



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN
HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”**

AUTOR: Edwin Manuel Acosta Villacres

TUTORA: Ing. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Febrero - 2024

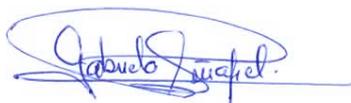
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora del presente Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”**, Elaborado por el Sr. Edwin Manuel Acosta Villacres, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805028881, 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.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, febrero 2024



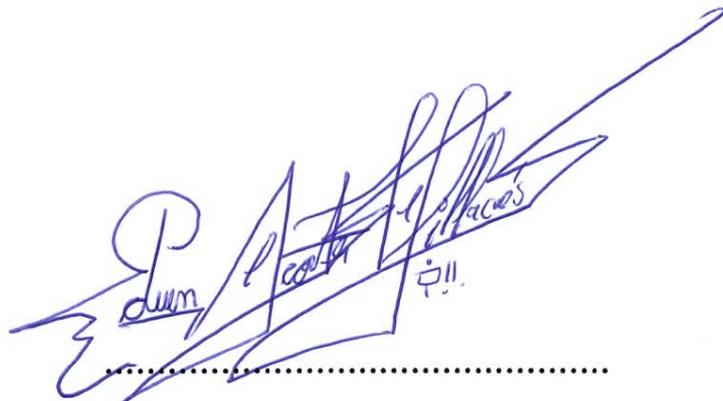
.....
Ing. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla, Mg.

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Edwin Manuel Acosta Villacres** con C.I. 1805028881, declaro que todas las actividades y contenido expuesto en el presente trabajo experimental con el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”**, 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, febrero 2024



Edwin Manuel Acosta Villacres

C.I. 1805028881

AUTOR

DERECHOS DEL 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 trabajo experimental 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, febrero 2024

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Edwin Manuel Acosta Villacres', written over a horizontal dotted line.

Edwin Manuel Acosta Villacres

C.I. 1805028881

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Edwin Manuel Acosta Villacres de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”**

Ambato, febrero 2024

Para constancia firman


.....
Ing. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre, Mg
MIEMBRO CALIFICADOR


.....
Ing. Wladimir José Ramírez Cabrera, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo experimental a Dios, la vida, el universo o lo que sea que haya más allá de nuestro entendimiento, que ha guiado mi camino y me ha permitido estar disfrutando de este momento en este día el cual es el comienzo de más aventuras y anécdotas de mi vida profesional como personal, a mi padre por haberme apoyado en este tiempo, a mi madre por la paciencia y esfuerzo que me ha entregado en estos años, a mis hermanas por creer en mí y haberme apoyado cuando más las necesitaba, y a mis Loganz que han sido esa luz en mi camino en estos años universitarios.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, la vida, el universo o aquello que va más allá de nuestro entendimiento, por darme fuerza y sabiduría en momentos difíciles, para poder afrontar obstáculos y siempre mantener la fe para seguir adelante.

A mis padres, por la paciencia que me han tenido en todos estos años, además de las enseñanzas y valores que me han dado en todos estos años para ser una mejor persona.

A mis hermanas Viví, Andrea y Angélica (Wonka), muchas gracias por todo el cariño y apoyo que me han dado en estos semestres, cuando mis padres no han podido ustedes han estado ahí para que no me dé por vencido y seguir continuando y con ello llegar a este día.

A mis primos Dorian, Pablo, Santiago por la ayuda que siempre me daban cuando no entendía sobre algún tema y siempre estaban para explicarme y a mi prima Fer porque de una u otra forma siempre ha estado ahí para darme una mano.

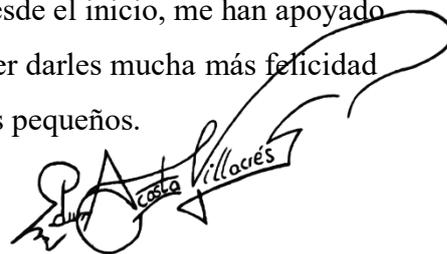
A mis tíos tanto por parte de mi padre y de mi madre que han influenciado y apoyado en mi vida para continuar, en especial a mi tío Charles que fue un segundo padre siempre estuvo en momentos especiales y a pesar de los años que han pasado sus enseñanzas y valores siempre estarán presentes a donde quiera que vaya.

A los amigos y aquellas personas especiales, algunos que ahora ya no están, han hecho de todos estos años desde que regrese a Ambato me han alegrado e hicieron que cada momento valga la pena, muchas gracias Roos, Daniel, Jazz, Lu, Karito y Ery (Zuka).

Tambien a mis amigos Wilson, Irene y Suco (Borja), por la ayuda que me dieron para realizar mi tesis.

A mi Tutora Ing. Gabriela Peñafiel, Mg. por enseñarme y guiarme en todo este proceso para poder culminar con mi trabajo de titulación.

Y finalmente a mis Loganz que han estado conmigo desde el inicio, me han apoyado y me han dado mucha felicidad, espero algún rato poder darles mucha más felicidad de la que me han dado en todos estos años los amo mis pequeños.



Paola Costa Villacres

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TTULACIÓN.	iii
DERECHOS DEL AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	xi
TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes investigativos.....	1
1.2 Objetivos	7
1.2.1 Objetivo general.....	7
1.2.2 objetivos específicos	7
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	8
2.1 Materiales.....	8
2.2. Métodos.....	10
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
3.1. Análisis y discusión de datos.....	20
Propiedades mecánicas de los agregados.....	20
Método de las Densidades Optimas	30
Elaboración de probetas f'c= 240 kg/cm ² y 280 kg/cm ²	33

Resistencia a la compresión a los 7 días probetas patrón $f'c=240\text{kg/cm}^2$	34
Resistencia a la compresión a los 14 días probetas patrón $f'c=240\text{ kg/cm}^2$	36
Resistencia a la compresión a los 28 días probetas patrón $f'c=240\text{ kg/cm}^2$	37
Resistencia a la compresión a los 7 días probetas patrón $f'c=280\text{kg/cm}^2$	38
Resistencia a la compresión a los 14 días probetas patrón $f'c=280\text{ kg/cm}^2$	39
Resistencia a la compresión a los 28 días probetas patrón $f'c=280\text{ kg/cm}^2$	40
Elaboración de probetas con de viruta de acero en porcentaje de 5, 10 y 15%	42
Viruta metálica adicionada en un 5% en probetas de hormigón de $f'c=240\text{kg/cm}^2$.	43
Viruta metálica adicionada en un 10% en probetas de hormigón de $f'c=240\text{kg/cm}^2$	43
Viruta metálica adicionada en un 15% en probetas de hormigón de $f'c=240\text{kg/cm}^2$	44
Viruta metálica adicionada en un 5% en probetas de hormigón de $f'c=280\text{kg/cm}^2$.	44
Viruta metálica adicionada en un 10% en probetas de hormigón de $f'c=280\text{ kg/cm}^2$.	44
.....	44
Viruta metálica adicionada en un 15% en probetas de hormigón de $f'c=280\text{kg/cm}^2$.	45
.....	45
Propiedades en estado fresco del hormigón tradicional y con viruta metálica.	
Trabajabilidad, Asentamiento, Homogeneidad y Consistencia.....	45
Densidad del hormigón en estado fresco	47
Resistencia a la compresión en probetas $f'c= 240\text{ kg/cm}^2$ con viruta metálica en 5, 10 y 15%.	49
Resistencia a la compresión en probetas $f'c= 280\text{ kg/cm}^2$ con viruta metálica en 5, 10 y 15%	52
Comparación de resistencias a compresión entre el hormigón tradicional $f'c= 240$ kg/cm^2 y el hormigón con viruta metálica en porcentaje de 5%, 10% y 15%.	55
Comparación de resistencias a compresión entre el hormigón tradicional $f'c= 280$ kg/cm^2 y el hormigón con viruta metálica en porcentaje de 5%, 10% y 15%.	58
Resistencia del hormigón $f'c=240\text{ kg/cm}^2$ vs % de viruta metálica.....	60
Resistencia del hormigón $f'c=280\text{ kg/cm}^2$ vs % de viruta metálica.....	62

3.2. Verificación de hipótesis.	65
Hipótesis.....	65
Verificación de hipótesis.	65
CAPÍTULO IV – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	66
4.1.- CONCLUSIONES.....	66
4.2. RECOMENDACIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS.....	71
A1. Anexos fotográficos.....	71

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 1. Requisitos de graduación árido fino	12
Tabla 2. Requisitos de graduación áridos grueso	13
Tabla 3. Resistencia a la compresión en función a la relación agua/cemento	16
Tabla 4 Resistencia a la compresión en función a la relación agua/cemento	16
Tabla 5. Cantidad de especímenes	19
Tabla 6. Granulometría del agregado fino	20
Tabla 7. Granulometría del agregado grueso	21
Tabla 8. Densidad Real del Agregado Fino.	22
Tabla 9. Capacidad de Absorción del Agregado Fino	23
Tabla 10. Densidad Real del Agregado Grueso.	23
Tabla 11. Capacidad de Absorción del Agregado Grueso	24
Tabla 12. Densidad Real del cemento	25
Tabla 13. Densidad Aparente Suelta y Compactada del Agregado Fino.	26
Tabla 14. Densidad Aparente Suelta y Compactada del Agregado grueso.	27
Tabla 15. Densidad Aparente Compactada de la Mezcla.	28
Tabla 16. Contenido de humedad del Agregado Fino	29
Tabla 17. Contenido de humedad del Agregado grueso.	30
Tabla 18. Resumen de ensayos para la dosificación $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$ y 280 kg/cm^2	31
Tabla 19. Dosificación al volumen necesario de los cilindros de hormigón.	32
Tabla 20. Corrección de la dosificación por humedad.	32
Tabla 21. Propiedades del hormigón fresco probetas patrón $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$	33
Tabla 22. Dosificación al Peso mediante el método de densidades optimas	33
Tabla 23. Dosificación de hormigón para probetas	34
Tabla 24. Propiedades del hormigón fresco probetas patrón $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$.	34
Tabla 25. Dosificación al Peso mediante el método de densidades optimas	34
Tabla 26. Dosificación de hormigón para probetas	34
Tabla 27. Resistencia a la compresión de probetas patrón a los 7 días $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$	35
Tabla 28. Resistencia a la compresión de probetas patrón a los 14 días $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$	36

Tabla 29. Resistencia a la compresión de probetas patrón a los 28 días $f'c= 240$ kg/cm ²	37
Tabla 30. Resistencia a la compresión de probetas patrón a los 7 días $f'c= 280$ kg/cm ²	39
Tabla 31. Resistencia a la compresión de probetas patrón a los 14 días $f'c= 280$ kg/cm ²	39
Tabla 32. Resistencia a la compresión de probetas patrón a los 28 días $f'c= 280$ kg/cm ²	40
Tabla 33. Resumen de dosificación de hormigón para probetas $f'c= 240$ kg/cm ² con 5% de viruta metálica	43
Tabla 34. Resumen de dosificación de hormigón para probetas $f'c=240$ kg/cm ² con 10% de viruta metálica	43
Tabla 35. Resumen de dosificación de hormigón para probetas $f'c= 240$ kg/cm ² con 15% de viruta metálica	44
Tabla 36. Resumen de dosificación de hormigón para probetas $f'c=280$ kg/cm ² con 5% de viruta metálica	44
Tabla 37. Resumen de dosificación de hormigón para probetas $f'c=280$ kg/cm ² con 10% de viruta metálica	45
Tabla 38. Resumen de dosificación de hormigón para probetas $f'c=280$ kg/cm ² con 15% de viruta metálica	45
Tabla 39. Propiedades del hormigón fresco.	46
Tabla 40 Densidad del hormigón $f'c=240$ kg/cm ² en estado fresco.	47
Tabla 41 Densidad del hormigón $f'c= 280$ kg/cm ² en estado fresco	48
Tabla 42. Resistencia a la compresión a los 7 días.	50
Tabla 43. Resistencia a la compresión a los 14 días.	51
Tabla 44. Resistencia a la compresión a los 28 días.	52
Tabla.45 <i>Resistencia a la compresión a los 7 días</i>	53
Tabla 46. Resistencia a la compresión a los 14 días	54
Tabla 47. Resistencia a la compresión a los 28 días.	55
Tabla 48. Hormigón tradicional $f'c=240$ kg/cm ² vs viruta metálica a los 7 días.	56
Tabla 49. Hormigón tradicional $f'c=240$ kg/cm ² vs viruta metálica a los 14 días.	56
Tabla 50. Hormigón tradicional $f'c=240$ kg/cm ² vs viruta metálica a los 28 días.	57
Tabla 51. Hormigón tradicional $f'c=280$ kg/cm ² vs viruta metálica a los 7 días.	58

Tabla 52. Hormigón tradicional $f'c=280$ kg/cm ² vs viruta metálica a los 14 días.	58
Tabla 53. Hormigón tradicional $f'c=280$ kg/cm ² vs viruta metálica a los 28 días	59

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Porcentaje obtenido a los 7 días, probetas patrón $f'c= 240$ kg/cm ²	35
Figura 2. Porcentaje obtenido a los 14 días, probetas patrón $f'c= 240$ kg/cm ²	36
Figura 3. Porcentaje obtenido a los 28 días, probetas patrón $f'c= 240$ kg/cm ²	37
Figura 4. Consolidación de datos $f'c= 240$ kg/cm ²	38
Figura 5. Porcentaje obtenido a los 7 días, probetas patrón $f'c= 280$ kg/cm ²	39
Figura 6. Porcentaje obtenido a los 14 días, probetas patrón $f'c= 280$ kg/cm ²	40
Figura 7. Porcentaje obtenido a los 14 días, probetas patrón $f'c= 280$ kg/cm ²	41
Figura 8. Consolidación de datos $f'c= 280$ kg/cm ²	41
Figura 9. Porcentaje de resistencia a los 7 días.....	56
Figura 10. Porcentaje de resistencia a los 7 días.....	57
Figura 11. Porcentaje de resistencia a los 28 días.....	57
Figura 12. Porcentaje de resistencia a los 7 días.....	58
Figura 13. Porcentaje de resistencia a los 14 días.....	59
Figura 14. Porcentaje de resistencia a los 28 días.....	59
Figura 15. Resistencia del Hormigón $f'c= 240$ kg/cm ² vs % de viruta metálica 7 Días.....	60
Figura 16. Resistencia del Hormigón $f'c= 240$ kg/cm ² vs % de viruta metálica 14 Días.....	60
Figura 17. Resistencia del Hormigón $f'c= 240$ kg/cm ² vs % de viruta metálica 28 Días.....	61
Figura 18. Resistencia del Hormigón $f'c= 280$ kg/cm ² vs % de viruta metálica 7 Días.....	62
Figura 19. Resistencia del Hormigón $f'c= 280$ kg/cm ² vs % de viruta metálica 14 Días.....	62
Figura 20. Resistencia del Hormigón $f'c= 280$ kg/cm ² vs % de viruta metálica 28 Días.....	63
Figura 21. Edad vs Resistencia a la compresión del Hormigón $f'c= 240$ kg/cm ² ...	64
Figura 22. Edad vs Resistencia a la compresión del Hormigón $f'c= 280$ kg/cm ² ..	64

RESUMEN EJECUTIVO

El propósito de este trabajo experimental es ofrecer una alternativa a los productos comerciales en la cual se busca verificar si las virutas metálicas pueden ser empleadas en una mezcla para potenciar las características físicas y mecánicas del hormigón, con el fin de aprovechar las generadas en algunos talleres de tornería en Ambato.

Se realizaron dos dosificaciones de resistencia a la compresión = 240 y 280 kg/cm², donde se añadieron porcentaje de viruta metálica en 5, 10 y 15 por ciento, se llevaron a cabo pruebas específicas del agregado fino, el agregado grueso y el cemento, además de la determinación de la densidad real de estos para la selección de la viruta se basó en antecedentes investigativos los cuales seleccionaban virutas en forma de resorte de 5 cm de longitud, el análisis de la resistencia mecánica del hormigón, se lo realizó a los 7, 14 y 28 días en base a la norma NTE INEN 1573

Los resultados se compararon entre el hormigón de las probetas patrón y las probetas con viruta metálica en porcentajes ya mencionados, mostraron un mejoramiento en la resistencia de 280 kg/cm² que incorporaba un 5 por ciento incrementado su resistencia a 317.69 kg/cm², para la dosificación de 240 kg/cm² no hubo incremento alguno, pero se mantuvo la resistencia dentro de los rangos permitidos, sin embargo para los porcentajes del 10 y 15 por ciento de virutas metálica en ambas dosificaciones disminuyó su resistencia, obteniendo un hormigón muy débil

Palabras claves: hormigón tradicional, probeta patrón, viruta metálica, resistencia a la compresión, propiedades mecánicas.

ABSTRACT

The purpose of this experimental work is to offer an alternative to commercial products in which it seeks to verify if metal chips can be used in a mixture to enhance the physical and mechanical characteristics of concrete, in order to take advantage of those generated in some workshops. of turning in Ambato.

Two dosages of compressive strength = 240 and 280 kg/cm² were carried out, where percentage of metal chips were added in 5, 10 and 15 percent, specific tests of fine aggregate, coarse aggregate and cement were carried out, in addition The determination of the real density of these for the selection of the chip was based on investigative background which were spring-shaped chips of 5 cm in length, the analysis of the mechanical resistance of the concrete was carried out at 7, 14 and 28 days based on the NTE INEN 1573 standard

The results were compared between the concrete of the standard specimens and the specimens with metal shavings in the percentages already mentioned, they showed an improvement in the dosage of 280 kg/cm² that incorporated 5 percent, increasing its resistance by 113.46 percent, for the dosage of 240 kg/cm² there was no increase, but the resistance was maintained within the permitted ranges, however for the percentages of 10 and 15 percent of metal chips in both dosages its resistance decreased, obtaining a very weak concrete.

Keywords: traditional concrete, pattern specimen, metal shavings, compressive strength, mechanical properties.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

El Hormigón Reforzado con Fibras de Acero, es una de las creaciones más relevantes en el campo de los hormigones. El uso de estos hormigones está creciendo rápidamente debido a las nuevas preferencias constructivas. La adición de fibras de acero de tamaños y formas estándar al hormigón aumenta su capacidad de protección contra fisuras, lo vuelve dúctil, aumenta su resistencia a la tracción, compresión y aumenta significativamente su durabilidad; Por lo tanto, una vez demostradas estas cualidades, el hormigón reforzado con fibras de acero se utilizó habitualmente en muchos países. Al estudiar este tipo de hormigones, se ha demostrado que su incorporación mejora muchas de sus propiedades estructurales, incluida la tenacidad del hormigón y su resistencia a la flexión, tracción, compresión, impacto, fatiga y choque térmico [1].

Actualmente se utilizan diferentes tipos de materiales, los cuales se pueden agregar a la mezcla de hormigón para mejorar su desempeño, por lo que se utilizan aditivos y fibras de diferente composición, así como fibras de acero, carbono y polipropileno, entre otras. De esta forma, las fibras se utilizan como refuerzo del hormigón para aumentar su durabilidad, con esto se presenta los cambios en la trabajabilidad, resistencia a la compresión, flexión, tracción y corte dependiendo de los porcentajes de adición y la forma de la fibra siendo fibra corrugada la que presenta mejores efectos. Desde entonces se ha investigado el comportamiento del mortero adicionándolo a una mezcla de diversos tipos de materiales, como la fibra de acero, analizando el efecto de la presencia de bloques de arcilla recubiertos con mortero tradicional y mortero de fibra prensada; La selección de estos bloques se basa en el hecho de que son el material más utilizado para las paredes de mampostería en la construcción de viviendas.

Hoy en día, la adición de fibras de acero al hormigón puede mejorar muchas propiedades, como la resistencia a la flexión, la resistencia a la tracción, la resistencia al impacto y la tenacidad, e incluso ayudar a aumentar la resistencia al agrietamiento [2].

La urbanización en América Latina está en pleno auge, por lo tanto, la demanda de agregados gruesos para fabricar hormigón es muy alta, al igual que el ladrillo, que es

uno de los agregados gruesos más utilizados. No obstante, la expansión en la extensión de la industria del ladrillo es muy perjudicial para el medio ambiente. Para mantener las tendencias constructivas es necesario buscar materiales alternativos para establecer el principio de sostenibilidad. En estas condiciones, en lugar de los áridos gruesos convencionales, se pueden utilizar materiales de desecho, como fibras metálicas de acero recicladas o escorias de acero. La resistencia mecánica del hormigón utilizando fibras de acero es tolerable, aunque con un índice de resistencia a la flexión ligeramente inferior al de la resistencia a la flexión tradicional.

La escoria de acero se utiliza actualmente como agregado en aplicaciones de mezclas de concreto, pero es de suma importancia observar la viabilidad de utilizar este producto industrial de manera más inteligente como reemplazo del agregado grueso en mezclas de concreto convencionales. Por lo que en esta investigación se determinaron las propiedades físicas y mecánicas del cemento con viruta de acero grado ASTM A36 y se realizó un estudio comparativo con el concreto tradicional [3].

A nivel internacional en 2019 Deledesma Sarita [4] en su trabajo **"Resistencia a compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo agregado fino por fibra y viruta de acero"** Realizado en la Universidad San Pedro, tuvo como finalidad el uso de materiales tanto comercial como reciclado sustituir parcialmente con el agregado fino y con ello afectar las propiedades de un concreto con materiales tradicionales el porcentaje de adición, concluyendo que la variación en la resistencia a la compresión del concreto al adicionar porcentajes (4% y 6%) tanto para fibras de acero comercial como viruta metálica, Se diseñó la mezcla de concreto mediante método ACI (American Concrete Institute) con un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ fabricando 45 muestras de hormigón cilíndricas: 9 muestras de hormigón estándar, 18 hormigón sustituye a la fibra de acero y 18 hormigón con un 4% y 6% El 4% y el 6% sustituyen la chatarra de acero. La compresión se realizó a los 7, 14 y 28 días.

Las muestras experimentales de hormigón de 210 kg/cm^2 alcanzaron una resistencia promedio del 14% después de 28 días, siendo lo más favorable un aumento del 16% cuando se reemplazó el agregado fino por un 4% de fibras de acero. desarrollar resistencia.

