función de los agregados es disminuir la cantidad de pasta empleada en la elaboración del hormigón y proporcionar resistencia tanto a compresión como abrasión al hormigón endurecido. [10]

2.1.3.1 Agregado grueso

Se denomina agregado grueso al árido cuya mayor parte de sus partículas se encuentran retenidas en el tamiz N°4 (4.75mm). [12]

El árido grueso consiste en grava, grava triturada, piedra triturada o escoria de altos hornos enfriada al aire y debe cumplir los requisitos estipulados en la norma NTE INEN 872. [13]

Debido a que la fibra óptica es un material susceptible a sufrir daños si está expuesto a movimientos o golpes bruscos, se va a utilizar agregado grueso con un tamaño máximo de 19 mm para que no existan inconvenientes al momento del vertido. Para tener igualdad en las muestras, se va a utilizar el mismo agregado tanto en el hormigón convencional como en el autocompactante.

2.1.3.2 Agregado fino

Se denomina agregado fino al árido que pasa por el tamiz 3/8" (9.5mm), la mayor parte de sus partículas pasan el tamiz N°4 (4.75mm) y son retenidas en su mayoría por el tamiz N°200 (75µm). [12]

Según la norma NTE INEN 872 [13]: “El árido fino consiste de arena natural, arena elaborada o una combinación de ellas”.

Para las muestras de hormigón tradicional, autocompactante y translúcido se empleará el agregado proveniente de la mina las mismas que serán ensayadas para que cumplan con la gradación de acuerdo a la norma NTE INEN 696 y sean capaces de llenar los vacíos.

2.1.4 Agua para hormigón

El agua constituye un factor importante al momento de realizar hormigón, por lo que hay que tener riguroso cuidado con la composición química y las fuentes de donde proviene. Por ello el agua para la elaboración de hormigón debe cumplir con todos los requisitos de la norma NTE INEN 2617. [14]

Para la elaboración de las muestras de hormigón tradicional, convencional y translúcido se utilizará agua potable de acuerdo a lo que establece la norma NTE INEN 2617.

2.1.5 Hormigón autocompactante

Se denomina hormigón autocompactante a aquel hormigón capaz de fluir a través del acero de refuerzo y compactarse usando su propio peso sin la necesidad de requerir esfuerzos adicionales respetando los límites de segregación. [12]

Los hormigones autocompactantes son usados en proyectos en donde el acero de refuerzo es prominente. Particularmente su uso se los realiza en muros, columnas y fundaciones con gran cantidad de acero, en donde concretos con trabajabilidad convencional presentarían dificultades para colocar y consolidarse. Por ello el uso del concreto autocompactante ha sido introducido como una solución puesto que su colocación y compactación puede realizarse sin el uso de vibradores.

Con el fin de obtener asentamientos grandes y mantener el contenido de agua bajo, el uso de aditivos superplastificantes es esencial. Ajustes a los diseños tradicionales de las mezclas y el uso de superplastificantes crean un concreto capaz de fluir y, a la vez,

cumplir con el rendimiento requerido. El concreto autocompactante es ampliamente usado para mejorar la apariencia arquitectónica de la superficie del concreto dejando un terminado mucho más estético, sin embargo, hay que asegurarse que la superficie que sirve de encofrado se encuentre sin imperfecciones ya que estas se verán reflejadas en el acabado final. [15]

2.1.6 Aditivo

Según la norma NTE INEN 1762 [9], el aditivo es un “producto químico, que no sea cemento Portland, árido o agua, utilizado eventualmente como un ingrediente del mortero u hormigón y que se añade antes o durante su mezclado para mejorar ciertas propiedades.”

Se recurre al uso de aditivos cuando se requiere mejorar la trabajabilidad de la mezcla, esto en casos donde los agregados con contienen suficientes finos o el cemento tiende a producir exudación, para ello se puede usar aditivos en forma de polvo fino como: cal hidratada, tierra diatomácea, ceniza, entre otros. [16]

Tabla 2. Clasificación de los aditivos según la ASTM C 494

TIPO	DESCRIPCIÓN
A	Reductores de agua
B	Retardadores de fraguado
C	Acelerantes
D	Reductores de agua y fraguado
E	Reductores de agua y acelerantes
F	Súper reductores de agua
G	Súper reductores de agua y acelerantes

Fuente: ASTM C 494 [17]

Para la elaboración de las muestras de hormigón autocompactante y hormigón translúcido se utilizará un aditivo superplastificante de alto rango tipo F.

Los aditivos superplastificantes aumentan de manera significativa la trabajabilidad del hormigón para una relación agua/cemento establecido, o, por el contrario, reduce la relación agua/cemento para obtener la trabajabilidad deseada. La mezcla obtenida en estado fresco utilizando superplastificantes conlleva a una elevada cohesión sin perder la homogeneidad de la mezcla. Los hormigones resultantes del uso de superplastificantes por lo general tienden a ser más plásticos, dóciles y menos segregables. [10]

Se utilizará el aditivo superplastificante VISCOMIX 410L, proporcionado por la empresa ADMIX. VISCOMIX 410L es un superplastificante en base de poli carboxilato y polímeros, reductor de agua de alto rango.

Entre sus principales beneficios se encuentra.

- Alta resistencia inicial.
- Mejoramiento de las propiedades reológicas y mecánicas del concreto.
- Dispersión de partículas, rompe grumos de cemento.
- Mejor acabado e impermeabilidad.
- Mejor resistencia a compresión y flexión.
- Mejora el módulo de Elasticidad.
- Mejora la fluidez del concreto.
- Reducción de la relación agua/cemento de más del 40%.
- Reducción del contenido de cemento.
- Alta trabajabilidad, cohesivo sin sangrado.

2.1.7 Hormigón translúcido con fibra óptica

El hormigón translúcido es un hormigón que permite el paso de la luz a través de su estructura, su propiedad principal es la transmisión de luz la cual se obtiene embebiendo materiales que permiten el paso de la luz como es el caso de la fibra óptica. La luz es conducida desde una cara del concreto hacia la otra. La fibra óptica transmite la luz de forma tan efectiva que es casi imposible la pérdida de luz cuando esta se conduce a través de ella. [3]

2.1.8 Fibra óptica

Es un conductor de ondas luminosas que tienen forma de filamentos. Cuando los haces de luz penetran en la fibra estas se reflejan a través de ella. El funcionamiento está basado en la transmisión de un haz luminoso que pasa por el núcleo de la fibra sin atravesarlo, de tal manera que se va reflejando por el interior del núcleo. [18]

La fibra óptica de vidrio consiste en un tubo que puede ser macizo o hueco en donde la luz queda atrapada, es así que al rebotar en las paredes del tubo se puede recorrer largas distancias. [18]

Existen varios tipos de fibra óptica, sin embargo, la que se va a utilizar para el presente trabajo es la fibra óptica de vidrio de 1 hilo de diámetro 125 umm proporcionado por la empresa LATAMFIBERHOME CABLE C. LTDA. Esto debido a la dificultad de encontrar otros tipos de diámetro en el mercado y el costo que conlleva el uso de este material.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Ensayos de materiales para dosificación

Inicialmente se va realizar los ensayos referentes a los agregados pétreos, se determinarán las propiedades físicas y mecánicas provenientes de la ciudad de Latacunga en la parroquia San Buenaventura. Luego se procederá ensayando el cemento hidráulico del Tipo GU. Todos los ensayos se los realizará siguiendo las normas INEN y ASTM.

Tabla 3. Resumen ensayos a realizar

ENSAYO	NORMA
AGREGADOS PÉTREOS	
Granulometría de los agregados	ASTM C 136 - NTE INEN 696
Peso volumétrico suelto y compactado	ASTM C 29 - NTE INEN 858
Densidad aparente máxima de la mezcla de los agregados	ASTM C 29 - NTE INEN 858
Contenido de humedad	ASTM C 566 - NTE INEN 862
Densidad relativa y capacidad de absorción del agregado grueso	ASTM C 127 - NTE INEN 857
Densidad relativa y capacidad de absorción del agregado fino	ASTM C 127 - NTE INEN 857
CEMENTO	
Densidad real del cemento	ASTM C 188 - NTE INEN 156

Fuente: *Elaboración propia*

2.2.1.1 Granulometría de los agregados

La granulometría de los agregados se lo realizará utilizando las normas ASTM C136 y la NTE INEN 696, en dichas normas se establece el método para establecer una determinada distribución granulométricas del tamaño de las partículas de los agregados pétreos, sean estos gruesos o finos, utilizando tamices cuadrados de alambre. Las aberturas de los tamices están normadas por medio de NTE INEN 154 y ASTM E11.

Tabla 4. Tamaño de los tamices para agregado grueso según la norma ASTM E11 y NTE INEN 872

TAMAÑO DE LOS TAMICES	
AGREGADO GRUESO (Grava)	
ASTM E11	NTE INEN 872
2 pulgadas	50 mm
1 1/2 pulgadas	37.5 mm
1 pulgada	25 mm
3/4 pulgada	19 mm
1/2 pulgada	12.5 mm
3/8 pulgada	9.5 mm
#4	4.75 mm

Fuente: Norma ASTM E11 [20] y NTE INEN 872 [13]

Tabla 5. Tamaño de los tamices para agregado fino según la norma ASTM E11 y NTE INEN 872

TAMAÑO DE LOS TAMICES	
AGREGADO FINO (Arena)	
ASTM E11	NTE INEN 872
3/8 pulgada	9.5 mm
#4	4.75 mm
#8	2.36 mm
#16	1.18 mm
#30	0.6 mm
#50	0.3 mm
#100	0.15 mm

Fuente: Norma ASTM E11 [20] y NTE INEN 872 [13]

Para la elaboración de la curva granulométrica tanto para agregado grueso como para fino, se debe representar en el eje de las ordenadas el porcentaje acumulado que pasa por el tamiz, y en el eje de las abscisas las aberturas del tamiz representadas en escala logarítmica. [22]

Tabla 6. Límites granulométricos del agregado grueso según la norma ASTM C33 y NTE INEN 872

LÍMITES GRANULOMÉTRICOS		
ASTM C33 y NTE INEN 872		
AGREGADO GRUESO (Grava)		
Tamaño del Tamiz	Porcentaje que pasa	
	Inferior	Superior
2 pulgadas (50 mm)	100	100
1 1/2 pulgadas (37.5 mm)	95	100
1 pulgadas (25 mm)	-	-
3/4 pulgadas (19 mm)	35	70
1/2 pulgadas (12.5 mm)	-	-
3/8 pulgadas (9.5 mm)	10	30
#4 (4.75 mm)	0	5

Fuente: Norma ASTM C33 [21] y NTE INEN 872 [13]

Tabla 7. Límites granulométricos del agregado fino según la norma ASTM C33 y NTE INEN 872

LÍMITES GRANULOMÉTRICOS		
ASTM C33 y NTE INEN 872		
AGREGADO FINO (Arena)		
Tamaño del Tamiz	Porcentaje que pasa	
	Inferior	Superior
3/8 pulgadas (9.5 mm)	100	100
#4 (4.75 mm)	95	100
#8 (2.36 mm)	80	100
#16 (1.18 mm)	50	85
#30 (0.60 mm)	25	60
#50 (0.30 mm)	5	30
#100 (0.15 mm)	0	10

Fuente: Norma ASTM C33 [21] y NTE INEN 872 [13]

2.2.1.1.1 Tamaño máximo

El tamaño máximo del agregado se obtiene primero realizando un ensayo de granulometría, se debe determinar cuál es el menor de los tamices por donde pasa la muestra en su totalidad. Generalmente el tamaño máximo del agregado no debe estar por encima de 1/5 la dimensión más corta del miembro de concreto, 3/4 del espaciamiento libre en el acero de refuerzo y 1/3 del peralte de las losas. [22]

2.2.1.1.2 Tamaño nominal máximo (agregado grueso)

Primero se debe realizar un ensayo de granulometría, una vez realizado este ensayo se procede a identificar el menor tamaño de malla por el cual pasa la mayor parte del agregado o en donde se retenga entre el 5% y el 15% de dicho agregado. [22]

2.2.1.1.3 Módulo de finura (agregado fino)

El módulo de finura (agregado fino) sirve para la estimación de las proporciones de agregado grueso y fino en la mezcla de concreto. Para determinar dicho módulo se lo hace siguiendo la norma ASTM C125, para ello se debe sumar los porcentajes acumulados en peso de los agregados que se encuentren retenidos en una serie de mallas para después dividir dicha suma entre 100. Las mallas a usar para determinar el módulo de finura son: 0.15 mm (N°.100), 0.30 mm (N°.50), 0.60 mm (N°.30), 1.18 mm (N°.16), 2.36 mm (N°.8), 4.75mm (N°.4), 9.52 mm (3/8”), 19.05 mm (3/4 “), 38.10 mm (1 1/2”) y 76.20 mm (3”). [22]

La norma NTE INEN 872 [13] establece como requisito que el módulo de finura del agregado fino no debe ser menor que 2.3 ni mayor que 3.1.

2.2.1.2 Peso volumétrico compactado y suelto de los agregados

Se lo realiza siguiendo las normas ASTM C29 y NTE INEN 858 tanto para determinar el peso volumétrico de agregados finos y gruesos en estado compactado como en estado suelto. Existen 3 métodos para determinar el peso volumétrico; por varillado, sacudida y por medio de paladas, siendo los dos primeros para el estado compactado y el último para el estado suelto. El ensayo es válido tanto por separado como en mezcla de los agregados finos y gruesos. [23]

Un punto a tener en cuenta es que el contenido de vacíos afecta directamente al diseño de la mezcla de concreto por lo que, si el contenido de vacíos es alto, la mezcla requerirá de más cemento y por ende el costo será mucho más elevado. Por ello se recomienda agregados con buena granulometría para tener resultados más óptimos. [22]

2.2.1.3 Densidad relativa y capacidad de absorción de los agregados

Este ensayo se lo realiza siguiendo las normas NTE INEN 856 (ASTM C127) para agregado fino y NTE INEN 857 (ASTM C128) para agregado grueso. El ensayo es aplicable para determinar la densidad promedio de una muestra, densidad relativa (gravedad específica) y la capacidad de absorción de los agregados. Para determinar la densidad promedio y densidad relativa por el método SH (seca al horno), se lo realiza luego de secar el agregado usando un horno. Para determinar la densidad promedio y densidad relativa por el método SSS (saturada superficialmente seca), se lo realiza luego de saturar al agregado por 24 horas. [24]

2.2.1.4 Contenido de humedad de los agregados

Se lo determina siguiendo la norma ASTM C566 y NTE INEN 862. El ensayo consiste en determinar el porcentaje de humedad colocando la muestra de agregado fino o grueso en estado natural en un horno. El contenido de humedad es la cantidad de agua que se evapora con respecto a la masa del agregado en estado seco, dicho contenido se lo expresa en porcentaje. [25]

2.2.1.5 Densidad real del cemento

Se lo determina siguiendo las normas ASTM 188 y NTE INEN 156. Para determinar el valor de la densidad real del cemento hidráulico se utilizan dos métodos: Método volumétrico usando el frasco Le Chatelier y el método gravimétrico mediante el uso del picnómetro. Para el presente trabajo se utilizará el método gravimétrico. El método consiste en determinar la relación que existe entre el cemento y el volumen del líquido, este puede ser: nafta, querosén o gasolina; este líquido desplaza a la masa del cemento y así se puede obtener su densidad real. [26]

2.2.2 Dosificación

2.2.2.1 Dosificación del hormigón tradicional

2.2.2.1.1 Criterio

El método que se va a utilizar es el método de la densidad óptima. Este método toma como base la creación de una roca artificial, para ello se deben rellenar los espacios vaciados, dejados por los agregados, con una pasta conformada por agua y cemento. [32]

Tabla 8. Datos requeridos para la dosificación por medio del método de la densidad óptima

PROPIEDAD	NOMENCLATURA	VALOR	UNIDADES
Densidad Real del Cemento	<i>DRC</i>	2.902	Kg/dm ³
Densidad Real de la Arena	<i>DRA</i>	2.698	Kg/dm ³
Densidad Real del Ripio	<i>DRR</i>	2.649	Kg/dm ³
Densidad Aparente de la Arena (suelta)	<i>DAA</i>	1.470	Kg/dm ³
Densidad Aparente del Ripio (suelta)	<i>DAR</i>	1.280	Kg/dm ³
Densidad Aparente de la Arena (compactada)	<i>DAA</i>	1.630	Kg/dm ³
Densidad Aparente del Ripio (compactada)	<i>DAR</i>	1.540	Kg/dm ³
Porcentaje Óptimo de Arena	<i>POA</i>	44	%
Módulo de Finura de la Arena	<i>MFA</i>	2.97	-
Porcentaje Óptimo de Ripio	<i>POR</i>	56	%
Densidad Óptima de la Mezcla	<i>DOM</i>	1.87	Kg/dm ³
Capacidad de Absorción de la Arena	<i>CAA</i>	1.45	%
Capacidad de Absorción del Ripio	<i>CAR</i>	1.33	%
Contenido de Humedad de la Arena	<i>CHA</i>	0.09	%
Contenido de Humedad del Ripio	<i>CHR</i>	0.01	%

Fuente: *Hormigón* [32]

2.2.2.1.2 Procedimiento

1. Seleccionar la relación agua / cemento utilizando la siguiente tabla. Para el presente trabajo se utilizará la relación agua/cemento correspondiente a la resistencia de 24 Mpa.

Tabla 9. Resistencia a la compresión del hormigón basado en la relación agua / cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días en Mpa (f'c)	Relación agua / cemento (W/C)
45	0.37
42	0.40
40	0.42
35	0.46
32	0.50
30	0.51
28	0.52
25	0.55
24	0.56
21	0.58
18	0.60

Fuente: *Investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón* [35]

2. Calcular la Densidad Real de la Mezcla (DRM) de agregado fino con agregado grueso, la ecuación a utilizar parte de los volúmenes reales y aparentes de los agregados.

$$DRM = \frac{DRA \times POA + DRR \times POR}{100}$$

$$DRM = \frac{2.698 \times 44 + 2.649 \times 56}{100}$$

$$DRM = 2.671 \text{ Kg/dm}^3$$

3. Calcular el Porcentaje Óptimo de Vacíos (POV) a llenar con pasta de cemento y agua.

$$POV = \frac{DRM - DOM}{DRM} \times 100$$

$$POV = \frac{2.671 - 1.870}{2.671} \times 100$$

$$POV = 29.99 \%$$

4. Calcular la cantidad de pasta necesaria para llenar los vacíos mencionados anteriormente, para ello se le añade un extra del 2% para cubrir todas las partículas del agregado, además de aportarle a la mezcla trabajabilidad, plasticidad y asentamiento adecuados.

Para el presente trabajo se utilizará el asentamiento en el rango de 9-12 con el fin de que la mezcla sea lo más trabajable y fluida posible para poder modificarla posteriormente en la dosificación del hormigón autocompactante.

Tabla 10. Cantidad de pasta en función del asentamiento requerido

Asentamiento en cm	Cantidad de Pasta en %
0 - 3	POV + 2% + 3% (POV)
3 - 6	POV + 2% + 6% (POV)
6 - 9	POV + 2% + 8% (POV)
9 - 12	POV + 2% + 11% (POV)
12 - 15	POV + 2% + 13% (POV)

Fuente: *Investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón* [35]

$$CP = POV + 2\% + 11\% (POV)$$

$$CP = 29.99 + 2 + 0.11 (29.99)$$

$$CP = 35.29 \%$$

El porcentaje obtenido representa una fracción del volumen total del hormigón, por lo que se debe multiplicar por el volumen del hormigón para obtener la cantidad.

$$CP = 0.3529 \times 1000 \text{ dm}^3 = 352.85 \text{ Kg}$$

5. Calcular la cantidad de cemento necesaria para 1 metro cúbico de hormigón.

$$C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$$

$$C = \frac{352.85}{0.56 + \frac{1}{2.902}}$$

$$C = 390.05 \text{ Kg}$$

6. Calcular la cantidad de agua necesaria usando la siguiente ecuación.

$$W = \frac{W}{C} \times C$$

$$W = 0.56 \times 390.05 \text{ Kg}$$

$$W = 218.43 \text{ Ltrs}$$

7. Calcular la cantidad de los agregados; se parte del principio de que la densidad es la relación entre la masa y el volumen, y de que, si al metro cúbico del hormigón le restamos la cantidad de pasta, la diferencia debe ser la cantidad de los agregados.

$$A = (1000 - CP) \times DRA \times POA/100$$

$$A = (1000 - 352.85) \times 2.698 \times \frac{44}{100}$$

$$A = 768.36 \text{ Kg}$$

$$R = (1000 - CP) \times DRR \times POR/100$$

$$R = (1000 - 352.85) \times 2.649 \times 56/100$$

$$R = 960.12 \text{ Kg}$$

NOTA: Las fórmulas utilizan el kg como unidad de masa y kg/dm³ como unidad de volumen.

8. Realizar una corrección por humedad. Las cantidades y dosificaciones calculadas están bajo el supuesto de que los agregados se encuentran en estado de humedad Saturada Superficialmente Seca (SSS), por ello es necesario calcular la corrección de humedad puesto que es muy difícil que los agregados al momento de la mezcla se encuentren en dicho estado.

2.2.2.1.2 Dosificación obtenida

Tabla 11. Dosificación hormigón tradicional

DOSIFICACIÓN AL PESO DEL HORMIGÓN TRADICIONAL			
MATERIALES	CANTIDAD (KG) POR CADA M3	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD (KG) POR SACO DE CEMENTO
C	390.05	1.00	1 SACO
W	218.43	0.56	28
A	768.36	1.97	98.50
R	960.12	2.46	123.08
TOTAL	2336.96	>> Densidad del hormigón (Kg/dm³)	

Fuente: *Elaboración propia*

2.2.2.2 Dosificación del hormigón autocompactante

2.2.2.2.1 Criterio

Para elaborar mezclas de concreto autocompactante se lo realiza siguiendo las recomendaciones del ACI 237R – 2008 (manual práctico de hormigón), el cual menciona los parámetros que deben cumplirse para la obtención de un hormigón con características físicas acordes a la necesidad para después ser validado con ensayos de laboratorio. [31]

Las recomendaciones son las siguientes:

- Se determina los requerimientos del flujo de asentamiento teniendo en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 12. Recomendaciones para determinados escurrimientos

CARACTERÍSTICAS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		SLUMP FLOW		
		< 550 mm	550 a 650 mm	> 650 mm
Nivel de refuerzo	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos de forma complicada	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos profundos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Excelentes acabados superficiales	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos largos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Paredes delgadas	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Contenido de agregado grueso	Bajo			
	Medio			

	Alto			
Energía de colocación	Bajo			
	Medio			
	Alto			

* Las áreas sombreadas representan un potencial problema y deben ser evitadas

Fuente: *Concreto Autocompactante* [36]

- Se estima la cantidad de cemento requerido y agua a partir del ensayo de escurrimiento usando la siguiente tabla.

Tabla 13. Rangos sugeridos de material cementante

SLUMP FLOW			
mm	<550	550 – 600	> 650
Contenido de material cementicio (Kg/m ³)	335 – 385	385 – 445	> 458

Fuente: *Hormigón Autocompactante* [31]

- Seleccionar el agregado grueso y su proporción de acuerdo a (ACI 211.1 y 301). El tamaño nominal máximo del agregado grueso y el volumen que ocupa en la mezcla afecta la capacidad de fluir del hormigón autocompactante a través de las barras de acero.
- Una vez seleccionada la mezcla se procede a evaluar las propiedades de trabajabilidad, estabilidad, capacidad de paso, capacidad de llenado y flujo de asentamiento.

- Finalmente se deben realizar los ajustes correspondientes en base a los resultados de las pruebas hasta que se logren los objetivos deseados y se cumplan los parámetros de autocompactabilidad.
- Se puede utilizar la siguiente tabla como una referencia para realizar la dosificación del hormigón autocompactante.

Tabla 14. Dosificaciones de hormigón autocompactante con diferentes tipos de cemento y adiciones (para 1 m³ de hormigón)

Hormigón	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tipo de cemento	I 42,5 R/SR	CEM II/A-V 42,5 N	CEM III/A-V 42,5 R	CEM I 42,5 R	I 42,5 R/SR	CEM II/A-S 42,5 N	BL II/A-L 42,5 R	CEM II/A-P 42,5 R	CEM II/B-L 32,5 N
Tipo de adición	Ceniza Volante	Filler Calizo	Filler Calizo	Filler Calizo	Filler Calizo	Filler Calizo	Filler Calizo	Filler Calizo	Filler Calizo
Cemento	280 kg	300 kg	325 kg	350 kg	325 kg	350 kg	375 kg	350 kg	350 kg
Adición(*)	200 kg	200 kg	200 kg	200 kg	220 kg	200 kg	156 kg	200 kg	110 kg
Agua	140 kg	150 kg	162 kg	193 kg	179 kg	193 kg	206 kg	193 kg	193 kg
Arena	960 kg	960 kg	960 kg	960 kg	960 kg	960 kg	960 kg	960 kg	960 kg
Grava	695 kg	695 kg	695 kg	695 kg	695 kg	695 kg	695 kg	695 kg	695 kg
Aditivo	4,62 kg (1,65%)	3,90 kg (1,30%)	6,50 kg (2%)	7,35 kg (2,10%)	7,05 kg (2,17%)	2,80 kg (0,80%)	4,31 kg (1,15%)	6,34 kg (1,81%)	6,65 kg (1,90%)
a/c	0,50	0,50	0,50	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55

(*) Sin incluir la adición del propio cemento.

Fuente: *Dosificación, propiedades y durabilidad en hormigón autocompactante para edificación* [37]

Slump Flow Test.

