



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Propiedades físico-mecánicas del concreto en pavimento  
rígido  $F'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  con adición de residuos metálicos de obra,  
Cusco 2022.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

**AUTOR:**

Bonet Maldonado, Veronica (ORCID: [0000-0003-4032-626X](https://orcid.org/0000-0003-4032-626X))

**ASESOR:**

Dr. Tello Malpartida , Omart Demetrio (ORCID: [0000-0002-5043-6510](https://orcid.org/0000-0002-5043-6510))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

En primer lugar a Dios y al niño por los triunfos y los momentos difíciles que hacen que crea en ellos. A mis hijos Lúa, Leo y Lía fuente de motivación e inspiración por haberles quitado tiempos de juego, amor y por soportar a una mamá que estudia, trabaja y emprende, así como agotan mi energía durante el día; con su alegría, abrazos y besos me vuelven a recargar. Espero ser un ejemplo para Uds.

## **Agradecimiento**

A mi compañero de vida Jair, por creer en mi capacidad dejándome sola en este camino que dijo acompañarme, por decirme ¡No!, gracias a ello lo hice yo misma. Hemos pasado momentos difíciles pero siempre estas allí.

A mi mamá Hilaria que a pesar de sus dolores siempre estuvo dispuesta a apoyarme incondicionalmente. A mi hermana Martha por sus palabras de aliento, a mi sobrino Gianfranco por ser el hermano mayor de los Liositos.

A mis suegros que si bien no conté con ellos en esta etapa final, ellos estuvieron en el inicio de esta travesía cuidando a Lúa mientras continuaba la carrera y a leo mientras la concluía.

A mi asesor DR. Omart Tello por su constante apoyo.

A todos Gracias, gracias, gracias.

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	7
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	22
3.2. Variables y operacionalización.....	23
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5. Procedimientos.....	28
3.6. Método de análisis de los datos.....	42
3.7. Aspectos éticos.....	43
IV. RESULTADOS.....	44
V. DISCUSIÓN.....	63
VI. CONCLUSIONES.....	66
VII. RECOMENDACIONES.....	68
REFERENCIAS.....	69
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1. Ensayo de asentamiento.....	24
Tabla 2. Ensayo de peso unitario.....	24
Tabla 3. Ensayo de resistencia a la compresión.....	25
Tabla 4. Ensayo de resistencia a la flexión.....	25
Tabla 5. Listado de fichas técnicas.....	26
Tabla 6. Criterios de validación.....	27
Tabla 7. Lista de expertos.....	27
Tabla 8. Porcentaje de asentamiento en relación al diseño patrón.....	44
Tabla 9. Prueba de normalidad de Asentamiento.....	45
Tabla 10. Correlación (Asentamiento).....	46
Tabla 11. Varianza Anova (Asentamiento).....	47
Tabla 12. Análisis por Tukey.....	48
Tabla 13. Porcentaje de peso unitario en relación al diseño patrón.....	49
Tabla 14. Prueba de normalidad de Peso Unitario.....	50
Tabla 15. Correlación (Peso Unitario).....	51
Tabla 16. Varianza Anova (Peso Unitario).....	52
Tabla 17. Tukey (Peso Unitario).....	52
Tabla 18. Porcentaje de la resistencia a la compresión en relación al diseño patrón.....	54
Tabla 19. Prueba de normalidad de Resistencia a la Compresión.....	54
Tabla 20. Correlación (Resistencia a la compresión).....	55
Tabla 21. Anova (Resistencia a la compresión).....	56
Tabla 22. Tukey (Resistencia a la compresión).....	57

Tabla 23. Porcentaje de la resistencia a la flexión en relación al diseño patrón...	58
Tabla 24. Prueba de normalidad de Resistencia a la Flexión.....	59
Tabla 25. Correlación (Resistencia a la flexión).....	60
Tabla 26. Anova (Resistencia a la flexión).....	61
Tabla 27. Tukey (Resistencia a la flexión).....	62

## Índice de figuras

Figura 1. Crecimiento global de la construcción 2020-2030.....	1
Figura 2. Variación acumulada de la producción del sector construcción.....	2
Figura 3. Ciudades con mayor población en América Latina 2021.....	3
Figura 4. Número de habitantes en Perú en 2021, por departamento (en miles)....	3
Figura 5. Residuos peligrosos de la construcción.....	17
Figura 6. Magnitudes Físicas.....	18
Figura 7. Asentamiento.....	20
Figura 8. Características del cono Abrams.....	20
Figura 9. Clasificación del concreto según consistencia.....	20
Figura 10. Procedimiento.....	28
Figura 11. Visita al distribuidor de agregados en Cusco.....	29
Figura 12. Acopio de agregado.....	29
Figura 13. Obra pública de la Municipalidad de Santiago.....	30
Figura 14. Acopio de RMO (clavos reciclados de encofrados: de 3" y 4" de longitud).....	30
Figura 15. Acopio de RMO (Alambre # 16, #8 y limaduras de hierro).....	31
Figura 16. Acopio total de Residuos Metálicos de Obra.....	31
Figura 17. Método del cuarteo para llevar a laboratorio una muestra representativa del agregado.....	32
Figura 18. Lavado de agregados.....	32
Figura 19. Tamizaje y peso de los agregados.....	33
Figura 20. Cálculo de la densidad absoluta como relativa, PE y absorción de agregados según las normas MTC E-205 y 206.....	33

Figura 21. Determinación de la cantidad de vacíos y pesos unitarios de agregados fino y grueso según norma del MTC E 203.....	33
Figura 22. Calculo del contenido de humedad según norma del MTC E-215.....	34
Figura 23. Estandarización de los RMO (clavos, alambres) pesar, medir, limpiar y cortar los para favorecer la correcta dosificación.....	34
Figura 24. Preparación del concreto para elaborar muestras y realizar ensayos....	35
Figura 25. Ensayo de slump sin adición de RMO.....	35
Figura 26. Ensayo de slump con adición de residuos metálicos de obra al 1%.....	36
Figura 27. Ensayo de slump con adición de residuos metálicos de obra al 3%.....	36
Figura 28. Ensayo de slump con adición de residuos metálicos de obra al 5%.....	36
Figura 29. Elaboración de briquetas y viguetas para el ensayo de resistencia a la compresión y a la flexión utilizando el diseño sin adición de RMO.....	37
Figura 30. Incorporación de RMO con las diferentes dosificaciones al 1%, 3% y 5%.....	37
Figura 31. Elaboración de briquetas y viguetas con adición de RMO al 1% y 3%....	37
Figura 32. Elaboración de briquetas y viguetas con adición de RMO al 5%.....	38
Figura 33. Calculo del peso del recipiente vacío (en kg).....	38
Figura 34. Compactación con el uso de una varilla y martillo de goma.....	39
Figura 35. Ensayo del peso unitario con adición de residuos metálicos de obra....	39
Figura 36. Curado de briquetas.....	39
Figura 37. Ensayos se realizan de acuerdo a las normas ASTM C39 - C78.....	40
Figura 38. Rotura de briquetas.....	41
Figura 39. Ensayos de acuerdo a las normas ASTM C39 - C78 rotura de viguetas.....	42
Figura 40. Dosificaciones: diseño patrón y con adición del 1%, 3% y 5% de RMO.....	44

Figura 41. Gráfica de tendencias de Tukey.....	48
Figura 42. Dosificaciones: diseño patrón y con adición del 1%, 3% y 5% de RMO en P.U.....	49
Figura 43. Gráfica de tendencias de Tukey (PU).....	53
Figura 44. Gráfica del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con 0%, 1%, 3% y 5% de RMO.....	53
Figura 45. Gráfica de tendencias de Tukey (resistencia a la compresión).....	57
Figura 46. Ensayo de resistencia a la flexión del diseño patrón y con adición del 1%, 3% y 5% de RMO.....	58
Figura 47. Gráfica de tendencias de Tukey (resistencia a la flexión).....	62

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar en qué medida la adición de residuos metálicos de obra (RMO) influye en las propiedades físico- mecánicas del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Cusco 2022. La investigación fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental. Como población se tuvo la producción de concreto  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  con adición de RMO aplicando dosificaciones de 0%, 1%, 3% y 5%, se consideró para las propiedades físicas 12 muestras para el asentamiento y 12 muestras para el peso unitario. Para la evaluación de las propiedades mecánicas 32 briquetas para las pruebas de resistencia al esfuerzo por compresión y 32 viguetas para el ensayo de resistencia al esfuerzo por flexión. El muestreo se realizó según la norma E060; la técnica de muestreo fue no probabilística. Los resultados fueron que a mayor adición de RMO el asentamiento disminuye ocasionando menos trabajabilidad del concreto, y para el peso unitario a mayor adición de RMO el peso unitario aumenta; en las propiedades mecánicas como son la resistencia al esfuerzo por compresión y flexión estas mejoran con una adición del 5% de RMO para ambas resistencias.