De igual forma en 2023 Mauricio Miranda y otros [5] en el artículo **“Aprovechamiento de virutas metálicas como adición en la mezcla de concreto”** Las virutas de metal, siendo estos productos de la producción metalmeccánica como aditivos a la mezcla de hormigón y comprobar si esto ayuda a aumentar la resistencia mecánica. Primero se recolectó una colección de fibras metálicas para luego clasificarlas por largo, ancho y espesor específico. Se diseñaron pruebas de tamaño de partículas para verificar que los agregados cumplieran con los requisitos especificados en ASTM C136 de modo que, después de la prueba, la mezcla se diseñó para resistir 3,000 psi. Se realizaron probetas con porcentajes de 0,2%, 0,4%, 0,6% y 0,8% de limaduras de acero según el peso total del elemento; y luego realizar pruebas de compresión apropiadas a los 7 y 28 días utilizando los procedimientos y especificaciones especificadas en ASTM C39. Además, antes de la prueba de falla, se realiza un curado adecuado de las muestras que se están evaluando de acuerdo con los procedimientos establecidos por la ASTM C192. Tras obtener datos de la carga de rotura, se realizaron cálculos para cuantificar la densidad y resistencia de las muestras obtenidas a los 7 y 28 días. Luego se compararon las resistencias entre las muestras simples y de fibra usando estos valores, y se generaron diagramas de dispersión para visualizar la posible correlación entre la resistencia resultante en función del porcentaje de fibras incorporadas al hormigón.

Al igual que en 2017 Luis mancilla [6] en su tesis experimental **”Comportamiento estructural (compresión y flexotracción) y eficiencia energética del hormigón con agregado de cartón y virutas metálicas, para una edificación de 3 pisos ubicada en Curicó”** El objetivo de esta investigación fue analizar el comportamiento tanto a compresión como a flexión, confeccionando hormigones con cartón y con viruta desarrollando 3 dosificaciones, con ello ver la eficiencia energética de nuevas estructuras de hormigón en edificación, añadiendo a la mezcla agregados de cartón y virutas de acero con el objetivo de reducir su peso, mejorar propiedades térmicas y conductividad eléctrica. y comportamiento de flexión. El método utilizado para lograr las metas propuestas fue la preparación de probetas con diferentes dosificaciones según el método de Feri con modificaciones del 5%, 10% y 15%, reemplazando el agregado grueso (gravilla) por cartón y virutas de acero. Las virutas provienen de varios aceros teniendo varas formas ya sean astilladas, espirales y laminadas, después

de probar las muestras, los resultados se compararon con el hormigón G-30. Todo este proceso se realizó de acuerdo con la normativa chilena vigente. Con base en los resultados de las pruebas se creó un modelo estructural para determinar su comportamiento en edificaciones de un diseño muy utilizado en la ciudad de Curicó. Finalmente, se realizó un estudio económico para determinar la facilidad de utilizar nuevos tipos de concreto en estructuras modelo ensayadas a los 7, 14 y 28 días. Los resultados de agregar cartón y virutas de metal al concreto variaron: algunos factores mejoraron significativamente mientras que otros permanecieron iguales o disminuyeron. A medida que aumenta la cantidad de cartón en la mezcla, disminuyen la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad. Sin embargo, la ductilidad y el peso mejoran enormemente, en algunos casos casi un 50%, en comparación con el hormigón G-30. Por otro lado, la conductividad térmica tendió a aumentar en diferentes dosis con la adición de virutas de metal, pero comenzó a disminuir a medida que aumentaba la cantidad de cartón. El valor económico del hormigón modificado es relativamente similar al del hormigón G 30, y esta variable tiene poco efecto en el resultado final.

A nivel nacional en 2020 Briones Angie y otros [7] **“Análisis de la prestación mecánica del hormigón empleando virutas de acero como agregado fino”** Este estudio analizó las propiedades mecánicas del hormigón con base en el ensayo de penetración NTE INEN 1573, 2010 y ensayo de resistencia superficial (AASHTO TP 95-11, 2011) utilizando viruta de acero como porcentaje de agregado fino al 5%, respectivamente, 10% y 15%. Se evaluaron las propiedades físicas de los agregados y se continuó con el diseño de muestras de concreto con la preparación de mezclas de concreto controladas y reposición parcial de chatarra de acero. A cada muestra se le realizaron pruebas de resistencia superficial y pruebas de compresión. El período de conservación en húmedo es de 28 días. Se compararon el hormigón de control y el hormigón de estudio. Los resultados mostraron que el hormigón con proporción de agregado fino de viruta de acero del 5%, 10% y 15% obtuvo buenas propiedades mecánicas y su resistencia supera el valor nominal (240 kg/cm²).

De la misma manera en 2018 Juan moya y Luis Cando [8] **“Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con fibras de acero reciclado”** La realización este estudio fue brindar información técnica como una

opción al uso de productos comerciales, donde se probará si el uso de viruta metálica se puede reemplazar las fibras metálicas industriales y utilizarlas para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Se utilizaron fibras metálicas recicladas obtenidas de residuos de la industria metalmeccánica para analizar las propiedades físicas y mecánicas de muestras de hormigón en estado fresco y endurecido en tres combinaciones diferentes: hormigón simple sin ningún tipo de refuerzo, fibras de hormigón que contienen metales comerciales y hormigón que contiene Fibras metálicas recicladas. Esto determinó cómo se comporta cada tipo de fibra bajo cargas de servicio. La resistencia a la compresión simple en 7, 14 y 28 días significa que han llegado los mayores; se obtuvo un aumento de la resistencia eléctrica de las fibras metálicas recicladas. En comparación, la resistencia aumentó un 30,70% hormigón simple y 22,28% Concreto comercial de fibra metálica

A nivel local en 2015 Juan morales [9] en su trabajo experimental **“Hormigones de altas prestaciones”** Lo primordial de este proyecto fue evaluar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado a partir de agregados gruesos y finos que sean diferentes al hormigón convencional. En la elaboración de estos hormigones se utiliza como árido grueso escoria de acero seca, producto del proceso de fundición, mientras que como árido fino se utilizan virutas de acero, que son producto del proceso de elaboración. Cuando se realizan en talleres industriales, estos materiales se consideran residuos. A la aplicación de estos materiales le siguió un proceso de trituración y cribado, seguido de un total de diez ensayos estructurales y de compresión del hormigón, dando como resultado un hormigón de alta resistencia, Se obtuvieron excelentes resultados con hormigón de viruta de acero, donde el hormigón con un contenido de chatarra de acero del 30 % y 20 % tuvo la mayor resistencia máxima, superando a otras muestras de escoria y al hormigón convencional con el mayor contenido de agregados. Las dimensiones son nominalmente 3/4" y logran de manera muy significativa la resistencia de diseño de 385 Kg/cm², mientras tanto en los resultados del peso volumétrico del hormigón que contiene viruta de acero en comparación con el concreto convencional que contiene agregados de hasta 3/4" de tamaño nominal, se puede observar que existe una diferencia entre el porcentaje de viruta de acero en la mezcla, este valor dependerá sobre el aumento de peso volumétrico.

De este modo en 2017 Franklin Sandoval [10] en su investigación experimental **“Análisis comparativo de la resistencia a tracción y compresión del hormigón adicionando virutas de acero comercial fundido y el hormigón con fibras de acero comerciales”** lo elaboró a partir de dos materiales reciclados que se pueden agregar a las mezclas de Hormigón. Se agregaron dos materiales de desecho mecánico a cada mezcla para afectar las propiedades mecánicas del concreto normal o simple para producir concreto con mayor resistencia a la compresión y a la tracción, haciéndolo más resistente al agrietamiento, utilizando materiales pétreos de las canteras de Tungurahua, se prepararon dieciocho especímenes al porcentaje de fibras de acero comercial recicladas y virutas de acero fundido reciclado agregadas a cada mezcla usando porcentajes de 1%, 1,25% y 1,5% agregados a la mezcla de concreto.

Cuando se agregó a la mezcla un 1,25% de acero comercial reciclado, que es lo más cercano a la resistencia especificada para concreto simple de 240 kg/cm², los resultados fueron favorables ya que la resistencia es mayor que la encontrada cuando se alcanzó su resistencia máxima, con 17% de aumento del empuje. Los resultados más favorables se obtuvieron con la adición de 1,5% de acero comercial reciclado con un aumento de tracción del 3,9%.

Estas investigaciones constituirán la base del planteamiento del proyecto, ya que, además de demostrar el porcentaje óptimo de sustitución de material con viruta metálica como agregado fino, también proporciona una base técnica para las pruebas de compresión.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Analizar la resistencia a la compresión de un hormigón preparado con viruta metálica y compararla con la resistencia de un hormigón tradicional.

1.2.2 objetivos específicos

- * Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales
- * Calcular la dosificación con diferentes porcentajes en peso de viruta para medir la resistencia a la compresión.
- * Comparar los mecanismos de falla en las probetas de hormigón reforzado con viruta.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Para la elaboración y desarrollo del presente trabajo experimental se utilizó los materiales esenciales para la elaboración de cualquier hormigón sin tomar en cuenta aquellas en las que se consideraron herramientas menores:

Objetivo 1: Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales.

Como punto de partida se recolectó agregados pétreos finos y gruesos, para el agregado fino se utilizó arena lavada de las minas Kumochi localizadas en el sector de las viñas, el ripio se obtuvo del mismo lugar con la diferencia que este material pétreo es triturado con un tamaño de 3/4'', el agua usada es agua potable común que se consigue en cualquier lugar con acceso a este servicio, el cemento que se utilizó es cemento portland "Selva Alegre" tipo IP, la viruta metálica se recolectó de los tornos ubicados en los alrededores del mercado mayorista, y del colegio Mario Cobo Barona, la viruta recolectada es de acero A36, este acero por lo general es el más utilizado en el Ecuador.

Para la realización de los respectivos ensayos se utilizó los equipos del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica para esto se utilizó el horno eléctrico (Humboldt) con capacidad de obtener una temperatura de 110° C, de la misma forma se procedió a utilizar los tamizadores para árido fino y grueso, para los áridos se utilizó los tamices redondos con la numeración 3/8'', #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200, para los áridos gruesos se utilizó los tamices cuadrados con la numeración 1 1/2'', 1'', 3/4'', 1/2'', 3/8'', #4, todos estos se los colocó en orden ascendente, para los áridos finos se lo realizó con ayuda de la tamizadora eléctrica y para los gruesos se los realizó manualmente.

Para los ensayos de densidad real y absorción del árido fino, con la muestra seca del árido fino se utilizó el cono de absorción de arena y el pistón para verificar si la muestra se encontraba en un estado saturado superficialmente seco, cuando se encontró este estado se utilizó el picnómetro de vidrio de boro 33 donde fue colocada la muestra, con ayuda de un embudo y la pipeta con todo esto para el peso se aplicó la balanza eléctrica (BOECO) con lo que se obtuvo la densidad del árido fino.

Luego se procedió por encontrar la densidad real y absorción del agregado grueso, para este se usó la canastilla metálica con un diámetro interno de 203 mm la cual está fabricada con alambre del #8 y reforzado tipo aro.

Para la realización de la densidad real del cemento de igual forma se colocó la muestra en el picnómetro con la ayuda del embudo, de igual forma para el peso se procedió al uso de la balanza eléctrica (BOECO) y para hallar la densidad se utilizó gasolina extra usando para el peso en la misma balanza eléctrica con todo esto realizado fue como se obtuvo la densidad real del cemento

Seguidamente para el ensayo de densidad aparente suelta y compactada del agregado fino, grueso y mezcla fue posible con ayuda de la balanza eléctrica (JADEVER JW-520) muestras recolectadas y colocadas en un molde cilíndrico metálico tipo balde con un diámetro de 30 cm, altura de 29.5 cm y un peso de 9.83 kg luego se procedió al uso de la varilla compactadora esencial para obtener con esto los datos necesarios para realizar la respectiva dosificación.

Objetivo 2: Calcular la dosificación con diferentes porcentajes en peso de viruta para medir la resistencia a la compresión

Luego de haber realizado los respectivos ensayos con anterioridad, se procedió al cálculo de la respectiva dosificación en este proyecto se realizó dos dosificaciones de 240 kg/cm² y 280 kg/cm², se partió con la dosificación utilizando el programa Excel para los respectivos cálculos, la realización de las probetas patrón se utilizó palas metálicas marca bellota, recipiente plástico marca pika, palustre, carretilla marca bellota, varillas de compactación sin marca, martillo de goma marca Truper, cono de Abrams, flexómetro marca Stanley y los moldes cilíndricos de 10 cm de diámetro con 20 cm de alto, un vez que se cumplió la dosis necesaria, el cálculo de viruta para la dosificación se lo tomo en cuenta con la dosificación encontrada para las probetas patrón, la viruta en base a los antecedentes respectivos se lo tomo como árido fino y los porcentajes a trabajar fue de 5%, 10% y 15%, con esto a la arena se le saco estos porcentajes y se le añadió a la mezcla las cuales se ensayaron a los 7, 14 y 28 días.

Objetivo 3: Comparar los mecanismos de falla en las probetas de hormigón reforzado con viruta.

Por último, para el ensayo de compresión se utilizó la máquina de compresión marca Controls, las pruebas se las realizó a los 7, 14 y 28 días con lo que se pudo determinar la resistencia que estos cilindros realizados con viruta metálica obtuvieron en estos días de curado, así como la carga aplicada.

2.2. Métodos

Para la realización este trabajo experimental, se inició un estudio de factibilidad recopilando información bibliográfica y recolectando materias primas para la elaboración de hormigón con viruta metálica, el mismo procedimiento se describe a continuación.

- Recolección de información bibliográfica

Esta sección proporciona toda la información necesaria sobre los diferentes puntos de vista del hormigón y el hormigón elaborado con viruta metálica, con esto se apoya los conceptos tanto para procedimientos desarrollados, cálculos como y sus respectivos ensayos.

Esto se realiza a través de la investigación bibliográfica, que implica la revisión del material bibliográfico existente relacionado con el tema en estudio y se considera fundamental ya que abarca las etapas de investigación, interpretación y análisis para obtener una base. Desarrollo de cualquier investigación.

- Recolección de agregados naturales y la viruta metálica

Como punto de partida se procedió a la recolección del material pétreo, siendo estos como agregados finos la arena lavada, el agregado grueso utilizado fue ripio triturado de 3/4 '' se utilizó una volqueta de 12 m³ y se procedió a la compra de estos agregados naturales, estos fueron obtenidos por el sector de las viñas un lugar en Ambato caracterizado por tener explotación minera, la compra se la realizó en la mina Kumochi, se compró media volqueta de arena lavada y media volqueta de ripio triturado, los agregados de esta mina son excelentes en la construcciones realizadas en la ciudad de Ambato, mismas que no fallaron al momentos de ser ensayadas.

Las virutas metálicas se obtienen a partir de residuos de la industria metalúrgica, especialmente de los tornos. En Ambato hay varios comercios dedicados a esta

actividad comercial ubicados en diferentes puntos de la ciudad. Los residuos resultantes (virutas de metal) se almacenan y depositan en puntos de recogida y luego se envían a empresas de reciclaje. Debido a la mayor cantidad de fibras acumuladas, los propietarios deben deshacerse de estos desechos rápidamente; en algunos casos, sin ningún control, puede acabar fácilmente en los vertederos municipales y acabar en vertederos sin ningún control. Cabe mencionar que los residuos metálicos se consideran material peligroso y requieren de un tratamiento especial. En la ciudad, las personas involucradas en el reciclaje de estos materiales son denominadas "chatarreadores" y con regularidad recorren las calles para comprar materiales u objetos que contengan cualquier tipo de metal. De las aleaciones, el metal más valioso es el cobre y el más común es el acero. Todos los residuos metálicos van a los contenedores de reciclaje. Este trabajo experimental trata de alguna manera reducir el impacto de los residuos metálicos (virutas de acero) en el medio ambiente mediante la reutilización de este material en la producción de hormigón, reduciendo así la cantidad total de residuos.

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos de este trabajo experimental, se ha dividido en tres fases como se describen a continuación

Fase I – Propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

Esta parte utiliza la investigación experimental, lo que significa que incluso cuando se coloca un objeto bajo ciertas condiciones o tratamiento, se observa su respuesta, la característica es que el investigador manipula y controla las variables durante el experimento.

Se realizó los ensayos para determinar las propiedades de los áridos finos y gruesos, tales como granulometría, densidades aparentes, densidades reales, densidades combinadas, capacidad de absorción, contenido de humedad, se obtuvo las propiedades del cemento para esto se realizó el ensayo de densidad con el que se elaboró el hormigón tanto para las probetas patrón como para las que contienen viruta metálica, de la misma forma se realizó los debidos ensayos para determinar las propiedades mecánicas de los agregados en base a las diferentes normas para cada uno con su respectivo procedimiento como se presenta a continuación.

- Análisis granulométrico norma NTE INEN 696, ASTM C 136.
 - Densidad real y capacidad de absorción del agregado fino norma NTE INEN 856, ASTM C 128.
 - Densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso norma NTE INEN 857, ASTM C 127.
 - Densidad aparente suelta y compactada norma NTE INEN 857 ASTM C 127.
 - Densidad combinada de los agregados norma NTE INEN 858 ASTM C 566.
 - Contenido de humedad norma NTE INEN 862 ASTM C 566.
 - Densidad real del cemento norma NTE INEN 156 ASTM C 188.
- Granulometría.

El ensayo granulométrico consiste en determinar el tamaño de partícula de los áridos mediante cribado y observando los límites de variación de tamaño especificados en la norma NTE INEN 696. [11]

La Tabla 1 describe los límites en los que se debe clasificar el agregado fino, siempre que no más del 45% del agregado fino pase por cualquier tamiz.

Tabla 1. Requisitos de graduación árido fino

Tamiz ASTM	Tamiz NTE INEN	Porcentaje que pasa
3/8"	9.5 mm	100
#4	4.75 mm	95 a 100
#8	2.36 mm	80 a 100
#16	1.18 mm	50 a 85
#30	600 μm	25 a 60
#50	300 μm	10 a 30
#100	150 μm	2 a 10

Fuente: [12]

La Tabla 2 muestra los requisitos de clasificación para el agregado grueso. Aunque el tamaño de partícula no afecta las propiedades del concreto, ningún intervalo está completamente libre de partículas según la curva granulométrica. Eso significa que debe tener una buena graduación.

Tabla 2. Requisitos de graduación áridos grueso

Tamiz ASTM	Tamiz NTE INEN	Porcentaje que pasa
2"	50.80 mm	100
1 ½"	38.10 mm	95 a 100
1"	26.67 mm	-
¾"	18.85 mm	35 a 70
½"	13.32 mm	-
3/8"	9.5 mm	10 a 30
#4	0.15 mm	0 a 5

Fuente: [12]

- Densidad aparente y compactada.

Es la relación entre la masa de los agregados por unidad de volumen ocupada en un espacio determinado.

$$\text{Densidad aparente y compactada} = \frac{MT}{VT}$$

Donde:

MT: es la masa total del material

VT: es el volumen total que ocupado por la masa total de la muestra

Las pruebas realizadas para determinar la densidad cumplieron con los procedimientos y criterios estándar de la NTE INEN 856.[13]

- Densidad real y capacidad de absorción.

La densidad real es una relación peso-volumen que determina la masa y es lo mismo que calcular el volumen ocupado por los agregados en una mezcla de concreto. Es importante señalar que la densidad real depende de las propiedades específicas de cada material.

La densidad se lo determinó en base a la normativa NTE INEN 856 [13] para agregados finos y la normativa NTE INEN 857 [14] para los agregados gruesos.

La capacidad de absorción es la cantidad de agua que un agregado puede absorber después de remojarlo en agua durante 24 horas hasta que alcanza el estado seco

superficial saturado (sss). Su valor está entre el 0,2 y el 2% para minerales finos y entre el 0,2 y el 4% para los agregados gruesos. [15]

La densidad real de la arena (DRA) se expresa por medio de la siguiente fórmula.

$$DRA = \frac{M_{SSS}}{V_{material}}$$

La densidad real del ripio (DRR) se expresa por medio de la siguiente fórmula.

$$DRR = \frac{M_{SSS}}{\frac{M_{SSS} - M_{En\ Agua}}{Densidad\ del\ agua}}$$

La capacidad de absorción CA (%) se expresa de la siguiente fórmula.

$$CA(\%) = \frac{M_{SSS} - M_{SECO}}{M_{SECO}} \times 100$$

Donde:

M_{SSS} = Masa en condición saturada superficie seca

$M_{en\ agua}$ = Masa en contacto con el agua

M_{Seco} = Masa en condición seca

- Contenido de humedad

El contenido de humedad es la cantidad de agua que se encuentra en el agregado en un momento dado, y cuando la cantidad se expresa como porcentaje de la muestra secada al horno, se llama porcentaje de humedad. La mayoría de los áridos se encuentran en estado húmedo, por lo que se recomienda medir el contenido de humedad con frecuencia para poder ajustar las proporciones en la mezcla. [16] La determinación de esta característica se realiza según la norma NTE INEN 862 [17].

- Densidad real del cemento

Según la norma NTE INEN 156, la densidad del cemento hidráulico se lo define como la masa por unidad de volumen del sólido y está determinada por la relación entre la masa del cemento y el volumen del líquido no reactivo (gasolina), la cuya masa se transfiere al picnómetro, como se describe en el programa estándar de ensayo [18].

Fase II. Cálculo de la dosificación con diferentes porcentajes en peso de viruta para determinar la resistencia a la compresión.

De acuerdo con los datos experimentales sobre las propiedades mecánicas de los agregados que se describieron, las muestras de hormigón estructural deben prepararse con una dosis que alcance una resistencia a la compresión de 240 kg/cm² y 280 kg/cm² luego reemplazarse con viruta metálica.

- Método de las densidades óptimas

Para este método es recomendable conocer la nomenclatura que se describe a continuación.