El “Slump Flow” es usado para evaluar el flujo libre horizontal en la ausencia de obstáculos. Dicho valor es un aproximado del diámetro máximo y el diámetro perpendicular al diámetro máximo cuando el flujo se detiene. El diámetro del círculo

del concreto es un índice directo para conocer la capacidad de llenado del concreto. [27]

El ensayo también tiene como objetivo determinar el T50 que viene a ser el tiempo expresado en segundos que el hormigón se tarda en alcanzar la marca de 500 mm de diámetro, este tiempo se contabiliza desde el inicio en que se realiza el levantamiento del cono. [29]

El valor de T50 puede proporcionar información referente a las propiedades del flujo de la mezcla del hormigón autocompactante, es así que valores mayores de dicho índice significará una mayor viscosidad. El uso de aditivos reductores de agua se usará para modificar las propiedades de flujo de la mezcla, también el uso de modificadores de viscosidad y otros cambios en las proporciones de los materiales podrán influenciar en las propiedades de flujo y la resistencia a la segregación. [30]

La norma que rige el ensayo de “Slump Flow” con cono de Abrams es la ASTM C1611, la estabilidad de concreto autocompactante se puede observar visualmente de forma cualitativa por medio del Índice Visual de Estabilidad (VSI). [28]

Tabla 15. Índice Visual de Estabilidad, (Visual Stability Index,VSI)

VALOR (VSI)	CRITERIO
0= Muy estable	No hay evidencia de segregación ni de exudación de agua
1= Estable	No hay evidencia de segregación y se observa una ligera exudación como brillo en la superficie de la masa de concreto
2= Inestable	Se nota un halo ligero $\leq 10\text{mm}$ (≤ 5 pulg) y algún agregado apilado dentro de la masa de concreto
3= Muy inestable	Se nota una clara segregación, por un halo grande en el mortero $> 10\text{ mm}$ (> 0.5 pulg) y/o un ampliamente grande de agregado en el centro de la masa de concreto

Fuente: Método de ensayo. Determinación del flujo de asentamiento del concreto autoconsolidante, ASTM C1611 [30]

Imagen 2. $V_{si} = 0$. Muy estable



Fuente: *Durability and Sustainability of Concretes* [27]

Imagen 3. $V_{si} = 1$. Estable



Fuente: *Durability and Sustainability of Concretes* [27]

Imagen 4. $V_{si} = 2$. Inestable



Fuente: *Durability and Sustainability of Concretes* [27]

Imagen 5. $V_{si}= 3$. Muy inestable



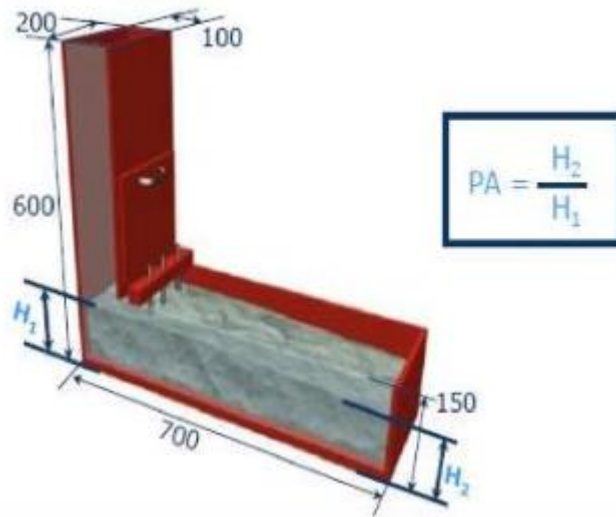
Fuente: *Durability and Sustainability of Concretes* [27]

Capacidad de fluidez con Caja L

Este ensayo evalúa la capacidad que tiene el hormigón autocompactante de fluir, su capacidad de llenado y de paso, además de indicar cualquier anomalía en la estabilidad de la mezcla. El ensayo consta en llenar la caja vertical, esta caja se encuentra separada por una compuerta en la parte horizontal en la cual están colocadas varillas de acero simulando el acero de refuerzo. Al levantar la compuerta el concreto empieza a fluir, en ese momento se toma el tiempo que se requiere para llegar al otro extremo, el tiempo que transcurre debe encontrarse en el rango de 3 y 6 seg. Finalmente se procede a medir la altura inicial y final expresadas por H_i y H_f , se determina la relación de estas alturas cuyo valor debe ser mayor a 0.80. En el tramo horizontal de la caja de colocarse

las marcas a los 20 y 40 centímetros de la compuerta, se mide el tiempo que tarda la mezcla a llegar a estos puntos siendo el T20 y T40 respectivamente. [31]

Imagen 6. Medidas Caja L

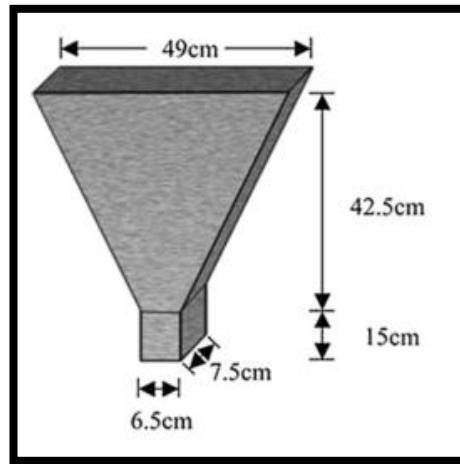


Fuente: *Hormigón Autocompactante* [31]

Capacidad de llenado, Ensayo de Embudo V

Este método es usado para medir la capacidad de llenado del concreto con agregado de tamaño máximo 20 mm. El proceso consiste en llenar el embudo V con aproximadamente 12 L de concreto, luego se procede a abrir la compuerta y dejar que el hormigón fluya. Finalmente se mide el tiempo que tarda el hormigón en fluir por completo. Mientras más corto sea el tiempo que tome el concreto en fluir, mejor será su trabajabilidad. [27]

Imagen 7. Medidas Embudo V



Fuente: *Smart and Multifunctional Concrete Toward sustainable Infrastructures* [27]

Crterios de aceptaci3n

Los valores de aceptaci3n para las propiedades en estado fresco del hormig3n autocompactante se los tomar3 teniendo en cuenta los est3ndares europeos de la EFNARC [38], el cu3l brinda una gu3a y especificaciones a cumplir al momento de realizar dicho hormig3n.

Tabla 16. Criterio de aceptaci3n de hormig3n autocompactante.

	Method	Unit	Typical range of values	
			Minimum	Maximum
1	slumpflow by Abrams cone	mm	650	800
2	T_{50cm} slumpflow	sec	2	5
3	J-ring	mm	0	10
4	V-funnel	sec	6	12
5	Time increase, V-funnel at $T_{5minutes}$	sec	0	+3
6	L-box	(h_2/h_1)	0,8	1,0
7	U-box	(h_2-h_1) mm	0	30
8	Fill-box	%	90	100
9	GTM Screen stability test	%	0	15
10	Orimet	sec	0	5

Fuente: *Specification and guidelines for self-compacting concrete* [38]

2.2.2.2.2 Procedimiento

1. Para elegir el “Slump Flow” de la tabla 13, se va a considerar niveles medios en todos los parámetros, considerando que el espaciamiento mínimo de las fibras a colocar será de 3.2 cm y que el tamaño máximo del agregado es de 19 mm, lo que no conllevaría problema para que la mezcla se pueda escurrir. Además, se quiere obtener buenos acabados superficiales y que sea su colocación sea lo más sencilla posible.

$$\textit{Slump Flow} = 550 \text{ a } 650 \text{ mm}$$

2. La cantidad de cemento se elegirá de acuerdo a la tabla 14 teniendo en cuenta el rango escogido de “Slump Flow “anteriormente.

$$\textit{Rango} = 385 \text{ a } 445 \text{ Kg/m}^3$$

$$\textit{Cantidad de cemento} = 420 \text{ Kg/m}^3$$

3. Las cantidades de agregados pétreos y agua serán las mismas utilizadas en la dosificación de hormigón tradicional.

$$\textit{Cantidad de arena} = 768.36 \text{ Kg/m}^3$$

$$\textit{Cantidad de ripio} = 960.12 \text{ Kg/m}^3$$

$$\textit{Cantidad de agua} = 218.43 \text{ Lt/m}^3$$

4. Debido a la baja trabajabilidad de la mezcla resultante y teniendo en cuenta la dosificación de referencia de la tabla 16, se utilizará aditivo superplastificante tipo F al 1% en función del peso del cemento.

$$\textit{Cantidad de aditivo} = 4.2 \text{ Kg/m}^3$$

5. Se procede a evaluar las propiedades del hormigón autocompactante: Capacidad de Flujo (Slump Flow test), capacidad de llenado (Embudo V) y capacidad de paso (Caja L). De igual manera se usa tabla 17 para dar aceptación a los datos obtenidos.

Tabla 17. Evaluación de propiedades del hormigón autocompactante.

MÉTODO	UNIDAD	RANGO TÍPICO		OBTENIDO
		Mínimo	Máximo	
<i>Slump Flow con cono de Abrams</i>	mm	650	800	650
<i>T 50cm Slump Flow</i>	seg	2	5	4.7
<i>Embudo V</i>	seg	6	12	11.2
<i>Caja L</i>	(h2/h1)	0.8	1.0	0.9

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 18. Índice Visual de Estabilidad (VSI) obtenido.

VALOR (VSI)	CRITERIO
1= Estable	No hay evidencia de segregación y se observa una ligera exudación



Fuente: *Elaboración propia*

2.2.2.2.3 Dosificación obtenida

Tabla 19. Dosificación hormigón autocompactante

DOSIFICACIÓN AL PESO DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE			
MATERIALES	CANTIDAD (KG) POR CADA M3	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD (KG) POR SACO DE CEMENTO
C	420.00	1.00	1 SACO
W	218.43	0.52	26.00
A	768.36	1.83	91.47
R	960.12	2.29	114.30
Aditivo (1%)	4.20	0.01	0.50
TOTAL	2371.11	>> Densidad del hormigón (Kg/m3)	

Fuente: *Elaboración propia*

2.2.2.3 Dosificación del Hormigón translúcido

2.2.2.3.1 Criterio

En el estudio realizado por [6] para la elaboración de hormigón translúcido incorporando fibra óptica para su uso posterior en pavimentos, se utilizó la dosificación correspondiente al hormigón autocompactante, esto debido a la necesidad de que el hormigón fluya por entre las fibras y se consolide adecuadamente. Los materiales utilizados fueron: Cemento Portland Tipo I, arena de gravedad específica 2.62 y capacidad de absorción de 0.62%, agregado grueso de tamaño máximo 9.5 mm y un aditivo superplastificante basado en Polycarboxilato Tipo F que fue añadido en cantidad de 0.5 % del volumen de cemento.

En el ebook “Smart and Multifunctional Concrete Toward Sustainable Infrastructures” [27] se refiere a la dosificación del hormigón translúcido como la

utilizada para un hormigón tradicional teniendo en cuenta que la colocación del hormigón debe realizarse cuidadosamente para evitar daños en la fibra.

En el artículo “Experimental Study of light-transmitting concrete” [7], se realizó probetas cúbicas de hormigón translúcido utilizando como materiales: cemento, agua, arena y cantidades específicas de fibra óptica. La dosificación para un metro cúbico de hormigón se lo realizó teniendo en cuenta un asentamiento de 190 mm y relación agua/cemento de 0.40.

Según el artículo “State of art developments in light transmitting concrete”, el concreto translúcido se lo puede elaborar usando concreto autocompactante para evitar el desplazamiento de las fibras por el uso de vibradores puesto que, por su propiedad de auto compactación, solo necesita de su peso para consolidarse. También es posible fabricar hormigón translúcido usando mortero de hormigón autocompactante, así se puede obtener mayor homogeneidad y acabados más estéticos. [39]

Debido a que la fibra óptica a utilizar tiene un diámetro de 245 μm , lo convierte en un material susceptible a quebrarse bajo fuertes impactos, por lo que se optará por realizar paquetes de hilos de fibra para que su resistencia aumente y puedan soportar el vertido de la mezcla.

Sin embargo, el uso de varillado o vibración pueden ocasionar daños a la fibra, por ello se utilizará la dosificación correspondiente al hormigón autocompactante con el fin de que la mezcla se auto consolide usando su propio peso y poder reducir al mínimo el daño a la fibra.

Para la selección de los porcentajes a usar, de acuerdo a [6] el porcentaje de fibra óptica que tuvo mejor desempeño mecánico fue el 3%, por otro lado [9] obtuvo los mejores

resultados usando 4% de fibra en función del volumen del hormigón. Los ensayos realizados por [8] se realizaron en el rango de 1% a 5% de fibra óptica concluyendo que mientras más aumenta la fibra, la resistencia a compresión disminuye. Teniendo estos datos en cuenta, para los ensayos pertinentes se utilizarán los porcentajes 3%, 4% y 5% de fibra óptica en función del volumen de concreto para obtener los mejores resultados posibles.

2.2.2.3.2 Procedimiento

1. Se lleva a cabo el mismo procedimiento que el hormigón autocompactante. Se verificará que se cumplan las propiedades correspondientes y los rangos de aceptación.
2. Se calcula la cantidad de fibra óptica, en función del peso del concreto, necesaria de acuerdo a los porcentajes seleccionados.

Datos:

$$V_c = 1.0 \text{ m}^3$$

$$\gamma_h = 2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Donde:

V_c = Volumen del hormigón.

γ_h = Densidad del hormigón.

Cálculos:

$$W_h = \gamma_h * V_c$$

$$W_f = \text{porcentaje} * W_h$$

Donde:

W_h = Peso del hormigón en kilogramos.

W_f = Peso de la fibra en kilogramos.

L_f = Longitud de fibra requerida en kilómetros.

Tabla 20. Cálculo peso de fibra óptica por cada porcentaje.

	3%	4%	5%
Wh (kg)	2300	2300	2300
Wf (kg)	69	92	115

Fuente: *Elaboración propia*

2.2.2.3.3 Dosificación obtenida

Tabla 21. Dosificación hormigón translúcido

DOSIFICACIÓN AL PESO DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO			
3% FIBRA ÓPTICA			
MATERIALES	CANTIDAD (KG) POR CADA M3	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD (KG) POR SACO DE CEMENTO
C	420.00	1.00	1 SACO
W	218.43	0.52	26.00
A	768.36	1.83	91.47
R	960.12	2.29	114.30
Aditivo (1%)	4.40	0.01	0.50
Fibra Óptica (3%)	69.00	0.16	8.21
TOTAL	2440.31	>> Densidad del hormigón (Kg/m3)	
4% FIBRA ÓPTICA			
MATERIALES	CANTIDAD (KG) POR CADA M3	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD (KG) POR SACO DE CEMENTO

C	420.00	1.00	1 SACO
W	218.43	0.52	26.00
A	768.36	1.83	91.47
R	960.12	2.29	114.30
Aditivo (1%)	4.40	0.01	0.50
Fibra Óptica (4%)	92.00	0.22	10.95
TOTAL	2463.31	>> Densidad del hormigón (Kg/m3)	
5% FIBRA ÓPTICA			
MATERIALES	CANTIDAD (KG) POR CADA M3	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD (KG) POR SACO DE CEMENTO
C	420.00	1.00	1 SACO
W	218.43	0.52	26.00
A	768.36	1.83	91.47
R	960.12	2.29	114.30
Aditivo (1%)	4.40	0.01	0.50
Fibra Óptica (5%)	115.00	0.27	13.69
TOTAL	2486.31	>> Densidad del hormigón (Kg/m3)	

Fuente: *Elaboración propia*

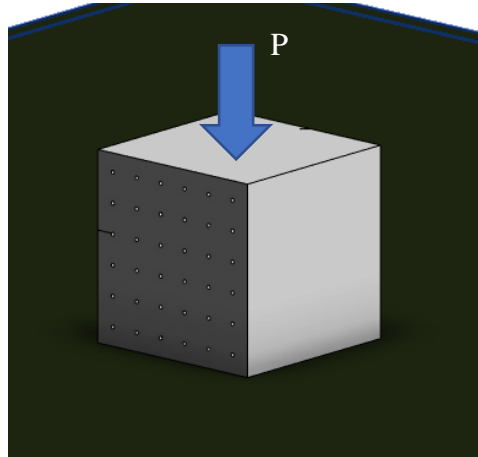
2.2.3 Ensayo a compresión

Las normas vigentes en nuestro medio para el ensayo de compresión son: NTE INEN 1573 (Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico) y NTE INEN 1576 (Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo). [32]

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión sobre las muestras cilíndricas a una velocidad que se encuentra en un rango definido hasta que ocurra la rotura del espécimen. La resistencia a la compresión va a ser el resultado de dividir la carga máxima, alcanzada en el ensayo, entre el área de la sección transversal de la muestra. [33]

Para el caso del hormigón translúcido, se aplicará la carga perpendicular a las fibras colocadas, debido a que, en el uso práctico, la luz pasará en la cara del concreto perpendicular al eje axial.

Imagen 8. Dirección de la carga, ensayo de compresión



Fuente: *Elaboración propia*

2.2.3.1 Moldes

2.2.3.1.1 Moldes hormigón tradicional y autocompactante

Según la norma NTE INEN 1576 [42], indica que se puede utilizar cilindros de dimensiones 100 mm x 120 mm o a su vez 150 mm x 300 mm, siendo la primera dimensión del diámetro y la segunda la longitud del cilindro.

Para el caso del hormigón tradicional y hormigón autocompactante se utilizarán cilindros con dimensiones de 100 mm x 120 mm.

2.2.3.1.1 Moldes hormigón translúcido

Para el caso del hormigón translúcido, debido al armado de las fibras no es posible realizar moldes cilíndricos por lo que la mejor opción es utilizando moldes cúbicos. De acuerdo a la norma ASTM C192-07 [43], se pueden utilizar moldes prismáticos de acuerdo a la necesidad y dimensiones que se requiera para obtener el espécimen deseado, siempre y cuando las superficies interiores sean lisas y libre de irregularidades. Además, los lados, el fondo y los extremos deben formar ángulos rectos entre sí, estar alineados y libres de alabeo.

Para que sea posible la comparación de resistencias utilizando diferentes moldes es necesario usar una ecuación que relacione los resultados obtenidos en moldes cilíndricos con los obtenidos en moldes cúbicos. La investigación realizada por [44] proporciona una ecuación que relaciona ambos valores, dicha ecuación funciona independientemente de la edad del hormigón y esta dada en función de la resistencia especificada del hormigón. Es así que, para hormigones con resistencia menor a 300 kg/cm² se usa:

$$f_{cub} = 1.10 \times f_{cil}$$

Donde:

f_{cub} = Resistencia cúbica a compresión en Kg/cm²

f_{cil} = Resistencia cilíndrica a compresión en Kg/cm²

En la investigación mencionada se utilizaron moldes cúbicos de 20 cm x 20 cm, por lo que se utilizará las mismas dimensiones para los moldes de hormigón translúcido en el presente proyecto con el fin de que no existan variaciones al momento de utilizar la ecuación anteriormente propuesta.

Armado de los moldes

De acuerdo a los porcentajes seleccionados de fibra óptica, (3%, 4%, 5%) y las dimensiones seleccionadas (20 x 20 x 20 cm) se realizará el armado correspondiente.

Datos:

$$V_c = 0.008 \text{ m}^3$$

$$\gamma_h = 2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_f = 0.055 \frac{\text{gr}}{\text{cm}}$$

Donde:

V_c = Volumen del cubo de 20x20x20 cm.

γ_h = Densidad del hormigón.

γ_f = Peso de la fibra óptica por unidad de longitud.

Cálculos:

$$W_h = (\gamma_h * V_c) * 1000$$

$$W_f = \text{porcentaje} * W_h$$

$$L_f = \left(\frac{W_f}{\gamma_f} \right) / 100$$

Donde:

W_h = Peso del hormigón en gramos.

W_f = Peso de la fibra en gramos.

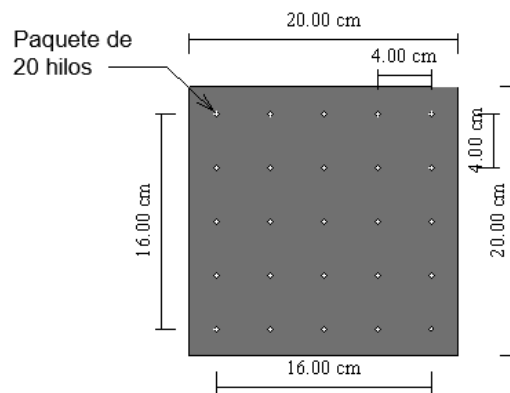
L_f = Longitud de fibra requerida en metros.

Tabla 22. Cantidad de fibra óptica por molde cúbico

	3%	4%	5%
Wh (gr)	18400	18400	18400
Wf (gr)	552	736	920
Lf requerida (m)	99.82	133.09	166.37
# fibras por paquete	20	20	24
Lf por paquete (m)	4.00	4.00	4.80
# paquetes requeridos	25.00	36.00	36.00
Lf a poner (m)	100.00	144.00	172.80

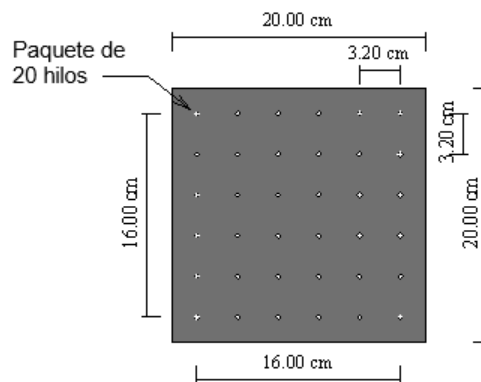
Fuente: *Elaboración propia*

Imagen 9. Armado hormigón translúcido con el 3% de fibra óptica



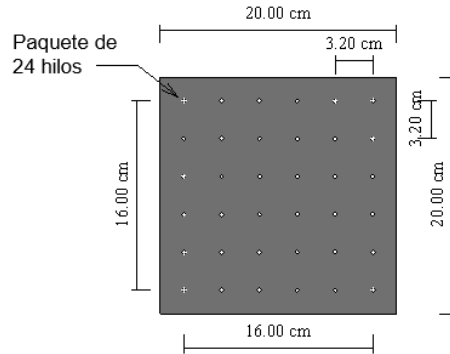
Fuente: *Elaboración propia*

Imagen 10. Armado hormigón translúcido con el 4% de fibra óptica



Fuente: *Elaboración propia*

Imagen 11. Armado hormigón translúcido con el 5% de fibra óptica



Fuente: *Elaboración propia*

2.2.3.2 Muestras

Para cumplir con los requisitos de resistencia mencionados en la norma NTE INEN 1855-1, para ensayos de resistencia a compresión y flexión se deben elaborar por lo menos dos especímenes de ensayo siendo el valor de la resistencia el promedio de los ensayos realizados a una edad especificada. [41]

Para el presente trabajo se realizarán 3 especímenes por cada edad del hormigón (7,14,28) días, con una resistencia especificada de 240 kg/cm² para los 3 tipos de hormigones.

Tabla 23. Número de probetas para ensayo de compresión

Hormigón	Nº Probetas
Tradicional	9
Autocompactante	9
Translúcido	

3%	9
4%	9
5%	9
Total	45

Fuente: *Elaboración propia*

2.2.4 Ensayo a flexión

El ensayo de resistencia a flexión utilizando una viga simple con carga en los tercios se lo realiza siguiendo la norma NTE INEN 2554 y ASTM C 293. Para la selección de los moldes para los especímenes se recurre a la norma NTE INEN 1576.

El ensayo consiste en colocar una carga continua en los tercios de la luz libre de una viga simplemente apoyada en los extremos hasta que ocurra la rotura. Después se calcula la resistencia a la flexión determinando el módulo de rotura. Para dicho cálculo se deben tomar las dimensiones de una de las caras fracturadas después de efectuado el ensayo. Se debe tomar una medición en cada borde y una en el centro de la sección fracturada con el fin de utilizar los valores promedios para ancho y alto. [34]

Si la fractura es producida dentro del tercio medio de la luz libre, se utiliza la siguiente ecuación.

$$R = PL/bd^2$$

Donde:

R = Módulo de rotura, en Mpa.

P = Carga máxima aplicada, indicada por la máquina de ensayo, en N.

L = Luz libre, en mm.

b = Promedio del ancho del espécimen, en la fractura, en mm.

d = Promedio de la altura del espécimen, en la fractura, en mm.

Si la fractura es producida fuera del tercio medio de la luz libre sin exceder el 5% más allá de la luz libre, se utiliza la siguiente ecuación.

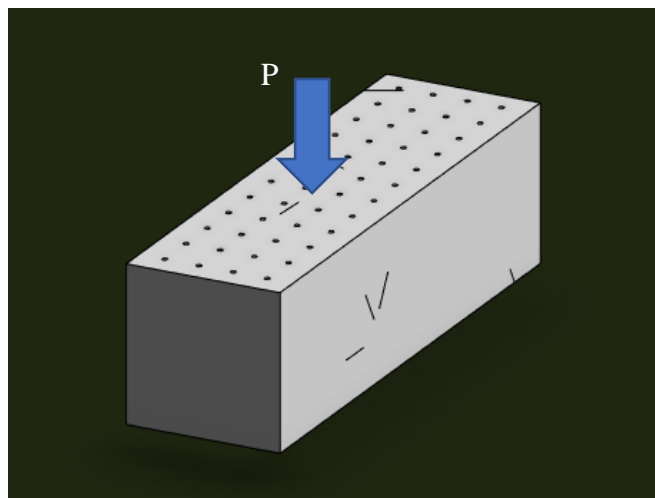
$$R = 3Pa/bd^2$$

Donde:

a = Distancia media entre la línea de fractura y el apoyo más cercano medido en la superficie de la tracción de la viga, en mm.

Para el caso del ensayo a flexión para las vigas de hormigón translúcido, se aplicará la carga paralela a las fibras colocadas por su posible uso en pavimentos como el mencionado en [6].

Imagen 12. Dirección de la carga, ensayo de flexión



Fuente: *Elaboración propia*

2.2.4.1 Moldes

2.2.4.1.1 Moldes hormigón tradicional y autocompactante

La norma NTE INEN 1576 [42] indica que los moldes para vigas de hormigón no deben tener secciones menores que 150 mm x 150 mm, y la longitud deber por lo menos 50 mm mayor que 3 veces la altura.