**Palabras clave:** Residuos metálicos, Asentamiento, Peso Unitario, Resistencia a la Compresión, Resistencia a la Flexión.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine to what extent the addition of metal construction waste (RMO) influences the physical-mechanical properties of concrete for rigid pavement  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  in the city of Cusco 2022. The research was applied type with quantitative approach and quasi-experimental design. As a population, the production of concrete  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  was taken with the addition of RMO applying dosages of 0%, 1%, 3% and 5%, 12 samples were considered for the physical properties for the settlement and 12 samples for the unit weight. For the evaluation of the mechanical properties, 32 briquettes for the compression stress resistance tests and 32 joists for the bending stress resistance test. The sampling was carried out according to the E060 standard; the sampling technique was non-probabilistic. The results were that the higher the addition of RMO, the settlement decreases, causing less workability of the concrete, and for the unit weight, the higher the addition of RMO, the unit weight increases; In the mechanical properties such as resistance to compression and bending stress, these improve with an addition of 5% of RMO for both resistances.

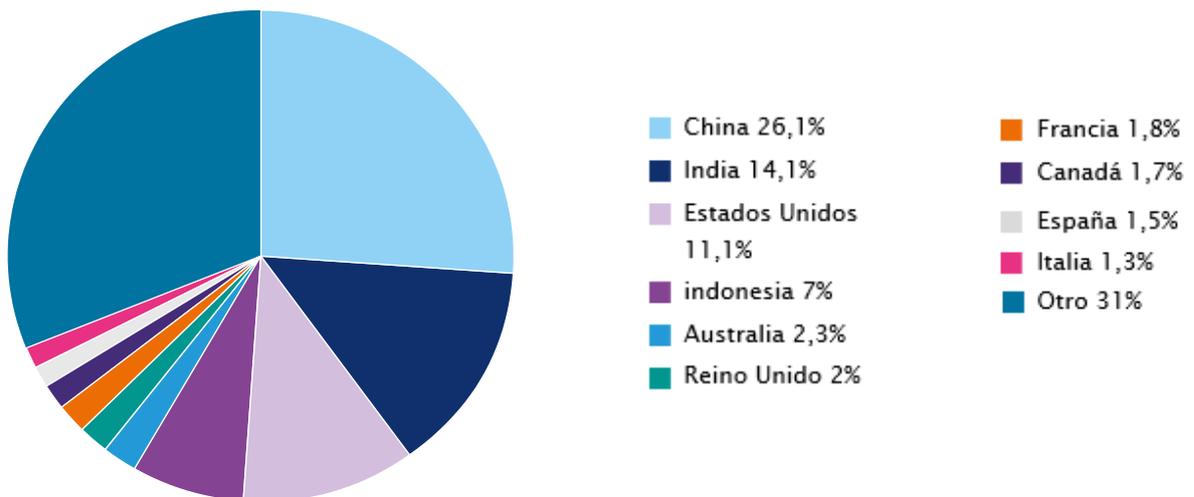
**Keywords:** Metallic residues, Settlement, Unit Weight, compressive strength, flexural strength

## I. INTRODUCCIÓN

El continuo aumento de la población a nivel del mundo, hace que se tenga que impulsar el sector de la construcción ya que esta genera un claro impacto en las vidas de los ciudadanos y en el desarrollo de la economía con la construcción de carreteras, ferrocarriles, aeropuertos, redes de telecomunicaciones, abastecimiento y saneamiento de agua, infraestructuras sociales como son: viviendas, colegios, hospitales, áreas de dispersión y entretenimiento).

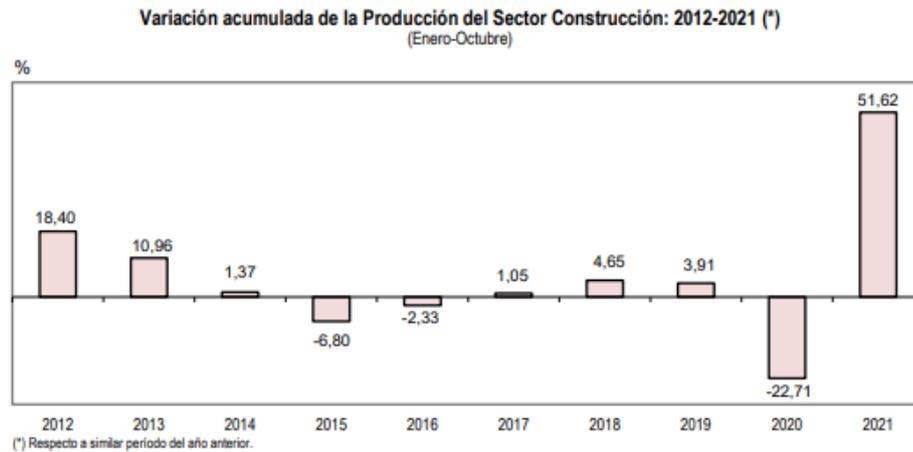
**(Marsh 2021)** En su informe indica que “El sector de la construcción se convertirá en un impulsor global para el crecimiento económico y la recuperación del COVID-19”. En el siguiente grafico podemos ver que China, India, EE. UU. e Indonesia representarán el 58,3 % del crecimiento mundial de la producción de la construcción.

**Crecimiento global de la construcción 2020-2030**



*Figura 1.* Crecimiento global de la construcción 2020-2030.  
Fuente: Oxford Economics/Haver Analytics

Según el (INEI 2021) En su informe técnico de producción nacional. Indica que en el periodo enero-octubre 2021, hubo un incremento en el sector construcción, basado en la realización de obras públicas como privadas, dentro de la vigencia del Estado de Emergencia y Sanitaria. Este incremento se reflejó con el aumento del consumo de cemento.



*Figura 2.* Variación acumulada de la producción del sector construcción.  
Fuente: INEI

Debido al aumento de obras de construcción y remodelación en diferentes ciudades del mundo es que se genera gran cantidad de material sobrante o escombros a los que se les denomina residuos de construcción y demolición (RCD). Siendo un problema que debe ser manejado en diferentes ámbitos como son el tecnológico, ambiental, social y económico. Según el (banco mundial 2018) en su último informe indica que los residuos a nivel del mundo aumentarían en un 70% para el 2050, a menos que se tomen medidas urgentes y necesarias, según (ITEC 2022) indica que el campo de la construcción es el que origina más del 45% de desechos. Ante esta problemática de generación de RCD se han ido implementando medidas y estrategias a nivel mundial para su gestión y disposición de estos residuos. (Suárez Silgado, et al. 2018) Indica que el Reino Unido intensifica la reutilización y reciclaje de los RCD ya que los considera como recursos. Los países de Bélgica, Dinamarca y Países Bajos los RCD lo utilizan como agregados. En Honduras elaboran muros con neumáticos y tierra. En América latina tenemos a Brasil como primer país en gestionar los RCD, obligando a los constructores que realicen el reciclaje y reutilización de los RCD generados en sus obras. Países como Argentina, Colombia y México ya tomaron medidas para la gestión y manejo de los RCD, pero no se cumplen en su totalidad, perjudicando al medio ambiente.