DRC: Densidad real del cemento

DRA: Densidad Real de la Arena

DRR: Densidad Real del Ripio

DSA: Densidad Suelta de la Arena

POA: Porcentaje Óptimo de Arena

POR: Porcentaje Óptimo del Ripio

DOM: Densidad Óptima de la Mezcla

W/C: Relación Agua Cemento

CP%: Cantidad de pasta en %

DRM: Densidad Real de la Mezcla

POV: Porcentaje Óptimos de Vacíos

CP: Cantidad de Pasta

C: Cantidad de Cemento

W: Cantidad de Agua

A: Cantidad de Arena

R: Cantidad de Ripio

Con esto se siguió un procedimiento para dosificar el hormigón a través del método de densidad óptima.

Primero se determinó la relación agua cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión que adquiere a los 28 días como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3. Resistencia a la compresión en función a la relación agua/cemento

f'c Mpa	Relación 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: [19]

Luego se obtuvo la densidad real de la mezcla de los agregados (DRM) a través del cálculo por medio de la siguiente ecuación.

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

Después se calculó el porcentaje Optimo de vacíos (POV)

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

Se calculo la cantidad de pasta (CP), para esto se escogió la ecuación con el grado de trabajabilidad y plasticidad e base al asentamiento requerido para la mezcla.

Tabla 4 Resistencia a la compresión en función a la relación agua/cemento

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:[19]

Se calculo la cantidad de cemento (C)

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

Se calculo la cantidad de agua (W)

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

Se calculo la cantidad de agregado fino (A)

$$A = (1000 - CP) * \frac{DRA * POA}{100}$$

Se calculo la cantidad de agregado grueso (R)

$$R = (1000 - CP) * \frac{DRR * POR}{100}$$

Por último, la dosificación al peso se lo calculó con la siguiente formula

$$DOSIFICACIÓN (W.C.A.R) = \frac{Cantidad\ de\ material\ (W.C.A.R)\ por\ m^3}{Cantidad\ de\ cemento\ (C)}$$

Cabe señalar que la dosificación se calcula cuando el material utilizado se encuentra en el estado (SSS), lo cual es muy poco probable, por lo que se debe realizar una corrección por el contenido de humedad del árido.

- Corrección por humedad

Esta corrección consistió en determinar el contenido de humedad del agregado fino y grueso según NTE INEN 856 - 857 un día antes de la preparación del concreto. Después de determinar el contenido de humedad, utilice la siguiente fórmula para corregir el contenido de humedad de cada material componente:

$$Arena = Peso (arena) = \frac{100 + \% humedad (arena)}{100 + \% absorción (arena)}$$

$$Ripio = Peso (ripio) = \frac{100 + \% humedad (ripio)}{100 + \% absorción (ripio)}$$

Fase III- Análisis de los mecanismos de falla en las probetas de hormigón reforzado con viruta metálica

Para analizar estos mecanismos de falla fue necesario realizar las probetas patrón con la dosificación que se calculó en este caso con un $f'c$ de 240 kg/cm² y otro de $f'c$ de 280 kg/cm², una vez que se conoció la cantidad de dosificación, se realizaron tres muestras cilíndricas mediante ensayo y error para comprobar que la dosis calculada alcanzaba la resistencia esperada. La sedimentación y sus propiedades en estado fresco se probaron preparando las muestras y después de 7 días se sometieron a pruebas de compresión. Si no se logra la resistencia mínima, realice los ajustes necesarios de dosis y preparación y reprocese la muestra hasta que la resistencia a la compresión lograda esté dentro del rango esperado. Una vez que se ha determinado una dosis favorable, se preparan probetas representativas para la prueba.

- Elaboración de las probetas definitivas

Para la elaboración de las probetas de hormigón con viruta metálica se realizó el mismo procedimiento para una dosificación normas de 240 kg/cm² y otra de 280 kg/cm², por medio del método de densidad optima se elaboraron las probetas de hormigón elaborado con materiales tradicionales y de acuerdo a la dosificación seleccionada se preparó las probetas con un 5%, 10% y 15%, las mismas que fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días de edad, todo esto siguiendo las normas y procedimientos que determina las nomas NTE INEN 3124 y ASTM C 192 para su elaboración.

- Cantidad de especímenes

Se elaboraron un total de 72 especímenes de la mezcla de hormigón elaborado con materiales tradicionales y elaborados con viruta metálica utilizando un molde cilíndrico de 10 cm de diámetro por 20 cm de alto, dividiendo en 54 especímenes con porcentaje de viruta metálica en diferentes dosificaciones y 18 especímenes para ensayos de comparación y control (probetas patrón) mismas que fueron utilizadas al ser ensayadas a los 7, 14 y 28 días de edad con esto nos dieron datos que nos respaldaron de mejor manera los resultados.

Tabla 5. Cantidad de especímenes

Dosificación (kg/cm ²)	Tiempo (días)	Probetas patrón (PAT)	Porcentaje viruta metálica en probetas		
			PVM 5%	PVM 10%	PVM15%
240	7	3	3	3	3
	14	3	3	3	3
	28	3	3	3	3
280	7	3	3	3	3
	14	3	3	3	3
	28	3	3	3	3
Total de especímenes			72		

- Resistencia a la compresión hormigón con viruta y hormigón tradicional.

En esta fase se utilizó el tipo de estudios experimentales y correlacionales. La prueba de compresión se realiza a los 7, 14 y 28 días después del curado de muestras de hormigón reciclado. Luego de la prueba, los datos generados se almacenan para cada cilindro, generando una curva de tendencia gráfica que permite la correlación de resistencia y tiempo de recuperación. Hormigón reciclado y convencional para compararlo con los parámetros del hormigón producido convencionalmente con una resistencia de 240 kg/cm² y 280 kg/cm². Todo bajo el ensayo de la resistencia a compresión de la norma NTE INEN 1573 ASTM C 39.

Este ensayo consiste en aplicar una carga de compresión axial al cilindro a una velocidad dentro de un rango específico hasta que ocurre la falla de la prueba.

Mida el diámetro y la altura, coloque el cilindro en el compresor, los datos están en el software, encere la máquina y comience a probar. La superficie superior del cilindro debe ser plana; de lo contrario, se producirá una concentración de tensiones y la resistencia disminuirá. La tasa de carga es de $0,25 \pm 0,05$ Mpa/s y la carga se aplica hasta que el indicador muestra una disminución constante de la carga y la muestra patrón de flujo de ruptura [20].

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

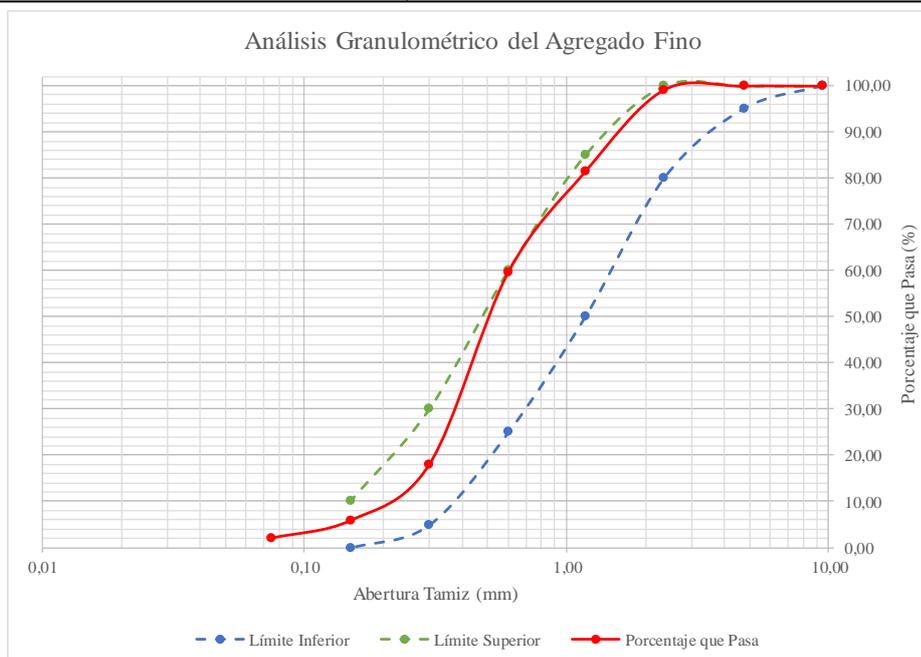
3.1. Análisis y discusión de datos

Propiedades mecánicas de los agregados

Para cumplir la etapa I se cumplió con lo siguiente que se describe a continuación:

Tabla 6. Granulometría del agregado fino

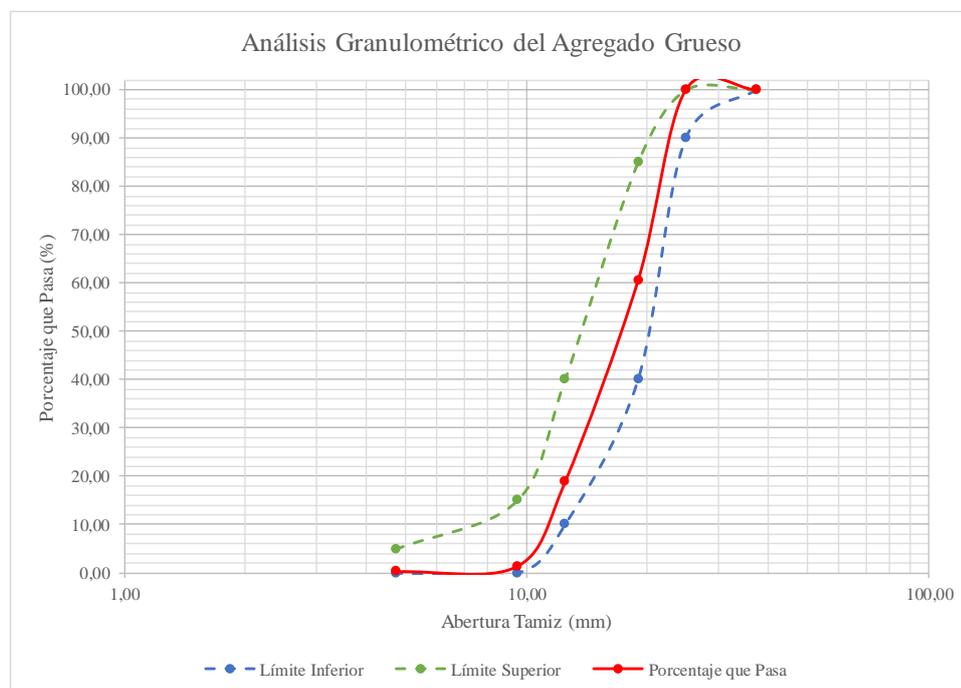
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”								
Análisis Granulométrico del Agregado Fino								
Origen:		Cantera kumochi						
Fecha:		24 de Octubre 2023						
Ensayado por:		Acosta Villacres Edwin Manuel						
Norma:		NTE INEN 696:2010 / ASTM C-136						
Muestra (gr):		600,10			Pérdida de la muestra:		0,53%	
Tamiz (pulgadas)	Tamiz (mm)	Retenido Parcial (gr)	Retenido Acumulado (gr)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Límite Inferior (%) NTE INEN 872	Límite Superior (%) NTE INEN 872
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
No. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	95,00	100,00
No. 8	2,36	5,00	5,00	0,83	0,83	99,17	80,00	100,00
No. 16	1,18	106,50	111,50	17,75	18,58	81,42	50,00	85,00
No. 30	0,60	131,10	242,60	21,85	40,43	59,57	25,00	60,00
No. 50	0,30	250,00	492,60	41,66	82,09	17,91	5,00	30,00
No. 100	0,15	72,90	565,50	12,15	94,23	5,77	0,00	10,00
No. 200	0,075	23,00	588,50	3,83	98,07	1,93	-	-
Bandeja		8,4	596,90	1,40	99,47	0,53	-	-
Módulo de Finura:					2,36			



Análisis de datos: El análisis de tamaño de partículas realizado en la arena extraída de la mina "Kumochi" indica que el material es adecuado para la elaboración de hormigón. La distribución de tamaños encontrada en la muestra se ajusta a los estándares definidos por la norma ASTM y presenta un índice de finura que cae dentro del intervalo aceptable de 2.3 a 3.1, estando específicamente en 2.36.

Tabla 7. Granulometría del agregado grueso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES"									
Análisis Granulométrico del Agregado Grueso									
Origen:		Cantera kumochi							
Fecha:		24 de Octubre 2023							
Ensayado por:		Acosta Villacres Edwin Manuel							
Norma:		NTE INEN 696:2010 / ASTM C-136							
Muestra (gr):		5000,00		Pérdida de la muestra:			0,14%		
Tamiz (pulgadas)	Tamiz (mm)	Retenido Parcial (gr)	Retenido Acumulado (gr)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Límite Inferior (%) NTE INEN 872	Límite Superior (%) NTE INEN 872	
1 1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	90,00	100,00	
3/4"	19,00	1975,00	1975,00	39,50	39,50	60,50	40,00	85,00	
1/2"	12,50	2085,00	4060,00	41,70	81,20	18,80	10,00	40,00	
3/8"	9,50	871,00	4931,00	17,42	98,62	1,38	0,00	15,00	
No. 4	4,75	55,00	4986,00	1,10	99,72	0,28	0,00	5,00	
Bandeja	7	4993,00	0,14	99,86	0,14	-	-	-	
Tamaño Nominal Máximo:						1"			



Análisis de datos: El análisis de tamaño de partículas realizado en el agregado grueso extraído de la mina "Kumochi" indica que este es adecuado para la elaboración de hormigón. La distribución de tamaños obtenida se ajusta a los límites establecidos por la norma ASTM y tiene un tamaño máximo nominal de 1 pulgada, el cual está dentro del intervalo recomendado de 3/4 de pulgada a 1 1/2 pulgadas.

Tabla 8. Densidad Real del Agregado Fino.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
<i>"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES"</i>			
Densidad Real del Agregado Fino			
Origen:	Cantera Kumochi		
Fecha:	19/Mayo/2023		
Ensayado por:	Acosta Villacres Edwn Manuel		
Norma:	NTE INEN 856:2010 /ASTM C-128		
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor
m1	Masa del picnómetro	gr	148,40
m2	Masa del picnómetro + Muestra SSS	gr	648,40
m3	Masa del picnómetro + Muestra SSS + Agua	gr	957,50
m4 = m3 - m2	Masa de agua añadida	gr	309,10
m5	Masa del picnómetro + 500 cm ³ de agua	gr	646,80
m6 = m5 - m1	Masa de 500 cm ³ de agua	gr	498,40
DA = m6/500cm ³	Densidad del agua	gr/cm ³	0,997
m7 = m6 - m4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	189,30
Msss = m2 - m1	Masa del agregado	gr	500,00
Vsss = m7/DA	Volumen del agua desalojada	cm ³	189,91
DRA = Msss/Vsss	Densidad real de la arena	gr/cm ³	2,633

Análisis de resultados: El ensayo de Densidad Real del Agregado Fino realizado presentó como resultado la densidad real de la arena un valor de 2.633 gr/cm³.

Tabla 9. Capacidad de Absorción del Agregado Fino

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”					
Capacidad de Absorción del Agregado Fino					
Origen:	Cantera kumochi				
Fecha:	19/Mayo/2023				
Ensayado por:	Acosta Villacres Edwin Manuel				
Norma:	NTE INEN 856:2010 /ASTM C-128				
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor		
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
m8	Masa del recipiente	gr	1,90	1,90	1,90
m9	Masa del recipiente + Muestra SSS	gr	85,64	93,36	78,33
m10 = m9 - m8	Masa de la muestra SSS	gr	83,74	91,46	76,43
m11	Masa del recipiente + Muestra seca	gr	84,40	92,42	77,22
m12 = m11 - m8	Masa de la muestra seca	gr	82,50	90,52	75,32
CA = ((m10 - m12)/m12)*100	Capacidad de absorción	%	1,50	1,04	1,47
CAA = (CA1+CA2+CA3)/3	Capacidad de absorción promedio de la arena	%	1,34		

Análisis de resultados: El ensayo Capacidad de Absorción del Agregado Fino que se realizó en tres muestras se obtuvo una capacidad de absorción promedio de la arena de 1.34%, este resultado es aceptable puesto que se encuentra en el rango de 0.2% a 2% según la norma NTE INEN 856.

Tabla 10. Densidad Real del Agregado Grueso.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”			
Densidad Real del Agregado Grueso			
Origen:	Cantera kumochi		
Fecha:	25 de Octubre 2023		
Ensayado por:	Acosta Villacres Edwin Manuel		
Norma:	NTE INEN 857:2010 /ASTM C-128		
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor
m1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1238,00
m2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1142,00
m3	Masa de la canastilla + Muestra SSS en el aire	gr	4239,00
m4	Masa de la canastilla + Muestra SSS en el agua	gr	2964,00
DA	Densidad real del agua	gr/cm3	1,000
m5 = m3 - m1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	3001,00
m6 = m4 - m2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	1822,00
VR = (m5-m6)/DA	Volumen real de la muestra	cm3	1179,00
DRR = m5/VR	Densidad real del ripio	gr/cm3	2,545

Análisis de resultados: El ensayo de Densidad Real del Agregado Grueso, se determinó que la densidad real del ripio es de 2.545 gr/cm³ para la realización de nuestra investigación.

Tabla 11. Capacidad de Absorción del Agregado Grueso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
<i>“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES</i>				
Capacidad de Absorción del Agregado Grueso				
Origen:	Cantera kumochi			
Fecha:	25 de octubre 2023			
Ensayado por:	Acosta Villacres Edwin Manuel			
Norma:	NTE INEN 857:2010 /ASTM C-127			
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor	
			Muestra 1	Muestra 2
m7	Masa del recipiente	gr	1,90	1,90
m8	Masa del recipiente + Muestra SSS	gr	127,90	120,30
m9 = m8 - m7	Masa de la muestra SSS	gr	126,00	118,40
m10	Masa del recipiente + Muestra seca	gr	124,80	117,40
m11 = m10 - m7	Masa de la muestra seca	gr	122,90	115,50
$CA = ((m9 - m11)/m11)*100$	Capacidad de absorción	%	2,52	2,51
$CAR = (CA1+CA2)/2$	Capacidad de absorción promedio del ripio	%	2,52	

Análisis de resultados: El ensayo Capacidad de Absorción del Agregado grueso que se realizó en tres muestras se obtuvo una capacidad de absorción promedio del ripio de 2.52% demostrando que tiene una óptima de absorción moderada puesto que se encuentra dentro del rango permisible de 0.2% a 4% en base a la norma NTE INEN 857.

Tabla 12. Densidad Real del cemento

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”			
Densidad Real del Cemento			
Origen:	Cantera kumochi		
Fecha:	1 de Noviembre 2023		
Ensayado por:	Acosta Villacres Edwin Manuel		
Norma:	NTE INEN 156 /ASTM C-188		
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor
m1	Masa del picnómetro	gr	148,40
m2	Masa del picnómetro + Cemento	gr	212,40
m3	Masa del picnómetro + Cemento + Gasolina	gr	564,55
m4 = m3 - m2	Masa de gasolina añadida	gr	352,15
m5	Masa del picnómetro + 500 cm3 de gasolina	gr	517,10
m6 = m5 - m1	Masa de 500 cm3 de gasolina	gr	368,70
DG = m6/500cm3	Densidad de la gasolina	gr/cm3	0,737
m7 = m6 - m4	Masa de la gasolina desalojada por el cemento	gr	16,55
Mc = m2 - m1	Masa del cemento	gr	64,00
Vc = m7/DG	Volumen de gasolina desalojada	cm3	22,44
DRC = Msss/Vsss	Densidad real del cemento	gr/cm3	2,852

Análisis de resultados: El ensayo de Densidad Real del Cemento para el cemento selva alegre tipo IP, llevado a cabo de acuerdo con la normativa NTE INEN 156 / ASTM C-188, ha proporcionado una densidad real del cemento de 2.852 gr/cm³. Este valor es crucial para comprender las propiedades físicas del cemento, aunque no se encuentra en los límites de 2.90 gr/cm³ – 3.15 gr/cm³ se lo considera aceptable ya que es un valor que no está alejado de los límites establecidos

Tabla 13. Densidad Aparente Suelta y Compactada del Agregado Fino.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
<i>“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES”</i>				
Densidad Aparente Suelta y Compactada del Agregado Fino				
Origen:	Cantera kumochi			
Fecha:	6 de Noviembre 2023			
Ensayado por:	Acosta Villacres Edwin Manuel			
Norma:	NTE INEN 858:2010 /ASTM C-29			
Descripción		Unidad	Valor	
Masa del recipiente:		Kg	9,86	
Altura del recipiente:		cm	28,50	
Diámetro del recipiente:		cm	30,00	
Volumen del recipiente:		dm ³	20,15	
Densidad Aparente	Agregado + Recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Densidad Aparente (Kg/dm ³)	Densidad Aparente Promedio (Kg/dm ³)
Suelta	39,020	29,160	1,447	1,461
	39,560	29,700	1,474	
Compactada	42,020	32,160	1,596	1,599
	42,140	32,280	1,602	

Análisis de resultados: El ensayo de la densidad aparente suelta y compactada realizado para el agregado fino mostro como resultado la densidad aparente promedio de 1.461 kg/dm³ para la densidad aparente suelta y 1.599 kg/dm³ para la densidad aparente compactada.

Tabla 14. Densidad Aparente Suelta y Compactada del Agregado grueso.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES				
Densidad Aparente Suelta y Compactada del Agregado Grueso				
Origen:	Cantera kumochi			
Fecha:	6 de Noviembre 2023			
Ensayado por:	Acosta Villacres Edwin Manuel			
Norma:	NTE INEN 858:2010 /ASTM C-29			
Fecha:	6/10/2022			
Descripción		Unidad	Valor	
Masa del recipiente:		Kg	9,86	
Altura del recipiente:		cm	28,50	
Diámetro del recipiente:		cm	30,00	
Volumen del recipiente:		dm ³	20,15	
Densidad Aparente	Agregado + Recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Densidad Aparente (Kg/dm ³)	Densidad Aparente Promedio (Kg/dm ³)
Suelta	36,600	26,740	1,327	1,327
	36,580	26,720	1,326	
Compactada	39,320	29,460	1,462	1,466
	39,480	29,620	1,470	

Análisis de resultados: El ensayo de la densidad aparente suelta y compactada realizado para el agregado grueso dio como resultado la densidad aparente promedio de 1.327 kg/dm³ para la densidad aparente suelta y 1.466 kg/dm³ para la densidad aparente compactada.