Para las vigas a ensayar, tanto para hormigón tradicional y autocompactante se utilizarán las dimensiones de 150 mm x 150 mm x 800 mm. Esto debido a que son los moldes que cuenta el laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

2.2.4.1.2 Moldes hormigón translúcido

Las dimensiones para las vigas de hormigón translúcido serán de 150mm x 150mm x 500mm, con el fin de que el armado de la fibra óptica sea más fácil de realizarlo.

Armado de los moldes

De acuerdo al porcentaje óptimo seleccionado del 4% (ver Gráfico 8) se realizará el armado de los moldes para las vigas.

Datos:

$$V_c = 0.0112 \text{ m}^3$$

$$y_h = 2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_f = 0.055 \frac{gr}{cm}$$

Donde:

V_c = Volumen de la viga de 15x15x50 cm.

γ_h = Densidad del hormigón.

γ_f = Peso de la fibra óptica por unidad de longitud.

Cálculos:

$$W_h = (\gamma_h * V_c) * 1000$$

$$W_f = \text{porcentaje} * W_h$$

$$L_f = \left(\frac{W_f}{\gamma_f} \right) / 100$$

Donde:

W_h = Peso del hormigón en gramos.

W_f = Peso de la fibra en gramos.

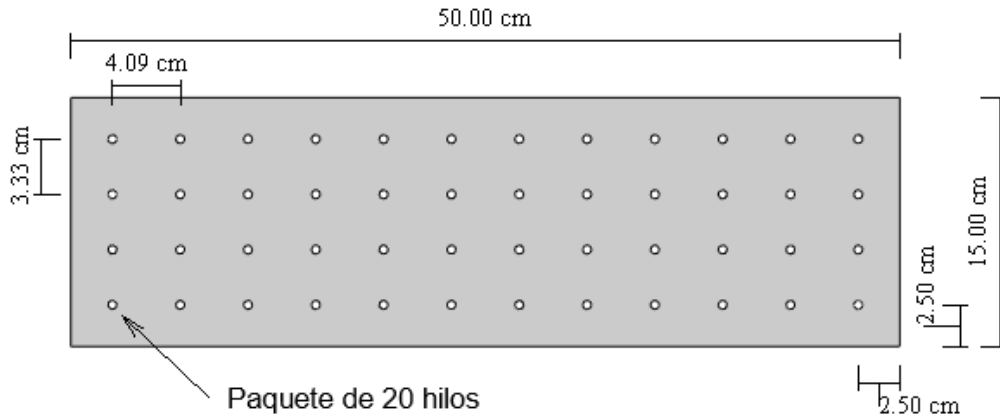
L_f = Longitud de fibra requerida en metros.

Tabla 24. Cantidad de fibra óptica por viga

	4%
Wh (gr)	25760
Wf (gr)	1030.4
Lf requerida (m)	187.35
# fibras por paquete	20
Lf por paquete (m)	4.00
# paquetes requeridos	48.00
Lf a poner (m)	208.00

Fuente: *Elaboración propia*

Imagen 13. Armado viga de hormigón translúcido con el 4% de fibra óptica



Fuente: *Elaboración propia*

2.2.4.2 Muestras

Para cumplir con los requisitos de resistencia mencionados en la norma NTE INEN 1855-1, para ensayos de resistencia a compresión y flexión se deben elaborar por lo menos dos especímenes de ensayo siendo el valor de la resistencia el promedio de los ensayos realizados a una edad especificada. [41]

Para el presente trabajo se realizarán 3 especímenes por cada edad del hormigón (7,14,28) días, con una resistencia especificada de 240 kg/cm² para los 3 tipos de hormigones.

Tabla 25. Número de probetas para ensayo de flexión

Hormigón	N° Probetas
----------	-------------

Tradicional	9
Autocompactante	9
Translúcido (4%)	9
Total	27

Fuente: *Elaboración propia*

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Propiedades del hormigón en estado fresco

Tabla 26. Densidad aparente y asentamiento del hormigón tradicional

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES										
ORIGEN:		SAN BUENA VENTURA - LATACUNGA				FECHA:		28/06/2021		
NORMA:		ASTM C143 - ASTM C138				REALIZÓ:		HEBERT ATENCIO		
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN TRADICIONAL (240 KG/CM2) EN ESTADO FRESCO										
Altura del Molde Cilíndrico (m):			0.20							
Número de días	Denominación del Molde	Diámetro del Molde (m)	Área del Molde (m ²)	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Hormigón (Kg)	Peso del Hormigón (Kg)	Volumen del Molde (m ³)	Asentamiento (cm)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
7	T1	0.10	0.0079	7.716	11.047	3.631	0.002	10	2311.57	2323.80
	T2	0.10	0.0079	7.732	11.061	3.629	0.002	10	2310.29	
	T3	0.10	0.0079	7.752	11.087	3.635	0.002	10	2314.11	
14	T4	0.10	0.0079	7.715	11.052	3.637	0.002	10	2315.39	
	T5	0.10	0.0079	7.717	11.072	3.655	0.002	10	2326.85	
	T6	0.10	0.0079	7.751	10.735	3.684	0.002	10	2345.31	
28	T7	0.10	0.0079	7.71	10.699	3.689	0.002	10	2348.49	
	T8	0.10	0.0079	7.715	11.061	3.646	0.002	10	2321.12	
	T9	0.10	0.0079	7.726	11.072	3.646	0.002	10	2321.12	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 26. Se determinó el asentamiento de la mezcla patrón siguiendo la norma ASTM C143, con un valor de 10 cm, el cual se encuentra dentro del rango seleccionado (9 – 12 cm) al momento de su dosificación. La densidad promedio obtenida siguiendo la norma ASTM C138 es de 2323.80 kg/m³, el cual se aproxima al valor de 2336.96 kg/m³ para el cuál fue diseñado.

Tabla 27. Densidad aparente y propiedades del hormigón autocompactante

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES												
ORIGEN:		SAN BUENA VENTURA - LATACUNGA				FECHA:		28/06/2021				
NORMA:		ASTM C1611 - ASTM C138 - EFNARC				REALIZÓ:		HEBERT ATENCIO				
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE (240 KG/CM2) EN ESTADO FRESCO												
Altura del Molde Cilíndrico (m) :			0.20									
Número de días	Denominación del Molde	Diámetro del Molde (m)	Área del Molde (m ²)	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Hormigón (Kg)	Peso del Hormigón (Kg)	Volumen del Molde (m ³)	Slump Flow (mm)	Embudo V (seg)	Caja L (h2/h1)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
7	A1	0.10	0.0079	7.715	11.089	3.674	0.002	655	11.2	0.9	2338.94	2341.13
	A2	0.10	0.0079	7.715	11.097	3.682	0.002	655	11.2	0.9	2344.03	
	A3	0.10	0.0079	7.712	11.06	3.648	0.002	655	11.2	0.9	2322.39	
14	A4	0.10	0.0079	7.738	11.104	3.666	0.002	655	11.2	0.9	2333.85	
	A5	0.10	0.0079	7.667	11.042	3.675	0.002	655	11.2	0.9	2339.58	
	A6	0.10	0.0079	7.725	11.115	3.69	0.002	655	11.2	0.9	2349.13	
28	A7	0.10	0.0079	7.708	11.106	3.698	0.002	655	11.2	0.9	2354.22	
	A8	0.10	0.0079	7.733	11.128	3.695	0.002	655	11.2	0.9	2352.31	
	A9	0.10	0.0079	7.724	11.093	3.669	0.002	655	11.2	0.9	2335.76	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 27. Se determinó el Slump Flow de la mezcla siguiendo la norma ASTM C1611, con un valor de 650 cm, el cual se encuentra dentro del rango seleccionado (550 – 650 cm). Los valores de los ensayos: embudo V de 11.2 seg y

Caja L de 0.9, se encuentra dentro del rango establecido por la EFNARC de 6 – 12 seg y 0.8 – 1.0 respectivamente. La densidad promedio obtenida siguiendo la norma ASTM C138 es de 2341.13 kg/m³, el cual se aproxima al valor de 2371.11 kg/m³ para el cuál fue diseñado.

Tabla 28. Densidad aparente y propiedades del hormigón translúcido con 3% de fibra óptica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES										
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:		02/07/2021		
NORMA:		ASTM C1611 - ASTM C138 - EFNARC				REALIZÓ:		HEBERT ATENCIO		
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO (240 KG/CM ²) EN ESTADO FRESCO										
3% DE FIBRA ÓPTICA										
Número de días	Denominación del Molde	Volumen del Molde Cúbico 0.2 x 0.2 (m ³)	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Fibra + Hormigón (Kg)	Peso del Hormigón + Fibra (Kg)	Slump Flow (mm)	Embudo V (seg)	Caja L (h ² /h ¹)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
7	TR3-1	0.0080	0.64	20.052	19.412	655	10.9	0.9	2426.50	2423.82
	TR3-2	0.0080	0.64	20.032	19.392	655	10.9	0.9	2424.00	
	TR3-3	0.0080	0.64	19.987	19.347	655	10.9	0.9	2418.38	
14	TR3-4	0.0080	0.64	20.078	19.438	655	10.9	0.9	2429.75	
	TR3-5	0.0080	0.64	19.955	19.315	655	10.9	0.9	2414.38	
	TR3-6	0.0080	0.64	20.103	19.463	655	10.9	0.9	2432.88	
28	TR3-7	0.0080	0.64	19.923	19.283	655	10.9	0.9	2410.38	
	TR3-8	0.0080	0.64	19.987	19.347	655	10.9	0.9	2418.38	
	TR3-9	0.0080	0.64	20.158	19.518	655	10.9	0.9	2439.75	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 28. Se determinó el Slump Flow de la mezcla siguiendo la norma ASTM C1611, con un valor de 650 cm, el cual se encuentra dentro del rango seleccionado (550 – 650 cm). Los valores de los ensayos: embudo V de 10.9 seg y Caja L de 0.9, se encuentra dentro del rango establecido por la EFNARC de 6 – 12 seg y 0.8 – 1.0 respectivamente. La densidad promedio obtenida siguiendo la norma ASTM C138 es de 2423.82 kg/m³, el cual se aproxima al valor de 2440.31 kg/m³ para el cuál fue diseñado.

Tabla 29. Densidad aparente y propiedades del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES										
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:		02/07/2021		
NORMA:		ASTM C1611 - ASTM C138 - EFNARC				REALIZÓ:		HEBERT ATENCIO		
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO (240 KG/CM ²) EN ESTADO FRESCO										
4% DE FIBRA ÓPTICA										
Número de días	Denominación del Molde	Volumen del Molde Cúbico 0.2 x 0.2 (m ³)	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Fibra + Hormigón (Kg)	Peso del Hormigón + Fibra(Kg)	Slump Flow (mm)	Embudo V (seg)	Caja L (h2/h1)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
7	TR4-1	0.0080	0.64	20.136	19.496	650	10.0	0.85	2437.00	2440.19
	TR4-2	0.0080	0.64	20.167	19.527	650	10.0	0.85	2440.88	
	TR4-3	0.0080	0.64	20.142	19.502	650	10.0	0.85	2437.75	
14	TR4-4	0.0080	0.64	20.126	19.486	650	10.0	0.85	2435.79	
	TR4-5	0.0080	0.64	20.206	19.566	650	10.0	0.85	2445.75	
	TR4-6	0.0080	0.64	20.171	19.531	650	10.0	0.85	2441.42	
28	TR4-7	0.0080	0.64	20.194	19.554	650	10.0	0.85	2444.23	
	TR4-8	0.0080	0.64	20.159	19.519	650	10.0	0.85	2439.88	
	TR4-9	0.0080	0.64	20.152	19.512	650	10.0	0.85	2439.00	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 29. Se determinó el Slump Flow de la mezcla siguiendo la norma ASTM C1611, con un valor de 645 cm, el cual se encuentra dentro del rango seleccionado (550 – 650 cm). Los valores de los ensayos: embudo V de 10.0 seg y Caja L de 0.85, se encuentra dentro del rango establecido por la EFNARC de 6 – 12 seg y 0.8 – 1.0 respectivamente. La densidad promedio obtenida siguiendo la norma ASTM C138 es de 2440.19 kg/m³, el cual se aproxima al valor de 2463.31 kg/m³ para el cuál fue diseñado.

Tabla 30. Densidad aparente y propiedades del hormigón translúcido con 5% de fibra óptica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES										
ORIGEN:	SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA					FECHA:	02/07/2021			
NORMA:	ASTM C1611 - ASTM C138 - EFNARC					REALIZÓ:	HEBERT ATENCIO			
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO (240 KG/CM ²) EN ESTADO FRESCO										
5% DE FIBRA ÓPTICA										
Número de días	Denominación del Molde	Volumen del Molde Cúbico 0.2 x 0.2 (m ³)	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Fibra + Hormigón (Kg)	Peso del Hormigón + Fibra(Kg)	Slump Flow (mm)	Embudo V (seg)	Caja L (h2/h1)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
7	TR5-1	0.0080	0.64	20.158	19.518	650	10.2	0.83	2439.75	2455.50
	TR5-2	0.0080	0.64	20.167	19.527	650	10.2	0.83	2440.88	
	TR5-3	0.0080	0.64	20.210	19.57	650	10.2	0.83	2446.25	
14	TR5-4	0.0080	0.64	20.187	19.547	650	10.2	0.83	2443.38	

	TR5-5	0.0080	0.64	20.210	19.57	650	10.2	0.83	2446.25
	TR5-6	0.0080	0.64	20.198	19.558	650	10.2	0.83	2444.75
28	TR5-7	0.0080	0.64	21.072	20.432	650	10.2	0.83	2554.00
	TR5-8	0.0080	0.64	20.195	19.555	650	10.2	0.83	2444.38
	TR5-9	0.0080	0.64	20.159	19.519	650	10.2	0.83	2439.88

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 30. Se determinó el Slump Flow de la mezcla siguiendo la norma ASTM C1611, con un valor de 650 cm, el cual se encuentra dentro del rango seleccionado (550 – 650 cm). Los valores de los ensayos: embudo V de 10.2 seg y Caja L de 0.83, se encuentra dentro del rango establecido por la EFNARC de 6 – 12 seg y 0.8 – 1.0 respectivamente. La densidad promedio obtenida siguiendo la norma ASTM C138 es de 2455.50 kg/m³, el cual se aproxima al valor de 2486.31 kg/m³ para el cuál fue diseñado.

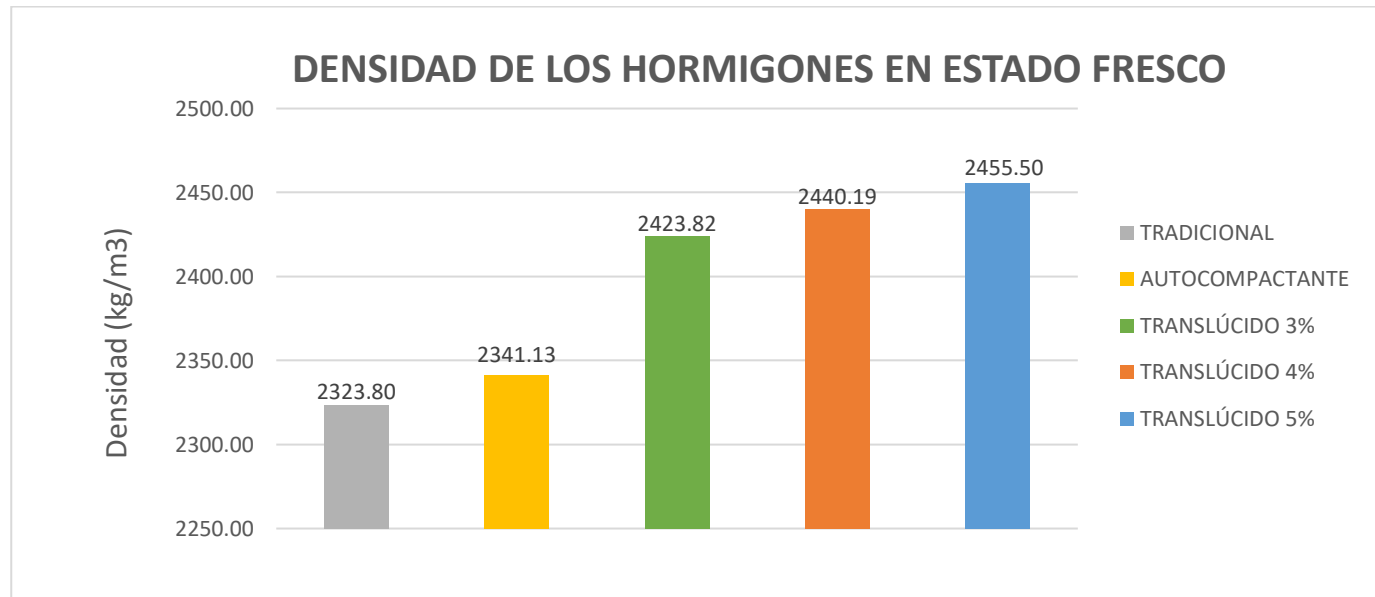
Tabla 31. Propiedades de autocompactabilidad del hormigón autocompactante y translúcido

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES						
ORIGEN:	SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA		FECHA:	28/06/2021		
NORMA:	ASTM C1611 - EFNARC		REALIZÓ:	HEBERT ATENCIO		
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE (240 KG/CM2) EN ESTADO FRESCO						
	Autocompactante	Translúcido 3%	Translúcido 4%	Translúcido 5%	Rangos (EFNARC)	Aceptación
Slump Flow (mm)	655	655	650	650	650 - 800 mm	OK
Embudo V (seg)	11.2	10.9	10	10.2	6 - 12 seg	OK
Caja L (h2/h1)	0.9	0.9	0.85	0.83	0.8 - 1.0	OK

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 31, los resultados de los ensayos de capacidad de fluir Slump Flow (ASTM C 1611), capacidad de llenado Embudo V (UNE-EN 12350-9), capacidad de paso Caja L (UNE-EN 12350-10) se encuentra dentro de los rangos recomendados por la “European Federation of National Associations Representing for concrete ” para la fabricación de hormigones autocompactantes.

Gráfico 1. Densidad de los hormigones en estado fresco



Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 1, los valores de densidad aparente obtenidos con los porcentajes 3% (2423.82 Kg/m³), 4% (2440.19 Kg/m³) y 5% (2455.50 Kg/m³) de fibra óptica son mayores que las densidades del hormigón tradicional (2323.80 Kg/m³) y del hormigón autocompactante (2341.13 Kg/m³). Es así que, a mayor porcentaje de fibra, la densidad del hormigón translúcido va a aumentar.

3.1.2 Propiedades del hormigón en estado endurecido

3.1.2.1 Ensayos a compresión

3.1.2.1.1 Resultados a los 7 días de edad

Tabla 32. Ensayo de compresión del hormigón tradicional a los 7 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES											
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA			FECHA:			05/07/2021			
NORMA:		ASTM C138 - ASTM C39 (NTE INEN 1573)			REALIZÓ:			HEBERT ATENCIO			
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN TRADICIONAL F'C=240 KG/CM2											
7 DÍAS											
FECHA DE ELABORACIÓN:		28/6/2021			FECHA DE ENSAYO:			05/07/2021			
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Diámetro Probeta (cm)	Área Probeta (cm ²)	Altura Probeta (cm)	Volumen Probeta (m ³)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm ²)
T1	3.501	10.00	78.540	20.00	0.0016	148	2228.806	2230.716	18.800	191.707	193.067
T2	3.513	10.00	78.540	20.00	0.0016	152	2236.445		19.400	197.826	
T3	3.498	10.00	78.540	20.00	0.0016	146	2226.896		18.600	189.668	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 32, se determinó la densidad del hormigón tradicional en estado endurecido a los 7 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2230.716 Kg/m³. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma NTE INEN 1573 tiene un valor promedio de 193.067 Kg/cm².

Tabla 33. Ensayo de compresión del hormigón autocompactante a los 7 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES											
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATAACUNGA			FECHA:			05/07/2021			
NORMA:		ASTM C138 - ASTM C39 (NTE INEN 1573)			REALIZÓ:			HEBERT ATENCIO			
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE F'C=240 KG/CM2 7 DÍAS											
FECHA DE ELABORACIÓN:		28/06/2021			FECHA DE ENSAYO:			05/07/2021			
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Diámetro Probeta (cm)	Área Probeta (cm ²)	Altura Probeta (cm)	Volumen Probeta (m ³)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm ²)
A1	3.601	10.00	78.540	20.00	0.0016	225	2292.468	2294.378	28.600	291.640	291.980
A2	3.613	10.00	78.540	20.00	0.0016	231	2300.107		29.400	299.798	
A3	3.598	10.00	78.540	20.00	0.0016	219	2290.558		27.900	284.502	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 33, se determinó la densidad del hormigón autocompactante en estado endurecido a los 7 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2294.378 Kg/m³. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma NTE INEN 1573 tiene un valor promedio de 291.980 Kg/cm².

Tabla 34. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 3% de fibra óptica a los 7 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES												
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:		08/07/2021				
NORMA:		ASTM C138 – ASTM C140				REALIZÓ:		HEBERT ATENCIO				
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO F'C=240 KG/CM2 3% DE FIBRA ÓPTICA - 7 DÍAS												
FECHA DE ELABORACIÓN:		01/07/2021				FECHA DE ENSAYO:		08/07/2021				
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Base Cubo (cm)	Altura Cubo (cm2)	Profundidad Cubo (cm)	Volumen Cubo (m3)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m3)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión f'cubo (MPa)	Resistencia Compresión f'c (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm2)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm2)
TR3-1	19.112	20.00	20.000	20.00	0.0080	713.376	2389.000	2383.250	17.830	16.209	165.287	164.577
TR3-2	19.102	20.00	20.000	20.00	0.0080	710.142	2387.750		17.750	16.136	164.546	
TR3-3	18.984	20.00	20.000	20.00	0.0080	707.221	2373.000		17.680	16.073	163.897	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 34, se determinó la densidad del hormigón translúcido con 3% de fibra óptica en estado endurecido a los 7 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2383.250 Kg/m3. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma ASTM C140 tiene un valor promedio de 164.577 Kg/cm2.

Tabla 35. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 7 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES												
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA			FECHA:			05/07/2021				
NORMA:		ASTM C138 - ASTM C140			REALIZÓ:			HEBERT ATENCIO				
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO F'C=240 KG/CM2												
4% DE FIBRA ÓPTICA - 7 DÍAS												
FECHA DE ELABORACIÓN:		01/07/2021			FECHA DE ENSAYO:			08/07/2021				
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Base Cubo (cm)	Altura Cubo (cm2)	Profundidad Cubo (cm)	Volumen Cubo (m3)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m3)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión f'cubo (MPa)	Resistencia Compresión f'c (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm2)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm2)
TR4-1	19.247	20.00	20.000	20.00	0.0080	752.433	2405.875	2403.375	18.810	17.100	174.372	172.425
TR4-2	19.210	20.00	20.000	20.00	0.0080	734.267	2401.250		18.350	16.682	170.108	
TR4-3	19.224	20.00	20.000	20.00	0.0080	745.641	2403.000		18.640	16.945	172.796	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 35, se determinó la densidad del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica en estado endurecido a los 7 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2403.375 Kg/m3. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma ASTM C140 tiene un valor promedio de 172.425 Kg/cm2.

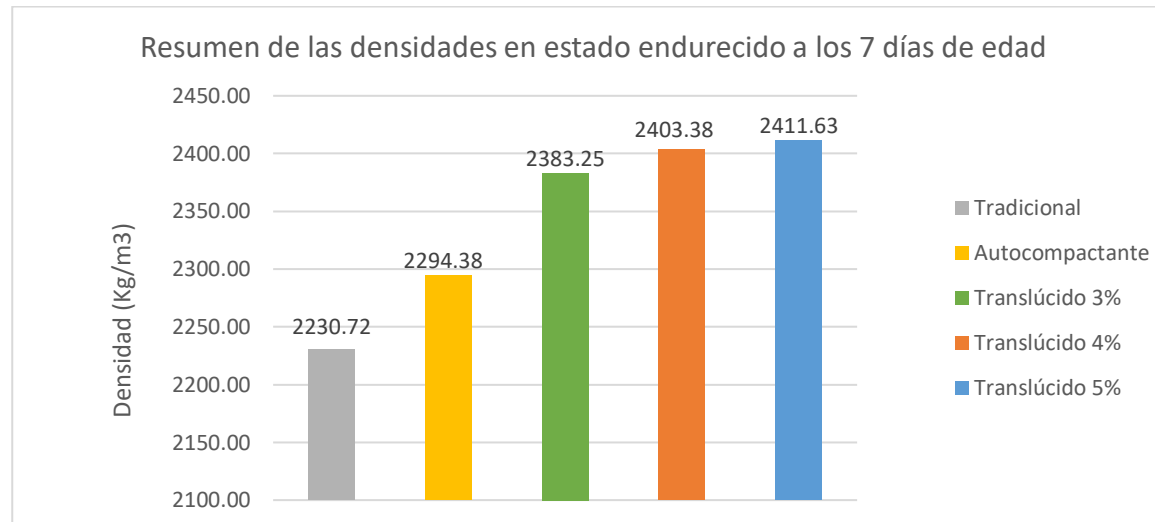
Tabla 36. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 5% de fibra óptica a los 7 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES												
ORIGEN:	SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:	05/07/2021						
NORMA:	ASTM C138 - ASTM C140				REALIZÓ:	HEBERT ATENCIO						
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO F'C=240 KG/CM2												
5% DE FIBRA ÓPTICA - 7 DÍAS												
FECHA DE ELABORACIÓN:		01/07/2021				FECHA DE ENSAYO:			08/07/2021			
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Base Cubo (cm)	Altura Cubo (cm2)	Profundidad Cubo (cm)	Volumen Cubo (m3)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m3)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión f'cubo (MPa)	Resistencia Compresión f'c (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm2)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm2)
TR5-1	19.318	20.00	20.000	20.00	0.0080	750.034	2414.750	2411.625	18.750	17.045	173.816	172.333
TR5-2	19.270	20.00	20.000	20.00	0.0080	737.621	2408.750		18.440	16.764	170.942	
TR5-3	19.291	20.00	20.000	20.00	0.0080	743.248	2411.375		18.580	16.891	172.240	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 36, se determinó la densidad del hormigón translúcido con 5% de fibra óptica en estado endurecido a los 7 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2411.625 Kg/m3. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma ASTM C140 tiene un valor promedio de 172.333 Kg/cm2.