En el siguiente gráfico se puede constatar que el Perú en su capital Lima tiene 10.88 millones de habitantes siendo en América Latina la quinta ciudad con mayor número de habitantes.

### Ciudades con mayor población en América Latina 2021

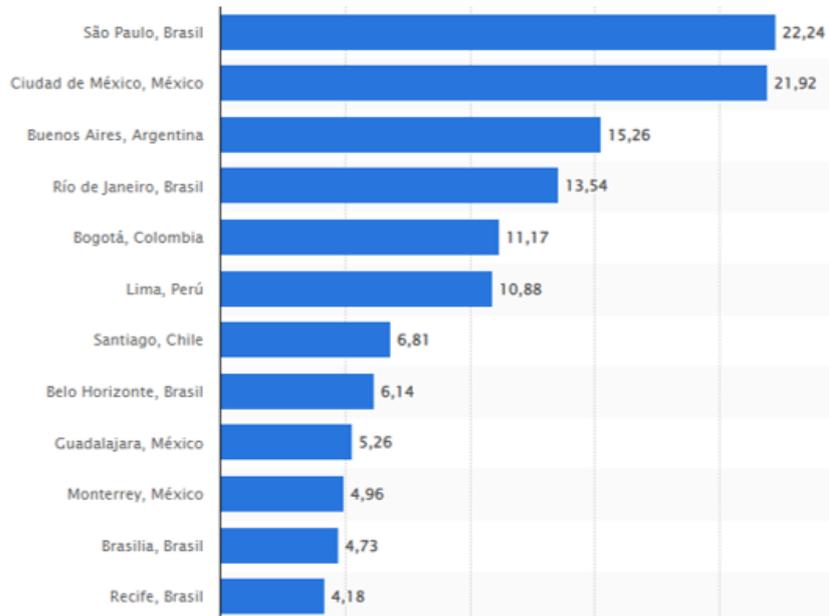


Figura 3. Ciudades con mayor población en América Latina 2021  
Fuente: Statista Research Department (en línea)

Cusco se encuentra en el sexto lugar con mayor número de habitantes a nivel nacional como se puede visualizar en el siguiente gráfico:

### Número de habitantes en Perú en 2021, por departamento (en miles)

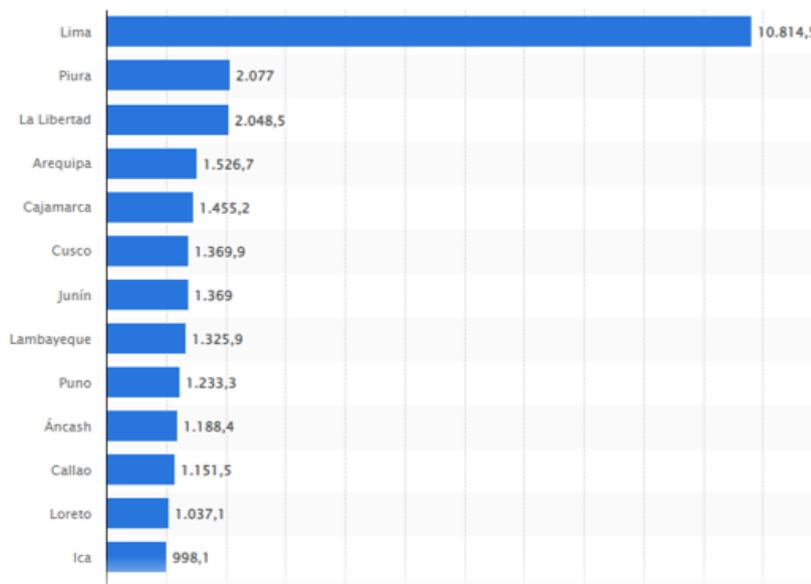


Figura 4. Número de habitantes en Perú en 2021, por departamento (en miles)  
Fuente: Statista Research Department (en línea)

A consecuencia de este aumento poblacional es que se incrementa las construcciones, y esta a su vez genera gran cantidad de RCD. Ocasionando un problema que aqueja a la mayor parte de la población por su impacto negativo al medio ambiente; la mayor parte de estos residuos son materiales que tienen la capacidad de ser reciclados o reutilizados como son el concreto, madera, vidrio, plástico, papel, cartón y residuos metálicos como el acero que es un metal ilimitadamente reciclable sin perder su calidad. En la construcción de obras, el concreto es por excelencia el material más empleado en todo el mundo y sería el que mejor aproveche la disposición de los residuos metálicos de obra en este caso el acero.

En la ciudad de Cusco, las vías urbanas que se encuentran pavimentadas son en un 90% de pavimento rígido, y en la actualidad las obras de pavimento son ejecutados por los gobiernos locales (municipalidades) en la modalidad de administración directa. En la ejecución de las obras de pavimento rígido se emplea encofrados de madera, para ello se utiliza clavos de acero de 3", 4" y 5"; alambre de acero de N°08 y N°16; estacas de acero corrugado de 1/2" y 3/8" de 40 cm de longitud. El concreto utilizado en la losa de pavimento por lo general es preparado en la misma obra con mezcladoras de concreto de 9 pie<sup>3</sup> y una malla de temperatura de acero corrugado 6mm. Luego del desencofrado se genera residuos de acero (clavos de acero de 3", 4" y 5"; alambre de acero de N°08 y N°16; estacas de acero corrugado de 1/2" y 3/8") los cuales son vendidos por los trabajadores de la obra a los recicladores de acero y/o eliminados en los residuos generales de obra. Por lo tanto reforzar el concreto con los residuos metálicos de obra mejoraría la resistencia del concreto y a un bajo costo.

Por las razones expuestas previamente es preciso evaluar mediante ensayos las diferentes características física-mecánicas del concreto con la incorporación de residuos metálicos de obra para pavimento rígido  $F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Cusco 2022.

La presente investigación tiene como Problema General ¿En qué medida la adición de residuos metálicos de obra influye en las propiedades físico-mecánicas del concreto para pavimento rígido  $F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Cusco 2022? Y los problemas específicos son: PE1 ¿Qué efecto tiene la adición de residuos

metálicos de obra en el asentamiento del concreto para pavimento rígido  $F_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Cusco 2022? PE2 ¿En qué medida se incrementa el peso unitario del concreto para pavimento rígido  $F_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> con la adición de residuos metálicos de obra? PE3 ¿Cómo influye el agregar residuos metálicos de obra en la resistencia al esfuerzo por compresión del concreto para pavimento rígido  $F_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>? PE4 ¿Cuánto influye la adición de residuos metálicos de obra en la resistencia al esfuerzo por flexión del concreto para pavimento rígido  $F_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>?

La investigación presenta fundamento práctico, social, económico y ambiental. En el ámbito práctico: La investigación plantea la adición de residuos metálicos de obra reciclados tales como clavos y alambre para así resistir de manera más óptima a los esfuerzos de compresión y flexión aplicado a pavimentos rígidos. En el ámbito social esta investigación tendrá un impacto positivo al brindar obras civiles con características funcionales y estructurales óptimas en beneficio de la población además los resultados de esta investigación serán difundidos a las municipalidades del Cusco que son las encargadas de ejecutar las obras por administración directa. En el ámbito económico, las empresas o entidades constructoras públicas o privadas podrán disponer de sus RCD para su reutilización en sus obras o en todo caso reciclarlas. Este proceso aportará recursos y al mismo tiempo será provechoso para los ejecutores de las obras ya que se va a ahorrar el presupuesto que es destinado a eliminar estos desperdicios. En el ámbito ambiental, las instituciones de construcción públicas o privadas tendrán la opción de reutilizar o reciclar residuos metálicos para reforzar el concreto simple además al utilizar acero reciclado se reduce en un 70% el consumo de energía, ya que no se realiza los procesos de extracción y transporte de nuevas materias primas; a la vez el consumos de agua disminuye en un 40%.