Tabla 15. Densidad Aparente Compactada de la Mezcla.

Origen:		Cantera Kumochi						
Fecha:		6 de Noviembre 2023						
Ensayado por:		Acosta Villacres Edwin Manuel						
Norma:		NTE INEN 858:2010 /ASTM C-29						
Masa del recipiente:		9,86	Kg	Diámetro del recipiente:		30,00	cm	
Altura del recipiente:		28,50	cm	Volumen del recipiente:		20,15	dm ³	
Porcentaje de Mezcla (%)		Cantidad (Kg)		Agregado Fino Añadido (Kg)	Agregado + Recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Densidad Aparente Mezcla (Kg/dm ³)	Densidad Aparente Promedio (Kg/dm ³)
A. Grueso	A. Fino	A. Grueso	A. Fino	A. Fino	Agregado Fino + Agregado Grueso			
100	0	40,00	0,00	0,00	39,320	29,460	1,462	1,466
					39,480	29,620	1,470	
90	10	40,00	4,44	4,44	41,940	32,080	1,592	1,608
					42,580	32,720	1,624	
80	20	40,00	10,00	5,56	44,960	35,100	1,742	1,754
					45,420	35,560	1,765	
70	30	40,00	17,14	7,14	47,940	38,080	1,890	1,886
					47,760	37,900	1,881	
60	40	40,00	26,67	9,52	48,760	38,900	1,931	1,932
					48,820	38,960	1,934	
50	50	40,00	40,00	13,33	48,100	38,240	1,898	1,898
					48,080	38,220	1,897	
40	60	40,00	60,00	20,00	46,980	37,120	1,843	1,849
					47,240	37,380	1,856	

Gráfico % óptimo VS Densidad Aparente

$y = -2E-06x^3 - 3E-05x^2 + 0,0165x + 1,46$

Porcentaje Máximo de Agregado Fino	50	%
Porcentaje Máximo de Agregado Grueso	50	%
Porcentaje Óptimo de Agregado Fino	46	%
Porcentaje Óptimo de Agregado Grueso	54	%
Densidad Aparente Máxima del Agregado (Mezcla)	1,970	Kg/dm ³
Densidad Aparente Óptimo del Agregado (Mezcla)	1,971	Kg/dm ³

Análisis de resultados: Mediante el ensayo de densidad combinada compactada, se ha establecido que el agregado fino alcanza su nivel óptimo al representar el 46% de la mezcla, mientras que el agregado grueso lo alcanza al constituir el 54%. La determinación del peso unitario máximo y óptimo se logra a través de una gráfica que muestra la relación entre la densidad aparente compactada y el porcentaje ideal de la mezcla. Esta gráfica arroja valores de 1.97 gr/cm³ y 1.971 gr/cm³.

Tabla 16. Contenido de humedad del Agregado Fino

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
<i>“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”</i>					
Contenido de Humedad del Agregado Fino					
Origen:	Cantera Kumochi				
Fecha:	27 de Octubre 2023				
Ensayado por:	Acosta Villacres Edwin Manuel				
Norma:	NTE INEN 862:2011 /ASTM C-566				
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor		
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
m1	Masa del recipiente	gr	1,90	1,90	1,90
m2	Masa del recipiente + Muestra	gr	60,80	63,80	70,80
m3 = m2 - m1	Masa de la muestra	gr	58,90	61,90	68,90
m4	Masa del recipiente + Muestra seca	gr	59,80	62,00	69,40
m5 = m4 - m1	Masa de la muestra seca	gr	57,90	60,10	67,50
CH	Contenido de Humedad	%	1,73	3,00	2,07
CHA	Contenido de Humedad promedio de la arena	%	2,27		

Análisis de resultados: Mediante el ensayo del contenido de humedad del agregado fino utilizando tres muestras, se ha determinado un contenido de humedad promedio para la arena de 2.27%. Este resultado revela la cantidad promedio de agua presente en el agregado fino ensayado.

Tabla 17. Contenido de humedad del Agregado grueso.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”					
Contenido de Humedad del Agregado Grueso					
Origen:	Cantera Kumochi				
Fecha:	27 de octubre 2023				
Ensayado por:	Acosta Villacres Edwin Manuel				
Norma:	NTE INEN 862:2011 /ASTM C-566				
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor		
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
m1	Masa del recipiente	gr	1,90	1,90	1,90
m2	Masa del recipiente + Muestra	gr	89,60	103,70	89,20
m3 = m2 - m1	Masa de la muestra	gr	87,70	101,80	87,30
m4	Masa del recipiente + Muestra seca	gr	88,20	102,20	87,90
m5 = m4 - m1	Masa de la muestra seca	gr	86,30	100,30	86,00
CH	Contenido de Humedad	%	1,62	1,50	1,51
CHR	Contenido de Humedad promedio del ripio	%	1,54		

Análisis de resultados: Por medio del ensayo del contenido de humedad del agregado grueso utilizando tres muestras, se ha determinado un contenido de humedad promedio para el ripio de 1.54%. Este resultado refleja la cantidad promedio de agua presente en el agregado grueso evaluado.

Método de las Densidades Óptimas

Dosificación 240 kg/cm² y 280 kg/cm²

Para la realización de la etapa II se realizó este procedimiento el cual tiene como objetivo determinar las proporciones adecuadas en las cuales los distintos elementos deben ser combinados para obtener hormigón con características específicas, tales como consistencia, compacidad, resistencia y durabilidad. El método utilizado implica la formulación de ecuaciones necesarias para el cálculo preciso de la dosificación, las mismas que fueron mencionadas y explicadas en el capítulo anterior.

La tabla 17 sintetiza los resultados de los ensayos llevados a cabo para determinar la proporción de componentes en la mezcla de hormigón. Se aplicó el método de densidades óptimas para efectuar los cálculos necesarios con el fin de obtener la dosificación adecuada del hormigón.

Tabla 18. Resumen de ensayos para la dosificación $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ y 280 kg/cm^2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
<i>“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”</i>					
Dosificación del hormigón por el método de la densidad óptima					
Origen:		Cantera Kumochi			
Fecha:		8 de Noviembre 2023			
Realizado por:		Acosta Villacres Edwin Manuel			
DATOS DE ENSAYOS			DATOS DE TABLAS		
$f'c =$	240	kg/cm ²	W/C =	0,57	
Asentamiento	6 - 9	cm.	CP =	POV + 2% + 0.08POV	
DRC	2,852	Kg/dm ³	Cálculos:		
DRA	2,633	Kg/dm ³	DRM =	2,586	Kg/dm ³
DRR	2,545	Kg/dm ³	POV =	23,780	%
DSA	1,461	Kg/dm ³	CP =	276,828	dm ³
DSR	1,327	Kg/dm ³	C=	314,334	kg
POA	46,000	%	W=	166,597	lts
POR	54,000	%	A=	875,844	kg
DOM	1,971	Kg/dm ³	R=	994,002	kg
Dosificación al Peso					
Material	Cantidad de Kg por cada m ³ de Hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en (kg) por cada saco de cemento de 50kg		
W	166,597	0,530	26,500		
C	314,334	1,000	50,000		
A	875,844	2,786	139,318		
R	994,002	3,162	158,113		
TOTAL	2350,776	Kg/m ³			
Nomenclatura					
W/C	Relación Agua/Cemento	C=	Cemento		
DRM =	Densidad Real de la Mezcla	W=	Agua		
POV =	Porcentaje óptimo de vacíos	A=	Arena		
CP =	Cantidad de Pasta (%)	R=	Ripio		

Tabla 19. Dosificación al volumen necesario de los cilindros de hormigón.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES"					
Dosificación para el volumen necesario de los cilindros de hormigón					
Fecha:		8 de Noviembre 2023			
Realizado por:		Acosta Villacres Edwin Manuel			
Diámetro del cilindro	10	cm	Volumen de Hormigón necesario para cilindros (VCH)	0,01571	m3
Altura del cilindro	20	cm			
Número de cilindros	9				
Material	Cantidad de Kg por cada m3 de Hormigón		Dosificación al peso	Dosificación de hormigón para cilindros	
W	166,597		0,530	2,617	
C	314,334		1,000	4,938	
A	875,844		2,786	13,758	
R	994,002		3,162	15,614	

Corrección por humedad

Tabla 20. Corrección de la dosificación por humedad.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES"								
Corrección de la dosificación por humedad								
Fecha:		8 de Noviembre 2023						
Realizado por:		Acosta Villacres Edwin Manuel						
Material	Dosificación al peso	Dosificación de hormigón para cilindros (Kg)	C. A (%)	C. H (%)	Corrección de		Cantidad Corregida Dosificación de hormigón para cilindros (Kg)	Corrección Dosificación al peso
					%	Kg		
W	0,530	2,617	-	-	-	0,392	3,009	0,609
C	1,000	4,938	-	-	-	-	4,938	1,000
A	2,786	13,758	4,009	2,265	1,743	0,240	13,518	2,738
R	3,162	15,614	2,517	1,543	0,973	0,152	15,462	3,131

Análisis de resultados: Utilizando la información recopilada sobre la capacidad de absorción y el contenido de humedad adquirido un día previo al proceso de elaboración del hormigón, se efectuó una corrección ajustada por los efectos de la humedad. Posteriormente, se llevaron a cabo ajustes en las composiciones de las muestras de prueba y en la medida de asentamiento, obteniendo de esta manera los valores definitivos que serán utilizados en la formulación final del hormigón.

Elaboración de probetas $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$ y 280 kg/cm^2

Probetas patrón

Se fabricaron dieciocho probetas patrón con una altura de 20 cm de alto y 10 cm de diámetro, las cuales nueve fueron de 240 kg/cm^2 y otras nueve de 280 kg/cm^2 que fueron sometidas a evaluación de sus características en un estado inicial fresco, seguido de un periodo de almacenamiento en una cámara de curado por lapsos de 7, 14 y 28 días, con el propósito de llevar a cabo pruebas de compresión en momentos posteriores cuando las muestras alcanzaran su máxima resistencia. Este tiempo es crucial para que las probetas alcancen su completa capacidad de resistencia a la compresión.

Tabla 21. Propiedades del hormigón fresco probetas patrón $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$

PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO PROBETAS PATRÓN F'C= 240 KG/CM2	
PROPIEDADES	PROBETAS PATRÓN
TRABAJABILIDAD	B
ASENTAMIENTO (cm)	6,5
HOMOGENEIDAD	MB
CONSISTENCIA	BLANDA
RELACIÓN w/c	0,57

Tabla 22. Dosificación al Peso mediante el método de densidades optimas

Material	Cantidad de Kg por cada m3 de Hormigón	Dosificación al peso
W	171,386	0,570
C	300,677	1,000
A	875,844	2,913
R	994,002	3,306
Densidad del hormigón	2341,909	Kg/m3

Tabla 23. Dosificación de hormigón para probetas

Material	Cantidad Corregida Dosificación de hormigón para probetas (Kg)	Dosificación Total (Kg)
W	3,08	15,42
C	4,72	23,62
A	13,52	67,59
R	15,46	77,31

Tabla 24. Propiedades del hormigón fresco probetas patrón $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$.

PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO PROBETAS PATRÓN F'C= 280 KG/CM2	
PROPIEDADES	PROBETAS PATRÓN
TRABAJABILIDAD	B
ASENTAMIENTO (cm)	6,5
HOMOGENEIDAD	MB
CONSISTENCIA	BLANDA
RELACIÓN w/c	0,53

Tabla 25. Dosificación al Peso mediante el método de densidades optimas

Material	Cantidad de Kg por cada m3 de Hormigón	Dosificación al peso
W	166,597	0,530
C	314,334	1,000
A	875,844	2,786
R	994,002	3,162
Densidad del hormigón	2350,776	Kg/m3

Tabla 26. Dosificación de hormigón para probetas

Material	Cantidad Corregida Dosificación de hormigón para probetas (Kg)	Dosificación Total (Kg)
W	3,01	15,04
C	4,94	23,69
A	13,52	67,59
R	15,46	77,31

Resistencia a la compresión a los 7 días probetas patrón $f'c=240\text{kg/cm}^2$

Para el cumplimiento de la etapa III, tras el proceso de elaboración, las probetas patrón de hormigón fueron sometidas a un periodo de curado de 7 días para permitir su consolidación óptima en base a la norma. Posteriormente, se procedió a realizar

pruebas de compresión la máquina de los laboratorios de ingeniería civil, con el objetivo de evaluar su resistencia.

El parámetro establecido para verificar el cumplimiento de las especificaciones fue una resistencia mínima de 240 kg/cm², con el propósito de determinar si las muestras alcanzaron el nivel deseado de resistencia a compresión.

Tabla 27. Resistencia a la compresión de probetas patrón a los 7 días $f'c = 240$ kg/cm²

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DIAS DE EDAD (PROBETAS PATRÓN)								
Número de probetas	Resistencia de probetas de prueba	Área (cm ²)	Carga P (Kn)	Carga P (Kg)	Esf. Compresión (kg/cm ²)	Esf. Compresión (kg/cm ²) promedio	Rangos (kg/cm ²)	
PAT-1	240 kg/cm ²	78,54	131,06	13364,19	166,90	164,43	156	lim. Infe
PAT-2		78,54	127,06	12956,31	161,80		168	promedio
PAT-3		78,54	129,26	13180,64	164,60		180	lim. Sup.

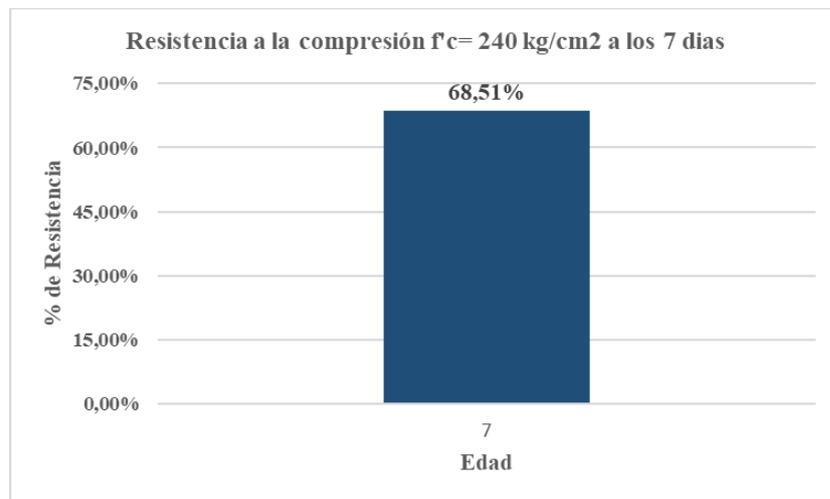


Figura 1. Porcentaje obtenido a los 7 días, probetas patrón $f'c = 240$ kg/cm²

Análisis de resultados: En la tabla 27 se evidencia que las probetas patrón de forma cilíndrica, con una resistencia de 240 kg/cm² a los 7 días de curado, por medio del ensayo de compresión lograron alcanzar una resistencia promedio de 164.43 kg/cm². Este valor representa el 68.51% de la resistencia inicial, lo que indica la viabilidad de fabricar muestras utilizando la misma dosificación.

Límite inferior = 65% (136.50 kg/cm²)

Promedio = 70% (147.00 kg/cm²)

Límite Superior = 75% (157.50 kg/cm²)

Resistencia a la compresión a los 14 días probetas patrón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Después de alcanzar la resistencia requerida a los 7 días de curado, las probetas patrón fueron sometidas a un ensayo de compresión a los 14 días, tal como se detalla en la tabla siguiente. Este procedimiento permitió evaluar la evolución de las propiedades mecánicas del hormigón a lo largo del tiempo de curado, ofreciendo así información sobre su comportamiento y resistencia a compresión en etapas posteriores de su desarrollo.

Tabla 28. Resistencia a la compresión de probetas patrón a los 14 días $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD (PROBETAS PATRÓN)								
Número de probetas	Resistencia de probetas de prueba	Área (cm ²)	Carga P (Kn)	Carga P (Kg)	Esf. Compresión (kg/cm ²)	Esf. Compresión (kg/cm ²) promedio	Rangos (kg/cm ²)	
PAT-4	240 kg/cm ²	78,54	155,33	15839,00	197,80	201,87	192	lim. Infe
PAT-5		78,54	163,74	16696,57	208,50		204	promedio
PAT-6		78,54	156,51	15959,32	199,30		216	lim. Sup.

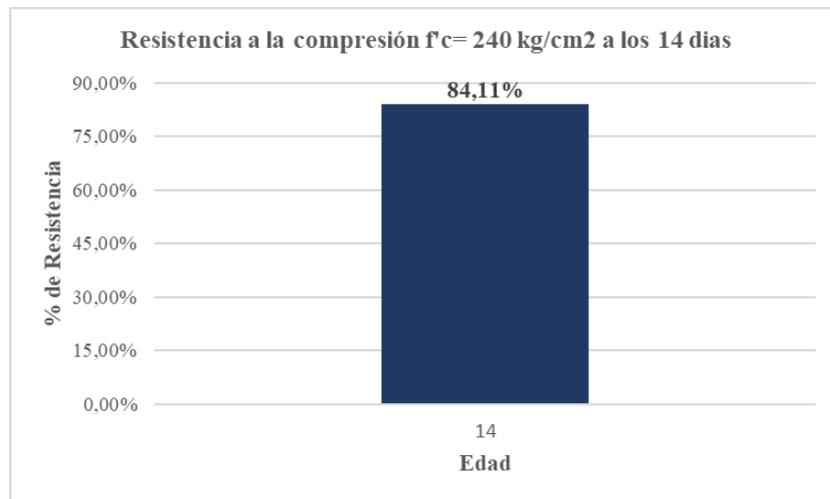


Figura 2. Porcentaje obtenido a los 14 días, probetas patrón $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$

Análisis de resultados: En la tabla 28 se evidencia que las probetas patrón de forma cilíndrica, utilizadas como pruebas y con una resistencia de 240 kg/cm^2 a los 14 días de curado, logran alcanzar una resistencia promedio de $201,87 \text{ kg/cm}^2$. Este valor representa el 84.11% de la resistencia establecida en los valores a considerar.

Límite inferior = 80% (192 kg/cm^2)

Promedio = 85% (204 kg/cm^2)

Límite Superior = 216% ($157,50 \text{ kg/cm}^2$)

Resistencia a la compresión a los 28 días probetas patrón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Después de transcurrir el período completo de curado de 28 días, se llevó a cabo la última evaluación mediante el ensayo de compresión en las probetas patrón.

Este procedimiento representó la fase conclusiva del estudio en esta dosificación, permitiendo la determinación final de la resistencia alcanzada por el hormigón después de su proceso de curación en los días transcurridos.

Tabla 29. Resistencia a la compresión de probetas patrón a los 28 días $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD (PROBETAS PATRÓN)								
Número de probetas	Resistencia de probetas de prueba	Área (cm ²)	Carga P (Kn)	Carga P (Kg)	Esf. Compresión (kg/cm ²)	Esf. Compresión (kg/cm ²) promedio	Rangos (kg/cm ²)	
PAT-7	240 kg/cm ²	78,54	184,82	18846,10	235,40	238,10	228	lim. Infe
PAT-8		78,54	187,45	19114,28	238,70		240	promedio
PAT-9		78,54	188,79	19250,92	240,20		252	lim. Sup.

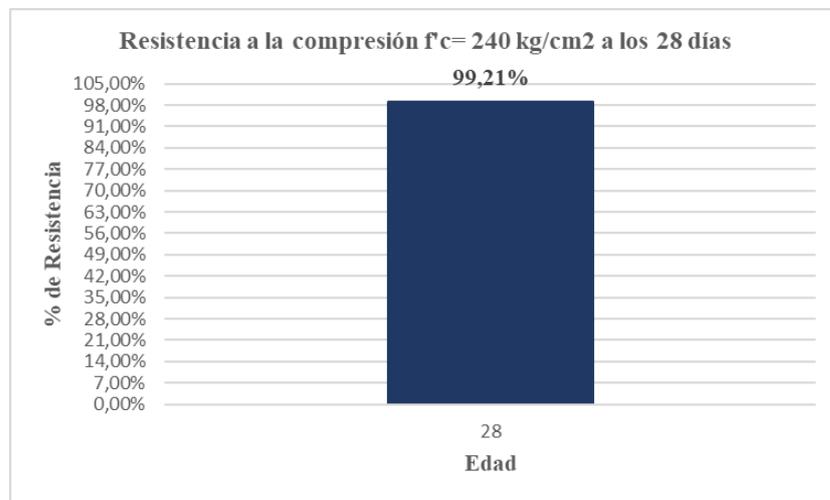


Figura 3. Porcentaje obtenido a los 28 días, probetas patrón $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$

Análisis de resultados: En la tabla 29 se evidencia que las probetas patrón de forma cilíndrica, utilizadas como pruebas y con una resistencia de 240 kg/cm^2 a los 28 días de curado, logran alcanzar una resistencia promedio de 233.10 kg/cm^2 . Este valor representa el 97.13% de la resistencia establecida en los valores a considerar.