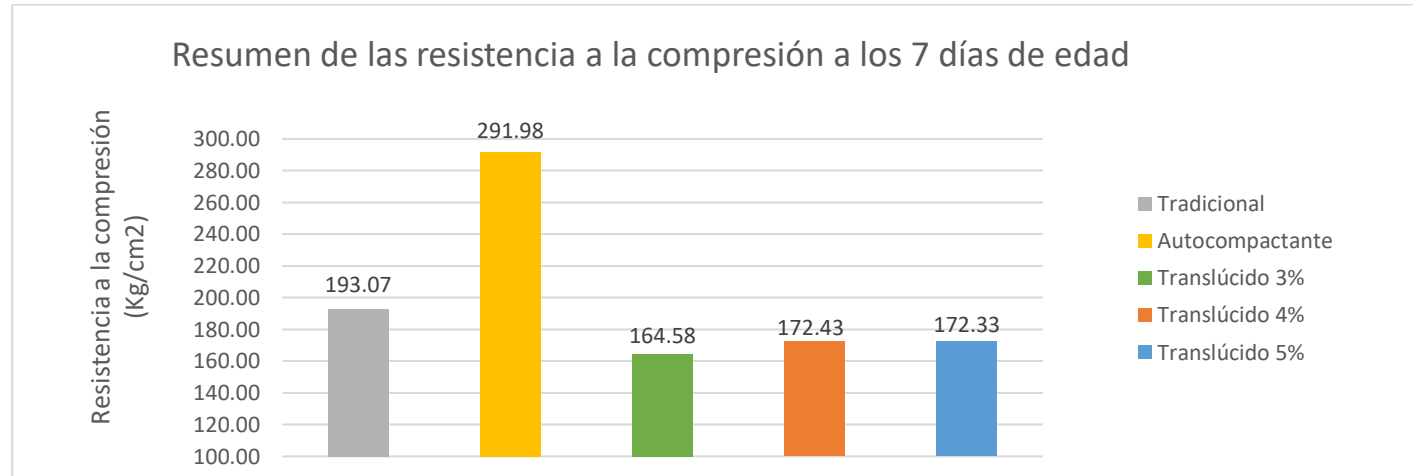
Gráfico 2. Resumen de las densidades en estado endurecido a los 7 días



Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 2, los valores de densidad aparente obtenidos con los porcentajes 3% (2383.25 Kg/m³), 4% (2403.38 Kg/m³) y 5% (2411.63 Kg/m³) de fibra óptica son mayores que las densidades del hormigón tradicional (2230.72 Kg/m³) y del hormigón autocompactante (2294.38 Kg/m³). Es así que, a mayor porcentaje de fibra, la densidad del hormigón translúcido en estado endurecido va a aumentar.

Gráfico 3. Resumen de las resistencias a la compresión a los 7 días



Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 3, la resistencia a la compresión máxima obtenida a los 7 días de edad corresponde al hormigón autocompactante (291.98 Kg/cm²), seguido del hormigón tradicional (193.07 Kg/cm²). El porcentaje de fibra óptica con mejor resultado es del 4% (172.43 Kg/cm²), seguido del 5% (172.33 Kg/cm²) y con la menor resistencia el 3% (164.58 Kg/cm²). A pesar de que el 5% contiene más cantidad de fibra óptica, la resistencia no mejoró con respecto al 4%. En general, la resistencia máxima obtenida del hormigón translúcido con el 4% (172.43 Kg/cm²), es 1.12 veces menor que el hormigón tradicional y 1.69 veces menor que el hormigón autocompactante.

3.1.2.1.2 Resultados a los 14 días de edad

Tabla 37. Ensayo de compresión del hormigón tradicional a los 14 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES											
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA			FECHA:			12/07/2021			
NORMA:		ASTM C138 - ASTM C39 (NTE INEN 1573)			REALIZÓ:			HEBERT ATENCIO			
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN TRADICIONAL F'C=240 KG/CM2 14 DÍAS											
FECHA DE ELABORACIÓN:		28/06/2021			FECHA DE ENSAYO:			12/07/2021			
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Diámetro Probeta (cm)	Área Probeta (cm ²)	Altura Probeta (cm)	Volumen Probeta (m ³)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm ²)
T4	3.609	10.00	78.540	20.00	0.0016	189	2297.561	2304.988	24.100	245.753	250.171
T5	3.618	10.00	78.540	20.00	0.0016	192	2303.290		24.400	248.812	
T6	3.635	10.00	78.540	20.00	0.0016	197	2314.113		25.100	255.950	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 37, se determinó la densidad del hormigón tradicional en estado endurecido a los 14 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2304.988 Kg/m³. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma NTE INEN 1573 tiene un valor promedio de 250.171 Kg/cm².

Tabla 38. Ensayo de compresión del hormigón autocompactante a los 14 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES											
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA			FECHA:			12/07/2021			
NORMA:		ASTM C138 - ASTM C39 (NTE INEN 1573)			REALIZÓ:			HEBERT ATENCIO			
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE F'C=240 KG/CM2 14 DÍAS											
FECHA DE ELABORACIÓN:		28/06/2021			FECHA DE ENSAYO:			12/07/2021			
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Diámetro Probeta (cm)	Área Probeta (cm ²)	Altura Probeta (cm)	Volumen Probeta (m ³)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm ²)
A4	3.655	10.00	78.540	20.00	0.0016	282	2326.845	2320.903	35.900	366.079	362.341
A5	3.648	10.00	78.540	20.00	0.0016	280	2322.389		35.700	364.040	
A6	3.634	10.00	78.540	20.00	0.0016	275	2313.476		35.000	356.902	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 38, se determinó la densidad del hormigón autocompactante en estado endurecido a los 14 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2320.903 Kg/m³. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma NTE INEN 1573 tiene un valor promedio de 362.341 Kg/cm².

Tabla 39. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 3% de fibra óptica a los 14 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES												
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:		15/07/2021				
NORMA:		ASTM C138 - ASTM C140				REALIZÓ:		HEBERT ATENCIO				
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO F'C=240 KG/CM2 3% DE FIBRA ÓPTICA - 14 DÍAS												
FECHA DE ELABORACIÓN:		1/7/2021				FECHA DE ENSAYO:			15/07/2021			
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Base Cubo (cm)	Altura Cubo (cm2)	Profundidad Cubo (cm)	Volumen Cubo (m3)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m3)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión f'cubo (MPa)	Resistencia Compresión f'c (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm2)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm2)
TR3-4	19.22	20.00	20.000	20.00	0.0080	654.348	2402.500	2400.833	25.459	23.145	236.010	237.406
TR3-5	19.25	20.00	20.000	20.00	0.0080	657.576	2406.250		26.109	23.735	242.035	
TR3-6	19.15	20.00	20.000	20.00	0.0080	683.455	2393.750		25.261	22.965	234.174	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 39, se determinó la densidad del hormigón translúcido con 3% de fibra óptica en estado endurecido a los 14 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2400.833 Kg/m3. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma ASTM C140 tiene un valor promedio de 237.406 Kg/cm2.

Tabla 40. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 14 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES												
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:		15/07/2021				
NORMA:		ASTM C138 - ASTM C140				REALIZÓ:		HEBERT ATENCIO				
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO F'C=240 KG/CM2 4% DE FIBRA ÓPTICA - 14 DÍAS												
FECHA DE ELABORACIÓN:		1/7/2021				FECHA DE ENSAYO:			15/07/2021			
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Base Cubo (cm)	Altura Cubo (cm2)	Profundidad Cubo (cm)	Volumen Cubo (m3)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m3)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión f'cubo (MPa)	Resistencia Compresión f'c (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm2)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm2)
TR4-4	19.430	20.00	20.000	20.00	0.0080	755.622	2428.750	2422.500	26.566	24.151	246.272	244.096
TR4-5	19.390	20.00	20.000	20.00	0.0080	752.834	2423.750		26.223	23.839	243.092	
TR4-6	19.320	20.00	20.000	20.00	0.0080	746.816	2415.000		26.205	23.823	242.925	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 40, se determinó la densidad del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica en estado endurecido a los 14 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2422.500 Kg/m3. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma ASTM C140 tiene un valor promedio de 244.096 Kg/cm2.

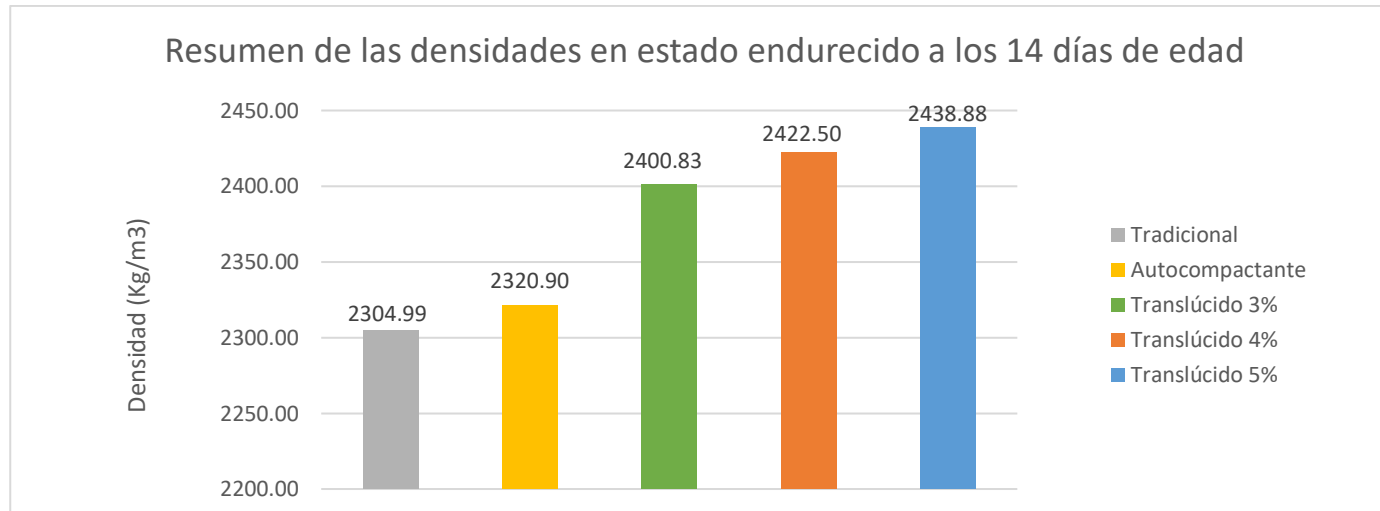
Tabla 41. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 5% de fibra óptica a los 14 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES												
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:		15/07/2021				
NORMA:		ASTM C138 - ASTM C140				REALIZÓ:		HEBERT ATENCIO				
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO F'C=240 KG/CM2 5% DE FIBRA ÓPTICA - 14 DÍAS												
FECHA DE ELABORACIÓN:		01/07/2021				FECHA DE ENSAYO:		15/07/2021				
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Base Cubo (cm)	Altura Cubo (cm2)	Profundidad Cubo (cm)	Volumen Cubo (m3)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m3)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión f'cubo (MPa)	Resistencia Compresión f'c (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm2)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm2)
TR5-1	19.531	20.00	20.000	20.00	0.0080	748.823	2441.375	2438.875	26.313	23.921	243.926	242.820
TR5-2	19.484	20.00	20.000	20.00	0.0080	743.213	2435.500		26.139	23.763	242.313	
TR5-3	19.518	20.00	20.000	20.00	0.0080	738.103	2439.750		26.129	23.754	242.221	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 41, se determinó la densidad del hormigón translúcido con 5% de fibra óptica en estado endurecido a los 14 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2438.875 Kg/m3. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma ASTM C140 tiene un valor promedio de 242.820 Kg/cm2.

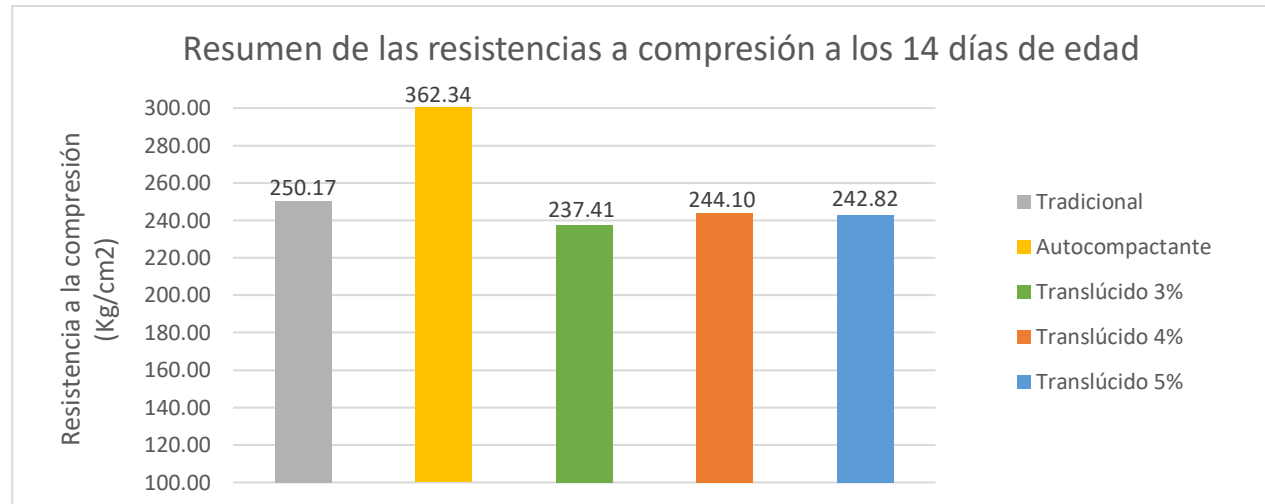
Gráfico 4. Resumen de las densidades en estado endurecido a los 14 días de edad



Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 4, los valores de densidad aparente obtenidos con los porcentajes: 3% (2400.83 Kg/m³), 4% (2422.50 Kg/m³) y 5% (2438.88 Kg/m³) de fibra óptica son mayores que las densidades del hormigón tradicional (2304.09 Kg/m³) y del hormigón autocompactante (2320.90 Kg/m³). Es así que, a mayor porcentaje de fibra, la densidad del hormigón translúcido en estado endurecido va a aumentar. El hormigón translúcido con el 5% de FO es 1.56% más denso que el hormigón translúcido con el 3% de FO y 0.67% más que el hormigón translúcido con el 4% FO, sin embargo, mayor densidad en el hormigón translúcido no garantiza mayor resistencia a la compresión y flexión (ver Grafico 13 y Gráfico 14).

Gráfico 5. Resumen de las resistencias a la compresión a los 14 días de edad



Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 5, la resistencia a la compresión máxima obtenida a los 14 días de edad corresponde al hormigón autocompactante (362.34 Kg/cm²), seguido del hormigón tradicional (250.17 Kg/cm²). El porcentaje de fibra óptica con mejor resultado es del 4% (244.10 Kg/cm²), seguido del 5% (242.82 Kg/cm²) y con la menor resistencia el 3% (237.41 Kg/cm²). A pesar de que el 5% contiene más cantidad de fibra óptica, la resistencia no mejoró con respecto al 4%. En general, la resistencia máxima obtenida del hormigón translúcido con el 4% (244.10 Kg/cm²), es 1.02 veces menor que el hormigón tradicional y 1.48 veces menor que el hormigón autocompactante.

3.1.2.1.3 Resultados a los 21 días de edad

Tabla 42. Ensayo de compresión del hormigón tradicional a los 21 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES											
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:		19/07/2021			
NORMA:		ASTM C138 - ASTM C39 (NTE INEN 1573)				REALIZÓ:		HEBERT ATENCIO			
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN TRADICIONAL F'C=240 KG/CM2 21 DÍAS											
FECHA DE ELABORACIÓN:		28/6/2021				FECHA DE ENSAYO:		19/07/2021			
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Diámetro Probeta (cm)	Área Probeta (cm ²)	Altura Probeta (cm)	Volumen Probeta (m ³)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm ²)
T7	3.634	10.00	78.540	20.00	0.0016	226	2313.476	2319.842	28.800	293.679	297.418
T8	3.626	10.00	78.540	20.00	0.0016	226	2308.383		28.800	293.679	
T9	3.672	10.00	78.540	20.00	0.0016	235	2337.668		29.900	304.896	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 42, se determinó la densidad del hormigón tradicional en estado endurecido a los 21 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2319.842 Kg/m³. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma NTE INEN 1573 tiene un valor promedio de 297.418 Kg/cm²

Tabla 43. Ensayo de compresión del hormigón autocompactante a los 21 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES											
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:		19/07/2021			
NORMA:		ASTM C138 - ASTM C39 (NTE INEN 1573)				REALIZÓ:		HEBERT ATENCIO			
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE F'C=240 KG/CM2 21 DÍAS											
FECHA DE ELABORACIÓN:		28/6/2021				FECHA DE ENSAYO:		19/07/2021			
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Diámetro Probeta (cm)	Área Probeta (cm ²)	Altura Probeta (cm)	Volumen Probeta (m ³)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm ²)
A7	3.668	10.00	78.540	20.00	0.0016	297	2335.121	2339.153	37.800	385.454	392.932
A8	3.671	10.00	78.540	20.00	0.0016	297	2337.031		37.800	385.454	
A9	3.684	10.00	78.540	20.00	0.0016	314	2345.307		40.000	407.888	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 43, se determinó la densidad del hormigón autocompactante en estado endurecido a los 21 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2339.153 Kg/m³. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma NTE INEN 1573 tiene un valor promedio de 392.932 Kg/cm².

Tabla 44. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 3% de fibra óptica a los 21 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES												
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:		15/07/2021				
NORMA:		ASTM C138 - ASTM C140				REALIZÓ:		HEBERT ATENCIO				
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO F'C=240 KG/CM2 3% DE FIBRA ÓPTICA - 21 DÍAS												
FECHA DE ELABORACIÓN:		01/7/2021				FECHA DE ENSAYO:		22/07/2021				
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Base Cubo (cm)	Altura Cubo (cm2)	Profundidad Cubo (cm)	Volumen Cubo (m3)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m3)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión f'cubo (MPa)	Resistencia Compresión f'c (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm2)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm2)
TR3-7	19.34	20.00	20.000	20.00	0.0080	654.348	2417.500	2420.000	29.725	27.023	275.556	281.090
TR3-8	19.46	20.00	20.000	20.00	0.0080	657.576	2432.500		31.614	28.740	293.068	
TR3-9	19.28	20.00	20.000	20.00	0.0080	683.455	2410.000		29.627	26.934	274.648	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 44, se determinó la densidad del hormigón translúcido con 3% de fibra óptica en estado endurecido a los 21 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2420.000 Kg/m3. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma ASTM C140 tiene un valor promedio de 281.090 Kg/cm2.

Tabla 45. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 21 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES												
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:		22/07/2021				
NORMA:		ASTM C138 - ASTM C140				REALIZÓ:		HEBERT ATENCIO				
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO F'C=240 KG/CM2 4% DE FIBRA ÓPTICA - 21 DÍAS												
FECHA DE ELABORACIÓN:		01/7/2021				FECHA DE ENSAYO:			22/07/2021			
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Base Cubo (cm)	Altura Cubo (cm2)	Profundidad Cubo (cm)	Volumen Cubo (m3)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m3)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión f'cubo (MPa)	Resistencia Compresión f'c (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm2)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm2)
TR4-7	19.520	20.00	20.000	20.00	0.0080	755.622	2440.000	2431.458	36.225	32.932	335.812	324.197
TR4-8	19.438	20.00	20.000	20.00	0.0080	752.834	2429.750		34.453	31.321	319.386	
TR4-9	19.397	20.00	20.000	20.00	0.0080	746.816	2424.625		34.238	31.125	317.392	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 45, se determinó la densidad del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica en estado endurecido a los 21 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2431.458 Kg/m3. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma ASTM C140 tiene un valor promedio de 324.197 Kg/cm2.

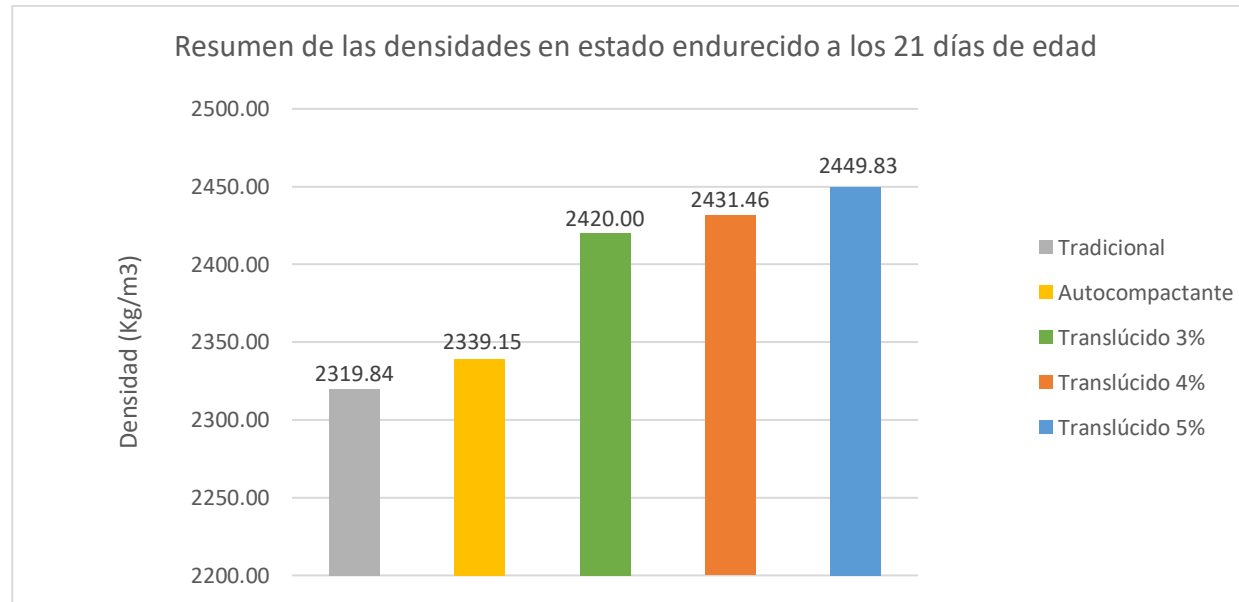
Tabla 46. Ensayo de compresión del hormigón translúcido con 5% de fibra óptica a los 21 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES												
ORIGEN:		SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:		22/07/2021				
NORMA:		ASTM C138 - ASTM C140				REALIZÓ:		HEBERT ATENCIO				
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO F'C=240 KG/CM2 5% DE FIBRA ÓPTICA - 21 DÍAS												
FECHA DE ELABORACIÓN:		01/07/2021				FECHA DE ENSAYO:		22/07/2021				
Denominación de la probeta	Peso Probeta (Kg)	Base Cubo (cm)	Altura Cubo (cm2)	Profundidad Cubo (cm)	Volumen Cubo (m3)	Carga (KN)	Densidad (Kg/m3)	Densidad Promedio	Resistencia Compresión f'cubo (MPa)	Resistencia Compresión f'c (MPa)	Resistencia Compresión (Kg/cm2)	Resistencia Compresión Promedio (Kg/cm2)
TR5-7	19.599	20.00	20.000	20.00	0.0080	748.823	2449.875	2449.833	33.041	30.037	306.296	305.567
TR5-8	19.614	20.00	20.000	20.00	0.0080	743.213	2451.750		32.975	29.977	305.684	
TR5-9	19.583	20.00	20.000	20.00	0.0080	738.103	2447.875		32.871	29.883	304.720	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 46, se determinó la densidad del hormigón translúcido con 5% de fibra óptica en estado endurecido a los 21 días de curado siguiendo la norma ASTM C138, con un valor promedio de 2449.833 Kg/m3. Además, la resistencia a la compresión siguiendo la norma ASTM C140 tiene un valor promedio de 305.567 Kg/cm2.

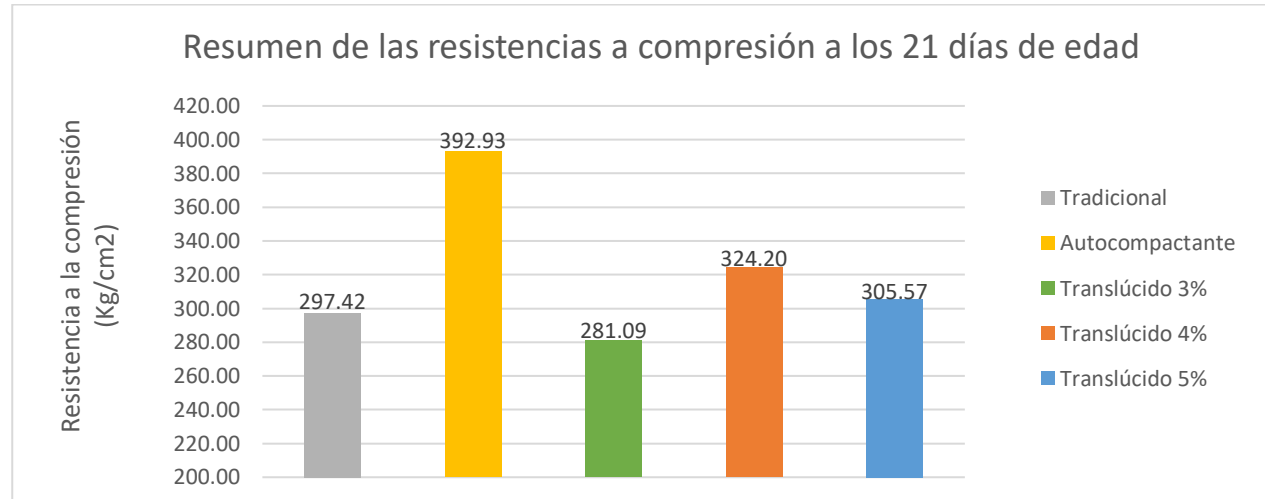
Gráfico 6. Resumen de las densidades en estado endurecido a los 21 días de edad



Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 6, los valores de densidad aparente obtenidos con los porcentajes: 3% (2420.00 Kg/m³), 4% (2431.46 Kg/m³) y 5% (2449.83 Kg/m³) de fibra óptica son mayores que las densidades del hormigón tradicional (2319.84 Kg/m³) y del hormigón autocompactante (2339.15 Kg/m³). Es así que, a mayor porcentaje de fibra, la densidad del hormigón translúcido en estado endurecido va a aumentar.