La investigación tiene como objetivo principal: Determinar en qué medida la adición de residuos metálicos de obra influye en las propiedades físico- mecánicas del concreto para pavimento rígido  $F_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>; Cusco 2022. Como objetivos específicos se tiene: OE1 Evaluar los efectos de la adición de residuos metálicos de obra en el asentamiento del concreto para pavimento rígido  $F_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Cusco 2022. OE2 Determinar el incremento de la adición de residuos

metálicos de obra en el peso unitario del concreto para pavimento rígido  $F_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>. OE3 Analizar la resistencia al esfuerzo por compresión del concreto para pavimento rígido  $F_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> con la adición de residuos metálicos de obra. OE4 Calcular la resistencia al esfuerzo por flexión del concreto para pavimento rígido  $F_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de residuos metálicos de obra.

La Hipótesis general de acuerdo al objetivo general es que la adición de residuos metálicos de obra mejora las propiedades físico–mecánicas del concreto para pavimento rígido  $F_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>, Cusco 2022. Entre las hipótesis específicas tenemos: HE1 La adición de residuos metálicos de obra disminuye el asentamiento del concreto para pavimento rígido  $F_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>. HE2 El peso unitario del concreto se incrementa dentro del rango de valores normales; con la adición de residuos metálicos de obra. HE3 La adición de residuos metálicos de obra al concreto  $F_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> mejora la resistencia al esfuerzo por compresión. HE4 La adición de residuos metálicos de obra al concreto  $F_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> optimiza la resistencia al esfuerzo por flexión.

## II. MARCO TEÓRICO

**Puneet y Kumar (2022)** en su artículo *“Sustainability of Using Recycled Steel Fibers in Concrete”* indica que la construcción es una actividad intensiva en recursos, que utiliza una gran cantidad de recursos y ha resultado en el agotamiento casi total de estos recursos. Un componente primordial en la construcción es el hormigón o concreto. Debido a la demolición de estructuras antiguas para construir otras nuevas, los residuos generales que se están desarrollando también se encuentran en grandes cantidades. La producción de cemento causa del 5 al 7% de la producción global de CO<sub>2</sub> y para hacer que el concreto sea amigable con el medio ambiente, se utilizan muchos enfoques diferentes, los desechos industriales como las cenizas volantes, etc., se usan como rellenos, lo que no solo hace que el concreto sea amigable con el medio ambiente. Pero también económico.. Para la producción de concreto de ultra alto rendimiento, es muy común usar fibras. Utilizar las fibras mediante el reciclaje de los desechos que se producen y terminan en los vertederos no solo reducirá la carga sobre los recursos naturales sino también sobre el medio ambiente, al tiempo que lo hará más rentable. A lo largo de los años, los vehículos forman parte y son una necesidad importante en la vida cotidiana, estos vehículos funcionan con neumáticos que eventualmente se desgastan y, por lo tanto, se desechan. Estos neumáticos se pueden reciclar y las fibras se pueden recuperar, lo que se puede utilizar para reducir el comportamiento frágil del hormigón normal y producir hormigón de ultra alto rendimiento.

**Frazão, Barros, Bogas, García-Cortés y Valente (2022)** en su artículo *“Technical and environmental potentialities of recycled steel fiber reinforced concrete for structural applications”* indica El uso de materiales reciclados y subproductos industriales como componentes sostenibles de materiales a base de cemento podría ser una solución técnica y ambientalmente prometedora para su aplicación en elementos estructurales. En el presente trabajo, se evaluó a nivel de material, el impacto técnico y ambiental del uso de fibras de acero recicladas (FAR) como alternativa a las fibras de acero industrial para el refuerzo del hormigón. Se realizaron simulaciones numéricas para derivar las leyes constitutivas posteriores al agrietamiento del concreto reforzado con fibra de acero reciclado (RSFRC) y el

concreto reforzado con fibra de acero industrial (ISFRC) mediante simulaciones que fueron capaces de ajustar con alta precisión los resultados experimentales y, en consecuencia, derivar las relaciones de tensión de tracción-ancho de fisura de RSFRC e ISFRC que se utilizaron para simular numéricamente la respuesta de flexión de una viga RSFRC de acero de sección transversal en T que falla por corte. El impacto ambiental de la incorporación de RSF en el hormigón en comparación con ISFRC se evaluó utilizando la metodología de evaluación del ciclo de vida. Se demuestra en la producción de RSFRC en comparación con ISFRC con la misma clase de resistencia del hormigón hubo reducción del impacto ambiental.

**Grzymiski, Musiał y Trapko (2019)** en su artículo “Mechanical properties of fibre reinforced concrete with recycled fibres” con el objetivo de analizar los elementos del concreto estructural sometidos a tensiones de tracción. En donde Para reducir la fragilidad del concreto se añade fibras a esta mezcla, por lo que se crea el concreto reforzado con fibra (FRC) y se puede examinar la eficacia de las FAR (obtenidas a partir de desechos del proceso de mecanizado) para aumentar la ductilidad del concreto. Así mismo se proporciona información básica sobre el concreto reforzado con fibra, incluidos los tipos de fibra, la influencia de agregar FA en las cualidades mecánicas del material y la metodología de ensayo de las principales propiedades de flexión del FRC según diferentes normas. Como referencia se preparó una serie de concreto en masa. En los otros dos grupos, la matriz de concreto se reforzó con fracciones volumétricas idénticas de dos tipos de FA. En la primera serie se utilizaron fibras típicas de gancho, mientras que en la segunda serie se utilizaron fibras recicladas propuestas. Las características mecánicas fundamentales como: la resistencia o fuerza a la compresión, tracción y flexión se probaron en probetas de cubo y viga. Adicionalmente, se determinó la distribución de deformaciones en la sección media de las vigas reforzadas con FAR y sometidas a flexión. Se investiga y discute la posible utilización de FAR como sustituto de las fibras comúnmente utilizadas para reforzar el concreto.

**Liew y Akbar (2020)**, cuyo artículo “*The recent progress of recycled steel fiber reinforced concrete*” tiene como objetivo examinar la información reportada actualmente así como identificar las brechas de investigación para aquellos que

tienen la intención de seguir estudiando el comportamiento de los sistemas cementosos reforzados con FAR para diversas aplicaciones. Las cuestiones medioambientales como el uso indiscriminado de los recursos naturales y la generación de enormes cantidades de residuos y su vertido están orientando actualmente a la civilización moderna hacia la construcción sostenible. El concreto incorporado con fibra de acero se ha aplicado durante muchas décadas debido a su capacidad para detener las grietas e introducir ductilidad en el concreto estructural. Con respecto a los recursos naturales y el impacto ambiental adverso de las emisiones de CO<sub>2</sub> durante la producción de fibras de acero industriales a mayor escala, se han realizado importantes esfuerzos de investigación hacia alternativas sostenibles, conservadoras de recursos y recicladas para reemplazar estas fibras de acero comercialmente disponibles de alto costo con acero reciclado. Las mezclas de cemento reforzado con fibra de acero reciclado se comportan de manera diferente en estado fresco y endurecido en comparación con las mezclas de cemento reforzado con fibra de acero simple e industrial. Esta revisión proporciona una breve descripción de las fibras de acero recicladas (RSF) de diferentes fuentes, sus características y aplicación en la producción de varios compuestos a base de cemento. Se ha abordado el efecto de los RSF en las diferentes características del concreto en estado fresco, incluida la porosidad, trabajabilidad, densidad aparente y la estabilidad volumétrica. También se realizó una discusión detallada sobre las características mecánicas de varios sistemas cementosos, que comprenden la resistencia o fuerza a la compresión, flexión y tracción, la tenacidad, la resistencia a los impactos y la durabilidad.