Límite inferior = 95% (228 kg/cm^2)

Promedio = 100% (240 kg/cm^2)

Límite Superior = 105% (252 kg/cm^2)

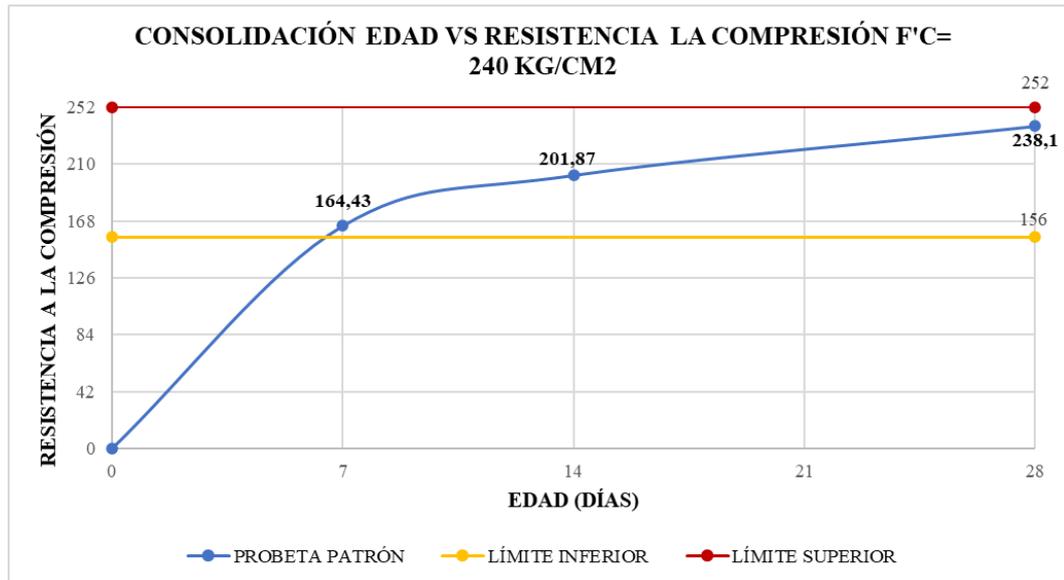


Figura 4. Consolidación de datos f'c = 240 kg/cm²

Análisis de resultados: Tras la obtención de los resultados, se observó que las resistencias obtenidas superaron los límites necesarios que la dosificación de 240 kg/cm² lo plantea. Los valores obtenidos en las resistencias a compresión en el respectivo gráfico consolidado de la figura 4 indican un rendimiento óptimo a lo largo de los períodos de prueba siendo estos de 164.43 kg/cm² a los 7 días, 201.87 kg/cm² a los 14 días y 238.10 kg/cm² a los 28 días, respaldando la continuación del proceso. Por lo tanto, se confirma que las probetas cumplen con los requisitos para avanzar con la elaboración del remplazo de viruta propuesto

Resistencia a la compresión a los 7 días probetas patrón f'c=280kg/cm²

De igual forma al proceso anterior, se procedió a la elaboración de probetas patrón utilizando una dosificación de 280 kg/cm². Estas probetas fueron sometidas al mismo proceso de curado durante un periodo similar, y se inició el ensayo de compresión a los 7 días. Los resultados de dichos ensayos se encuentran detallados en la tabla siguiente, proporcionando información específica sobre la resistencia a la compresión alcanzada por estas muestras con la dosificación de 280 kg/cm² luego del tiempo de curado correspondiente.

Tabla 30. Resistencia a la compresión de probetas patrón a los 7 días $f'c=280$ kg/cm²

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD (PROBETAS PATRÓN)							
Número de probetas	Resistencia de probetas de prueba	Área (cm ²)	Carga P (Kn)	Carga P (Kg)	Esf. Compresión (kg/cm ²)	Esf. Compresión (kg/cm ²) promedio	Rangos (kg/cm ²)
PAT-1	280 kg/cm ²	78,54	145,75	14862,13	185,60	184,27	182
PAT-2		78,54	144,82	14767,30	184,42		196
PAT-3		78,54	143,55	14637,79	182,80		210

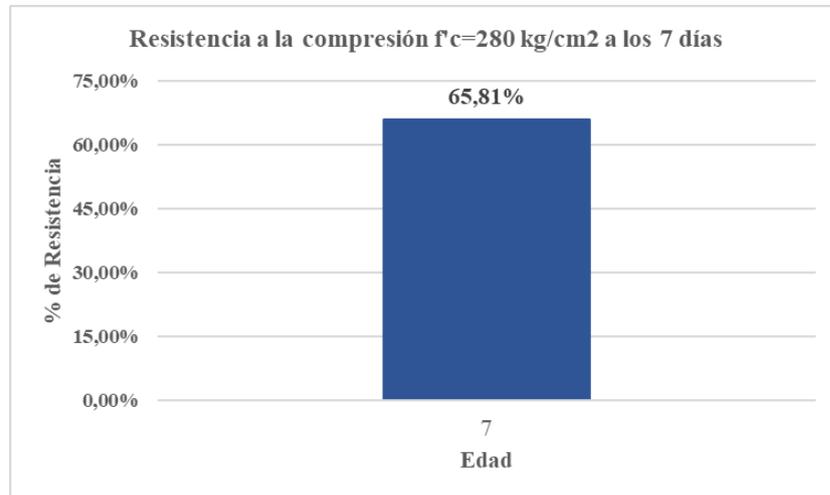


Figura 5. Porcentaje obtenido a los 7 días, probetas patrón $f'c=280$ kg/cm²

Análisis de resultados: En la tabla 30 se evidencia que las probetas patrón de forma cilíndrica, con una resistencia de 280 kg/cm² a los 7 días de curado, por medio del ensayo de compresión lograron alcanzar una resistencia promedio de 184.27 kg/cm². Este valor representa el 65.81% de la resistencia inicial, lo que indica la viabilidad de fabricar muestras utilizando la misma dosificación.

Límite inferior = 65% (182 kg/cm²)

Promedio = 70% (196 kg/cm²)

Límite Superior = 75% (210 kg/cm²)

Resistencia a la compresión a los 14 días probetas patrón $f'c=280$ kg/cm²

Después de alcanzar la resistencia requerida a los 7 días de curado, las probetas patrón fueron sometidas a un ensayo de compresión a los 14 días, tal como se detalla en la tabla siguiente. Este procedimiento ofreció información sobre su comportamiento y resistencia a compresión en etapas posteriores de su desarrollo.

Tabla 31. Resistencia a la compresión de probetas patrón a los 14 días $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD (PROBETAS PATRÓN)								
Número de probetas	Resistencia de probetas de prueba	Área (cm ²)	Carga P (Kn)	Carga P (Kg)	Esf. Compresión (kg/cm ²)	Esf. Compresión (kg/cm ²) promedio	Rangos (kg/cm ²)	
PAT-4	280 kg/cm ²	78,54	183,04	18664,59	233,10	233,73	224	lim. Infe
PAT-5		78,54	184,85	18849,15	235,40		238	promedio
PAT-6		78,54	184,85	18849,15	232,70		252	lim. Sup.

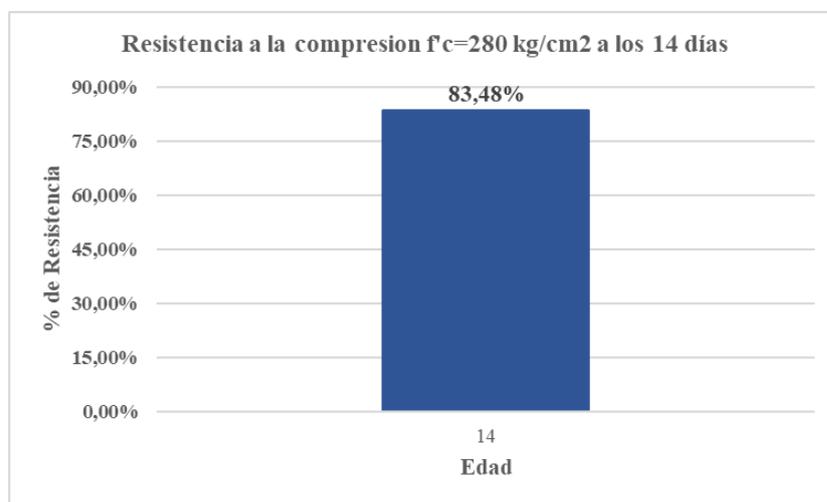


Figura 6. Porcentaje obtenido a los 14 días, probetas patrón $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia a la compresión a los 28 días probetas patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Después de transcurrir 28 días de curado, se llevó a cabo el último ensayo de compresión en las probetas patrón.

Este procedimiento representó la fase conclusiva del estudio en esta segunda dosificación, permitiendo la determinación final de la resistencia alcanzada por el hormigón después de su proceso de curación en los días transcurridos.

Tabla 32. Resistencia a la compresión de probetas patrón a los 28 días $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD (PROBETAS PATRÓN)								
Número de probetas	Resistencia de probetas de prueba	Área (cm ²)	Carga P (Kn)	Carga P (Kg)	Esf. Compresión (kg/cm ²)	Esf. Compresión (kg/cm ²) promedio	Rangos (kg/cm ²)	
PAT-7	280 kg/cm ²	78,54	211,62	21578,89	269,50	271,03	266	lim. Infe
PAT-8		78,54	214,65	21887,86	273,40		280	promedio
PAT-9		78,54	212,18	21635,99	270,20		294	lim. Sup.

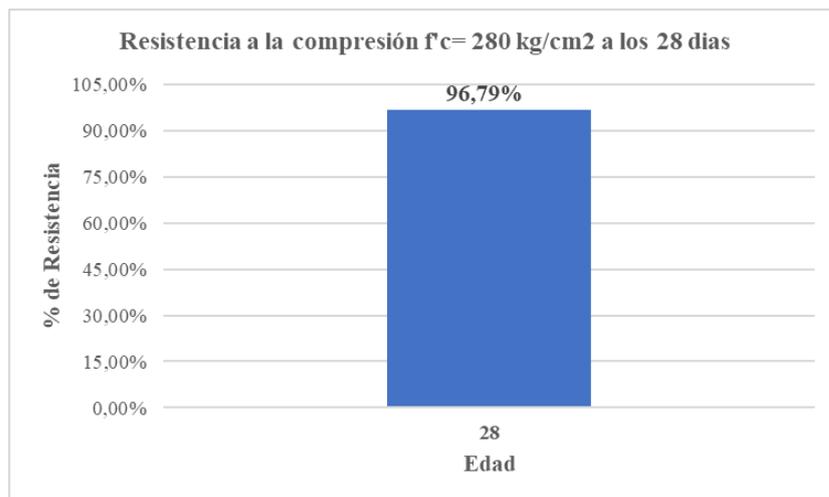


Figura 7. Porcentaje obtenido a los 14 días, probetas patrón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Análisis de resultados: En la tabla 32 se evidencia que las probetas patrón de forma cilíndrica, utilizadas para ser ensayadas y con una resistencia de 280 kg/cm^2 a los 28 días de curado, logran alcanzar una resistencia promedio de 271.03 kg/cm^2 . Este valor representa el 96.79% de la resistencia establecida en los valores a considerar.

Límite inferior = 95% (228 kg/cm^2)

Promedio = 100% (240 kg/cm^2)

Límite Superior = 105% (252 kg/cm^2)

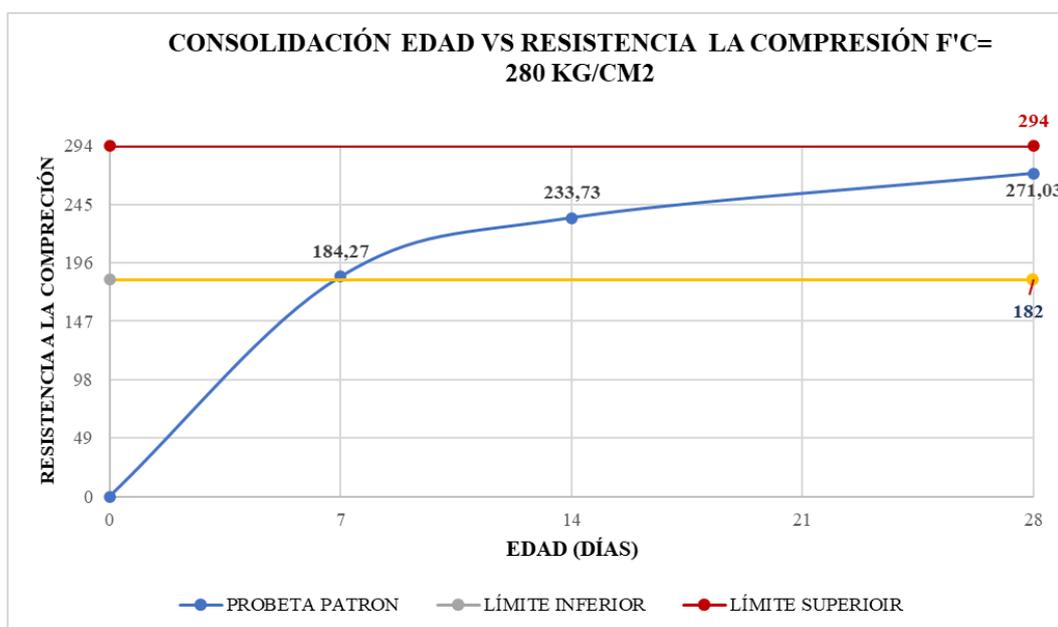


Figura 8. Consolidación de datos $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Análisis de resultados: Tras la obtención de los resultados, se observó que las resistencias obtenidas superaron los límites necesarios que la dosificación de 280 kg/cm² lo plantea. Los valores obtenidos en las resistencias a compresión en el respectivo gráfico consolidado de la figura 8 indican un rendimiento óptimo a lo largo de los períodos de prueba siendo estos 184.27 kg/cm² a los 7 días, 233.73 kg/cm² a los 14 días y 271.03 kg/cm² a los 28 días, respaldando la continuación del proceso. Por lo tanto, se confirma que las probetas cumplen con los requisitos para avanzar con la elaboración del remplazo de viruta propuesto

Los ensayos realizados a los 7, 14 y 28 días demostraron resultados satisfactorios para las dosificaciones de $f'c=240$ kg/cm² y 280 kg/cm², lo que confirmó la consistencia y calidad del proceso de fraguado y desarrollo del hormigón.

Estos hallazgos fueron fundamentales para la elaboración de muestras adicionales con distintos porcentajes de viruta metálica, con base en la confianza en los resultados obtenidos en las etapas de evaluación previas.

Elaboración de probetas con de viruta de acero en porcentaje de 5, 10 y 15%

El porcentaje empleado en la formulación de probetas de hormigón con la inclusión de virutas metálicas se determinó mediante un análisis fundamentado en la revisión de los antecedentes investigativos pertinentes.

Es crucial subrayar que las virutas metálicas se integraron en la fabricación de las probetas como parte constituyente del agregado fino. Se optó por utilizar diferentes proporciones de virutas metálicas, específicamente el 5%, 10% y 15% en relación al peso del agregado fino convencional, con el objetivo de explorar y evaluar cómo estas variaciones porcentuales impactan en las propiedades mecánicas y características físicas del hormigón resultante.

Este enfoque se basó en la comprensión profunda de estudios previos que han analizado la influencia de la presencia de virutas metálicas en la matriz del hormigón, permitiendo así una selección consciente de los porcentajes para la experimentación en las probetas y la subsiguiente evaluación de su desempeño estructural.

Viruta metálica adicionada en un 5% en probetas de hormigón de $f'c=240\text{kg/cm}^2$

La investigación se enfocó en ajustar la dosificación de las probetas de hormigón, manteniendo las proporciones generales, pero sustituyendo el agregado fino por un 5% de viruta metálica.

Este cambio en la composición buscó evaluar su efecto en las propiedades del hormigón., los cálculos respectivos a esta modificación se detallan en la tabla que será presentada, mostrando la inclusión de viruta metálica en la dosificación de las probetas.

Tabla 33. Resumen de dosificación de hormigón para probetas $f'c= 240\text{kg/cm}^2$ con 5% de viruta metálica

Material	Cantidad Corregida Dosificación de hormigón para cilindros (Kg)	Dosificación Total (Kg)	
W	3,08	15,42	Litros
C	4,72	23,62	Kg
A	12,84	64,22	Kg
R	15,46	77,31	Kg
VM	0,676	3,38	Kg

Viruta metálica adicionada en un 10% en probetas de hormigón de $f'c=240\text{kg/cm}^2$

De igual forma se ajustó la dosificación de las probetas de hormigón, manteniendo la misma proporción, pero sustituyendo el agregado fino por un 10% de viruta metálica. Los cálculos a esta modificación se detallan en la tabla presentada a continuación.

Tabla 34. Resumen de dosificación de hormigón para probetas $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con 10% de viruta metálica

Material	Cantidad Corregida Dosificación de hormigón para cilindros (Kg)	Dosificación Total (Kg)	
W	3,08	15,42	Litros
C	4,72	23,62	Kg
A	12,17	60,84	Kg
R	15,46	77,31	Kg
VM	1,352	6,76	Kg

Viruta metálica adicionada en un 15% en probetas de hormigón de $f'c=240\text{kg/cm}^2$

Como ultimo porcentaje añadido se ajustó la dosificación de las probetas de hormigón, manteniendo la proporción general, pero reemplazando completamente el agregado fino por un 15% de viruta metálica. Los cálculos pertinentes a este cambio se detallan en la tabla adjunta.

Tabla 35. Resumen de dosificación de hormigón para probetas $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$ con 15% de viruta metálica

Material	Cantidad Corregida Dosificación de hormigón para cilindros (Kg)	Dosificación Total (Kg)	
W	3,08	15,42	Litros
C	4,72	23,62	Kg
A	11,49	57,46	Kg
R	15,46	77,31	Kg
VM	2,028	10,14	Kg

Viruta metálica adicionada en un 5% en probetas de hormigón de $f'c=280\text{kg/cm}^2$

De igual forma que en la dosificación anterior se realizó una probeta añadiendo el 5% de viruta metálica sustituyéndolo como árido fino, los cálculos se lo muestran en la tabla de resumen de dosificación que se presenta a continuación.

Tabla 36. Resumen de dosificación de hormigón para probetas $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con 5% de viruta metálica

Material	Cantidad Corregida Dosificación de hormigón para cilindros (Kg)	Dosificación Total (Kg)	
W	3,01	15,05	Litros
C	4,94	24,69	Kg
A	12,84	64,22	Kg
R	15,46	77,31	Kg
VM	0,676	3,38	Kg

Viruta metálica adicionada en un 10% en probetas de hormigón de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

De igual forma que en la dosificación anterior, se ajustó la dosificación de las probetas de hormigón, manteniendo la misma proporción, pero sustituyendo el agregado fino por un 10% de viruta metálica. Los cálculos a esta modificación se detallan en la tabla presentada a continuación.

Tabla 37. Resumen de dosificación de hormigón para probetas $f'c=280$ kg/cm² con 10% de viruta metálica

Material	Cantidad Corregida Dosificación de hormigón para cilindros (Kg)	Dosificación Total (Kg)	
W	3,01	15,05	Litros
C	4,94	24,69	Kg
A	12,17	60,84	Kg
R	15,46	77,31	Kg
VM	1,352	6,76	Kg

Viruta metálica adicionada en un 15% en probetas de hormigón de $f'c=280$ kg/cm²

Como ultimo porcentaje añadido se ajustó la dosificación de las probetas de hormigón, manteniendo la proporción general, pero reemplazando completamente el agregado fino por un 15% de viruta metálica. Los cálculos pertinentes a este cambio se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 38. Resumen de dosificación de hormigón para probetas $f'c=280$ kg/cm² con 15% de viruta metálica

Material	Cantidad Corregida Dosificación de hormigón para cilindros (Kg)	Dosificación Total (Kg)	
W	3,01	15,05	Litros
C	4,94	24,69	Kg
A	11,49	57,46	Kg
R	15,46	77,31	Kg
VM	2,028	10,14	Kg

Propiedades en estado fresco del hormigón tradicional y con viruta metálica

Trabajabilidad, Asentamiento, Homogeneidad y Consistencia

La tabla 39 exhibe los resultados obtenidos de las propiedades en su estado fresco de las probetas patrón y probetas con viruta metálica.

Tabla 39. Propiedades del hormigón fresco.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”					
LUGAR: LABORATORIO FICM		NORMA: NTE INEN 1578- ASTM C138, C143			
FECHA: 08/11/2023		ENSAYADO POR: ACOSTA VILLACRES EDWIN MANUEL			
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO F'C = 240 KG/CM2					
PROPIEDADES	PATRÓN	PORCENTAJE DE VIRUTA METÁLICA			
DENOMINACIÓN	-	5%	10%	15%	
TRABAJABILIDAD	B	B	B	B	
ASENTAMIENTO (cm)	6,5	6,5	6,5	6,5	
HOMOGENEIDAD	MB	MB	MB	MB	
CONSISTENCIA	Blanda	Blanda	Blanda	Blanda	
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO F'C = 280 KG/CM2					
PROPIEDADES	PATRÓN	PORCENTAJE DE VIRUTA METÁLICA			
DENOMINACIÓN	-	5%	10%	15%	
TRABAJABILIDAD	B	B	B	B	
ASENTAMIENTO (cm)	6,5	6,5	6,5	6,5	
HOMOGENEIDAD	MB	MB	MB	MB	
CONSISTENCIA	Blanda	Blanda	Blanda	Blanda	

Análisis de resultados: para las dos dosificaciones realizadas se evaluaron las propiedades en estado fresco en las probetas patrón, que mostraron una excelente trabajabilidad (B) con un asentamiento de 6.50 cm y una homogeneidad (MB) muy satisfactoria. De igual forma, en los cilindros con diferentes porcentajes de viruta metálica (5%, 10% y 15%), se observó una buena trabajabilidad (B) con un asentamiento de 6.50 cm y una homogeneidad (MB) muy buena. En todas las muestras, tanto las probetas con de viruta metálica como las probetas patrón, se determinó que la consistencia era blanda.