Gráfico 7. Resumen de las resistencias a la compresión a los 21 días de edad

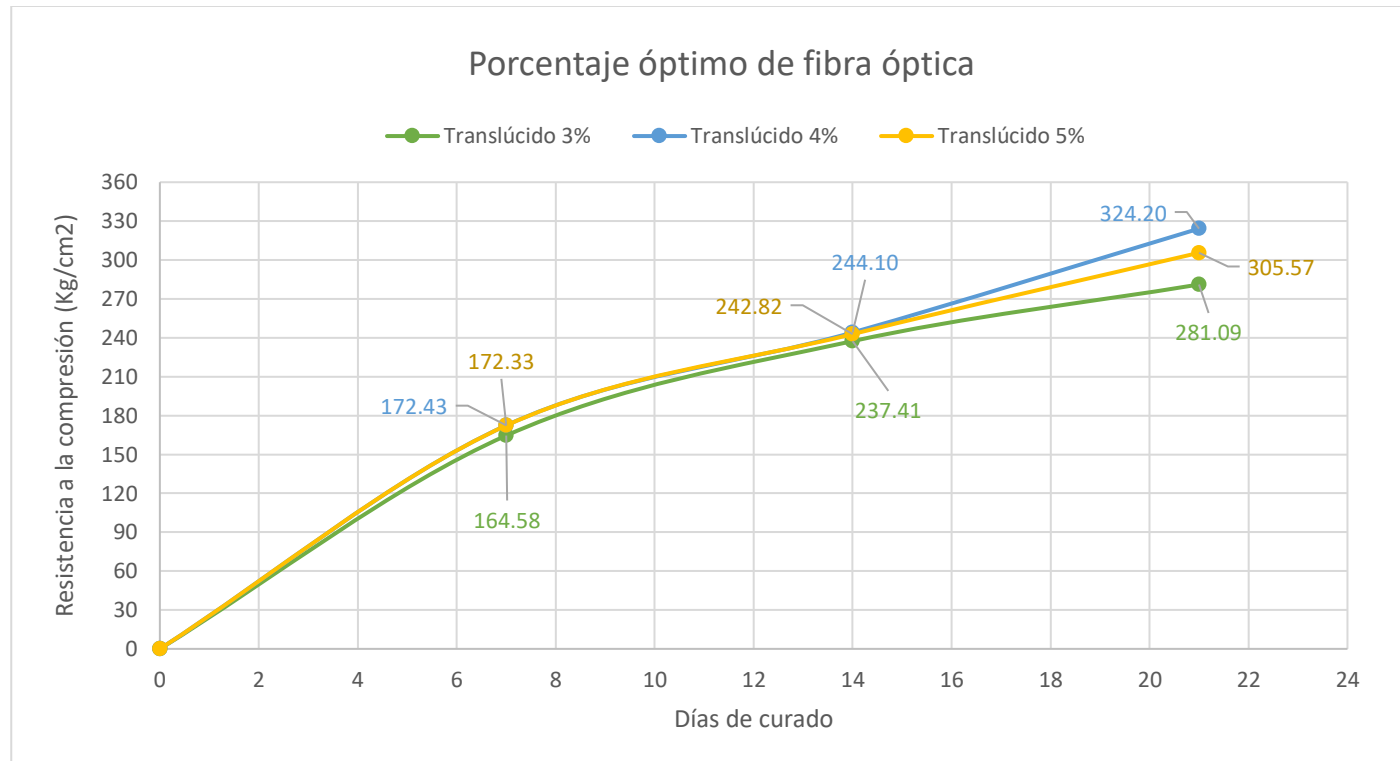


Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 7, la resistencia a la compresión máxima obtenida a los 21 días de edad corresponde al hormigón autocompactante (392.93 Kg/cm²), seguido del hormigón translúcido con el 4% de fibra óptica (324.20 Kg/cm²). El hormigón translúcido con 5% de fibra óptica (305.57 Kg/cm²) tuvo mayor resistencia que el hormigón tradicional (297.42 Kg/cm²). Por último, el hormigón translúcido con 3% de fibra óptica (281.09 Kg/cm²) tuvo el resultado más bajo.

3.1.2.1.4 Porcentaje óptimo

Gráfico 8. Porcentaje óptimo de fibra óptica



Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 8, la resistencia a la compresión máxima obtenida a los 7,14 y 21 días corresponde al 4 % de fibra óptica con valores de 172.43, 244.10 y 324.20 Kg/cm² respectivamente, seguido del 5% (172.33, 242.82 y 301.57 Kg/cm²) y por último el 3% (164.58, 237.41 y 281.09 Kg/cm²). La resistencia a los 7 días con el 4% de fibra óptica es 0.06% más resistente que el obtenido con el 5% de fibra óptica y 4.55% más que el obtenido con el 3% de fibra óptica. La resistencia a los 14 días con el 4% de fibra óptica es 0.52% más resistente que el obtenido con el 5% de fibra óptica y 2.74% más que el obtenido con el 3% de fibra óptica. La resistencia a los 21 días con el 4% de fibra óptica es 5.75% más resistente que el obtenido con el 5% de fibra óptica y 13.30% más que el obtenido con el 3% de fibra óptica. A pesar de que el 5% contiene más fibra óptica, su resistencia no mejoró en comparación con los resultados obtenidos con el 4% de fibra óptica denotándose que, en los 7 y 14 días, la resistencia se encuentra cercana a los valores del 4% de fibra óptica con una diferencia del 0.06% y 0.52%, pero a los 21 días la diferencia se resistencias empieza a incrementarse con una diferencia del 5.75%. Por lo tanto, el porcentaje óptimo que garantice buena resistencia y economía en la incorporación de fibra óptica, es del 4%.

3.1.2.2 Ensayos a flexión

3.1.2.2.1 Resultados a los 7 días de edad

Tabla 47. Ensayo a flexión del hormigón tradicional a los 7 días de edad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES													
ORIGEN:	SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:				08/07/2021				
NORMA:	ASTM C293 - NTE INEN 2554				REALIZÓ:				HEBERT ATENCIO				
ENSAYO A FLEXIÓN DE HORMIGÓN TRADICIONAL F'C=240 KG/CM2 7 DÍAS													
FECHA DE ELABORACIÓN:	01/07/2021				FECHA DE ENSAYO:				08/07/2021				
Denominación de la probeta	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h promedio (cm)	Carga (N)	Luz libre (mm)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura (Kg/cm2)	Módulo de Rotura Promedio (Kg/cm2)
TV1	15.10	15.00	15.20	15.10	15.10	15.10	15.20	15.13	9535	750	2.068	21.088	21.237
TV2	15.20	15.00	15.00	15.07	15.00	15.10	15.00	15.03	9689	750	2.134	21.761	
TV3	15.20	15.30	15.10	15.20	15.10	15.10	15.00	15.07	9413	750	2.046	20.863	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 47, se determinó la resistencia a la flexión a los 7 días de edad de vigas simples fabricadas con hormigón tradicional aplicando el curado de acuerdo a la norma ASTM C192. La resistencia fue obtenida siguiendo la norma NTE INEN 2554 aplicando una carga en los tercios obteniendo un valor de módulo de rotura promedio de 21.237 Kg/cm².

Tabla 48. Ensayo a flexión del hormigón autocompactante a los 7 días de edad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES													
ORIGEN:	SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA			FECHA:			08/07/2021						
NORMA:	ASTM C293 - NTE INEN 2554			REALIZÓ:			HEBERT ATENCIO						
ENSAYO A FLEXIÓN DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE F'C=240 KG/CM2													
7 DÍAS													
FECHA DE ELABORACIÓN:	01/07/2021			FECHA DE ENSAYO:			08/07/2021						
Denominación de la probeta	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h promedio (cm)	Carga (N)	Luz libre (mm)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura (Kg/cm2)	Módulo de Rotura Promedio (Kg/cm2)
AV1	15.10	15.00	15.10	15.07	15.10	15.10	15.20	15.13	11706	750	2.544	25.946	28.132
AV2	15.10	15.30	15.10	15.17	15.00	15.10	15.00	15.03	13379	750	2.927	29.851	
AV3	15.10	15.00	15.10	15.07	15.10	15.10	15.00	15.07	12789	750	2.804	28.597	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 48, se determinó la resistencia a la flexión a los 7 días de edad de vigas simples fabricadas con hormigón autocompactante aplicando el curado de acuerdo a la norma ASTM C192. La resistencia fue obtenida siguiendo la norma NTE INEN 2554 aplicando una carga en los tercios obteniendo un valor de módulo de rotura promedio de 28.132 Kg/cm2.

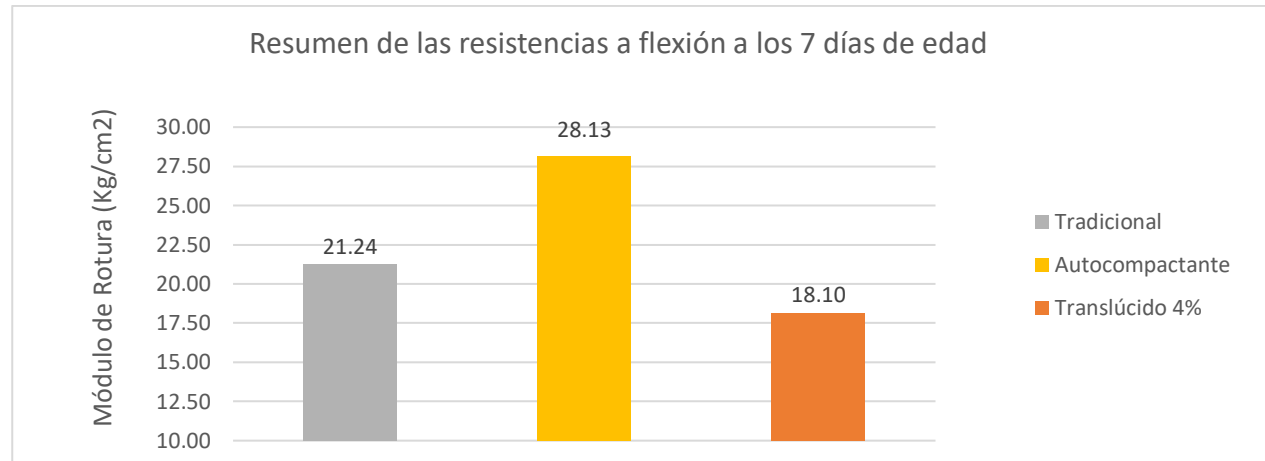
Tabla 49. Ensayo a flexión del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 7 días de edad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES													
ORIGEN:	SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA			FECHA:				08/07/2021					
NORMA:	ASTM C293 - NTE INEN 2554			REALIZÓ:				HEBERT ATENCIO					
ENSAYO A FLEXIÓN DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO F'C=240 KG/CM2 4% DE FIBRA ÓPTICA -7 DÍAS													
FECHA DE ELABORACIÓN:	01/07/2021			FECHA DE ENSAYO:				08/07/2021					
Denominación de la probeta	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h promedio (cm)	Carga (N)	Luz libre (mm)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura (Kg/cm2)	Módulo de Rotura Promedio (Kg/cm2)
TRV1	15.10	15.00	15.10	15.07	15.10	15.10	15.20	15.13	13671	450	1.783	18.181	18.103
TRV2	15.10	15.30	15.10	15.17	15.00	15.10	15.00	15.03	13520	450	1.775	18.100	
TRV3	15.10	15.00	15.10	15.07	15.10	15.10	15.00	15.07	13437	450	1.768	18.028	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 49, se determinó la resistencia a la flexión a los 7 días de edad de vigas simples fabricadas con hormigón translúcido utilizando el porcentaje óptimo de 4% de fibra óptica aplicando el curado de acuerdo a la norma ASTM C192. La resistencia fue obtenida siguiendo la norma NTE INEN 2554 aplicando una carga en los tercios obteniendo un valor de módulo de rotura promedio de 18.103 Kg/cm2.

Gráfico 9. Resumen de las resistencias a flexión a los 7 días de edad



Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 6, la resistencia a la flexión máxima obtenida a los 7 días de edad corresponde al hormigón autocompactante (28.13 Kg/cm²), seguido del hormigón tradicional (21.24 Kg/cm²) y por último el hormigón translúcido con el 4% de fibra óptica (18.10 Kg/cm²). En general, la resistencia obtenida del hormigón translúcido con el 4% (18.10Kg/cm²), es 1.17 veces menor que el hormigón tradicional y 1.55 veces menor que el hormigón autocompactante.

3.1.2.2.2 Resultados a los 14 días de edad

Tabla 50. Ensayo a flexión del hormigón tradicional a los 14 días de edad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES													
ORIGEN:	SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA			FECHA:			15/07/2021						
NORMA:	ASTM C293 - NTE INEN 2554			REALIZÓ:			HEBERT ATENCIO						
ENSAYO DE FLEXIÓN DE HORMIGÓN TRADICIONAL F'C=240 KG/CM2 14 DÍAS													
FECHA DE ELABORACIÓN:	01/07/2021			FECHA DE ENSAYO:			15/07/2021						
Denominación de la probeta	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h promedio (cm)	Carga (N)	Luz libre (mm)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura (Kg/cm2)	Módulo de Rotura Promedio (Kg/cm2)
TV4	15.00	15.00	15.10	15.03	15.10	15.10	15.20	15.13	12223	750	2.663	27.152	27.619
TV5	15.10	15.00	15.00	15.03	15.00	15.10	15.00	15.03	12185	750	2.690	27.428	
TV6	15.20	15.10	15.10	15.13	15.10	15.10	15.00	15.07	12702	750	2.773	28.278	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 50, se determinó la resistencia a la flexión a los 14 días de edad de vigas simples fabricadas con hormigón tradicional aplicando el curado de acuerdo a la norma ASTM C192. La resistencia fue obtenida siguiendo la norma NTE INEN 2554 aplicando una carga en los tercios obteniendo un valor de módulo de rotura promedio de 27.619 Kg/cm2.

Tabla 51. Ensayo a flexión del hormigón autocompactante a los 14 días de edad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES													
ORIGEN:	SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA			FECHA:			15/07/2021						
NORMA:	ASTM C293 - NTE INEN 2554			REALIZÓ:			HEBERT ATENCIO						
ENSAYO DE FLEXIÓN DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE F'C=240 KG/CM2 14 DÍAS													
FECHA DE ELABORACIÓN:	01/07/2021			FECHA DE ENSAYO:			15/07/2021						
Denominación de la probeta	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h promedio (cm)	Carga (N)	Luz libre (mm)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura (Kg/cm2)	Módulo de Rotura Promedio (Kg/cm2)
AV4	15.20	15.10	15.10	15.13	15.10	15.10	15.20	15.13	18168	750	3.932	40.091	39.916
AV5	15.00	15.00	15.10	15.03	15.00	15.10	15.00	15.03	17947	750	3.962	40.399	
AV6	15.10	15.00	15.10	15.07	15.10	15.10	15.00	15.07	17557	750	3.850	39.259	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 51, se determinó la resistencia a la flexión a los 14 días de edad de vigas simples fabricadas con hormigón autocompactante aplicando el curado de acuerdo a la norma ASTM C192. La resistencia fue obtenida siguiendo la norma NTE INEN 2554 aplicando una carga en los tercios obteniendo un valor de módulo de rotura promedio de 39.916 Kg/cm2.

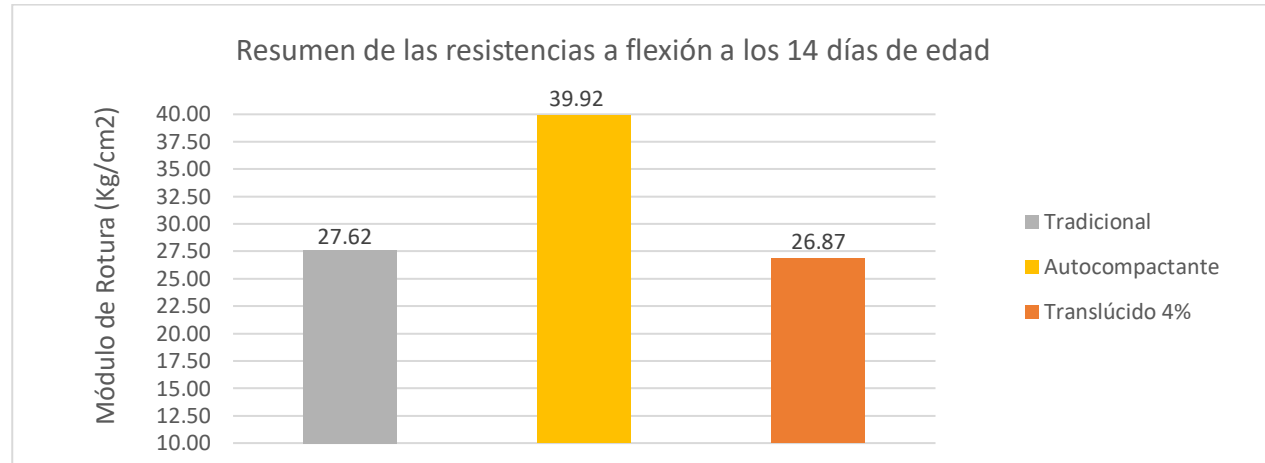
Tabla 52. Ensayo a flexión del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 14 días de edad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES													
ORIGEN:	SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA				FECHA:				15/07/2021				
NORMA:	ASTM C293 - NTE INEN 2554				REALIZÓ:				HEBERT ATENCIO				
ENSAYO DE FLEXIÓN DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO F'C=240 KG/CM2 4% DE FIBRA ÓPTICA -14 DÍAS													
FECHA DE ELABORACIÓN:	01/07/2021				FECHA DE ENSAYO:				15/07/2021				
Denominación de la probeta	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h promedio (cm)	Carga (N)	Luz libre (mm)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura (Kg/cm2)	Módulo de Rotura Promedio (Kg/cm2)
TRV4	15.00	15.10	15.10	15.07	15.10	15.10	15.20	15.13	20370	450	2.657	27.089	26.869
TRV5	15.10	15.20	15.10	15.13	15.00	15.10	15.00	15.03	19974	450	2.628	26.799	
TRV6	15.10	15.00	15.10	15.07	15.10	15.10	15.00	15.07	19916	450	2.620	26.720	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 52, se determinó la resistencia a la flexión a los 14 días de edad de vigas simples fabricadas con hormigón translúcido utilizando el porcentaje óptimo de 4% de fibra óptica aplicando el curado de acuerdo a la norma ASTM C192. La resistencia fue obtenida siguiendo la norma NTE INEN 2554 aplicando una carga en los tercios obteniendo un valor de módulo de rotura promedio de 26.869 Kg/cm2.

Gráfico 10. Resumen de las resistencias a flexión a los 14 días de edad



Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 7, la resistencia a la flexión máxima obtenida a los 14 días de edad corresponde al hormigón autocompactante (39.92 Kg/cm²), seguido del hormigón tradicional (27.62 Kg/cm²) y por último el hormigón translúcido con el 4% de fibra óptica (26.87 Kg/cm²). En general, la resistencia obtenida del hormigón translúcido con el 4% (26.87 Kg/cm²), es 1.02 veces menor que el hormigón tradicional y 1.49 veces menor que el hormigón autocompactante.

3.1.2.2.2 Resultados a los 21 días de edad

Tabla 53. Ensayo a flexión del hormigón tradicional a los 21 días de edad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES													
ORIGEN:	SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA			FECHA:				22/07/2021					
NORMA:	ASTM C293 - NTE INEN 2554			REALIZÓ:				HEBERT ATENCIO					
ENSAYO DE FLEXIÓN DE HORMIGÓN TRADICIONAL F'C=240 KG/CM2 21 DÍAS													
FECHA DE ELABORACIÓN:	01/07/2021			FECHA DE ENSAYO:				22/07/2021					
Denominación de la probeta	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h promedio (cm)	Carga (N)	Luz libre (mm)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura (Kg/cm2)	Módulo de Rotura Promedio (Kg/cm2)
TV7	15.00	15.00	15.00	15.00	15.10	15.10	15.00	15.07	14383	750	3.168	32.305	32.716
TV8	15.10	15.00	15.10	15.07	15.00	15.10	15.00	15.03	14383	750	3.168	32.305	
TV9	15.00	15.10	15.10	15.07	15.10	15.00	15.00	15.03	14932	750	3.289	33.538	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 53, se determinó la resistencia a la flexión a los 21 días de edad de vigas simples fabricadas con hormigón tradicional aplicando el curado de acuerdo a la norma ASTM C192. La resistencia fue obtenida siguiendo la norma NTE INEN 2554 aplicando una carga en los tercios obteniendo un valor de módulo de rotura promedio de 32.716 Kg/cm².

Tabla 54. Ensayo a flexión del hormigón autocompactante a los 21 días de edad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES													
ORIGEN:	SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA			FECHA:				22/07/2021					
NORMA:	ASTM C293 - NTE INEN 2554			REALIZÓ:				HEBERT ATENCIO					
ENSAYO DE FLEXIÓN DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE F'C=240 KG/CM2 21 DÍAS													
FECHA DE ELABORACIÓN:	01/07/2021			FECHA DE ENSAYO:				22/07/2021					
Denominación de la probeta	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h promedio (cm)	Carga (N)	Luz libre (mm)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura (Kg/cm2)	Módulo de Rotura Promedio (Kg/cm2)
AV7	15.00	15.00	15.10	15.03	15.10	15.10	15.10	15.10	18545	750	4.058	41.377	42.103
AV8	15.20	15.00	15.00	15.07	15.00	15.10	15.00	15.03	18426	750	4.058	41.385	
AV9	15.10	15.00	15.10	15.07	15.10	15.00	15.00	15.03	19388	750	4.270	43.546	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 54, se determinó la resistencia a la flexión a los 21 días de edad de vigas simples fabricadas con hormigón autocompactante aplicando el curado de acuerdo a la norma ASTM C192. La resistencia fue obtenida siguiendo la norma NTE INEN 2554 aplicando una carga en los tercios obteniendo un valor de módulo de rotura promedio de 42.103 Kg/cm2.

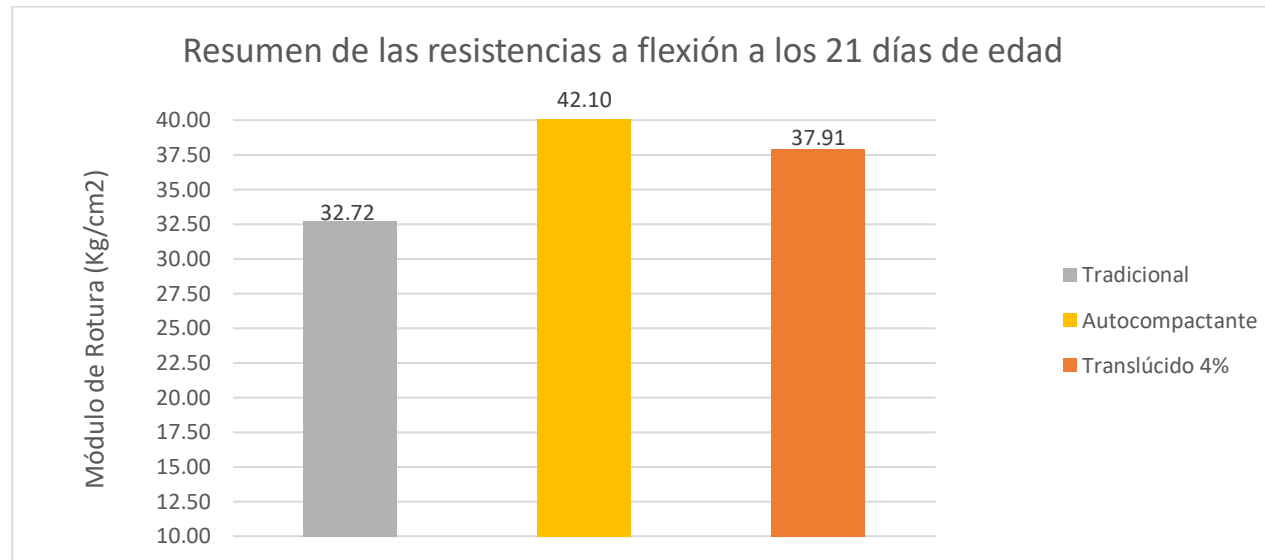
Tabla 55. Ensayo a flexión del hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 21 días de edad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA SU USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES													
ORIGEN:	SAN BUENAVENTURA - LATACUNGA			FECHA:	22/07/2021								
NORMA:	ASTM C293 - NTE INEN 2554			REALIZÓ:	HEBERT ATENCIO								
ENSAYO DE FLEXIÓN DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO F'C=240 KG/CM2													
4% DE FIBRA ÓPTICA -21 DÍAS													
FECHA DE ELABORACIÓN:	01/07/2021			FECHA DE ENSAYO:	22/07/2021								
Denominación de la probeta	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h promedio (cm)	Carga (N)	Luz libre (mm)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura (Kg/cm2)	Módulo de Rotura Promedio (Kg/cm2)
TRV7	15.00	15.00	15.00	15.00	15.10	15.10	15.00	15.07	26546	450	3.508	35.774	37.908
TRV8	15.10	15.00	15.10	15.07	15.00	15.10	15.00	15.03	28411	450	3.755	38.287	
TRV9	15.00	15.00	15.10	15.03	15.10	15.00	15.00	15.03	29367	450	3.890	39.663	

Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo a la tabla 55, se determinó la resistencia a la flexión a los 21 días de edad de vigas simples fabricadas con hormigón translúcido utilizando el porcentaje óptimo de 4% de fibra óptica aplicando el curado de acuerdo a la norma ASTM C192. La resistencia fue obtenida siguiendo la norma NTE INEN 2554 aplicando una carga en los tercios obteniendo un valor de módulo de rotura promedio de 37.908 Kg/cm2.