**Xia y Sakdirat (2022)** en su artículo "*Environment-friendly recycled steel fibre reinforced concrete*" Indica que en la gestión de activos del ciclo de vida los desechos de la construcción es uno de los problemas críticos. En consecuencia, es necesaria la contribución de los materiales reciclados tanto en el diseño como en la construcción de edificios. En tal contexto, las fibras de acero recicladas (RSF) de llantas de desecho se han considerado como una alternativa a las fibras de acero industrial (ISF). Este documento presenta una revisión exhaustiva y crítica sobre el uso de RSF en relación con las propiedades de la fibra, así como las propiedades mecánicas del hormigón reforzado con RSF. Se realizan análisis comparativos

tanto en estado húmedo como endurecido entre ISF y RSF para optimizar la resistencia a la compresión y flexión. Además, basándose en los datos de precios y potenciales de calentamiento global, investiga la contribución de RSF al desarrollo sostenible y la economía en comparación con ISF.

**Caggiano, Folin, Lima, Martinelli y Pepe (2017)** en su artículo “*On the mechanical response of Hybrid Fiber Reinforced Concrete with Recycled and Industrial Steel Fibers*” que fue una investigación experimental sobre compuestos cementosos “sostenibles” reforzados internamente con una variedad de fibras de acero industriales y recicladas (neumáticos de desecho) que son empleadas en sustitución y/o adición de las de acero industrial. Específicamente, se produjeron y probaron seis mezclas de concreto que incluían diferentes cantidades de fibras de acero industrial/reciclado tanto en compresión como en flexión. Los resultados obtenidos confirman las prometedoras perspectivas ya observadas por los autores en un estudio previo sobre hormigón armado con FAR obtenidos a partir de neumáticos de desecho. Además las FAR pueden reemplazar en una cantidad igual a las fibras de acero comercial sin una disminución significativa en las características mecánicas, siempre que las FAR presenten características geométricas adecuadas.

**Álvarez y Barrios (2018)**, Cuya investigación titula “*Algunas consideraciones teóricas sobre el aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición en la producción de árido reciclado*” el objetivo es el de analizar los principales conceptos teóricos que se relacionan con los RCD. Tipo de investigación descriptiva. Se tiene como Muestra un resumen de criterios de varios autores sobre la clasificación de RCD. Como Resultados se tiene que el reciclaje coadyuva a la protección del ecosistema porque disminuye el consumo de energía a la vez es fuente generadora de puestos de trabajo en los diferentes procesos o etapas de reciclaje como son (recolección, clasificación, etcétera). El reciclaje forma parte de la teoría del desarrollo sostenible.

**Subathra y Gnanavel (2014)**, cuya investigación titula *“Properties of Concrete Manufactured Using Steel Slag”* con el fin de estudiar experimentalmente el efecto de la sustitución parcial de agregados gruesos y finos por escoria de acero sobre las diversas características de resistencia y durabilidad del concreto. Se encuentra el porcentaje óptimo de sustitución de árido fino y grueso por escoria siderúrgica. La trabajabilidad del concreto disminuye gradualmente, a medida que aumenta el porcentaje de reemplazo, que se encuentra mediante la prueba de asentamiento. Se investigan experimentalmente los ensayos de resistencia a la compresión, a la tracción, a la flexión y durabilidad. Las deducciones demuestran que para el concreto habitual, la sustitución parcial de agregados finos y gruesos por escoria de acero incrementa la resistencia a la tensión, flexión y compresión.

**Maanvit, Prasad, Vardhan, Jagarapu, y Eluru (2019)**, Cuya investigación titula *“Experimental Examination of Fiber Reinforced Concrete Incorporation with Lathe Steel Scrap”* posee como objetivo experimentar la influencia de agregar residuos de acero generados por los tornos de la industria manufacturera al concreto. El método utilizado para el estudio fueron las pruebas comparativas en dosificaciones de 1%, 1.5%, 2% para concreto de grado (300kg/cm<sup>2</sup>). Teniendo como resultados: Mediante el ensayo del slump se demostró que a mayor cantidad de residuos de acero menor es el asentamiento. Con una dosificación del 1.5% de residuos de acero ambas resistencias a la flexión y compresión mejora en un 110% y un 35% respectivamente frente a la muestra de control. Teniendo como Conclusión que las propiedades mecánicas se incrementan de manera óptima al agregar residuos de acero.

**Valencia y Quintana (2016)**, cuya tesis titula *“Análisis Comparativo Entre El Concreto Simple Y El Concreto Con Adición De Fibra De Acero Al 12% Y 14%”* con el fin de comparar y analizar el concreto simple y el concreto reforzado al agregar fibras de acero. El estudio fue de Tipo Aplicada con un nivel descriptivo- explicativo. Teniendo como Muestra 27 probetas cilíndricas con una medida de 10 x 20 cm

para las pruebas de resistencia a la compresión sin añadir fibras de acero comercial (FAC) y con incorporación de FAC. Los Instrumentos utilizados fueron la ficha técnica. Los resultados obtenidos fueron que el asentamiento disminuyo con la incorporación de FAC y a mayor incorporación de FAC la resistencia a la compresión aumenta. (p.27)

**Abbass, Khan y Mourad (2018)**, en su investigación titulada “Evaluation of mechanical properties of steel fiber reinforced concrete with different strengths of concrete” con el objetivo de analizar los efectos de agregar fibras de acero con diferentes longitudes y diámetros en las características mecánicas del concreto. En este estudio, se utilizó fibras con extremos ganchudos de tres longitudes (40, 50 y 60 mm) y dos diámetros (0,62 y 0,75 mm) con tres proporciones de agua/cemento (0,25, 0,35 y 0,45). Se añadieron fibras de acero con tres fracciones de volumen, 0,5%, 1,0% y 1,5%. Se prepararon e investigaron treinta mezclas de concreto. Los resultados indicaron que la adición de diferentes contenidos y longitudes de fibras de acero provocó un cambio significativo en las características mecánicas del concreto, con un aumento de alrededor del 10-25% en la resistencia a la compresión y alrededor del 31-47% en la resistencia a la tracción directa.

**Kokila, Madhusudhanan y Karpaga Kannan, (2019)** Cuyo trabajo titula “*Experimental investigation on concrete using steel scrap*”. Donde se agregó los desechos de acero en diferente proporciones 1%, 2% y 3%. En esta investigación se obtuvo resultados de resistencia a la compresión, a la tracción parcial y absorción de agua y se puede apreciar que hasta un 2% de los desechos de acero la resistencia a la tracción dividida se incrementa asimismo en la prueba de absorción agua esta disminuyo gradualmente. (p.4508)

**Rahman, Mustafa y Azeemuddin, (2017)** cuya investigación titula “*Performance Analysis of Steel Scrap in Structural Concrete*”. Donde se realizó pruebas de asentamiento, resistencia a la compresión y tracción. Donde se utilizó vigas y las pruebas se realizaron a los 3, 7 y 28 días. Se usó material de desecho de acero de un torno que se utilizó como fibra de acero para la construcción. Se obtuvieron como resultados que la resistencia a la compresión incremento hasta un

60,171% a los 28 días en comparación con la muestra de control que fue de 36,904%. (p.68)