Densidad del hormigón en estado fresco

Tabla 40 Densidad del hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ en estado fresco.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”							
LUGAR: LABORATORIO FICM				NORMA: NTE INEN 1579- ASTM C138			
FECHA: 08/11/2023				ENSAYADO POR: ACOSTA VILLACRES EDWIN			
DENSIDAD DEL HORMIGON F'C= 240KG/CM2 EN ESTADO FRESCO							
Numero de cilindro	% de viruta metalica	Peso cilindro (Kg)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Densidad promedio (kg/m3)
PAT-1	PATRÓN	3,524	10	20	0,00016	22434,48	23254,31
PAT-2		3,546	10	20	0,00016	22574,54	
PAT-3		3,561	10	20	0,00016	22670,03	
PAT-4		3,492	10	20	0,00016	22230,76	
PAT-5		3,532	10	20	0,00016	22485,41	
PAT-6		3,544	10	20	0,00016	22561,80	
PAT-7		3,872	10	20	0,00016	24649,92	
PAT-8		3,910	10	20	0,00016	24891,83	
PAT-9		3,894	10	20	0,00016	24789,97	
PVM-1.5	5	3,574	10	20	0,00016	22752,79	23516,73
PVM-2.5		3,593	10	20	0,00016	22873,75	
PVM-3.5		3,585	10	20	0,00016	22822,82	
PVM-4.5		3,620	10	20	0,00016	23045,64	
PVM-5.5		3,549	10	20	0,00016	22593,64	
PVM-6.5		3,533	10	20	0,00016	22491,78	
PVM-7.5		3,789	10	20	0,00016	24121,52	
PVM-8.5		4,097	10	20	0,00016	26082,31	
PVM-9.5		3,906	10	20	0,00016	24866,37	
PVM-1.10	10	3,552	10	20	0,00016	22612,73	23564,83
PVM-2.10		3,651	10	20	0,00016	23242,99	
PVM-3.10		3,550	10	20	0,00016	22600,00	
PVM-4.10		3,575	10	20	0,00016	22759,16	
PVM-5.10		3,575	10	20	0,00016	22759,16	
PVM-6.10		3,818	10	20	0,00016	24306,14	
PVM-7.10		3,893	10	20	0,00016	24783,61	
PVM-8.10		3,900	10	20	0,00016	24828,17	
PVM-9.10		3,800	10	20	0,00016	24191,55	
PVM-1.15	15	3,527	10	20	0,00016	22453,58	23325,75
PVM-2.15		3,533	10	20	0,00016	22491,78	
PVM-3.15		3,549	10	20	0,00016	22593,64	
PVM-4.15		3,537	10	20	0,00016	22517,24	
PVM-5.15		3,503	10	20	0,00016	22300,79	
PVM-6.15		3,739	10	20	0,00016	23803,21	
PVM-7.15		3,845	10	20	0,00016	24478,03	
PVM-8.15		3,913	10	20	0,00016	24910,93	
PVM-9.15		3,830	10	20	0,00016	24382,54	

Tabla 41 Densidad del hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en estado fresco

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”							
LUGAR: LABORATORIO FICM				NORMA: NTE INEN 1579- ASTM C138			
FECHA: 08/11/2023				ENSAYADO POR: ACOSTA VILLACRES EDWIN			
DENSIDAD DEL HORMIGÓN $F'c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN ESTADO FRESCO							
Numero de cilindro	% de viruta metálica	Peso cilindro (Kg)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Densidad promedio (kg/m3)
PAT-1	PATRÓN	3,519	10	20	0,00016	22402,65	23258,55
PAT-2		3,901	10	20	0,00016	24834,54	
PAT-3		3,883	10	20	0,00016	24719,95	
PAT-4		3,907	10	20	0,00016	24872,73	
PAT-5		3,518	10	20	0,00016	22396,28	
PAT-6		3,522	10	20	0,00016	22421,75	
PAT-7		3,518	10	20	0,00016	22396,28	
PAT-8		3,549	10	20	0,00016	22593,64	
PAT-9		3,564	10	20	0,00016	22689,13	
PVM-1.5	5	3,522	10	20	0,00016	22421,75	23441,75
PVM-2.5		3,914	10	20	0,00016	24917,30	
PVM-3.5		3,927	10	20	0,00016	25000,06	
PVM-4.5		3,924	10	20	0,00016	24980,96	
PVM-5.5		3,538	10	20	0,00016	22523,61	
PVM-6.5		3,563	10	20	0,00016	22682,76	
PVM-7.5		3,575	10	20	0,00016	22759,16	
PVM-8.5		3,596	10	20	0,00016	22892,85	
PVM-9.5		3,581	10	20	0,00016	22797,35	
PVM-1.10	10	3,530	10	20	0,00016	22472,68	23305,24
PVM-2.10		3,884	10	20	0,00016	24726,31	
PVM-3.10		3,904	10	20	0,00016	24853,64	
PVM-4.10		3,908	10	20	0,00016	24879,10	
PVM-5.10		3,545	10	20	0,00016	22568,17	
PVM-6.10		3,553	10	20	0,00016	22619,10	
PVM-7.10		3,551	10	20	0,00016	22606,37	
PVM-8.10		3,515	10	20	0,00016	22377,18	
PVM-9.10		3,557	10	20	0,00016	22644,57	
PVM-1.15	15	3,650	10	20	0,00016	23236,62	23286,84
PVM-2.15		3,875	10	20	0,00016	24669,02	
PVM-3.15		3,804	10	20	0,00016	24217,02	
PVM-4.15		3,598	10	20	0,00016	22905,58	
PVM-5.15		3,588	10	20	0,00016	22841,92	
PVM-6.15		3,605	10	20	0,00016	22950,14	
PVM-7.15		3,598	10	20	0,00016	22905,58	
PVM-8.15		3,592	10	20	0,00016	22867,38	
PVM-9.15		3,611	10	20	0,00016	22988,34	

Análisis de resultados: En la Tabla 41 se detallan las densidades en estado fresco de las probetas patrón y las probetas con inclusiones de viruta metálica al 5%, 10% y 15%, todas con una dosificación de 240 kg/cm². Los resultados fueron: 23254.3 kg/m³ para las probetas estándar, 23516.71 kg/m³ para el 5% de viruta metálica, 23564.83 kg/m³ para el 10% y 23325.75 kg/m³ para el 15%.

En tabla, se muestran las densidades en estado fresco de las probetas patrón y con inclusiones de viruta metálica al 5%, 10% y 15%, todas con una dosificación de 280 kg/cm². Los resultados fueron: 23258.551 kg/m³ para las probetas patrón, 23441.75 kg/m³ para el 5% de viruta metálica, 23305.24 kg/m³ para el 10% y 23286.84 kg/m³ para el 15%.

Los valores de densidad en las mezclas de hormigón varían entre 23258.55 kg/m³ y 23441.75 kg/m³, manteniéndose dentro del rango establecido por la normativa ACI 318-19 para el hormigón convencional.

Resistencia a la compresión en probetas $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$ con viruta metálica en 5, 10 y 15%

Se llevaron a cabo ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días en las probetas de hormigón incorporando viruta metálica. Estos ensayos se realizaron para evaluar la resistencia a la compresión de las muestras a diferentes edades de curado. Se midieron los valores de resistencia para determinar la influencia de la presencia de virutas metálicas en el desarrollo de la resistencia mecánica del material compuesto, proporcionando así información crucial sobre la viabilidad y efectividad de esta adición en la mejora de las propiedades del hormigón en esta dosificación.

Tabla 42. Resistencia a la compresión a los 7 días.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”								
LUGAR: LABORATORIO FICM				NORMA: NTE INEN 1573				
FECHA: 28/11/2023				ENSAYADO POR: ACOSTA VILLACRES EDWIN MANUEL				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'C= 240 KG/CM2 A LOS 7 DIAS DE EDAD								
Número de cilindros	% de viruta metálica	Área (cm)	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Esf. Compresión (kg/cm2)	Esf. Compresión (kg/cm2) Promedio	Rangos (kg/cm2)	
PAT-1	Patrón	78,54	131,06	13364,19	166,90	164,43	156	lim. Infe.
PAT-2		78,54	127,06	12956,31	161,80		168	promedio
PAT-3		78,54	129,26	13180,64	164,60		180	lim. Sup.
PVM-1.5	5	78,54	105,68	10776,1896	134,60	129,6	156	lim. Infe.
PVM-2.5		78,54	96,1	9799,317	122,40		168	promedio
PVM-3.5		78,54	103,48	10551,8556	131,80		180	lim. Sup.
PVM-1.10	10	78,54	55,56	5665,4532	70,70	70,78	156	lim. Infe.
PVM-2.10		78,54	55,36	5645,0592	70,45		168	promedio
PVM-3.10		78,54	55,95	5705,2215	71,20		180	lim. Sup.
PVM-1.15	15	78,54	46,01	4691,6397	58,60	66,30	156	lim. Infe.
PVM-2.15		78,54	52,21	5323,8537	66,5		168	promedio
PVM-3.15		78,54	57,94	5908,1418	73,80		180	lim. Sup.

Análisis de resultados: En la Tabla 42 se aprecia que la resistencia a compresión que entran en el rango de valores para una resistencia de 240 kg/cm² a los 7 días es para las probetas patrón, sin embargo, estos rangos no cumplen para los porcentajes planteados teniendo al 5 % viruta metálica un valor de 129.6 kg/cm², para el 10% un valor de 70.78 kg/cm² y como ultimo porcentaje del 15% se obtuvo un valor de 66.30%.

Estos porcentajes se encuentran en un valor por debajo de los rangos que la dosificación $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ lo permiten.

Límite inferior = 65% (156kg/cm²)

Promedio = 70% (168kg/cm²)

Límite Superior = 75% (180 kg/cm²)

Tabla 43. Resistencia a la compresión a los 14 días.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”								
LUGAR: LABORATORIO FICM				NORMA: NTE INEN 1573				
FECHA: 05/12/2023				ENSAYADO POR: ACOSTA VILLACRES EDWIN MANUEL				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'C= 240 KG/CM2 A LOS 14 DIAS DE EDAD								
Número de cilindros	% de viruta metálica	Área (cm)	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Esf. Compresión (kg/cm2)	Esf. Compresión (kg/cm2)	Rangos (kg/cm2)	
PAT-4	Patrón	78,54	155,33	15839,00	197,8	201,87	192	lim. Infe.
PAT-5		78,54	163,74	16696,57	208,5		204	promedio
PAT-6		78,54	156,51	15959,32	199,3		216	lim. Sup.
PVM-4.5	5	78,54	150,01	15296,52	190,9	191,60	192	lim. Infe.
PVM-5.5		78,54	151,35	15433,16	192,6		204	promedio
PVM-6.5		78,54	150,33	15329,15	191,3		216	lim. Sup.
PVM-4.10	10	78,54	96,25	9814,61	122,5	121,92	192	lim. Infe.
PVM-5.10		78,54	94,64	9650,44	120,45		204	promedio
PVM-6.10		78,54	96,49	9839,09	122,8		216	lim. Sup.
PVM-4.15	15	78,54	69,75	7112,41	88,76	88,85	192	lim. Infe.
PVM-5.15		78,54	69,39	7075,70	88,3		204	promedio
PVM-6.15		78,54	70,33	7171,55	89,5		216	lim. Sup.

Análisis de resultados: transcurrido el tiempo en la tabla 43 se aprecia que la resistencia a compresión que entran en el rango de valores para una resistencia de 240 kg/cm² a los 14 días para las probetas patrón es 201.87 k kg/cm², por otro lado para el porcentaje de 5% de viruta metálica con una mínima diferencia al rango que es para esta dosificación presenta un valor de 191.60 kg/cm², esto por otra parte para el porcentaje de 10% de viruta metálica presenta un valor de 121.92 kg/cm² y para el porcentaje de 15% es de 88.85 kg/cm² estos dos últimos porcentajes obtuvieron valores demasiado alejados del rango del límite que esta dosificación lo permite.

Límite inferior = 80% (192 kg/cm²)

Promedio = 85% (204 kg/cm²)

Límite Superior = 90% (216 kg/cm²)

Tabla 44. Resistencia a la compresión a los 28 días.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”								
LUGAR: LABORATORIO FICM				NORMA: NTE INEN 1573				
FECHA: 19/12/2023				ENSAYADO POR: ACOSTA VILLACRES EDWIN MANUEL				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'C= 240 KG/CM2 A LOS 28 DIAS DE EDAD								
Número de cilindros	% de viruta metálica	Área (cm)	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Esf. Compresión (kg/cm2)	Esf. Compresión (kg/cm2)	Rangos (kg/cm2)	
PAT-7	Patrón	78,54	184,82	18846,10	235,4	238,1	228	lim. Infe.
PAT-8		78,54	187,45	19114,28	238,7		240	promedio
PAT-9		78,54	188,79	19250,92	240,2		252	lim. Sup.
PVM-7.5	5	78,54	179,01	18253,65	227,8	228,27	228	lim. Infe.
PVM-8.5		78,54	179,64	18317,89	228,6		240	promedio
PVM-9.5		78,54	179,32	18285,26	228,4		252	lim. Sup.
PVM-7.10	10	78,54	112,99	11521,59	143,8	143,40	228	lim. Infe.
PVM-8.10		78,54	112,41	11462,45	143,06		240	promedio
PVM-9.10		78,54	112,63	11484,88	143,35		252	lim. Sup.
PVM-7.15	15	78,54	72,32	7374,47	92,03	92,97	228	lim. Infe.
PVM-8.15		78,54	73,33	7477,46	93,32		240	promedio
PVM-9.15		78,54	73,53	7497,85	93,57		252	lim. Sup.

Análisis de resultados: Por último en la tabla 44 se presenta la resistencia a compresión que entran en el rango de valores para una resistencia de 240 kg/cm² a los 28 días para las probetas patrón un valor de 238.10 kg/cm² para el porcentaje de viruta metálica en un 5% es de 228.27 kg/cm² este valor entra en el rango para cumplir la resistencia que la dosificación lo permite, por otro lado para el 10% de viruta metálica es de 143.40 kg/cm²; para el 15% tiene un valor de 97.27 kg/cm² estos dos últimos porcentajes se encuentran por debajo del límite de rangos que la dosificación lo permite

Límite inferior = 95% (228 kg/cm²)

Promedio = 100% (240 kg/cm²)

Límite Superior = 105% (252 kg/cm²).

Resistencia a la compresión en probetas f'c= 280 kg/cm² con viruta metálica en 5, 10 y 15%

De igual forma a la dosificación anterior, se llevó a cabo ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días utilizando una dosificación de 280 kg/cm². El propósito fue discernir y evaluar posibles disparidades entre ambas dosificaciones en términos de su resistencia a la compresión.

Tabla.45 Resistencia a la compresión a los 7 días

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”								
LUGAR: LABORATORIO FICM				NORMA: NTE INEN 1573				
FECHA: 28/11/2023				ENSAYADO POR: ACOSTA VILLACRES EDWIN MANUEL				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'C= 280 KG/CM2 A LOS 7 DIAS DE EDAD								
Número de cilindros	% de viruta metálica	Área (cm)	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Esf. Compresión (kg/cm2)	Esf. Compresión (kg/cm2) Promedio	Rangos (kg/cm2)	
PAT-1	Patrón	78,54	145,75	14862,13	185,6	184,27	182	lim. Infe.
PAT-2		78,54	144,82	14767,30	184,42		196	promedio
PAT-3		78,54	143,55	14637,79	182,8		210	lim. Sup.
PVM-1.5	5	78,54	151,90	15489,24	190,40	191,19	182	lim. Infe.
PVM-2.5		78,54	150,27	15323,03	191,22		196	promedio
PVM-3.5		78,54	150,84	15381,15	191,95		210	lim. Sup.
PVM-1.10	10	78,54	113,92	11616,42	145,10	144,27	182	lim. Infe.
PVM-2.10		78,54	112,84	11506,29	143,72		196	promedio
PVM-3.10		78,54	113,04	11526,69	143,98		210	lim. Sup.
PVM-1.15	15	78,54	81,66	8326,87	103,92	102,30	182	lim. Infe.
PVM-2.15		78,54	79,46	8102,54	101,12		196	promedio
PVM-3.15		78,54	80,05	8162,70	101,87		210	lim. Sup.

Análisis de resultados: En la Tabla 45 se aprecia que la resistencia a compresión que entran en el rango de valores para una resistencia de 280 kg/cm² a los 7 días es para las probetas patrón con un valor de 184.27 y el porcentaje del 5 % viruta metálica un valor de 191.19 kg/cm², sin embargo, estos rangos no cumplen para el 10% un valor de 144.27 kg/cm² y como ultimo porcentaje del 15% se obtuvo un valor de 102.30%.

Estos dos últimos porcentajes se encuentran en un valor por debajo de los rangos que la dosificación f'c= 280 kg/cm² lo permiten.

Límite inferior = 65% (182kg/cm²)

Promedio = 70% (196g/cm²)

Límite Superior = 75% (210kg/cm²)

Tabla 46. Resistencia a la compresión a los 14 días

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”								
LUGAR: LABORATORIO FICM				NORMA: NTE INEN 1573				
FECHA: 05/12/2023				ENSAYADO POR: ACOSTA VILLACRES EDWIN MANUEL				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'C= 280 KG/CM2 A LOS 14 DIAS DE EDAD								
Número de cilindros	% de viruta metálica	Área (cm)	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Esf. Compresión (kg/cm2)	Esf. Compresión (kg/cm2)	Rangos (kg/cm2)	
PAT-4	Patrón	78,54	183,04	18664,59	233,1	233,73	224	lim. Infe.
PAT-5		78,54	184,85	18849,15	235,4		238	promedio
PAT-6		78,54	184,85	18849,15	232,7		252	lim. Sup.
PVM-4.5	5	78,54	193,71	19752,61	246,73	247,96	224	lim. Infe.
PVM-5.5		78,54	194,95	19879,05	248,3		238	promedio
PVM-6.5		78,54	195,38	19922,90	248,85		252	lim. Sup.
PVM-4.10	10	78,54	125,40	12787,04	159,60	158,97	224	lim. Infe.
PVM-5.10		78,54	124,48	12693,23	158,43		238	promedio
PVM-6.10		78,54	124,83	12728,92	158,87		252	lim. Sup.
PVM-4.15	15	78,54	88,36	9010,0692	112,45	112,56	224	lim. Infe.
PVM-5.15		78,54	88,69	9043,7193	112,86		238	promedio
PVM-6.15		78,54	88,3	9003,951	112,37		252	lim. Sup.

Análisis de resultados: transcurrido el tiempo en la tabla 46 se aprecia que la resistencia a compresión que entran en el rango de valores para una resistencia de 240 kg/cm² a los 14 días son para las probetas patrón teniendo un valor de 233.73 k kg/cm² y para las probetas con el 5% de viruta metálica el cual presenta un valor de 247.96 kg/cm², esto por otra parte para el porcentaje de 10% de viruta metálica presenta un valor de 158.97 kg/cm² y para el porcentaje de 15% es de 112.56 kg/cm² estos dos últimos porcentajes obtuvieron valores alejados del rango del límite que esta dosificación lo permite.

Límite inferior = 80% (224 kg/cm²)

Promedio = 85% (238 kg/cm²)

Límite Superior = 90% (252 kg/cm²)

Tabla 47. Resistencia a la compresión a los 28 días.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE VIRUTAS METÁLICAS Y UN HORMIGÓN CON MATERIALES TRADICIONALES”								
LUGAR: LABORATORIO FICM				NORMA: NTE INEN 1573				
FECHA: 19/12/2023				ENSAYADO POR: ACOSTA VILLACRES EDWIN MANUEL				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'C= 280 KG/CM2 A LOS 28 DIAS DE EDAD								
Número de cilindros	% de viruta metálica	Área (cm)	Carga P (KN)	Carga P (Kg)	Esf. Compresión (kg/cm2)	Esf. Compresión (kg/cm2)	Rangos (kg/cm2)	
PAT-7	Patrón	78,54	211,62	21578,89	269,5	271,03	266	lim. Infe.
PAT-8		78,54	214,65	21887,86	273,4		280	promedio
PAT-9		78,54	212,18	21635,99	270,2		294	lim. Sup.
PVM-7.5	5	78,54	249,83	25475,17	318,20	317,69	266	lim. Infe.
PVM-8.5		78,54	249,32	25423,16	317,56		280	promedio
PVM-9.5		78,54	249,12	25402,77	317,31		294	lim. Sup.
PVM-7.10	10	78,54	211,62	21578,89	178,1	178,55	266	lim. Infe.
PVM-8.10		78,54	214,65	21887,86	178,56		280	promedio
PVM-9.10		78,54	212,18	21635,99	178,98		294	lim. Sup.
PVM-7.15	15	78,54	97,30	9921,68	123,82	123,90	266	lim. Infe.
PVM-8.15		78,54	97,41	9932,90	123,96		280	promedio
PVM-9.15		78,54	97,37	9928,82	123,91		294	lim. Sup.

Análisis de resultados: Por ultimo en la tabla 47 se presenta la resistencia a compresión que entran en el rango de valores para una resistencia de 240 kg/cm² a los 28 días para las probetas patrón un valor de 238.10 kg/cm² por otro lado para el porcentaje de viruta metálica en un 5% es de 317.69 kg/cm² este valor sobre pasa en el rango de la resistencia que la dosificación lo permite, por otro lado para el 10% de viruta metálica es de 178.55 kg/cm²; para el 15% tiene un valor de 123.90 kg/cm² estos dos últimos porcentajes se encuentran por debajo del límite de rangos que la dosificación lo permite

Límite inferior = 95% (266 kg/cm²)

Promedio = 100% (280 kg/cm²)

Límite Superior = 105% (294 kg/cm²).

Comparación de resistencias a compresión entre el hormigón tradicional f'c= 240 kg/cm² y el hormigón con viruta metálica en porcentaje de 5%, 10% y 15%

En la siguiente tabla y grafica comparativas se presentan las resistencias alcanzadas a los 7 días y su valor porcentual con relación al rango de diseño para 240 kg/cm² que tiene como rango el 65% al 75% de su resistencia.

Tabla 48. Hormigón tradicional $f'c=240$ kg/cm² vs viruta metálica a los 7 días.