Gráfico 11. Resumen de las resistencias a flexión a los 21 días de edad

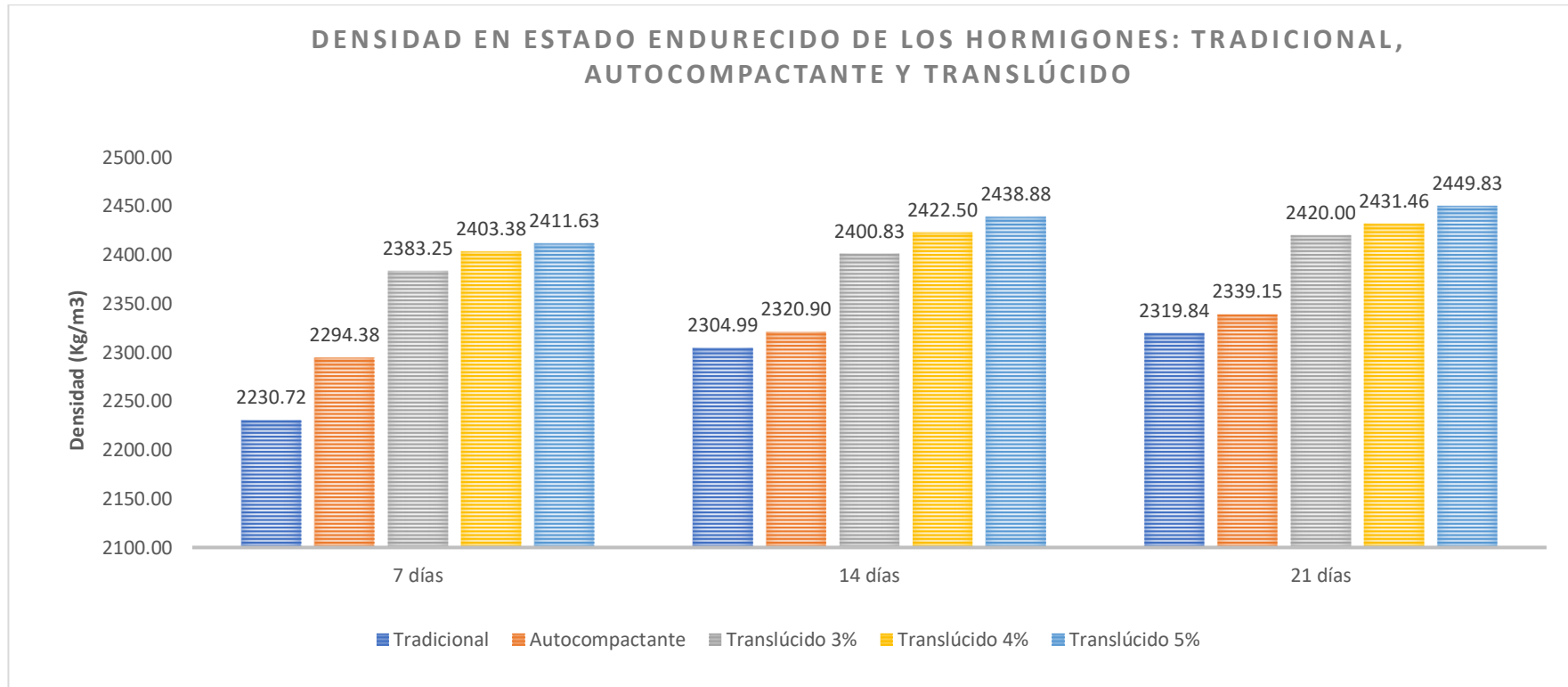


Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 7, la resistencia a la flexión máxima obtenida a los 21 días de edad corresponde al hormigón autocompactante (42.10 Kg/cm²), seguido del hormigón translúcido con el 4% de fibra óptica (37.91 Kg/cm²) y por último el hormigón tradicional (32.72 Kg/cm²). En general, la resistencia obtenida del hormigón translúcido con el 4% (26.87 Kg/cm²), es mayor que el hormigón tradicional (32.72 Kg/cm²) pero menor que el hormigón autocompactante (42.10 Kg/cm²).

3.1.3 Resumen de resultados

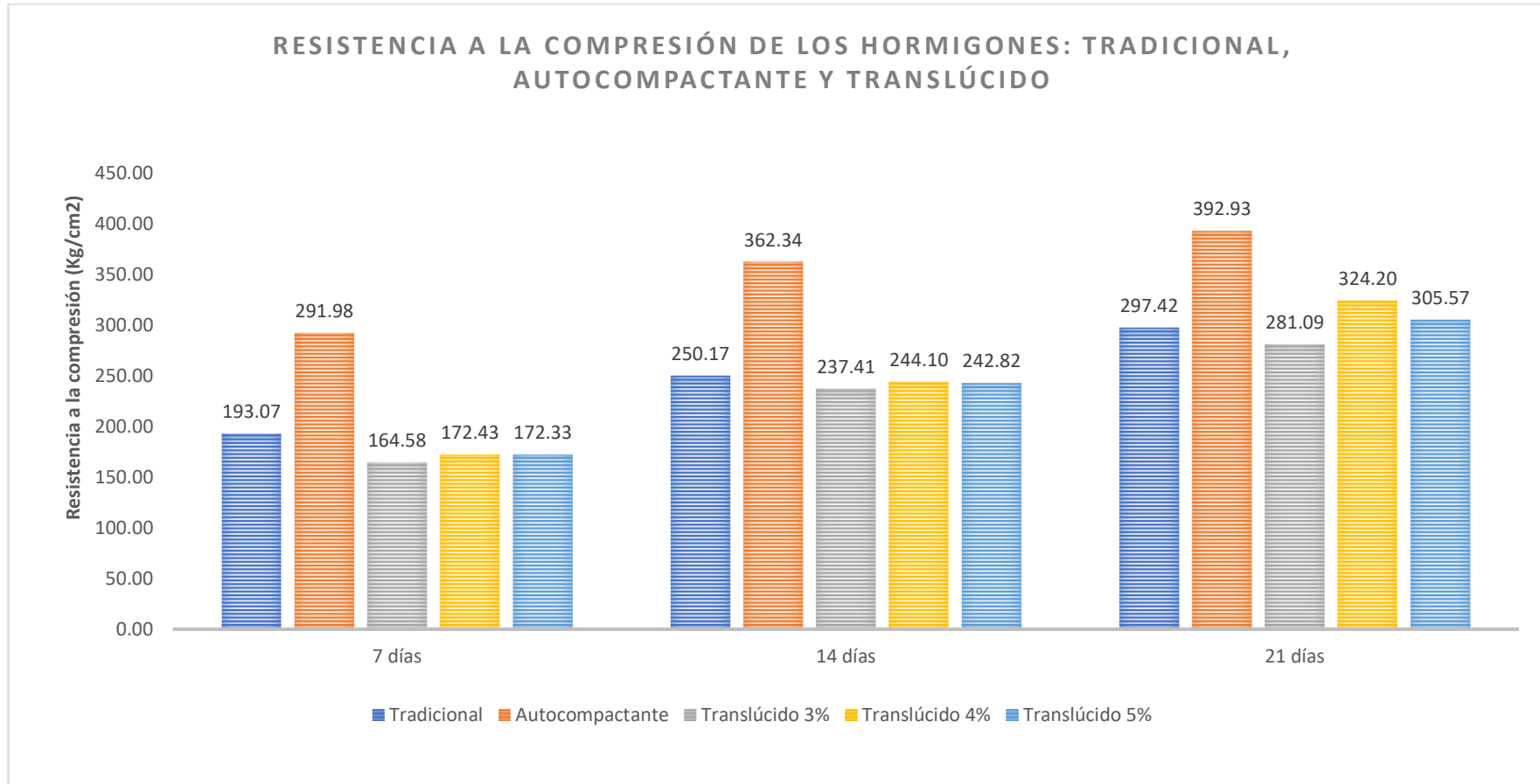
Gráfico 12. Densidad en estado endurecido de los hormigones: tradicional, autocompactante y translúcido



Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 7, el hormigón con mayor densidad a las diferentes edades de curado corresponde al hormigón translúcido con 5% de fibra óptica con una densidad final a los 21 días de curado de 2449.83 Kg/m³, siendo 5.31 % más denso que el hormigón tradicional (2319.84 Kg/m³) y, 4.52% mayor que el hormigón autocompactante (2339.15 Kg/m³). El hormigón translúcido con 4 % de fibra óptica es 4.59 % más denso que el hormigón tradicional (2319.84 Kg/m³) y, 3.79 % mayor que el hormigón autocompactante (2339.15 Kg/m³). Por último, el hormigón translúcido con el 3% de fibra óptica es 4.14 % más denso que el hormigón tradicional (2319.84 Kg/m³) y, 3.34 % mayor que el hormigón autocompactante (2339.15 Kg/m³). El hormigón translúcido con el 5% de FO a los 21 días es 1.22% más denso que el hormigón translúcido con el 3% de FO y 0.75% más que el hormigón translúcido con el 4% FO, sin embargo, mayor densidad en el hormigón translúcido no garantiza mayor resistencia a la compresión y flexión (ver Gráfico 13 y Gráfico 14).

Gráfico 13. Resistencia a la compresión de los hormigones: tradicional, autocompactante y translúcido

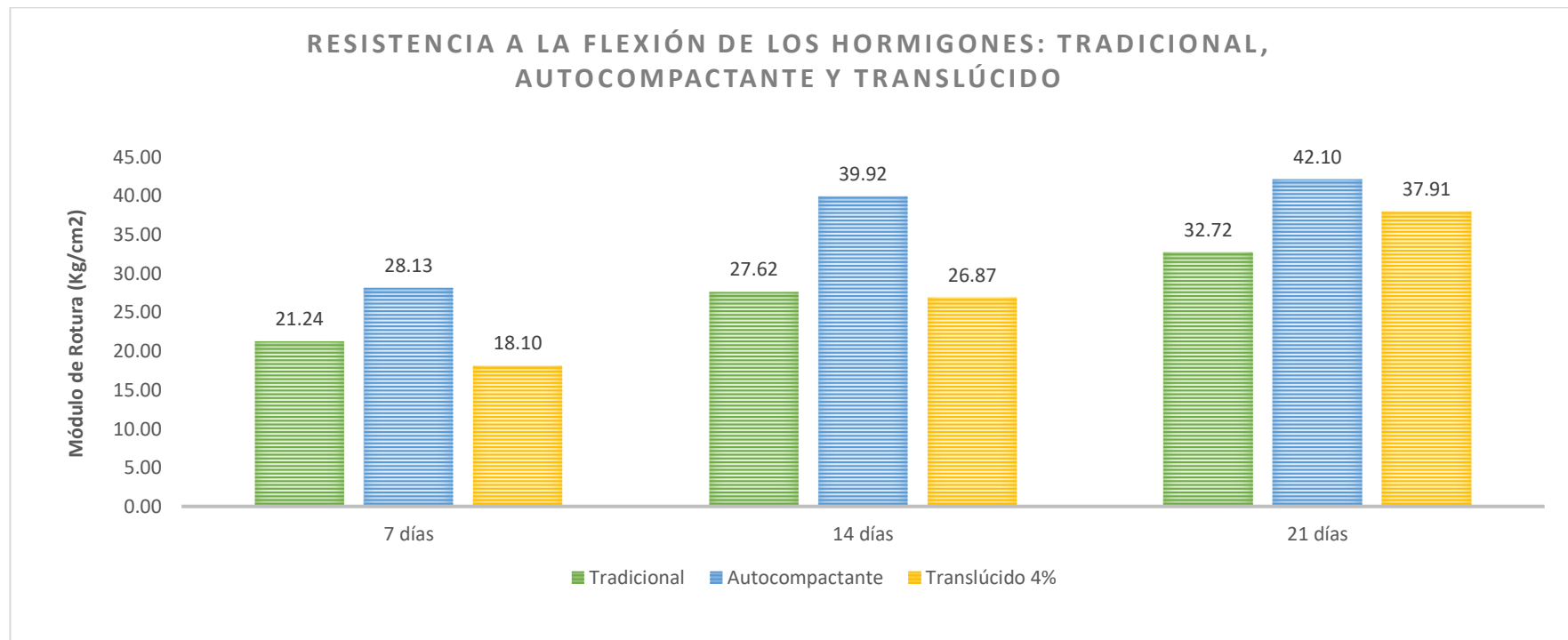


Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 8, a los 7 días de edad los hormigones translúcidos con el 3% (164.58 Kg/cm²), 4% (172.43 Kg/cm²) y 5% (172.33 Kg/cm²) presentan valores de resistencia menores a comparación del hormigón tradicional (193.07 Kg/cm²) y el hormigón autocompactante (291.98 Kg/cm²). El hormigón translúcido con mejor desempeño a los 7 días se obtuvo con el 4% (172.43 Kg/cm²), seguido del 5% (172.33 Kg/cm²) y por último el 3% (164.58 Kg/cm²). A pesar de que el 5% tiene más fibra óptica incorporada, su resistencia fue 0.54% menor que el obtenido con el 4% y, 4.71% mayor que el obtenido con el 3%. El hormigón translúcido con mejor desempeño (4%) es 10.22% menos resistente que el hormigón tradicional y 40.64% menos resistente que el hormigón autocompactante. A los 14 días de edad los hormigones translúcidos con el 3% (237.41 Kg/cm²), 4% (244.10 Kg/cm²) y 5% (242.82 Kg/cm²) presentan valores de resistencia menores a comparación del hormigón tradicional (250.17 Kg/cm²) y el hormigón autocompactante (362.34 Kg/cm²). El hormigón translúcido con mejor desempeño a los 14 días se obtuvo con el 4% (244.10 Kg/cm²), seguido del 5% (242.82 Kg/cm²) y por último el 3% (237.41 Kg/cm²). A pesar de que el 5% tiene más fibra óptica incorporada, su resistencia fue 0.52% menor que el obtenido con el 4% y, 2.28% mayor que el obtenido con el 3%. El hormigón translúcido con mejor desempeño (4%) es 2.43% menos resistente que el hormigón tradicional y 32.63% menos resistente que el hormigón autocompactante. A comparación con los resultados obtenidos del hormigón translúcido con el 4% a los 7 días, la resistencia a los 14 días se va asemejando a la obtenida con el hormigón tradicional y aproximándose a los valores del hormigón autocompactante. A los 21 días de edad los hormigones translúcidos con el 4% (324.20 Kg/cm²) y 5% (305.57 Kg/cm²) presentan valores de resistencia mayores a comparación del hormigón tradicional (297.42 Kg/cm²) y menores que el hormigón autocompactante (362.34 Kg/cm²), mientras que el 3% (281.09 Kg/cm²) tiene la menor resistencia en todos los casos. El hormigón translúcido con mejor desempeño a los 21 días se obtuvo con el 4% (342.20 Kg/cm²), seguido del 5% (305.57 Kg/cm²) y por último el 3% (281.09 Kg/cm²). A pesar de que el 5% tiene más fibra óptica incorporada, su resistencia fue 5.75% menor que el obtenido con el 4% y, 8.71% mayor que el obtenido con el 3%. El hormigón translúcido con mejor desempeño (4%) es 8.26 % más resistente que el hormigón tradicional y 17.49% menos resistente que el hormigón autocompactante. A comparación con

los resultados obtenidos del hormigón translúcido con el 4% a los 14 días, la resistencia a los 21 días superó a la obtenida con el hormigón tradicional y tiende a aproximarse a los valores del hormigón autocompactante.

Gráfico 14. Resistencia a la flexión de los hormigones: tradicional, autocompactante y translúcido



Fuente: *Elaboración propia*

Análisis de resultados: De acuerdo al gráfico 9, a los 7 días de edad el hormigón translúcido con el 4% de fibra óptica (18.10 Kg/cm²) presenta un valor de la resistencia flexión menor a comparación del hormigón tradicional (21.24 Kg/cm²) y el hormigón autocompactante (28.13 Kg/cm²). El hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 7 días es 14.78% menos resistente a la flexión que el hormigón tradicional y 35.66% menos resistente que el hormigón autocompactante. A los 14 días de edad el hormigón translúcido con el 4% de fibra óptica (26.87 Kg/cm²) presenta un valor de la resistencia flexión menor a comparación del hormigón tradicional (27.62 Kg/cm²) y el hormigón autocompactante (39.92 Kg/cm²). El hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 14 días es 2.72% menos resistente a la flexión que el hormigón tradicional y 32.66% menos resistente que el hormigón autocompactante. La resistencia a la flexión a los 14 días del hormigón translúcido se va asemejando a la obtenida con el hormigón tradicional y aproximándose a los valores del hormigón autocompactante. A los 21 días de edad el hormigón translúcido con el 4% de fibra óptica (37.91 Kg/cm²) presenta un valor de la resistencia flexión mayor a comparación del hormigón tradicional (32.72 Kg/cm²) y menor al del hormigón autocompactante (42.10 Kg/cm²). El hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 21 días es 13.69% más resistente a la flexión que el hormigón tradicional y 11.05% menos resistente que el hormigón autocompactante. La resistencia a la flexión a los 21 días del hormigón translúcido supera a la obtenida con el hormigón tradicional y se va acercando a los valores del hormigón autocompactante.

3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis

El hormigón translúcido con fibra óptica puede utilizarse como material estructural.

Verificación de hipótesis

En base a los resultados obtenidos de los ensayos tanto a compresión como a flexión se pudo comprobar la hipótesis anteriormente planteada. La resistencia a compresión del hormigón translúcido a los 21 días de curado con el porcentaje óptimo de fibra óptica (4%) tiene un valor de 324.20 Kg/cm², superando al valor de la muestra patrón de hormigón tradicional (297.42 Kg/cm²) y el valor especificado de diseño de 240 Kg/cm². Los ensayos a flexión indican que, el hormigón translúcido con 4% de fibra óptica a los 21 días de curado tiene un módulo de rotura de 37.91 Kg/cm² superando al de la muestra patrón de hormigón tradicional (32.72 Kg/cm²). Aunque en ambos ensayos, el hormigón translúcido tenga valores inferiores al hormigón autocompactante (392.93 Kg/cm² a compresión y 42.10 Kg/cm² a flexión), siguen siendo superiores a la resistencia de diseño de 240 Kg/cm².

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se concluye que, la resistencia a compresión y a flexión del hormigón translúcido utilizando el porcentaje óptimo del 4% obtenido de los ensayos a compresión a los 7,14 y 21 días; son mayores que el del hormigón tradicional en 8.26% para la resistencia a compresión, y 13.68% para la resistencia a flexión. Comparándolo con el hormigón autocompactante, los resultados obtenidos con el hormigón translúcido, con el porcentaje óptimo del 4%, son menores en 17.49% para la resistencia a compresión, y 9.95% para la resistencia a flexión. Por lo tanto, a pesar de presentar resultados menores que los de un hormigón autocompactante, la resistencia del hormigón translúcido, con el porcentaje óptimo del 4%, a los 21 días de curado con valores de 324.20 Kg/cm² en compresión y, 37.91 Kg/cm² en flexión, son mayores que la resistencia de diseño (240 Kg/cm² y 26.4 Kg/cm² respectivamente); por ende, es factible su implementación en elementos estructurales.
- Se determinó que, el hormigón translúcido con 4% de fibra óptica es el que mejor desempeño tuvo en comparación con los otros porcentajes (3% y 5%), a los 7,14 y 21 días de curado, con valores de resistencia a la compresión de 172.43, 244.10 y 324.20 Kg/cm² respectivamente. Siendo 5.75% más resistente que el obtenido con el 5% de fibra óptica y, 13.30% más resistente que el 3% de fibra óptica a los 21 días de curado. A pesar de que el 5% contiene 23 Kg de fibra óptica más en comparación del 4%, su resistencia a la compresión no mejoró con respecto a este mismo. Por lo tanto, el 4% de fibra óptica es el porcentaje óptimo con el que se obtiene mejores resultados en resistencia sin tener que incrementar más cantidad de fibra óptica.

- Se determinó que, el hormigón autocompactante obtuvo la mayor resistencia a la compresión a los 21 días con un valor de 392.93 Kg/cm², seguido del hormigón translúcido con el 4% de fibra óptica (324.20 Kg/cm²), posteriormente el hormigón translúcido al 5% (305.57 Kg/cm²), le sigue el hormigón tradicional (297.42 Kg/cm²), y por último el hormigón translúcido con el 3% (281.09 Kg/cm²). Para el caso de la resistencia a flexión la mayor resistencia la obtuvo el hormigón autocompactante con un módulo de rotura de 42.10 Kg/cm², seguido del hormigón translúcido con el porcentaje óptimo del 4% (37.91 Kg/cm²) y por último el hormigón tradicional (32.72 Kg/cm²).
- Se concluyó que, las vigas de hormigón translúcido con el porcentaje óptimo de fibra óptica del 4% con un módulo de rotura de 37.91 Kg/cm² tuvo mayor resistencia a la flexión que el hormigón tradicional (32.72 Kg/cm²), pero sigue estando por debajo que las obtenidas con el hormigón autocompactante (42.10 Kg/cm²).
- Se concluye que, el hormigón con mayor densidad corresponde al hormigón translúcido al 5% con un valor de 2449.83 Kg/m³ a los 21 días de edad, seguido del 4% (2431.46 Kg/m³), posteriormente el 3% (2420.00 Kg/m³), seguido del hormigón autocompactante (2339.15 Kg/m³), y por último el hormigón tradicional (2319.84 Kg/m³). A pesar de que el hormigón translúcido con el 5% es más denso en comparación del resto, su resistencia a la compresión es menor que el obtenido con el autocompactante y el translúcido con el 4% de fibra óptica, por lo que, mayor densidad en el hormigón translúcido no garantiza mayor resistencia.
- Se determinó que, el hormigón translúcido, con el porcentaje óptimo del 4%, obtuvo mejores valores de resistencia tanto en compresión como en flexión a los 21 días de curado (324.20 y 37.91 Kg/cm² respectivamente), puesto que, a los 7 días (172.43 y 18.10 Kg/cm²) y 14 días (244.10 y 26.87 Kg/cm²), los valores de resistencia se encuentran por debajo de los obtenidos con el hormigón tradicional a los 7 días (193.07 y 21.24 Kg/cm²) y a los 14 días (250.17 y 27.62 Kg/cm²), mientras que a los 21 días, el hormigón translúcido logra superar al hormigón tradicional en 8.26% en compresión y 13.69% en flexión. Sin embargo, no logra

superar las resistencias obtenidas con el hormigón autocompactante a las edades de curado anteriormente mencionadas.

- Se concluye que, el uso de aditivo superplastificante facilita la trabajabilidad y vertido de la mezcla tanto para la elaboración de cilindros como para los moldes utilizados de hormigón translúcido, siempre y cuando se encuentre dentro de los rangos establecidos por el fabricante.
- Se concluye que, los ensayos realizados para evaluar las propiedades de autocompactabilidad del hormigón autocompactante, son necesarias puesto que, si alguna de las pruebas falla (“Slump Flow”, Caja L, Embudo V), puede repercutir en el desempeño que este mismo tiene para autoconsolidarse.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar buenos agregados pétreos provenientes de minas de buena confiabilidad, puesto que de las propiedades de los agregados va a depender la calidad y resistencia del hormigón resultante.
- Se recomienda utilizar los porcentajes de aditivo superplastificante indicados por el proveedor, ya que un exceso del mismo puede llegar a perjudicar las propiedades en estado endurecido del hormigón.
- Se recomienda mezclar el aditivo superplastificante con una parte de agua, además, dejar amasar por aproximadamente 2 min para que el aditivo se incorpore adecuadamente a la mezcla y se dé el efecto esperado.
- Se recomienda que, al momento de elaborar los cilindros de hormigón tradicional, se compacte adecuadamente las capas requeridas y se den los golpes requeridos por las normas INEN y ASTM para que el hormigón quede lo mejor consolidado

posible, además se recomienda enraizar y dar un acabado recto para que al momento del ensayo no se produzca concentraciones de esfuerzos.