**Pannirselvam, Mouli, Pardhu y Anitha (2019)** cuya investigación titula “*Experimental Investigation on Special Concrete Using Steel Nail*”. Cuyo propósito fue evaluar la resistencia a la compresión y flexión del concreto empleando clavos de acero en distintas dosificaciones. La Metodología de estudio fue realizar un análisis comparativo de resistencia a la compresión y a la flexión a los 28 días con dosificaciones entre 0%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% de clavos respecto al peso total de la mezcla. Los resultados de las pruebas experimentales revelaron que las propiedades de resistencia del concreto mejoraron al agregar clavos de acero al concreto. La mejor dosificación fue la del 12% al incrementar el porcentaje se redujo la resistencia a la compresión. (p.836)

**Sharmin Aktar, et al (2019)** con su investigación titulada “*Experimental Study on Steel Fiber Reinforced Concrete for M-40 Grade*” cuyo propósito fue de estudiar las transformaciones que se producen en la resistencia a la compresión del concreto al añadir clavos de acero de 12.7mm de longitud así como contrastar costos del concreto agregando de clavos y sin agregar clavos, el método utilizado en la investigación fue comparar la resistencia a la compresión acorde con la norma ASTM C39 se agregó clavos con dosificaciones de 1%, 2%, 3%, 4% y 5% del peso total de la mezcla como conclusiones se obtuvieron que la resistencia a la compresión del concreto incremento en un 24% mientras que el costo solo aumenta en un 0.5%, La máxima resistencia alcanzada del concreto fue de 4750 psi con incorporación del 5% de clavos. (p.85)

**Galeb y Sabri (2018)** en su artículo “*Prediction Of Compressive Strength Of Fiber Reinforced Concrete Using Artificial Neural Networks*” con el objetivo de analizar el resultado de agregar clavos de acero como fibras en la resistencia a la compresión del concreto. En esta investigación se realizó ensayo de muestras cúbicas de concreto con varias proporciones de mezcla y proporciones de agua - cemento. Como conclusiones se obtuvo que si se añade mayor diámetro de clavos pero en bajo porcentaje la fuerza de compresión aumenta mientras si se añade

mayor diámetro y mayor porcentaje de clavos a la mezcla la fuerza de compresión disminuye.

**Sayahi, Emborg, Hedlund y Cwirzen (2021)** en su artículo "*Effect of steel fibres extracted from recycled tyres on plastic shrinkage cracking in self-compacting concrete*" tuvo como objetivo investigar y comparar el efecto de las FA obtenidas mediante el reciclaje de llantas de desecho (conocidas como RTSF) y una fibra de acero en forma de gancho (HSF) disponible comercialmente, sobre el agrietamiento por contracción plástica en concreto autocompactante. Se han cuantificado las deformaciones volumétricas de las probetas, el sangrado y la pérdida de masa. Se han probado mezclas que contienen 2.5, 5, 7.5 y 10 kg/m<sup>3</sup> de RTSF y 5 y 7,5 kg/m<sup>3</sup> de HSF. Los resultados revelan que es factible lograr una reducción casi similar del área de la fisura si se reemplaza el HSF por una cantidad ligeramente mayor de RTSF. Sin embargo, el primero parece ser más efectivo para restringir la contracción plástica. Ambas fibras disminuyeron la contracción volumétrica y la capacidad de sangrado de los especímenes.

**Florence More y Senthil Selvan (2021)** en su artículo "*Experimental study on addition of Steel Fibres in Conventional Concrete*". El propósito del estudio fue comparar las características mecánicas del hormigón incorporando fibra de acero con el Concreto Convencional con cuatro porcentajes diferentes como 0,5%, 1,0%, 1,5% y 2,0% se añadieron al hormigón. Se experimentaron en este estudio. Las resistencias a la compresión de probetas cúbicas se calcularon para estas dosificaciones con un periodo de curación de 14 y 28 días. Se observó que la dosis de fibra de 1,5% mostró valores máximos en comparación con otros porcentajes. Con el porcentaje optimizado de Acero se llevó a cabo la prueba de resistencia a la tracción y se observó que la adición de fibras de acero en concreto mejoró la resistencia a la compresión y a la tracción. También se pudo observar que a los 28 días de curado agregando el 1,5% de fibras, las resistencias a la compresión aumentaron un 14,6%, 13,7% y 11,8% respectivamente en comparación con el hormigón convencional. Asimismo, a los 28 días de curación con la adición de 1,5% de fibras en comparación con el hormigón convencional.

**Ñaupas y Sosa (2019)**, cuya tesis titula “*Comportamiento Mecánico Del Concreto Reforzados con Fibra De Acero En El Análisis Estructural De Placas En El Proyecto De Ampliación Del Centro Médico San Conrado En Los Olivos, Lima – Perú* ” Con el objetivo de realizar un análisis estructural de placas hechas de concreto y reforzadas con fibra de acero. Con estudio de Tipo cuantitativo, Nivel descriptivo, Diseño experimental. Teniendo como Muestra 60 probetas (cilíndricas y prismáticas) con fibras de acero en distintas cantidades entre 60, 75, 90 y 105  $kg/cm^3$ . Los Instrumentos utilizados para recolectar datos fueron formatos en Microsoft Excel cuyos Resultados fueron que el Asentamiento disminuyo a mayor añadidura de fibras de acero y su consistencia se volvió seca, el peso unitario del concreto se eleva cuando se reemplaza el agregado por las fibras de acero debido a su alta densidad y también a que las fibras de acero atrapan más contenido de aire. Los valores alcanzados fueron de 2373.90  $kg/cm^3$ , 2431.61  $kg/cm^3$ , 2444.65  $kg/cm^3$ , 2458.65  $kg/cm^3$ , 2473.93  $kg/cm^3$ .

**Condori y Palomares (2018)**, cuyo trabajo titula “*Análisis del comportamiento mecánico del concreto con adición de virutas de acero recicladas para pavimentos rígidos en Lima, 2018*” cuyo Objetivo fue estudiar las cualidades mecánicas del concreto agregando residuos o virutas de acero recicladas. El estudio es de Tipo Básico o Puro, nivel descriptivo- explicativo. Teniendo como Muestra probetas cilíndricas y prismáticas haciendo un total de 50 muestras y 6 briquetas de concreto patrón sin agregar virutas de acero, 30 briquetas para ensayos de compresión, 10 vigas para ensayos de flexión y 10 viguetas para los ensayos de tracción. Los Instrumentos utilizados fue la ficha técnica. Los resultados fueron que al agregar virutas o desechos de acero reciclado influye positivamente en la resistencia a la flexión, siendo la muestra más favorable con viruta de 1” con una dosificación al 3% cuyo resultado fue de 50.74  $kg/cm^2$  frente a 50.39  $kg/cm^2$  de la muestra patrón. Para la resistencia a la compresión, las virutas de acero reciclado influyen positivamente en los resultados siendo el mejor la viruta de 1/2” al 3% de cantidad, cuyo resultado fue de 323  $kg/cm^2$  frente al resultado a compresión patrón que fue de 315  $kg/cm^2$ . Agregar virutas de acero mejora la resistencia a la tracción, cuyo resultado fue 50.84  $kg/cm^2$  frente al resultado a tracción patrón de 49.85  $kg/cm^2$ .

**Ceñal, Korb (2015)**, indica en su trabajo de investigación titulado "*Problemática de los residuos de la construcción y demolición*" refiere que estas actividades son consideradas como una de las más grandes generadoras de residuos a nivel del mundo, evidenciándose en los altos indicadores que muestran la problemática que estos conllevan. La generación de RCD no tiene un control establecido ya que la administración de las empresas constructoras muestra poco interés en el control de pedidos de materiales, causando desperdicio. El aprovechamiento de residuos de la construcción está haciéndose una tendencia a seguir en todo el mundo pues en ella se puede encontrar una gran cantidad de beneficios y mejoras para las empresas constructoras. A pesar de que aún se tienen algunas dudas sobre las características de estos materiales reciclados, la experiencia de su uso muestra que la eficiencia de manejo permite que puedan ser aprovechados de la mejor manera posible.