HORMIGÓN TRADICIONAL F'C= 240 KG/CM2 VS VIRUTA METALICA			
PROBETA PATRÓN	5% DE VIRUTA METÁLICA	10% DE VIRUTA METÁLICA	15% DE VIRUTA METÁLICA
Resistencia kg/cm ²	Resistencia kg/cm ²	Resistencia kg/cm ²	Resistencia kg/cm ²
164,43	129,60	70,78	66,30
68,51%	54,00%	29,49%	27,63%

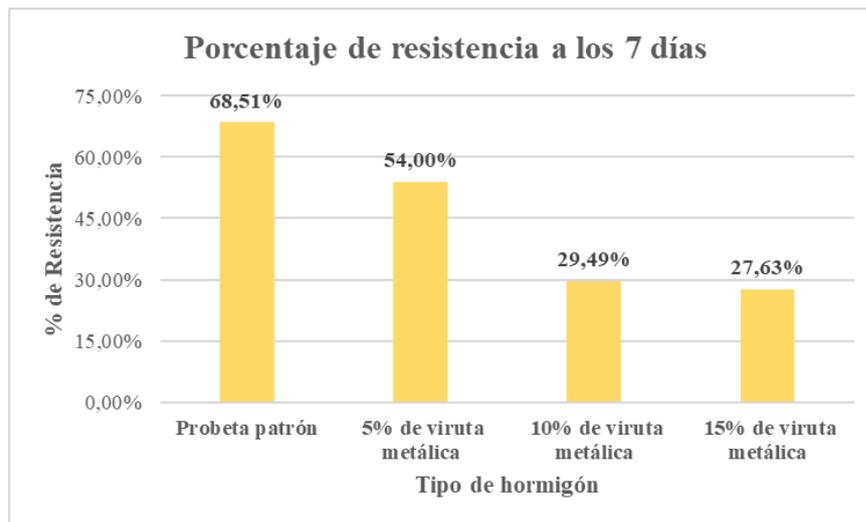


Figura 9. Porcentaje de resistencia a los 7 días

En tabla y el gráfico comparativo presentados se exhiben las resistencias logradas tras 14 días, expresadas en porcentajes con respecto al rango de diseño de 240 kg/cm², el cual abarca del 80% al 90% de la resistencia esperada.

Tabla 49. Hormigón tradicional $f'c=240$ kg/cm² vs viruta metálica a los 14 días.

HORMIGÓN TRADICIONAL F'C= 240 KG/CM2 VS VIRUTA METALICA			
PROBETA PATRÓN	5% DE VIRUTA METÁLICA	10% DE VIRUTA METÁLICA	15% DE VIRUTA METÁLICA
Resistencia kg/cm ²	Resistencia kg/cm ²	Resistencia kg/cm ²	Resistencia kg/cm ²
201,87	191,60	121,92	88,85
84,11%	79,83%	50,80%	37,02%

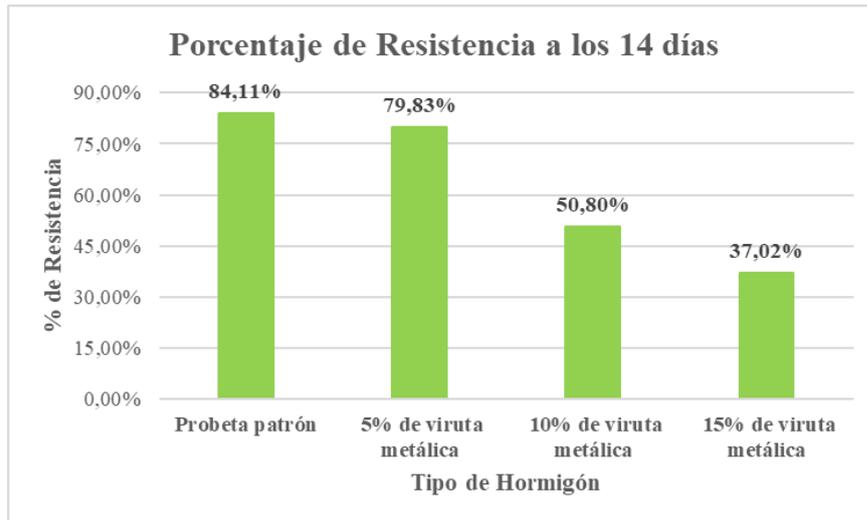


Figura 10. Porcentaje de resistencia a los 7 días

En tabla y el gráfico comparativo presentados se exhiben las resistencias logradas tras 28 días, expresadas en porcentajes con respecto al rango de diseño de 240 kg/cm², el cual abarca del 95% al 105% de la resistencia esperada.

Tabla 50. Hormigón tradicional $f'c=240$ kg/cm² vs viruta metálica a los 28 días.

HORMIGÓN TRADICIONAL F'C= 240 KG/CM2 VS VIRUTA METALICA			
PROBETA PATRÓN	5% DE VIRUTA METÁLICA	10% DE VIRUTA METÁLICA	15% DE VIRUTA METÁLICA
Resistencia kg/cm ²	Resistencia kg/cm ²	Resistencia kg/cm ²	Resistencia kg/cm ²
238,10	228,27	143,40	92,97
99,21%	95,29%	59,75%	38,74%

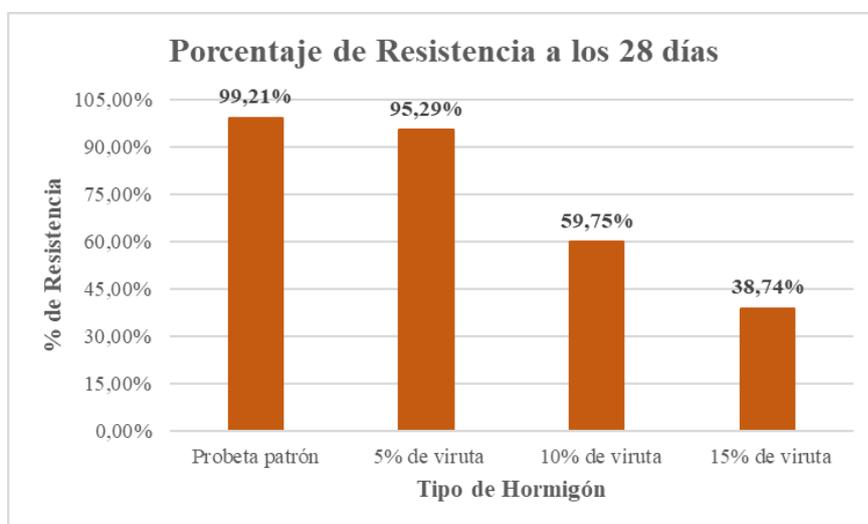


Figura 11. Porcentaje de resistencia a los 28 días

Comparación de resistencias a compresión entre el hormigón tradicional $f'c=280$ kg/cm² y el hormigón con viruta metálica en porcentaje de 5%, 10% y 15%

En la siguiente tabla y grafica comparativas al igual que la dosificación anterior, se presentan las resistencias alcanzadas a los 7 días y su valor porcentual con relación al rango de diseño para 280 kg/cm² que tiene como rango el 65% al 75% de su resistencia.

Tabla 51. Hormigón tradicional $f'c=280$ kg/cm² vs viruta metálica a los 7 días.

HORMIGÓN TRADICIONAL F'C= 280 KG/CM2 VS VIRUTA METALICA			
PROBETA PATRÓN	5% DE VIRUTA METÁLICA	10% DE VIRUTA METÁLICA	15% DE VIRUTA METÁLICA
Resistencia kg/cm²	Resistencia kg/cm²	Resistencia kg/cm²	Resistencia kg/cm²
184,27	191,19	144,27	102,30
65,81%	68,28%	51,53%	36,54%

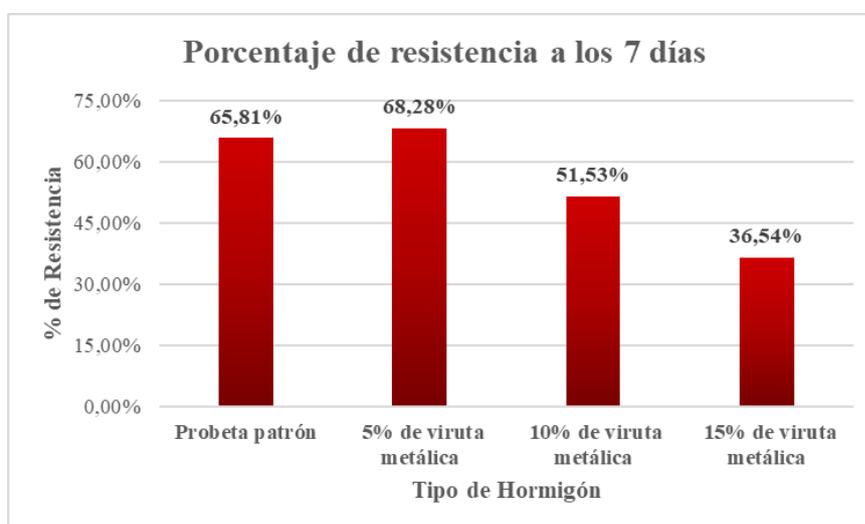


Figura 12. Porcentaje de resistencia a los 7 días

En tabla y el gráfico comparativo presentados se exhiben las resistencias logradas tras 14 días, expresadas en porcentajes con respecto al rango de diseño de 280 kg/cm², el cual abarca del 80% al 90% de la resistencia esperada.

Tabla 52. Hormigón tradicional $f'c=280$ kg/cm² vs viruta metálica a los 14 días.

HORMIGÓN TRADICIONAL F'C= 280 KG/CM2 VS VIRUTA METALICA			
PROBETA PATRÓN	5% DE VIRUTA METÁLICA	10% DE VIRUTA METÁLICA	15% DE VIRUTA METÁLICA
Resistencia kg/cm²	Resistencia kg/cm²	Resistencia kg/cm²	Resistencia kg/cm²
233,73	247,96	158,97	112,56
83,48%	88,56%	56,78%	40,20%

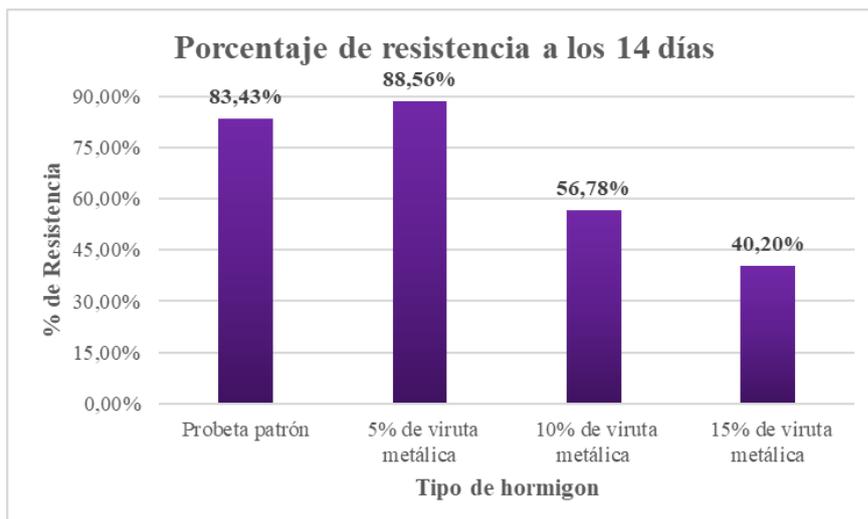


Figura 13. Porcentaje de resistencia a los 14 días

En tabla y el gráfico comparativo presentados se exhiben las resistencias logradas tras 28 días, expresadas en porcentajes con respecto al rango de diseño de 280 kg/cm², el cual abarca del 95% al 105% de la resistencia esperada.

Tabla 53. Hormigón tradicional $f'c=280$ kg/cm² vs viruta metálica a los 28 días

HORMIGÓN TRADICIONAL F'C= 280 KG/CM2 VS VIRUTA METALICA			
PROBETA PATRÓN	5% DE VIRUTA METÁLICA	10% DE VIRUTA METÁLICA	15% DE VIRUTA METÁLICA
Resistencia kg/cm2	Resistencia kg/cm2	Resistencia kg/cm2	Resistencia kg/cm2
271,03	317,69	178,55	123,90
96,79%	113,46%	63,77%	44,25%

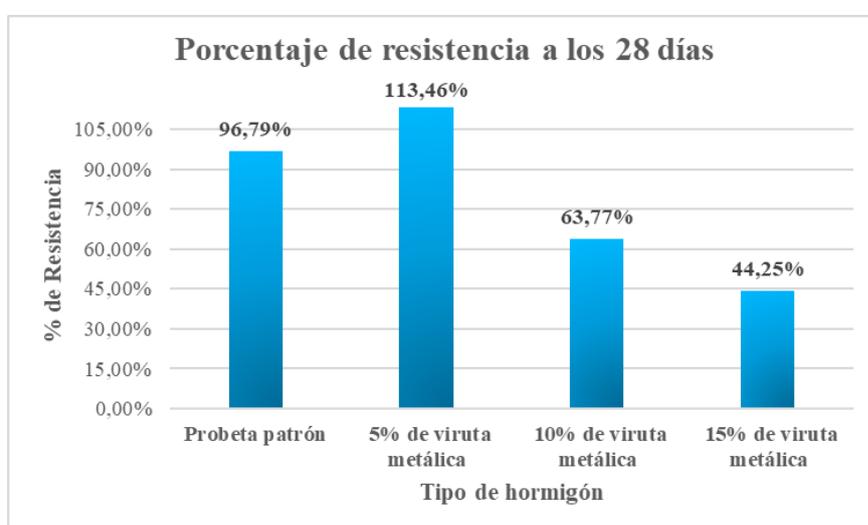


Figura 14. Porcentaje de resistencia a los 28 días

Resistencia del hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ vs % de viruta metálica

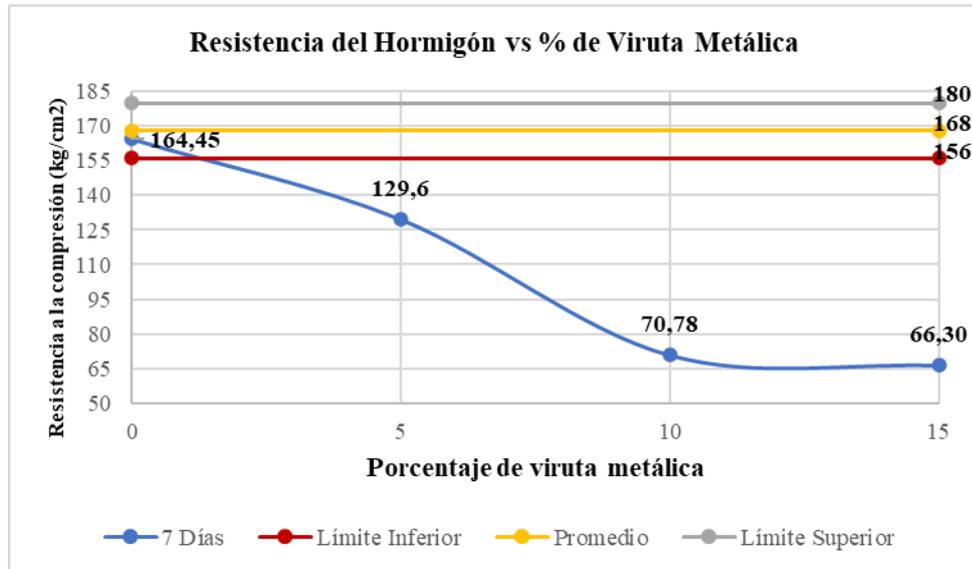


Figura 15. Resistencia del Hormigón $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$ vs % de viruta metálica 7 Días

Análisis de resultados: En la figura 15 se aprecia que la resistencia a compresión a los 7 días varía según el porcentaje de viruta metálica siendo los porcentajes de 5%, 10% y 15% se encuentran fuera del rango de los límites de resistencia de la dosificación $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$ con 129.6, 70.78 y 66.30 kg/cm^2 siendo estos dos últimos los más bajos teniendo una disminución del 29.49% y 27.63%.

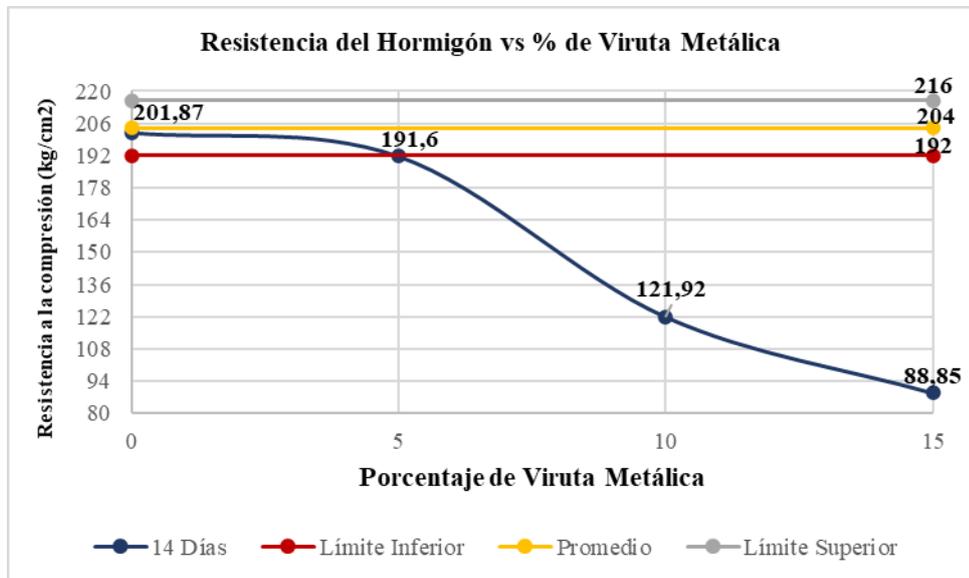


Figura 16. Resistencia del Hormigón $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$ vs % de viruta metálica 14 Días

Análisis de resultados: En la figura 16 se aprecia que la resistencia a compresión a los 14 días presentando un comportamiento similar al de los 7 días, las probetas de hormigón con viruta en un 5% por una mínima diferencia está por debajo del límite inferior que la dosificación lo permite, para el porcentaje de 10% y 15% no presentó ningún mejoramiento sus valores crecieron, pero en valores insignificantes.

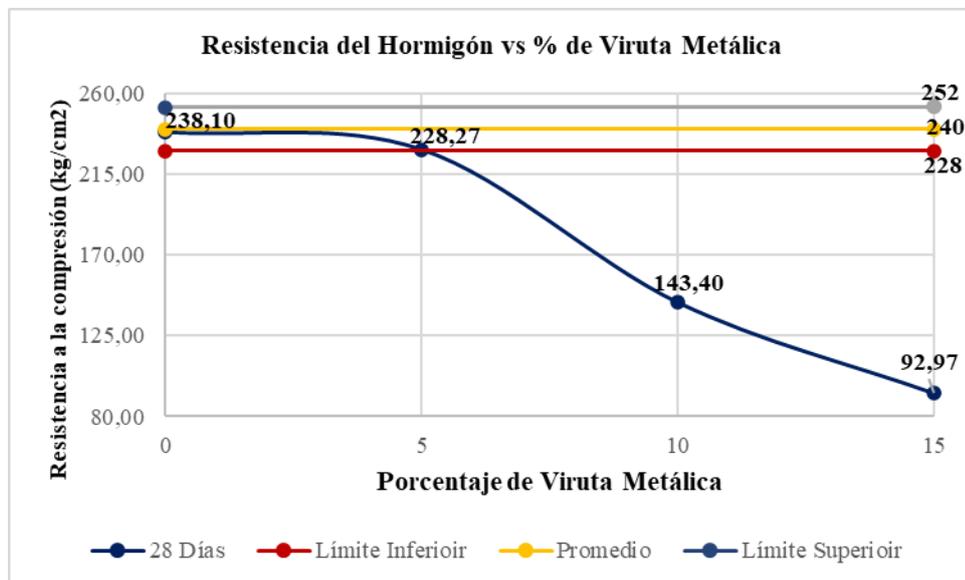


Figura 17. Resistencia del Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ vs % de viruta metálica 28 Días

Análisis de resultados: En la figura 17 se aprecia que la resistencia a compresión a los 28 días de curado se mantiene el mismo comportamiento en la resistencia en comparación a los 7 y 14 días, el 5% de viruta metálica llegó a sobrepasar por un poco a la resistencia del límite inferior, aunque bajo la resistencia de la probeta patrón logro estar dentro del rango que la dosificación lo permite teniendo un valor de 228.27 teniendo un mejoramiento del 3.92%, por otro lado tanto el 10 y 15% al igual que los otros días no presento ningún mejoramiento mostrando resultados de resistencia los cuales se encuentran muy por debajo de un valor aceptable.

Resistencia del hormigón $f'c=280$ kg/cm² vs % de viruta metálica.

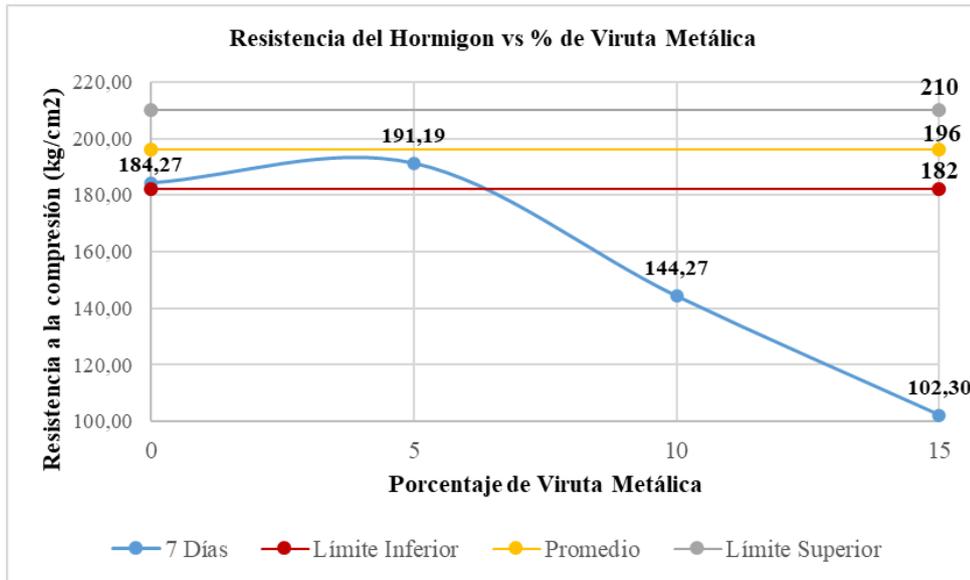


Figura 18. Resistencia del Hormigón $f'c= 280$ kg/cm² vs % de viruta metálica 7 Días.