- Se recomienda temprar la fibra óptica y asegurarla lo mejor posible a los moldes, y así evitar que al momento del vertido se doblen por el peso del hormigón y finalmente se rompan.
- Se recomienda verter el hormigón en los moldes con fibra óptica lo más cuidadoso posible, puesto que, si las fibras llegan a romperse, no serán capaces de transmitir la luz y se perderá el efecto buscado.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Barbarán, “Materiales no tradicionales concreto translúcido,” pp. 57–58, 2005 [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/cn731>. [Accedido: 07-abr-2020]
- [2] C. Martínez, “Hormigón translúcido con fibra óptica”, trabajo de fin de grado, Univ. Politécnica de Valencia, 2011.
- [3] P. Bushan y D.Johnson, “Optical fibres in the modeling of translucent concrete blocks”, vol.3, pp. 13-17, 2013 [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/6pq9y>. [Accedido: 07-abr-2020]
- [4] S. Galván *et al*, “Formulation for obtaining a translucent concrete mixture”, 2009 [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/nz8t>
- [5] J. Barreno, “Hormigón translúcido con fibra de vidrio y cuarzo”, trabajo de fin de grado, Esc. Politécnica del Ejercito, 2015 [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/jh1t8>. [Accedido: 07-abr-2020]
- [6] M.Saleem *et al*, “Development, Testing, and Implementation Strategy of a translucent Concrete-Based Smart Lane Separator for Increased Traffic Safety”, *American Society of Civil Engineers (ASCE)*, 2016. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001240
- [7] A. Altlomite *et al*, “Experimental study of light-transmitting concrete”, *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*), 2016. doi: 10.1080/2093761X.2016.1237396
- [8] A. Sawant *et al*, “Light Transmitting Concrete by using Optical ”, *International Journal of Inventive Engineering and Sciences*, 2014.
- [9] I.E. Normalización, « *Hormigón, definiciones y terminología*, » de NTE INEN 1762, Quito, INEN, 2015, pp. 1-10
- [10] INECYC y APRHOPEC, “El manual de pepe hormigón,” vol. 1, 2007 [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/kq6h>. [Accedido: 16-dic-2020]

- [11] Holcim, 2018 [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/c4rnf>. [Accedido: 15-abr-2021]
- [12] I.E. Normalización, « *Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología*, » de . NTE INEN 694, Quito, INEN, 2010, pp. 1-11
- [13] I.E. Normalización, « *Áridos para hormigón. Requisitos*, » de NTE INEN 872, Quito, INEN, 2011, pp. 1-19.
- [14] I.E. Normalización, « *Hormigón de cemento hidráulico, agua para mezcla, requisitos*, » de NTE INEN 2617, Quito, INEN, 2012, pp. 1-10.
- [15] A. Surahyo, “*Concrete construction, practical problems and solutions*”, Springer International Publishing , 2019. doi: 10.1007/978-3-030-10510-5.
- [16] G. Rivera, “Concreto simple”, Univ. Del Cauca, vol. 2 [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/5dcov>. [Accedido: 04-ene-2021]
- [17] ASTM, « *ASTM C494: Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*, » de An American National Standard, Whashington D.C., American Society for Testing and Materials, 2001, p. 1-7.
- [18] C. Martinez, “Hormigón translúcido con fibra óptica”, trabajo de fin de grado, Univ. Politécnica de Valencia, 2011.
- [19] I.E. Normalización, «*Áridos. Muestreo*, » de NTE INEN 695, Quito, INEN, 2010, pp. 1-12.
- [20] ASTM, « *ASTM E11: Standard Specification for Woven wire Test Cloth and Test sieves*,» de An American National Standard, Whashington D.C., American Society for Testing and Materials, 2013, p. 1-7.
- [21] ASTM, « *ASTM C33: Aggregates for Concrete*,» de An American National Standard, Whashington D.C., American Society for Testing and Materials, 2008, p. 19
- [22] A. P. Rodríguez, *Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto*, Chihuahua: UACH, 2012
- [23] I. E. Normalización, «*Áridos para Hormigón. Determinación de la masa unitaria*

- (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos,» de NTE INEN 858, Quito, INEN, 2011, pp. 1-19.
- [24] I. E. Normalización, «Áridos para Hormigón. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino,» de NTE INEN 856, Quito, INEN, 2010, pp. 1-15
- [25] I. E. Normalización, «Áridos para Hormigón. Determinación del contenido total de humedad» de NTE INEN 862, Quito, INEN, 2011, pp. 1-10
- [26] I. E. Normalización, «Cemento Hidráulico. Determinación de la densidad,» de NTE INEN 156, Quito, INEN, 2009, pp. 1-9
- [27] B Han, L Zhang y J Ou, “*Smart and Multifunctional Concrete Toward sustainable Infrastructures*”, Springer Nature, 2017. doi: 10.1007/978-981-10-4349-9
- [28] N Hasan, “*Durability and Sustainability of Concretes*”, Springer Nature, 2020, [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/erqoy>. [Accedido: 23-mar-2021]
- [29] L. Leon y H. Eguez, “Diseño de mezclas para hormigón autocompactante” 2009 [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/tkt2q>. [Accedido: 24-mar-2021]
- [30] ASTM C1611, «*Método de ensayo. Determinación del flujo de asentamiento del concreto autoconsolidante,*» de An American National Standard, Whashington D.C., American Society for Testing and Materials, 2013, pp. 1-15
- [31] A. Flores, “Hormigón autocompactante”, trabajo de fin de grado, Univ. Central del Ecuador, Quito, 2015.
- [32] S. Medina, “Hormigón”, Univ. Técnica de Ambato, vol. 1.
- [33] I. E. Normalización, «Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico» de NTE INEN 1573, Quito, INEN, 2010, pp. 1-14
- [34] I. E. Normalización, «Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a flexión del hormigón. Utilizando una viga simple con carga en los tercios» de NTE INEN 2554, Quito, INEN, 2011, pp. 1-8

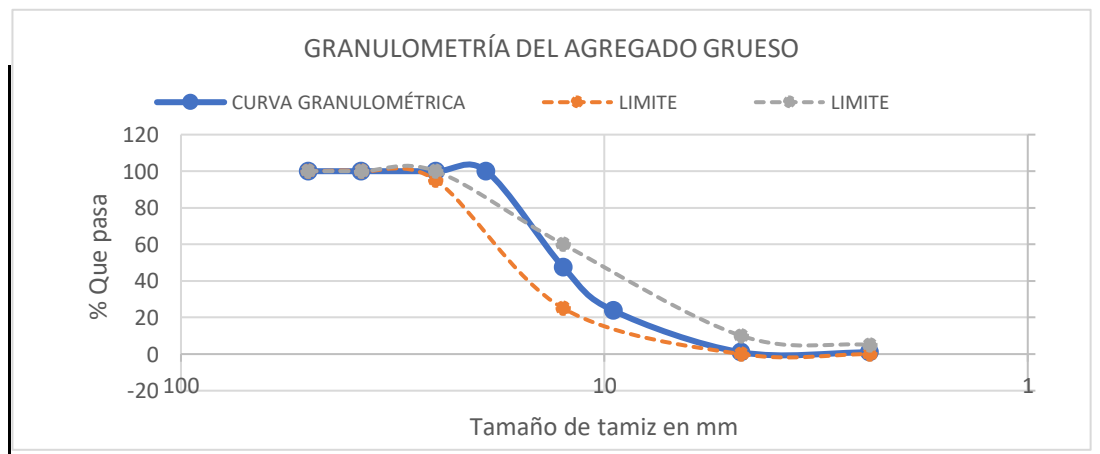
- [35] M. Garzón, “Investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón”, Univ. Central del Ecuador, 2010.
- [36] Comité ACI, «Concreto Autocompactante» de ACI 237 R-07, Quito, ACI, 2008.
- [37] E. Bermejo, “Dosificación, propiedades y durabilidad en hormigón autocompactante para edificación”, tesis doctoral, Univ. Politécnica de Madrid, Madrid, 2009.
- [38] EFNARC, «Specification and guidelines for self-compacting concrete» de European Federation of National Associations Representing for concrete, 2002, pp. 1-32
- [39] S. Said., “State of art developments in light transmitting concrete”, Elsevier, 2020. doi: //doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.128
- [40] L. Garcia *et al*, “Mortero equivalente al hormigón autocompactante”, Salón Internacional CEVISAMA, 2017.
- [41] I. E. Normalización, «Hormigones. Hormigón premezclado. Requisitos» de NTE INEN 1855-1, Quito, INEN, 2016, pp. 1-27
- [42] I. E. Normalización, «Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo » de NTE INEN 1576, Quito, INEN, 2011, pp. 1-12
- [43] ASTM C192-07, « *Práctica estándar para la preparación y curado de especímenes de prueba de hormigón en el laboratorio,*» de An American National Standard, Whashington D.C., American Society for Testing and Materials, 2007, pp. 1-10
- [44] R. Aldan, “Estudio experimental de resistencias a compresión del hormigón: Correlación entre resultados de probetas cúbicas y probetas cilíndricas”, trabajo de fin de grado, Univ. De Chile, 2008.

ANEXOS

A1. Ensayo de los materiales

Tabla 56. Granulometría del agregado grueso

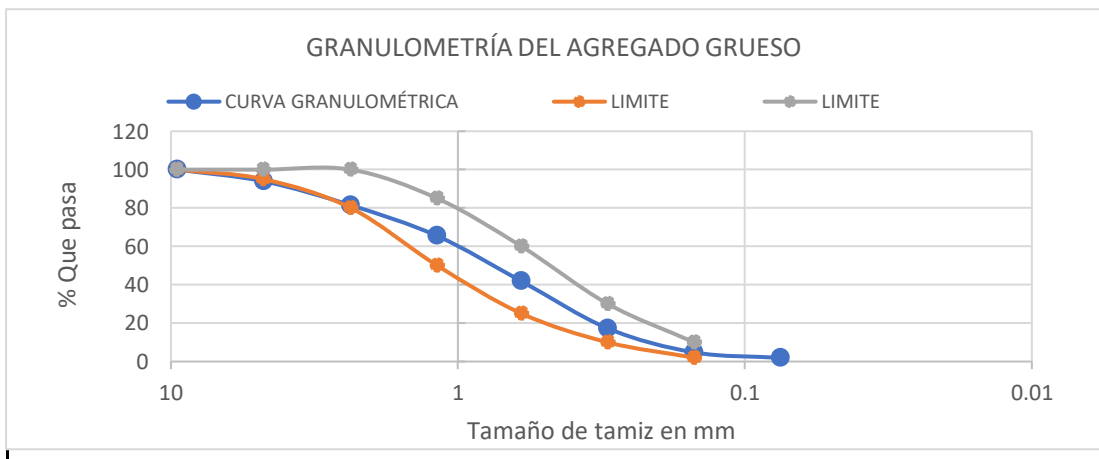
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO					
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES					
ORIGEN:	Latacunga - San Buenaventura	FECHA:	7-jun-21		
NORMA:	NTE INEN 696 - ASTM C136	REALIZÓ:	Hebert Atencio		
PESO INICIAL (gr):	10000		PÉRDIDA (%):	0.19	
TAMAÑO TAMIZ	RETENIDO		% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LÍMITES NTE INEN 872 - ASTM C33
	PARCIAL (gr)	ACUMULADO (gr)			
2 pulg (50 mm)	0	0	0.00	100	100
1 1/2 pulg (37.5 mm)	0	0	0.00	100.00	100
1 pulg (25 mm)	0	0	0.00	100.00	95 - 100
3/4 pulg (19 mm)	0	0	0.00	100.00	-
1/2 pulg (12.5 mm)	5246.8	5246.8	52.57	47.43	25 - 60
3/8 pulg (9.5 mm)	2373.24	7620.04	76.34	23.66	-
# 4 (4.75 mm)	2263.1	9883.14	99.02	0.98	0 - 10
# 8 (2.36 mm)	0				0 - 5
FUENTE	98.3	9981.44	100.00		-
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:	19 mm		TAMAÑO MÁXIMO:	19 mm	



Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 57. Granulometría del agregado fino

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO					
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES					
ORIGEN:	Latacunga - San Buenaventura	FECHA:	7-jun-21		
NORMA:	NTE INEN 696 - ASTM C136	REALIZÓ:	Hebert Atencio		
PESO INICIAL (gr):	1000		PÉRDIDA (%):	0.25	
TAMAÑO TAMIZ	RETENIDO		% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LÍMITES NTE INEN 872 - ASTM C33
	PARCIAL (gr)	ACUMULADO (gr)			
3/8 pulg (9.5 mm)	0	0	0.00	100	100
# 4 (4.75 mm)	60.7	60.7	6.09	93.91	95 - 100
# 8 (2.36 mm)	124.5	185.2	18.57	81.43	80 - 100
# 16 (1.18 mm)	159.6	344.8	34.57	65.43	50 - 85
# 30 (0.60 mm)	235.6	580.4	58.19	41.81	25 - 60
# 50 (0.30 mm)	245.1	825.5	82.76	17.24	10 - 30
# 100 (0.15 mm)	124.5	950	95.24	4.76	2 - 10
# 200 (0.075 mm)	28.3	978.3	98.08	1.92	-
FUENTE	19.2	997.5			
MÓDULO DE FINURA:	2.95				



Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 58. Peso volumétrico suelto y compactado de los agregados

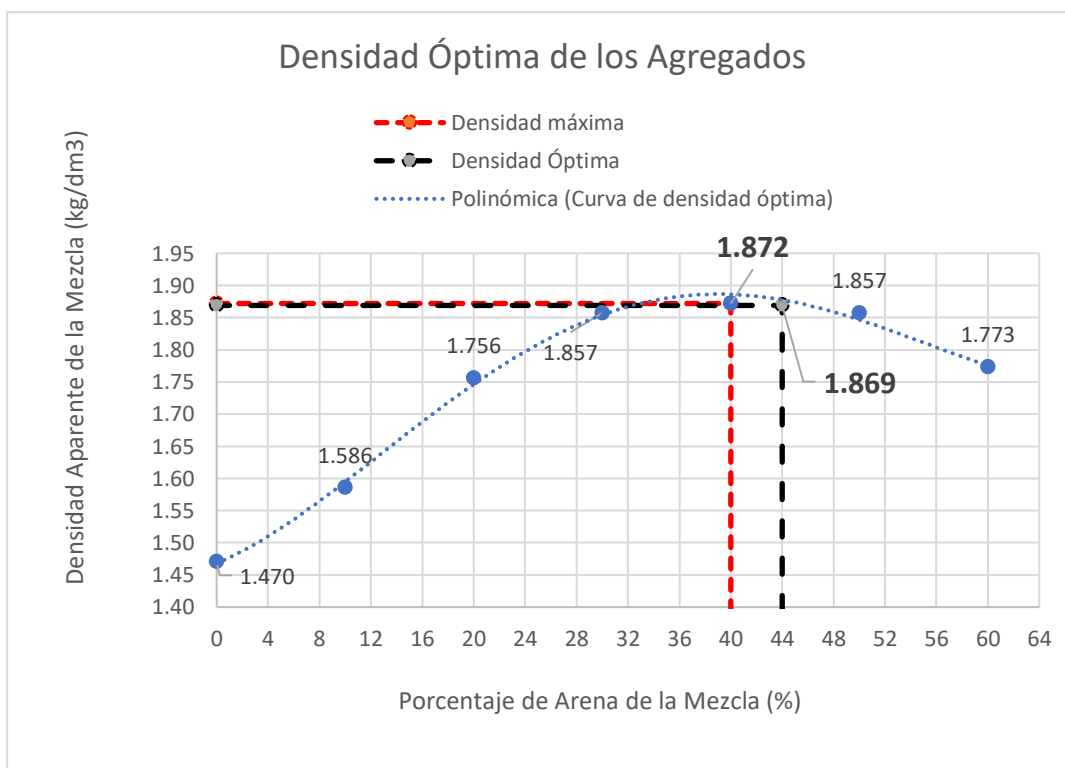
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS				
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES				
ORIGEN:	Latacunga - San Buenaventura	FECHA:	7-jun-21	
NORMA:	NTE INEN 858 - ASTM C29	REALIZÓ:	Hebert Atencio	
MASA DEL RECIPIENTE (kg):	10	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (DM3)	20.35	
AGREGADO GRUESO				
CONDICIÓN	AGREGADO GRUESO + RECIPIENTE (KG)	AGREGADO GRUESO (KG)	PESO VOLUMÉTRICO (KG/DM3)	PESO VOLUMÉTRICO PROM (KG/DM3)
SUELTA	36.1	26.10	1.28	1.28
	35.8	25.80	1.27	
COMPACTADA	41.2	31.20	1.53	1.54
	41.4	31.40	1.54	
AGREGADO FINO				
CONDICIÓN	AGREGADO FINO + RECIPIENTE (KG)	AGREGADO FINO (KG)	PESO VOLUMÉTRICO (KG/DM3)	PESO VOLUMÉTRICO PROM (KG/DM3)
SUELTA	39.9	29.90	1.47	1.47
	40.1	30.10	1.48	
COMPACTADA	43.5	33.50	1.65	1.63
	42.9	32.90	1.62	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 59. Densidad aparente máxima de la mezcla de los agregados

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
DENSIDAD APARENTE MÁXIMA DE LA MEZCLA DE LOS AGREGADOS				
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES				

ORIGEN:	Latacunga - San Buenaventura		FECHA:	8-jun-2021				
NORMA:	NTE INEN 858 - ASTM C29		REALIZÓ	Hebert Atencio				
MASA DEL RECIPIENTE (Kg)	11		VOLUMEN DEL RECIPIENTE (dm3)	20.3				
MEZCLA %		AGREGADO (Kg)		FINO AÑADIRSE (Kg)	MASA + RECIPIENTE (Kg)	MASA DE LA MEZCLA (Kg)	DENSIDAD APARENTE DE LA MEZCLA (Kg/dm3)	DENSIDAD APARENTE PROMEDIO (Kg/dm3)
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO					
100	0	40	0	0	40.90	29.90	1.473	1.470
					40.80	29.80	1.468	
90	10	40	4.44	4.44	43.10	32.10	1.581	1.586
					43.30	32.30	1.591	
80	20	40	10	5.56	46.50	35.50	1.749	1.756
					46.80	35.80	1.764	
70	30	40	17.14	7.14	48.80	37.80	1.862	1.857
					48.60	37.60	1.852	
60	40	40	26.67	9.52	48.90	37.90	1.867	1.872
					49.10	38.10	1.877	
50	50	40	40	13.33	48.70	37.70	1.857	1.857
					48.70	37.70	1.857	
40	60	40	60	20	47.10	36.10	1.778	1.773
					46.90	35.90	1.768	



Porcentaje Máximo de Agregado Fino (%)	40%
Porcentaje Máximo de Agregado Grueso (%)	60%
Porcentaje Óptimo de Agregado Fino (%)	44%
Porcentaje Óptimo de Agregado Grueso (%)	55%
Densidad Aparente Máxima de la Mezcla de Agregados (Kg/dm3)	1.87
Densidad Aparente Óptima de la Mezcla de Agregados (Kg/dm3)	1.87

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 60. Densidad relativa y capacidad de absorción del agregado grueso

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
DENSIDAD RELATIVA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO				
CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES				
ORIGEN:	Latacunga - San Buenaventura		FECHA:	8-jun-2021
NORMA:	NTE INEN 857 - ASTM C127		REALIZÓ:	Hebert Atencio
DENSIDAD RELATIVA DEL AGREGADO GRUESO				
NOMENCLATURA	NOMBRE	UNIDAD	VALOR	
P1	Peso de la canastilla al aire	gr	1175	
P2	Peso de la canastilla sumergida en agua	gr	798	
P3	Peso de la canastilla + Agr. Grueso en S.S.S al aire	gr	4174	
P4	Peso de la canastilla + Agr. Grueso en S.S.S en agua	gr	2665	
DA	Densidad real del agua	gr/cm ³	1	
P5=P3-P1	Peso del Agr. Grueso en S.S.S al aire	gr	2999	
P6=P4-P2	Peso del Agr. Grueso en S.S.S en agua	gr	1867	
VD=P5-P6/DA	Volumen Desalojado	cm ³	1132	
DRG=P5/VD	Densidad relativa del Agr. Grueso	gr/cm³	2.649	
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
NOMENCLATURA	NOMBRE	UNIDAD	VALORES	
P7	Peso del recipiente	gr	30.5	30.9
P8	Peso del recipiente + Agr. Grueso en S.S.S	gr	169.7	206.5
P9=P8-P7	Peso del Agr. Grueso en S.S.S	gr	139.2	175.6
P10	Peso del recipiente + Agr. Grueso seco	gr	167.8	204.3
P11=P8-P10	Peso del agua evaporada	gr	1.9	2.2
P12=P10-P7	Peso del Agr. Grueso seco	gr	137.3	173.4
Cabs=((P9-P12)/P12)x100	Capacidad de absorción	%	1.38	1.27
CabsPROM	Capacidad de absorción PROM	%	1.33	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 61. Densidad relativa y capacidad de absorción del agregado fino

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
DENSIDAD RELATIVA Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO				
CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN				

ELEMENTOS ESTRUCTURALES				
ORIGEN:	Latacunga - San Buenaventura	FECHA:	9-jun-2021	
NORMA:	NTE INEN 856 - ASTM C128	REALIZÓ:	Hebert Atencio	
DENSIDAD RELATIVA DEL AGREGADO FINO				
NOMENCLATURA	NOMBRE	UNIDAD	VALOR	
P1	Peso del picnómetro	gr	164.90	164.90
P2	Peso del picnómetro + Agr. Fino en S.S.S	gr	663.90	666.00
P3	Peso del picnómetro + Agr. Fino en S.S.S + Agua	gr	976.80	978.95
P4=P3-P2	Peso del agua añadida	gr	312.90	312.95
P5	Peso del picnómetro + 500 cm ³ de agua	gr	662.10	662.10
P6=P5-P1	Peso de los 500 cm ³ de agua	gr	497.20	497.20
DA = P6/500cm ³	Densidad del agua	gr/cm ³	0.99	0.99
P7 = P6-P4	Peso del agua desalojada	gr	184.30	184.25
P8=P2-P1	Peso del Agr. Fino en S.S.S	gr	499.00	501.10
VA=P7/DA	Volumen del agua desalojada	cm ³	185.34	185.29
DRF=P8/VA	Densidad relativa del Agr.Fino	gr/cm ³	2.692	2.704
DRF PROM	Densidad relativa del Agr.Fino PROM	gr/cm³	2.70	
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
NOMENCLATURA	NOMBRE	UNIDAD	VALORES	
P9	Peso del recipiente	gr	25.1	31.2
P10	Peso del recipiente + Agr. Fino en S.S.S	gr	158.7	143
P11=P10-P9	Peso del Agr. Fino en S.S.S	gr	133.6	111.8
P12	Peso del recipiente + Agr. Fino seco	gr	156.8	141.4
P13=P10-P12	Peso del agua evaporada	gr	1.9	1.6
P14=P12-P9	Peso del Agr. Fino seco	gr	131.7	110.2
Cabs=((P11-P14)/P14)x100	Capacidad de absorción	%	1.44	1.45
CabsPROM	Capacidad de absorción PROM	%	1.45	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 62. Contenido de humedad de los agregados

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS				
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES				
ORIGEN:	Latacunga - San Buenaventura	FECHA:	8-jun-21	
NORMA:	NTE INEN 862 - ASTM C566	REALIZÓ:	Hebert Atencio	
AGREGADO GRUESO				
NOMENCLATURA	NOMBRE	UNIDAD	VALORES	
P1	Peso del recipiente	gr	30.6	30.7
P2	Peso del recipiente + Agr. Grueso húmedo	gr	242.6	214
P3	Peso del recipiente + Agr. Grueso seco	gr	239.8	211.6
P4=P2-P3	Peso del agua	gr	2.8	2.4
P5=P3-P1	Peso del Agr. Grueso seco	gr	209.2	180.9
CH=P4/P5	Contenido de humedad	%	0.01	0.01

CHPROM	Contenido de humedad PROM	%	0.01	
AGREGADO FINO				
NOMENCLATURA	NOMBRE	UNIDAD	VALORES	
P1	Peso del recipiente	gr	30.1	31.9
P2	Peso del recipiente + Agr. Fino húmedo	gr	167.3	165.9
P3	Peso del recipiente + Agr. Fino seco	gr	156.2	154.5
P4=P2-P3	Peso del agua	gr	11.1	11.4
P5=P3-P1	Peso del Agr. Fino seco	gr	126.1	122.6
CH=P4/P5	Contenido de humedad	%	0.09	0.09
CHPROM	Contenido de humedad PROM	%	0.09	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 63. Densidad real del cemento

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
DENSIDAD REAL DEL CEMENTO				
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES				
ORIGEN:	Latacunga - San Buenaventura	FECHA:	9-jun-21	
NORMA:	NTE INEN 156 - ASTM C188	REALIZÓ:	Hebert Atencio	
DENSIDAD REAL CON EL PICNÓMETRO				
NOMENCLATURA	NOMBRE	UNIDAD	VALOR	
P1	Peso del picnómetro	gr	170.30	170.30
P2	Peso del picnómetro + cemento	gr	234.60	234.40
P3	Peso del picnómetro + cemento + gasolina	gr	584.50	584.30
P4=P3-P2	Peso de gasolina añadida	gr	349.90	349.90
P5	Peso del picnómetro + 500 cm ³ de gasolina	gr	536.40	536.40
P6=P5-P1	Peso de los 500 cm ³ de gasolina	gr	366.10	366.10
DG=P6/500 cm ³	Densidad de la gasolina	gr/cm ³	0.73	0.73
P7=P6-P4	Peso de gasolina desalojada	gr	16.20	16.20
P8=P2-P1	Peso del cemento	gr	64.30	64.10
VG=P7/DG	Volumen de gasolina desalojada	cm ³	22.13	22.13
DRC=P8/VG	Densidad real del cemento	gr/cm ³	2.906	2.897
DRC PROM = P8/VG	Densidad real del cemento PROM	gr/cm³	2.902	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 64. Dosificación hormigón tradicional

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
DOSIFICACIÓN					
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO					
CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN					
ELEMENTOS ESTRUCTURALES					
ORIGEN:	Latacunga – San Buenaventura				
FECHA:	05/06/2021	REALIZÓ:	Hebert Atencio		
MÉTODO DE DENSIDAD ÓPTIMA					
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS			DATOS DE LAS TABLAS		
f'c	240	kg/cm ²	W/C	0.56	
Asentamiento	9-12	cm	CP (%)	POV + 2% + 11%(POV)	
DRC	2.902	Kg/dm ³	CÁLCULOS		
DRA	2.698	Kg/dm ³	DRM	2.671	Kg/dm ³
DRR	2.649	Kg/dm ³	POV	29.986	%
DSA	1.474	Kg/dm ³	CP	352.85	dm ³
DSR	1.275	Kg/dm ³	C	390.05	Kg
POA	44	%	W	218.43	Ltrs
POR	56	%	A	768.36	Kg
DOM	1.870	Kg/dm ³	R	960.12	Kg
DOSIFICACIÓN AL PESO DEL HORMIGÓN TRADICIONAL					
MATERIALES	CANTIDAD (KG) POR CADA M3		DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD (KG) POR SACO DE CEMENTO	
C	390.05		1.00	1 SACO	
W	218.43		0.56	28	
A	768.36		1.97	98.50	
R	960.12		2.46	123.08	
TOTAL	2336.96		>> Densidad del hormigón (Kg/m ³)		
NOMENCLATURA					
DRC	Densidad Real del Cemento		CP (%)	Cantidad de Pasta Porcentual	
DRA	Densidad Relativa del Agr. Fino		DRM	Densidad Real de la Mezcla	
DRR	Densidad Relativa de Agr. Grueso		POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos	
DSA	Densidad Suelta del Agr. Fino		CP	Cantidad de Pasta	
DSR	Densidad Suelta del Agr. Grueso		C	Cantidad de Cemento	
POA	Porcentaje Óptimo de Agr. Fino		W	Cantidad de Agua	
POR	Porcentaje Óptimo de Agr. Grueso		A	Cantidad de Arena	
DOM	Densidad Óptima de la Mezcla de Agregados		R	Cantidad de Ripio	
W/C	Relación Agua - Cemento				