**Toribio y Ugaz (2021)**, su tesis de pregrado titulada "*Evaluación del concreto reforzado con fibras De acero recicladas para mejorar las Propiedades de un pavimento rígido*" tuvo como Objetivo evaluar los efectos ocasionados por agregar fibras de acero en el concreto para pavimento rígido. El estudio fue de Tipo aplicada con diseño experimental y el nivel de investigación: correlacional, con una muestra de 12 vigas y 12 briquetas para realizar los ensayos de esfuerzo a la compresión y flexión. Se utilizó Fichas de recolección de datos como instrumentos. Los ensayos realizados para la compresión y flexión se elevaron en 19.42% y 8.51% respectivamente como Conclusión, el agregar FAR en el concreto mejora la resistencia a la compresión y de igual forma el módulo de rotura.

**Rafael y Reinal (2020)**, Cuya tesis titula "*Influencia de las fibras de acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto  $F_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, Trujillo 2021*" cuyo objetivo evaluar qué efecto ocasiona las fibras de acero comercial y recicladas en las características mecánicas del concreto  $F_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. La investigación fue de Tipo aplicada y diseño transversal. Cuya muestra fue 63 probetas cilíndricas y 21 vigas para calcular el esfuerzo a la compresión y flexión. Se obtuvo como resultados que con la adición al 4% se obtuvo mejor comportamiento para el ensayo a flexión sin embargo con la dosificación al 1% ya se obtuvo resultados óptimos para la resistencia a la compresión. En conclusión las

FAR mejoran las propiedades mecánicas del concreto a un bajo costo además su uso contribuye con el cuidado del medio ambiente evitando que las virutas sean desechadas.

**Juárez (2021)**, En su tesis de pregrado titulada “*Evaluación de propiedades mecánicas del concreto  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con la adición de clavos reciclados, Cusco 2021*” tuvo como objetivo Evaluar los efectos de agregar clavos reciclados en los atributos mecánicos del concreto. El estudio de Tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental y nivel de investigación: correlacional. Tuvo como muestra 96 testigos con dosificaciones de clavos reciclados al 0%, 8%, 10% y 12%. Cuyo instrumento fue la guía de observación. El resultado fue que a mayor cantidad de clavos mayor esfuerzo a la compresión y que a mayor porcentaje de clavos las fracturas de las viguetas aparecían de manera discreta. Como Conclusión se tiene que no hay una dosificación exacta para incrementar las características mecánicas del concreto ya que todas las dosificaciones tendieron a aumentar la resistencia.

La presente investigación tiene las siguientes teorías involucradas:

## **RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)**

**MINAM (2016)** “vienen a ser los desperdicios que se producen a consecuencia de las diferentes actividades y procesos constructivos como son la remodelación, restauración, rehabilitación y demolición de edificaciones e infraestructura”. Existen dos tipos de RCD como son los peligrosos y los no peligrosos (reutilizables, reciclados)

## RESIDUOS PELIGROSOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

(Anexo 3 del Decreto Supremo n.º 003-2013-VIVIENDA)

- Restos de madera tratada
- Envases de removedores de pinturas, aerosoles
- Envases de removedores de grasa, adhesivos, líquidos para remover pintura
- Envases de pinturas, pesticidas, contrachapados de madera, colas, lacas
- Restos de tubos de fluorescentes, transformadores, condensadores, etc.
- Restos de PVC (solo luego de ser sometidos a temperaturas mayores a 40 °C)
- Restos de planchas de fibrocemento con asbesto, pisos de vinilo asbesto, paneles divisores de asbestos
- Envases de solventes
- Envases de preservantes de madera
- Restos de cerámicos, baterías
- Filtros de aceite, envases de lubricantes



Figura 5. Residuos peligrosos de la construcción  
Fuente: MINAM

La clasificación de los RCD para (Monercillo y García 2011), según su origen son: Residuos producidos en puntos de extracción donde se realizan movimientos de tierras sin contaminación de otras sustancias. Los residuos de obras de construcción son conformados por escombros y otros materiales como papel y plástico. Los residuos según su naturaleza son: Residuos inertes no peligrosos y que no sufren cambios o transformaciones ya sean químicas, biológicas o físicas. Los residuos no peligrosos no tienen toxicidad pero tienden a sufrir o producir cambios físicos, químicos o biológicos que son perjudiciales para el ser humano o contaminan el medio ambiente aquí se tiene la madera, plásticos, papel, yeso, y la mayoría de los metales. Los Residuos peligrosos y tóxicos como su nombre lo indica contiene sustancias o elementos tóxicos tanto como para el ser humano y como para el ecosistema aquí se encuentran las pinturas y los disolventes (incluidos los envases), el plomo y los residuos radioactivos.

**Economía Circular** para (Solórzano, 2018) “Se trata de un círculo virtuoso que busca devolver a la naturaleza lo que puede ser devuelto y al sistema productivo lo que se puede reutilizar”. La EC fomenta que los recursos, productos o materiales se conserven en la economía el mayor tiempo posible con generación mínima de desperdicios. La EC nace como una alternativa a la economía lineal que

rige desde hace más de un siglo que se basa en el esquema de fabricar-usar-descartar (p 172).

**Magnitudes Físicas** para (Luna, 2011), “Son propiedades o atributos medibles” (p11)

**CUADRO DE MAGNITUDES FISICAS**

Longitud	Masa	Tiempo	Densidad
Área	Volumen	Velocidad	Desplazamiento
Rapidez	Aceleración	Fuerza	Presión
Trabajo	Energía	Potencia	Torque
Momento Lineal	Momento angular	Aceleración angular	Velocidad angular
Momento de inercia	Carga eléctrica	Campo eléctrico	Campo magnético
Voltaje	Corriente	Capacidad	Resistencia

Figura 6. Magnitudes Físicas

Fuente: Física Básica

**Masa** “Cantidad de materia que un cuerpo posee y es estimado en una balanza, teniendo como unidad de medida el kilogramo (kg). **Longitud** “viene a ser la distancia entre dos puntos, cuya unidad es el metro (m)”.

**Concreto**, para (Niño, 2010) “Es la mezcla de cemento Portland, agregados y agua que forman un sólido compacto y adquiere características mecánicas, físicas y químicas. **Propiedades Del Concreto** Según ( Sánchez, 1996) “Esta mezcla tiene diferentes características o propiedades que va adquiriendo durante su proceso de cambio o transformación; como primera etapa: el concreto es un material maleable y laxo, la segunda etapa corresponde a el tiempo de fraguado del concreto y se puede evidenciar el incremento progresivo de la rigidez y por último la tercera etapa que corresponde al endurecimiento del concreto y donde adquiere propiedades mecánicas, cuyo desarrollo se representa mediante la evolución de la resistencia a compresión”. Las **propiedades físicas** suelen identificarse mediante mediciones simples o a simple vista aquí no depende la cantidad de mezcla sino el cuidado que se tenga con ella. (IMCC 2005) entre estas propiedades se tiene el asentamiento, temperatura, contenido de aire y peso unitario. Las **propiedades mecánicas** están relacionadas con el comportamiento del concreto en estado endurecido sometido a un esfuerzo y son la resistencia a la compresión, flexión y tracción.

**Asentamiento** según (Vera, 2011) Es cuando el concreto una vez compactado e instalado dentro del encofrado se mantiene en reposo y donde la gravedad origina un fenómeno natural para que los componentes más pesados como el cemento, el agregado grueso y fino descenden y donde el agua que es menos densa, tienda a subir a la parte superior de la mezcla; a todo este proceso se le denomina asentamiento.