Análisis de resultados: En la figura 18 se aprecia que la resistencia a compresión a los 7 días al igual que la dosificación anterior varía dependiendo del porcentaje de viruta metálica, el porcentaje de 5% supero al valor de la probeta patrón la cual alcanzó un valor de 191.19 kg/cm², en los porcentajes del 10% y 15% obtuvieron valores por debajo del rango que la dosificación lo permite debilitando la resistencia de la dosificación calculada.

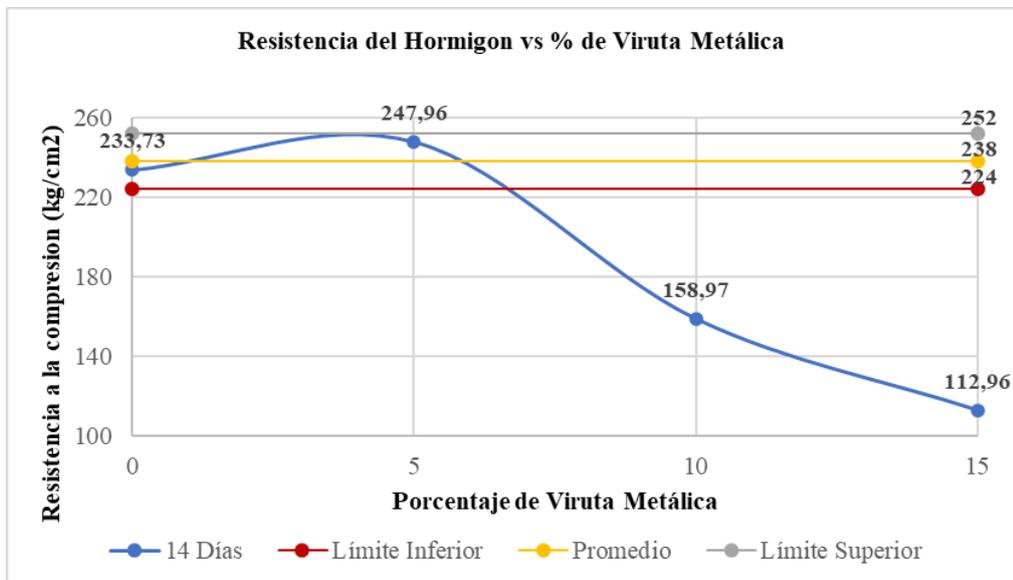


Figura 19. Resistencia del Hormigón $f'c= 280$ kg/cm² vs % de viruta metálica 14 Días

Análisis de resultados: En la figura 19 se aprecia que la resistencia a compresión a los 14 días presentando un comportamiento similar al de los 7 días, las probetas de hormigón con viruta en un 5% esta probeta sobrepaso el valor del rango promedio que permite la dosificación, para el porcentaje de 10% y 15% no presentó ningún mejoramiento sus valores crecieron, pero en valores que no aportan nada su rendimiento.

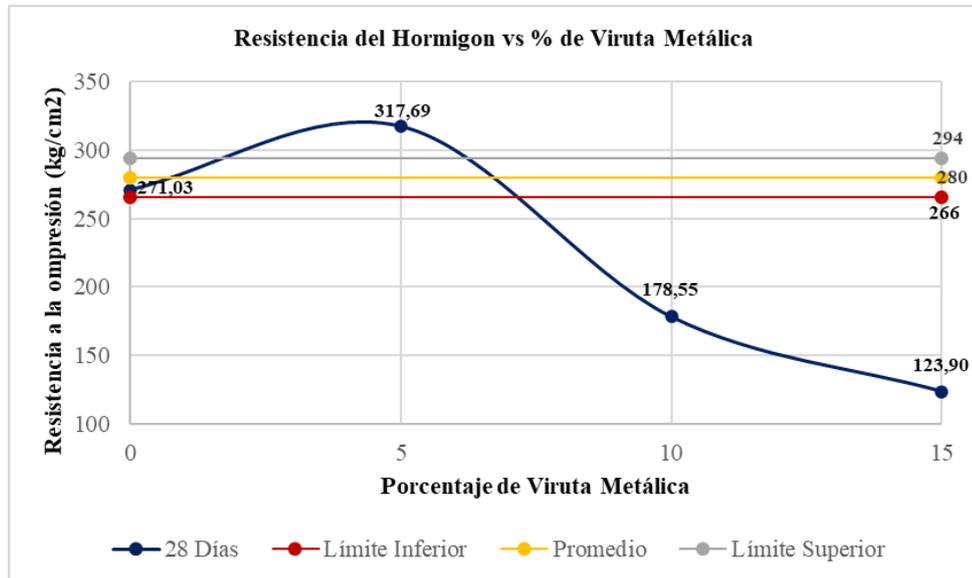


Figura 20. Resistencia del Hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ vs % de viruta metálica 28 Días

Análisis de resultados: En la figura 20 se aprecia que la resistencia a compresión a los 28 días de curado presento un excelente mejoramiento para el porcentaje del 5% de viruta metálica llevo a sobrepasar la resistencia del límite superior que permite la dosificación llegando a obtener un valor de 317.69 kg/cm^2 , teniendo un mejoramiento del 113.46%, por otro lado tanto el 10 y 15% al igual que los otros días no presento ningún mejoramiento los resultados de resistencia que se obtuvieron se encuentran por debajo de un valor aceptable para esta dosificación.

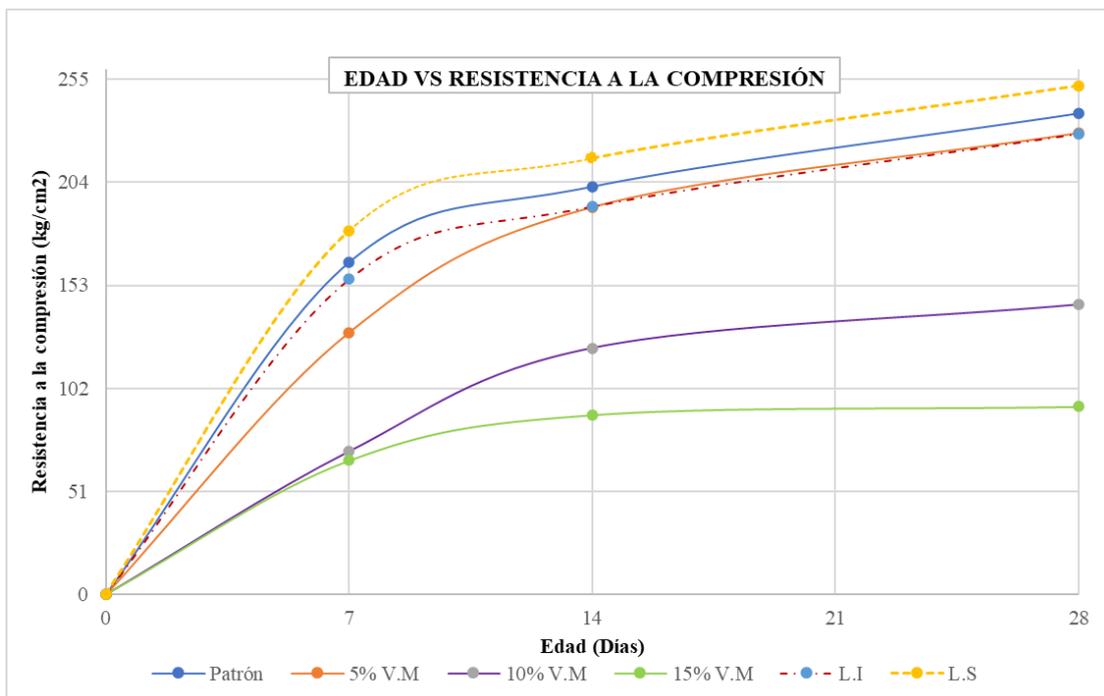


Figura 21. Edad vs Resistencia a la compresión del Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$.

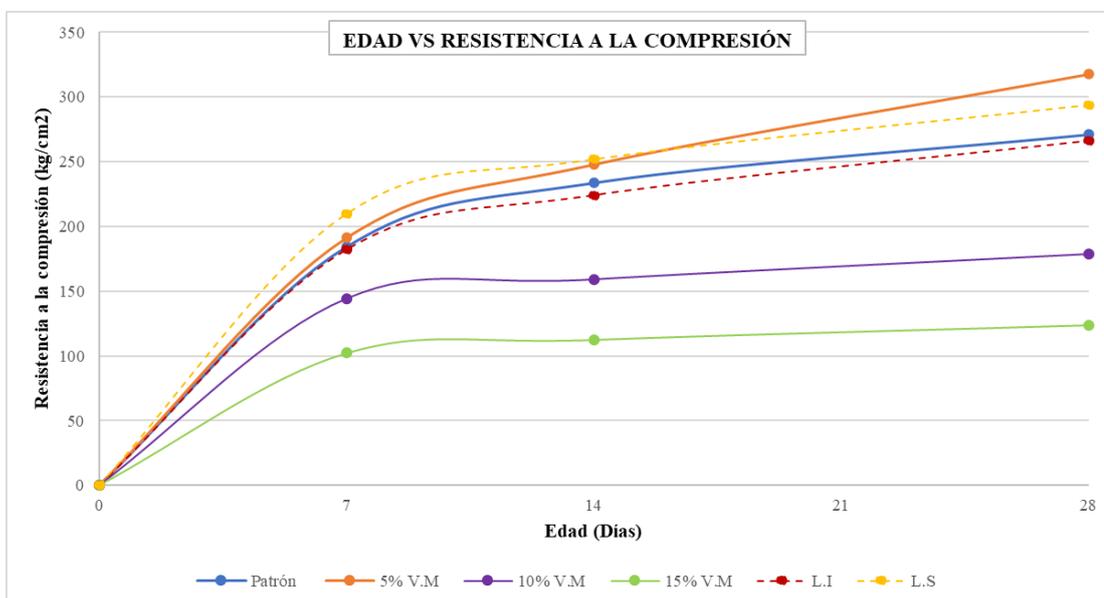


Figura 22. Edad vs Resistencia a la compresión del Hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Análisis de resultados: Las figuras 21 y 22 muestra el comportamiento de todas las resistencias ante las probetas de hormigón que contienen viruta metálica en distintos porcentajes durante las pruebas de compresión en las dosificaciones de 240 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 . Según los resultados, se sugiere que el porcentaje óptimos para utilizar la viruta es el 5% para la dosificación de 280 kg/cm^2 debido a que el valor que se obtuvo sobrepaso el límite superior que esta dosificación permite si se sobre pasa este

porcentaje disminuirá considerablemente la resistencia tal como se lo puede apreciar con los otros porcentajes.

3.2. Verificación de hipótesis

Hipótesis

El hormigón elaborado con viruta metálica influirá en el comportamiento manteniendo o mejorando su resistencia a compresión.

Verificación de hipótesis

Por medio de los ensayos a compresión obtenidos a los 7, 14 y 28 días de curado, el hormigón tradicional cumple con los rangos necesarios para alcanzar su resistencia en las dos dosificaciones elaboradas, por otro lado la viruta metálica agregada en un 5% mantiene su rango en la dosificación de 240 kg/cm² sin presentar mejoramiento, en la dosificación de 280 kg/cm² el 5% de viruta metálica mejoró por mucho la dosificación, sin embargo esto no fue lo mismo para los porcentajes de 10% y 15% de viruta metálica donde debilitó por mucho a la resistencia sin llegar a los valores de una dosificación mínima que la norma lo permite.

Con esto se determina que la viruta metálica en menores porcentajes influye en el mejoramiento de la resistencia a compresión del hormigón en comparación de un hormigón tradicional.

CAPÍTULO IV – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.- CONCLUSIONES

- Se determinaron las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino y grueso utilizados en la elaboración del hormigón tradicional como el hormigón con viruta metálica, como la granulometría, densidades en diferentes estados (sueltas, compactadas y reales). Estos datos se obtuvieron cumpliendo con las especificaciones establecidas por las normas INEN y ASTM, las cuales establecen los criterios de calidad que los agregados deben cumplir para ser considerados apropiados en la elaboración del hormigón
- Se calculó la dosificación por la cual se elaboraron muestras de hormigón siguiendo el método de densidad óptima. Se llevaron a cabo pruebas de laboratorio en los componentes como el agregado fino, grueso, siguiendo las normativas INEN y ASTM. Estos ensayos proporcionaron los datos necesarios requeridos por el método de densidad óptima y con esto ver la cantidad de viruta en peso en diferentes porcentajes que debe ser adicionado en las dosificaciones. Con esta información, se determinó la proporción adecuada para lograr una resistencia de diseño de 240 kg/cm² y 280 kg/cm².
- Se elaboraron un conjunto de 72 probetas de hormigón las cuales 9 eran probetas patrón con una dosificación de 240 kg/cm², otras 9 con una dosificación de 280 kg/cm², y el resto contenían distintos porcentajes de viruta metálica con las cuales se analizaron las propiedades y la resistencia de estas probetas.
- Se analizó los mecanismos de falla del hormigón tradicional y el hormigón con viruta metálica por medio de los ensayos a compresión donde exhibieron variaciones significativas al introducir porcentajes específicos de viruta metálica.
- La inclusión de un 5% de viruta metálica mostró un rendimiento destacado, mientras que los porcentajes más altos, como el 10% y 15%, resultaron en una disminución notable de la resistencia del hormigón. Estos resultados sugieren que un cuidadoso control del porcentaje de viruta metálica es crucial para mantener o mejorar las propiedades mecánicas del hormigón tradicional.

- Se concluye que los ensayos de compresión realizados a los 28 días en las probetas que contenían diferentes porcentajes de viruta metálica, el 5% para la dosificación de 240 kg/cm² no presentó un mejoramiento, sin embargo mantuvo la resistencia dentro de los rangos que esta dosificación lo permite teniendo un 95.29%, para la dosificación de 280 kg/cm² el 5% de viruta metálica incrementó su resistencia sobrepasando los rangos que esta dosificación lo permite obteniendo un valor de 113.46%, los porcentajes del 10% y 15% empeoraron su resistencia a la compresión para las dos dosificaciones obteniendo valores por debajo de lo permitido siendo estos del 38.74% y 44.25% respectivamente.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aguardar al menos 30 minutos después de retirar el cilindro de la cámara de curado antes de llevar a cabo la prueba de compresión. Esto se hace con el propósito de prevenir la influencia de la humedad en la resistencia final de las probetas.
- Se sugiere un estudio del comportamiento a flexión en las mismas condiciones de porcentajes, con el objetivo de evaluar la influencia de las virutas metálicas en dicha propiedad. Y con ello investigar detalladamente los efectos mecánicos y estructurales en los porcentajes de 5%, 10%, y 15% de virutas metálicas, con énfasis en el análisis de la resistencia, la capacidad de deformación y la distribución de tensiones en las probetas sometidas a cargas de flexión. Este enfoque permitirá una comprensión más completa de cómo varía el comportamiento estructural del hormigón al incorporar distintos porcentajes de virutas metálicas bajo condiciones de flexión.
- Se recomienda llevar a cabo este tipo de estudio utilizando porcentajes de viruta metálica menores al 5%, con el propósito de examinar cómo influye este porcentaje en la resistencia del material.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] A. Heisin Ramos Salcedo Tutor Javier Pablo Ainchil Lavin Albert De la Fuente Antequera, “Aplicación de fibras estructurales a los pilotes tipo CPI 8,” Jun. 2012, Accessed: Oct. 14, 2023. [Online]. Available: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/15822>
- [2] “Vista de ADICIONES DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO: UNA REVISIÓN LITERARIA.” Accessed: Oct. 14, 2023. [Online]. Available: <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/EPT/article/view/1838/2416>
- [3] U. Centroccidental Lisandro Alvarado, M. Del Rosario, H. Changa, T. Mayra, R. Gozar, and D. Garamendi, “Gaceta Técnica,” *Gaceta Técnica*, vol. 23, no. 2, pp. 23–37, Jul. 2000, doi: 10.51372/GACETATECNICA232.3.
- [4] S. B. Deledesma Carrera, “Resistencia a compresión de un concreto $f'c = 210$ kg/cm² sustituyendo agregado fino por fibras y virutas de acero, Ancash - 2019,” *Universidad San Pedro*, Mar. 2020, Accessed: Oct. 14, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe//handle/USANPEDRO/14295>
- [5] M. Miranda, Y. Morales, G. Sánchez, and K. Caballero, “Aprovechamiento de virutas metálicas como adición en la mezcla de concreto,” *Revista de Iniciación Científica*, vol. 9, no. 2, pp. 98–104, Jul. 2023, doi: 10.33412/REV-RIC.V9.2.3847.
- [6] P. Guía and D. Jesús Domínguez Santos Luis David Mancilla Peñaloza, “COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL (COMPRESIÓN Y FLEXOTRACCIÓN) Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL HORMIGÓN CON AGREGADO DE CARTÓN Y VIRUTAS METÁLICAS, PARA UNA EDIFICACIÓN DE 3 PISOS UBICADA EN,” 2017.
- [7] A. N. Briones Ponce, J. C. Zambrano Macías, J. A. Muñoz Macías, W. E. Ruiz Párraga, and R. A. Panchana de Calderero, “Análisis de la prestación mecánica del hormigón empleando virutas de acero como agregado fino,” *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721*, vol. 5, no. 1, p. 15, Jul. 2020, doi: 10.33936/RIEMAT.V5I1.2498.

- [8] I. Juan Carlos Moya, I. Luis Cando Lara, A. Valdez, and A. La Gasca, “Análisis de las prioridades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con fibras de acero reciclado,” *INGENIO*, vol. 1, no. 2, pp. 5–14, Feb. 2019, Accessed: Oct. 15, 2023. [Online]. Available: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/INGENIO/article/view/1623/2083>
- [9] “UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE CONSTRUCCIONES Hormigones de altas prestaciones”.
- [10] F. Mauricio Sandoval Unapucha, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A TRACCIÓN Y AUTOR”.
- [11] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, “NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 696 ‘ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO,’” vol. 1, May 2011.
- [12] Q. -Ecuador, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.”
- [13] Q.-E. Quito -Ecuador and P. E. Primera Edición, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.”
- [14] “pdf-norma-857-h_compress”.
- [15] P. de los Á. Sánchez Camana, “Análisis comparativo de la resistencia a compresión de una pared con mampostería tradicional vs una pared con mampostería de material reciclado (PET),” 2017, Accessed: Nov. 23, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/25750>
- [16] “UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL - PDF Descargar libre.” Accessed: Nov. 23, 2023. [Online]. Available: <https://docplayer.es/140591775-Universidad-laica-vicente-rocafuerte-de-guayaquil.html>

- [17] Q. -Ecuador, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 862:2011 Primera revisión ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD. Primera Edición STANDARD TEST METHOD FOR TOTAL EVAPORABLE MOISTURE CONTENT OF AGGREGATE BY DRYING.”
- [18] Q. F. -Ecuador DE ERRATAS and C. DE HIDRÁULICO DETERMINACIÓN LA DENSIDAD Primera Edición, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 156:2009 Segunda revisión,” 2009.
- [19] “UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR - PDF Descargar libre.” Accessed: Nov. 23, 2023. [Online]. Available: <https://docplayer.es/12006725-Universidad-central-del-ecuador.html>
- [20] Q. -Ecuador and P. Edición, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1 573:2010 Primera revisión HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.”

ANEXOS

A1. Anexos fotográficos

Fotografía 1	Fotografía 2
	
Descripción: Recolección de agregados finos y gruesos.	Descripción: clasificación de la viruta metálica.
Fotografía 3	Fotografía 4
	
Descripción: Tamices para ensayo de granulometría fina.	Descripción: Tamices para ensayo de granulometría gruesa.
Fotografía 5	Fotografía 6
	
Descripción: Densidad Real del agregado grueso.	Descripción: Muestra del agregado grueso en estado (sss).

Fotografía 7	Fotografía 8
	
Descripción: canastilla para densidad Real del agregado grueso	Descripción: Densidad real del agregado fino en estado (sss)
Fotografía 9	Fotografía 10
	
Descripción: Muestra seca de agregado fino (sss)	Descripción: Pipeta más muestra de agregado fino (sss)
Fotografía 11	Fotografía 12
	
Descripción: Contenido de Humedad en el agregado fino y grueso	Descripción: Colocación de las muestras en el horno
Fotografía 13	Fotografía 14
	
Descripción: ensayo de densidad real del cemento.	Descripción: ensayo de compactación de la arena

<p style="text-align: center;">Fotografía 15</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía 16</p> 
<p>Descripción: Toma de peso de arena para el ensayo de compactación.</p>	<p>Descripción: Toma de peso agregado grueso para ensayo de compactación</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía 17</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía 18</p> 
<p>Descripción: Agregado grueso para ensayo de compactación</p>	<p>Descripción: Mezcla de los agregados en carretilla.</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía 19</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía 20</p> 
<p>Descripción: asentamiento por medio del cono de Abrams.</p>	<p>Descripción: asentamiento de la viruta metálica por medio del cono de Abrams</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía 21</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía 22</p> 
<p>Descripción: Probetas de hormigón de 240 kg/cm² y 280 kg/cm².</p>	<p>Descripción: desmoldado de probetas patrón y con viruta.</p>

Fotografía 23	Fotografía 24
	
Descripción: Colocación de probetas patrón en la cámara de curado.	Descripción: Colocación de probetas con viruta en la cámara de curado.
Fotografía 25	Fotografía 26
	
Descripción: Peso de las probetas sin el molde.	Descripción: Medición de la altura de las probetas de hormigón
Fotografía 27	Fotografía 28
	
Descripción: Medición del diámetro de las probetas de hormigón	Descripción: Ensayo a la compresión de probetas patrón.

Fotografía 29	Fotografía 30
	
<p>Descripción: Ensayo a la compresión de probetas con viruta metálica.</p>	<p>Descripción: Tipo de falla presentada en probetas con porcentaje de viruta metálica</p>
Fotografía 31	Fotografía 32
	
<p>Descripción: Probetas ensayadas con porcentaje de viruta metálica.</p>	<p>Descripción: Obtención de datos de compresión.</p>