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 65. Dosificación hormigón autocompactante

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
DOSIFICACIÓN			
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES			
ORIGEN:	Latacunga – San Buenaventura		
FECHA:	05/06/2021	REALIZÓ:	Hebert Atencio
DOSIFICACIÓN AL PESO DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE			
MATERIALES	CANTIDAD (KG) POR CADA M3	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD (KG) POR SACO DE CEMENTO
C	420.00	1.00	1 SACO
W	218.43	0.52	26.00
A	768.36	1.83	91.47
R	960.12	2.29	114.30
Aditivo (1%)	4.20	0.01	0.50
TOTAL	2371.11	>> Densidad del hormigón (Kg/m3)	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 66. Dosificación hormigón translúcido

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
DOSIFICACIÓN			
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES			
ORIGEN:	Latacunga – San Buenaventura		
FECHA:	05/06/2021	REALIZÓ:	Hebert Atencio
DOSIFICACIÓN AL PESO DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO			
3% FIBRA ÓPTICA			
MATERIALES	CANTIDAD (KG) POR CADA M3	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD (KG) POR SACO DE CEMENTO
C	420.00	1.00	1 SACO
W	218.43	0.52	26.00
A	768.36	1.83	91.47
R	960.12	2.29	114.30
Aditivo (1%)	4.40	0.01	0.50
Fibra Óptica (3%)	69.00	0.16	8.21
TOTAL	2440.31	>> Densidad del hormigón (Kg/m3)	
4% FIBRA ÓPTICA			
MATERIALES	CANTIDAD (KG) POR CADA M3	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD (KG) POR SACO DE CEMENTO
C	420.00	1.00	1 SACO

W	218.43	0.52	26.00
A	768.36	1.83	91.47
R	960.12	2.29	114.30
Aditivo (1%)	4.40	0.01	0.50
Fibra Óptica (4%)	92.00	0.22	10.95
TOTAL	2463.31	>> Densidad del hormigón (Kg/m3)	
5% FIBRA ÓPTICA			
MATERIALES	CANTIDAD (KG) POR CADA M3	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD (KG) POR SACO DE CEMENTO
C	420.00	1.00	1 SACO
W	218.43	0.52	26.00
A	768.36	1.83	91.47
R	960.12	2.29	114.30
Aditivo (1%)	4.40	0.01	0.50
Fibra Óptica (5%)	115.00	0.27	13.69
TOTAL	2486.31	>> Densidad del hormigón (Kg/m3)	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 67. Dosificación por parada del hormigón tradicional - cilindros

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
DOSIFICACIÓN HORMIGÓN TRADICIONAL					
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO					
CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN					
ELEMENTOS ESTRUCTURALES					
FECHA:	05/06/2021	REALIZÓ	Hebert Atencio		
VOLUMEN NECESARIO DE HORMIGÓN POR PARADA					
VOLUMEN POR CILINDRO (m3):		0.00157	DÍAS DE CURADO		
DÍAS DE CURADO:		7	14	21	
NÚMERO DE CILINDROS:		3	3	3	
TOTAL DE CILINDROS:		9			
VOLUMEN DE HORMIGÓN POR PARADA:		0.014			
DOSIFICACIÓN AL PESO PARA HORMIGÓN TRADICIONAL					
MATERIALES	CANTIDAD NECESARIA POR PARADA			UNIDAD	
Cemento	5.51			Kg	
Agua	3.09			Ltrs	
Arena	10.86			Kg	
Ripio	13.57			Kg	
CORRECCIÓN DE HUMEDAD					
MATERIALES	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN (CA%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (CH%)	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	CANTIDAD CORREGIDA POR PARADA	UNIDAD
			%	Kg	

	*	*	*			
Cemento					5.51	Kg
Agua	*	*	*	0.33	3.41	Ltrs
Arena	1.45	0.09	1.36	0.15	10.71	Kg
Ripio	1.33	0.01	1.31	0.18	13.39	Kg

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 68. Dosificación por parada del hormigón tradicional - vigas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
DOSIFICACIÓN HORMIGÓN TRADICIONAL						
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO						
CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN						
ELEMENTOS ESTRUCTURALES						
FECHA:	07/06/2021		REALIZÓ	Hebert Atencio		
VOLUMEN NECESARIO DE HORMIGÓN POR PARADA						
VOLUMEN POR VIGA (m3):			0.018	DÍAS DE CURADO		
DÍAS DE CURADO:			7	14	21	
NÚMERO DE VIGAS:			3	3	3	
TOTAL DE VIGAS:			9			
VOLUMEN DE HORMIGÓN POR PARADA:			0.162			
DOSIFICACIÓN AL PESO PARA HORMIGÓN TRADICIONAL						
MATERIALES	CANTIDAD NECESARIA POR PARADA				UNIDAD	
Cemento	63.19				Kg	
Agua	35.39				Ltrs	
Arena	124.48				Kg	
Ripio	155.54				Kg	
CORRECCIÓN DE HUMEDAD						
MATERIALES	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN (CA%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (CH%)	CORRECCIÓN POR HUMEDAD		CANTIDAD CORREGIDA POR PARADA	UNIDAD
			%	Kg		
	*	*	*			
Cemento					63.19	Kg
Agua	*	*	*	3.73	39.12	Ltrs
Arena	1.45	0.09	1.36	1.69	122.79	Kg
Ripio	1.33	0.01	1.31	2.04	153.50	Kg

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 69. Dosificación por parada del hormigón autocompactante - cilindros

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
DOSIFICACIÓN HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE						
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO						
CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN						
ELEMENTOS ESTRUCTURALES						
FECHA:	05/06/2021	REALIZÓ	Hebert Atencio			
VOLUMEN NECESARIO DE HORMIGÓN POR PARADA						
VOLUMEN POR CILINDRO (m3):	0.00157	DÍAS DE CURADO				
DÍAS DE CURADO:		7	14	21		
NÚMERO DE CILINDROS:		3	3	3		
TOTAL DE CILINDROS:		9				
VOLUMEN DE HORMIGÓN POR PARADA:		0.014				
DOSIFICACIÓN AL PESO PARA HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE						
MATERIALES	CANTIDAD NECESARIA POR PARADA				UNIDAD	
Cemento	5.93				Kg	
Agua	3.09				Ltrs	
Arena	10.86				Kg	
Ripio	13.57				Kg	
CORRECCIÓN DE HUMEDAD						
MATERIALES	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN (CA%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (CH%)	CORRECCIÓN POR HUMEDAD		CANTIDAD CORREGIDA POR PARADA	UNIDAD
			%	Kg		
Cemento	*	*	*		5.93	Kg
Agua	*	*	*	0.33	3.41	Ltrs
Arena	1.45	0.09	1.36	0.15	10.71	Kg
Ripio	1.33	0.01	1.31	0.18	13.39	Kg
Aditivo (1%)	*	*	*	*	0.06	Kg

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 70. Dosificación por parada del hormigón autocompactante - vigas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
DOSIFICACIÓN HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE					
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO					
CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN					
ELEMENTOS ESTRUCTURALES					

FECHA:	07/06/2021	REALIZÓ	Hebert Atencio			
VOLUMEN NECESARIO DE HORMIGÓN POR PARADA						
VOLUMEN POR VIGA (m3):	0.018	DÍAS DE CURADO				
DÍAS DE CURADO:		7	14	21		
NÚMERO DE VIGAS:		3	3	3		
TOTAL DE VIGAS:		9				
VOLUMEN DE HORMIGÓN POR PARADA:		0.162				
DOSIFICACIÓN AL PESO PARA HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE						
MATERIALES	CANTIDAD NECESARIA POR PARADA				UNIDAD	
Cemento	68.04				Kg	
Agua	35.39				Ltrs	
Arena	124.47				Kg	
Ripio	155.54				Kg	
CORRECCIÓN DE HUMEDAD						
MATERIALES	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN (CA%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (CH%)	CORRECCIÓN POR HUMEDAD		CANTIDAD CORREGIDA POR PARADA	UNIDAD
			%	Kg		
Cemento	*	*	*		68.04	Kg
Agua	*	*	*	3.73	39.12	Ltrs
Arena	1.45	0.09	1.36	1.69	122.79	Kg
Ripio	1.33	0.01	1.31	2.04	153.50	Kg
Aditivo (1%)	*	*	*	*	0.68	Kg

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 71. Dosificación por parada del hormigón translúcido 3% - cubos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
DOSIFICACIÓN HORMIGÓN TRANSLÚCIDO 3% DE FIBRA ÓPTICA					
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO					
CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN					
ELEMENTOS ESTRUCTURALES					
FECHA:	09/06/2021	REALIZÓ	Hebert Atencio		
VOLUMEN NECESARIO DE HORMIGÓN POR PARADA					
VOLUMEN POR CUBO (m3):	0.008	DÍAS DE CURADO			
DÍAS DE CURADO:		7	14	21	
NÚMERO DE CUBOS:		3	3	3	
TOTAL DE CUBOS:		9			
VOLUMEN DE HORMIGÓN POR PARADA:		0.072			
DOSIFICACIÓN AL PESO PARA HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE					
MATERIALES	CANTIDAD NECESARIA POR PARADA				UNIDAD
Cemento	30.24				Kg

Agua	15.73				Ltrs	
Arena	55.32				Kg	
Ripio	69.13				Kg	
CORRECCIÓN DE HUMEDAD						
MATERIALES	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN (CA%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (CH%)	CORRECCIÓN POR HUMEDAD		CANTIDAD CORREGIDA POR PARADA	UNIDAD
			%	Kg		
Cemento	*	*	*	*	30.24	Kg
Agua	*	*	*	1.66	17.39	Ltrs
Arena	1.45	0.09	1.36	0.75	54.57	Kg
Ripio	1.33	0.01	1.31	0.91	68.22	Kg
Aditivo (1%)	*	*	*	*	0.30	Kg
Fibra O (3%)	*	*	*	*	4.97	Kg

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 72. Dosificación por parada del hormigón translúcido 4% - cubos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
DOSIFICACIÓN HORMIGÓN TRANSLÚCIDO 4% DE FIBRA ÓPTICA						
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES						
FECHA:	09/06/2021	REALIZÓ	Hebert Atencio			
VOLUMEN NECESARIO DE HORMIGÓN POR PARADA						
VOLUMEN POR CUBO (m3):	0.008		DÍAS DE CURADO			
DÍAS DE CURADO:			7	14	21	
NÚMERO DE CUBOS:			3	3	3	
TOTAL DE CUBOS:			9			
VOLUMEN DE HORMIGÓN POR PARADA:			0.072			
DOSIFICACIÓN AL PESO PARA HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE						
MATERIALES	CANTIDAD NECESARIA POR PARADA				UNIDAD	
Cemento	30.24				Kg	
Agua	15.73				Ltrs	
Arena	55.32				Kg	
Ripio	69.13				Kg	
CORRECCIÓN DE HUMEDAD						
MATERIALES	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN (CA%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (CH%)	CORRECCIÓN POR HUMEDAD		CANTIDAD CORREGIDA POR PARADA	UNIDAD
			%	Kg		
Cemento	*	*	*	*	30.24	Kg

Agua	*	*	*	1.66	17.39	Ltrs
Arena	1.45	0.09	1.36	0.75	54.57	Kg
Ripio	1.33	0.01	1.31	0.91	68.22	Kg
Aditivo (1%)	*	*	*	*	0.30	Kg
Fibra O (3%)	*	*	*	*	6.62	Kg

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 73. Dosificación por parada del hormigón translúcido 4% - vigas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
DOSIFICACIÓN HORMIGÓN TRANSLÚCIDO 4% DE FIBRA ÓPTICA						
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO						
CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN						
ELEMENTOS ESTRUCTURALES						
FECHA:	09/06/2021	REALIZÓ	Hebert Atencio			
VOLUMEN NECESARIO DE HORMIGÓN POR PARADA						
VOLUMEN POR VIGA (m3):	0.011		DÍAS DE CURADO			
DÍAS DE CURADO:			7	14	21	
NÚMERO DE VIGAS:			3	3	3	
TOTAL DE VIGAS:			9			
VOLUMEN DE HORMIGÓN POR PARADA:			0.101			
DOSIFICACIÓN AL PESO PARA HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE						
MATERIALES	CANTIDAD NECESARIA POR PARADA				UNIDAD	
Cemento	42.53				Kg	
Agua	22.12				Ltrs	
Arena	77.80				Kg	
Ripio	97.21				Kg	
CORRECCIÓN DE HUMEDAD						
MATERIALES	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN (CA%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (CH%)	CORRECCIÓN POR HUMEDAD		CANTIDAD CORREGIDA POR PARADA	UNIDAD
			%	Kg		
Cemento	*	*	*	*	42.53	Kg
Agua	*	*	*	2.33	24.45	Ltrs
Arena	1.45	0.09	1.36	1.06	76.74	Kg
Ripio	1.33	0.01	1.31	1.28	95.94	Kg
Aditivo (1%)	*	*	*	*	0.43	Kg
Fibra O (3%)	*	*	*	*	9.32	Kg

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 74. Dosificación por parada del hormigón translúcido 5% - cubos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
DOSIFICACIÓN HORMIGÓN TRANSLÚCIDO 5% DE FIBRA ÓPTICA						
ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ÓPTICA PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES						
FECHA:	09/06/2021	REALIZÓ	Hebert Atencio			
VOLUMEN NECESARIO DE HORMIGÓN POR PARADA						
VOLUMEN POR CUBO (m3):	0.008	DÍAS DE CURADO				
DÍAS DE CURADO:		7	14	21		
NÚMERO DE CUBOS:		3	3	3		
TOTAL DE CUBOS:		9				
VOLUMEN DE HORMIGÓN POR PARADA:		0.072				
DOSIFICACIÓN AL PESO PARA HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE						
MATERIALES	CANTIDAD NECESARIA POR PARADA			UNIDAD		
Cemento	30.24			Kg		
Agua	15.73			Ltrs		
Arena	55.32			Kg		
Ripio	69.13			Kg		
CORRECCIÓN DE HUMEDAD						
MATERIALES	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN (CA%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (CH%)	CORRECCIÓN POR HUMEDAD		CANTIDAD CORREGIDA POR PARADA	UNIDAD
			%	Kg		
Cemento	*	*	*	*	30.24	Kg
Agua	*	*	*	1.66	17.39	Ltrs
Arena	1.45	0.09	1.36	0.75	54.57	Kg
Ripio	1.33	0.01	1.31	0.91	68.22	Kg
Aditivo (1%)	*	*	*	*	0.30	Kg
Fibra O (3%)	*	*	*	*	8.28	Kg

Fuente: *Elaboración propia*

A2. Anexos fotográficos



Fotografía 1. Tamizando el agregado grueso



Fotografía 2. Tamizando el agregado fino



Fotografía 3. Pesando material para granulometría del agregado grueso



Fotografía 4. Pesando material retenido en el tamiz, agregado fino.



Fotografía 5. Colocando cemento en el picnómetro



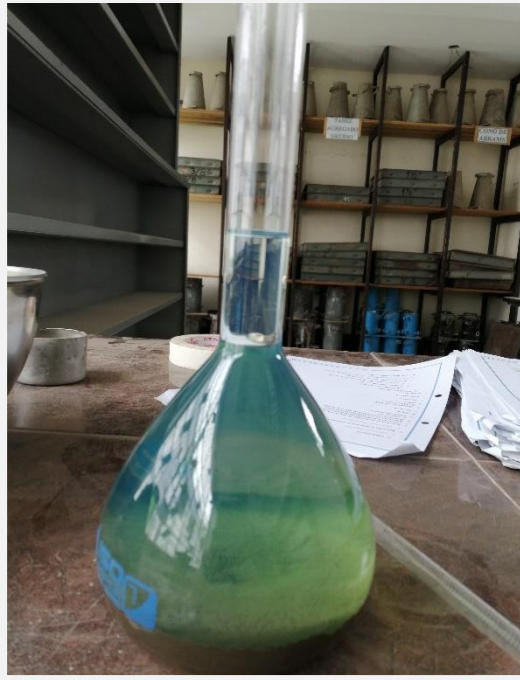
Fotografía 6. Colocando gasolina en el picnómetro



Fotografía 7. Quitando las burbujas de aire agitando el picnómetro



Fotografía 8. Completando la gasolina hasta la marca de aforo



Fotografía 9. Verificando que se encuentre hasta la marca de aforo



Fotografía 10. Muestra de agregado grueso sumergida en agua por 24 horas



Fotografía 11. Secado de la muestra hasta alcanzar el estado (SSS)



Fotografía 12. Pesado de la muestra en SSS más la canastilla



Fotografía 13. Pesaje de la muestra en SSS para determinar la cantidad de absorción



Fotografía 14. Utilización del cono truncado para determinar estado SSS del agregado fino



Fotografía 15. Verificación del estado SSS del agregado fino



Fotografía 16. Colocación de la muestra en el picnómetro



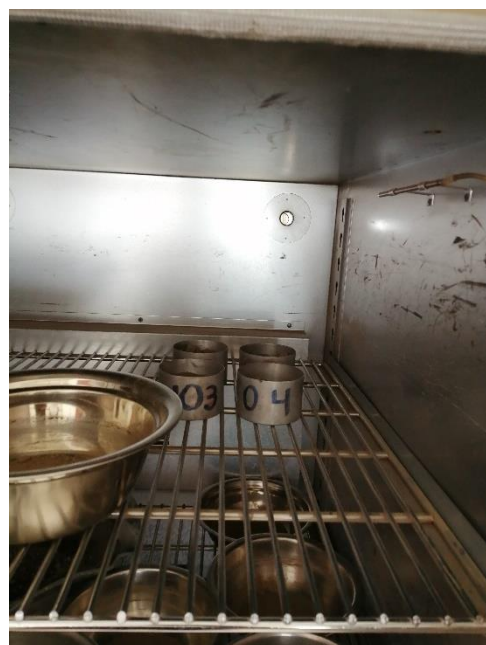
Fotografía 17. Eliminando los vacíos de la muestra en SSS más agua



Fotografía 18. Pesaje de la muestra de agregado fino para capacidad de absorción



Fotografía 19. Preparación de muestras para contenido de humedad



Fotografía 20. Colocación de muestras en el horno



Fotografía 21. Mezcla de los materiales para densidad óptima



Fotografía 22. Colocación de los materiales en el molde



Fotografía 23. Compactación de los agregados



Fotografía 24. Pesaje del agregado compactado



Fotografía 25. Pesaje de materiales para dosificación de hormigón tradicional



Fotografía 26. Mezcla de los materiales en la concretera



Fotografía 27. Ejecución del ensayo de cono de Abrams



Fotografía 28. Resultado del ensayo de cono de Abrams



Fotografía 29. Elaboración de cilindros



Fotografía 30. Pesaje de cilindros más hormigón tradicional



Fotografía 31. Desencofrado de cilindros de hormigón tradicional



Fotografía 32. Colocación de cilindros en la cámara de curado



Fotografía 33. Pesaje de materiales para vigas de hormigón tradicional



Fotografía 34. Vertido de la mezcla a la carretilla para posterior elaboración de vigas.



Fotografía 35. Vertido de la mezcla en los moldes de las vigas



Fotografía 36. Realizando el acabado superficial de las vigas



Fotografía 37. Desencofrado de las vigas de hormigón tradicional



Fotografía 38. Colocación en la cámara de curado



Fotografía 39. Pesaje de materiales para elaboración de cilindros de hormigón autocompactante



Fotografía 40. Mezcla de agregados pétreos, cemento y agua



Fotografía 41. Verificando la cantidad de aditivo superplastificante a implementar



Fotografía 42. Vertido del aditivo en la mezcla



Fotografía 43. Colocación de la mezcla en carretilla para facilidad de trabajo



Fotografía 44. Colocación de mezcla en caja L para verificar propiedades de autocompactabilidad



Fotografía 45. Enrasando la superficie



Fotografía 46. Apertura de la compuerta



Fotografía 47. Hormigón fluyendo a través de las barras del ensayo de Caja L



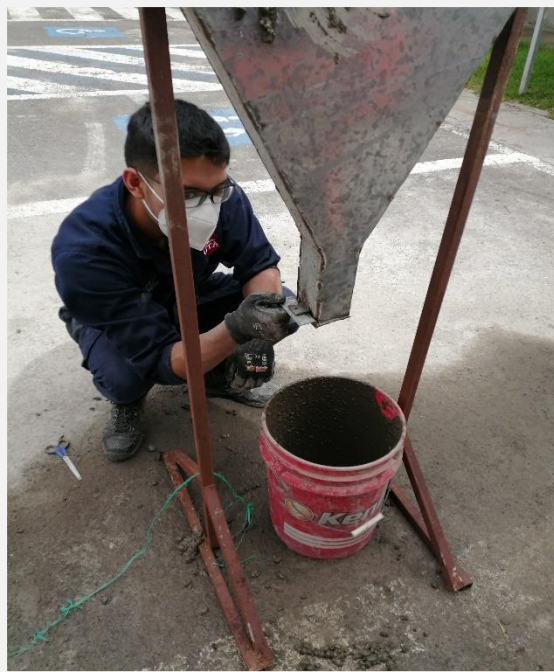
Fotografía 48. Medición de los resultados obtenidos



Fotografía 49. Vertido de la mezcla para realizar el ensayo de Embudo V



Fotografía 50. Enrasado de la superficie



Fotografía 51. Apertura de la compuerta



Fotografía 52. Finalización del ensayo Embudo V



Fotografía 53. Colocación de mezcla en cono de Abrams para realización del ensayo “Slump Flow”



Fotografía 54. Retiro de cono



Fotografía 55. Medición de diámetro 1



Fotografía 56. Medición de diámetro perpendicular



Fotografía 57. Pesaje de cilindros con hormigón autocompactante



Fotografía 58. Colocación de cilindros en cámara de curado



Fotografía 59. Elaboración de vigas de hormigón autocompactante



Fotografía 60. Colocación en cámara de curado



Fotografía 61. Elaboración de huecos para moldes de hormigón translúcido



Fotografía 62. Lijando la superficie para tener mejor acabado



Fotografía 63. Armando los moldes



Fotografía 64. Molde terminado



Fotografía 65. Armado de los paquetes de fibra óptica



Fotografía 66. Colocación de los paquetes a través de los huecos del molde



Fotografía 67. Vista interior del molde con las fibras



Fotografía 68. Elaboración de la mezcla para cubos de hormigón translúcido



Fotografía 69. Colocación del hormigón en los moldes con fibra óptica



Fotografía 70. Enrasando la superficie



Fotografía 71. Desencofrando los moldes de hormigón translúcido



Fotografía 72. Resultado final con el 5% de fibra óptica



Fotografía 73. Resultado final con el 4% de fibra óptica



Fotografía 74. Resultado final con el 3% de fibra óptica



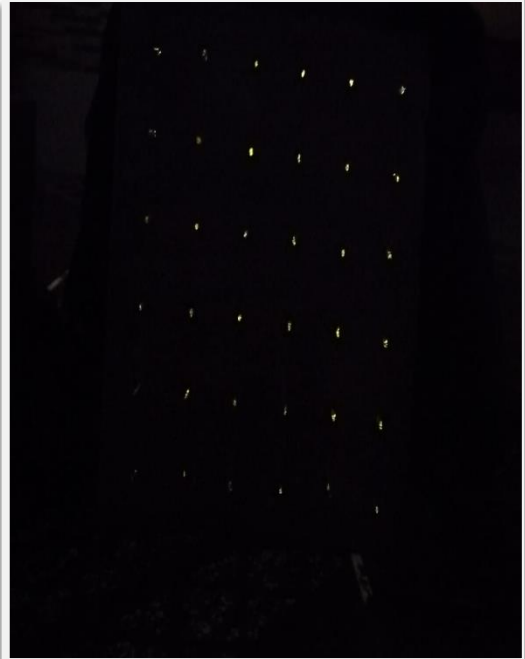
Fotografía 75. Elaboración de las vigas de hormigón translúcido



Fotografía 76. Desencofrado de las vigas de hormigón translúcido



Fotografía 77. Viga de hormigón translúcido



Fotografía 78. Resultado final de viga de hormigón translúcido



Fotografía 79. Colocación de cilindros para ensayo de compresión



Fotografía 80. Posicionamiento del cilindro para iniciar el ensayo



Fotografía 81. Rotura de los cilindros



Fotografía 82. Colocación de los cubos de hormigón translúcido



Fotografía 83. Rotura de cubo con el 3% de fibra óptica



Fotografía 84. Rotura de cubo con el 4% de fibra óptica



Fotografía 85. Rotura de cubo con el 5% de fibra óptica



Fotografía 86. Colocación de las vigas en la máquina de ensayo



Fotografía 87. Rotura de las vigas



Fotografía 88. Medición de las dimensiones en donde se produjo la rotura



Fotografía 89. Colocación de la viga de hormigón translúcido



Fotografía 90. Rotura de la viga de hormigón translúcido



Fotografía 91. Medición de las dimensiones en donde se produjo la rotura en la viga de hormigón translúcido



Fotografía 92. Escombros producto de los ensayos