**Ensayo de asentamiento.** Mide la consistencia del concreto (Figura 7) para indicar que tan seca o fluida se encuentra (figura 9) cuando está en estado plástico, según (Niño, (2010). Para realizar este ensayo se utiliza el cono de Abrams (Figura 8)



Figura 7. Asentamiento  
Fuente: Niño Hernández. Tecnología del concreto

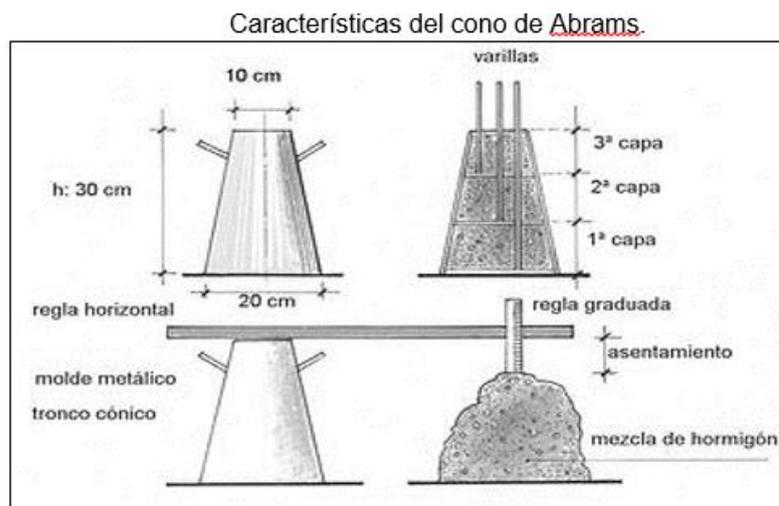


Figura 8. Características del cono Abrams  
Fuente: Niño Hernández. Tecnología del concreto

### Clasificación del concreto según su consistencia.

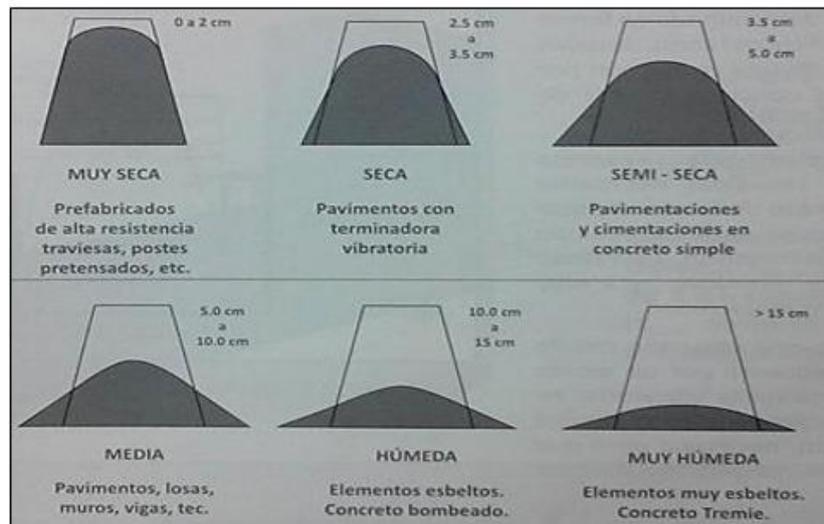


Figura 9. Clasificación del concreto según su consistencia.

Fuente: Niño Hernández. Tecnología del concreto

**Peso unitario** según (Carbajal, 1999), “Es el peso del concreto por unidad de volumen, donde interfiere la densidad de los agregados, la relación agua-cemento, la cantidad de aire atrapado, el tamaño máximo nominal entre otros; sus valores oscila En un rango de  $2240 \text{ kg/m}^3$  a  $2400 \text{ kg/m}^3$

**Resistencia al esfuerzo por compresión** para (Castellón y Osa, 2013) este ensayo se realiza sometiendo un espécimen a una prensa de ensayos a compresión y se obtiene un valor máximo de resistencia; esta se calcula a partir de la carga de fallo del espécimen de concreto dividida entre el área de la sección resistente y se expresa en  $\text{kg/cm}^2$  o psi.

**Resistencia al esfuerzo por flexión.** En este ensayo una zona de los elementos es sometido a compresión y otra región es sometido a esfuerzos de tracción. Esta prueba es de suma importancia en estructuras de concreto simple, como las losas de pavimentos” (Niño Hernández, 2010).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo

Según (Soto, 2015) la investigación se clasifica conforme al propósito planteado que se quiere adquirir. Por el propósito o finalidades tenemos a la investigación básica o pura cuyo fin es formular nuevas teorías y la Investigación aplicada o práctica; que consiste en aplicar o utilizar los conocimientos que se van adquiriendo.

Considerando lo definido la presente investigación según el propósito es de tipo aplicada porque utilizamos los conocimientos ya adoptados para resolver los problemas que hemos propuesto.

(Hernández, 2010), la investigación está basada en dos enfoques: el cuantitativo y el cualitativo, los cuales dan lugar a un tercer enfoque: El enfoque mixto. La investigación cuantitativa busca plantear interrogantes de investigación e hipótesis para que más adelante puedan ser comprobadas.

Considerando lo definido según el enfoque la presente investigación fue cuantitativa porque son medibles las variables de la investigación y sirvieron para comprobar las hipótesis planteadas.

##### 3.1.2. Nivel

(Caballero, 2009) según el nivel, las investigaciones se clasifican en exploratorio estas investigaciones no son causales y el análisis es de tipo cualitativo. La investigación descriptiva responde a la interrogante ¿Cómo es la realidad? No son causales y tiene análisis cualitativo. Investigación correlacional no es causal y su análisis es cuantitativo. La investigación de nivel explicativo responde a la interrogante ¿Por qué? y nos permite conocer porque un hecho tiene tales características.

Por lo descrito la presente investigación fue de carácter explicativo porque pudimos resolver todas las preguntas planteadas en la investigación.

### 3.1.3. Diseño

(Hernández-Sampieri, 2018), “Los diseños cuasi experimentales son aplicados a situaciones reales donde no se puede formar grupos aleatorios, pero se puede manipular la variable experimental”.

Considerando lo descrito la investigación presento un diseño cuasi experimental, porque la variable independiente fue manipulada “concreto con residuos metálicos de obra” alterando sus dosificaciones para luego compararlas con una muestra patrón, en este tipo de investigación no fue posible obtener una muestra aleatoria.

## 3.2. Variables y operacionalización

### 3.2.1. Variables

**Variable Independiente: Concreto con adición de residuos metálicos de obra**

Según (MINAM 2016), “Son desperdicios producidos en las diferentes actividades y/o procesos de construcción, remodelación, restauración, rehabilitación, y demolición de edificaciones e infraestructura”.

De acuerdo a la (OMS 2017) la actividad del reciclaje busca aprovechar todo residuo sólido generado en diferentes actividades y de estos obtener materia prima que pueda ser incorporada a un ciclo de consumo o de producción.

Teniendo estas definiciones concluimos que los residuos metálicos de obra que utilizaremos serán los residuos de acero (clavos, alambre) que serán incorporados al concreto simple o convencional.

**Variable dependiente: Las propiedades físico-mecánicas del concreto**

Para (Salas 2013), Las características físicas se manifiestan frente a estímulos como la luz, electricidad, el calor; estas propiedades son la trabajabilidad, durabilidad, impermeabilidad, etcétera. Las propiedades mecánicas se dan cuando aplicamos una fuerza a la materia sólida momentáneamente. Y son la resistencia a compresión, flexión y tracción.

### 3.2.2. Matriz de operacionalización

Ver anexo 2

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población

Según (Hernández Sampieri, 2014), “La población viene a ser el conjunto de todos los casos que coinciden con una serie de especificaciones” (p. 65). En nuestro estudio la población fue la producción de concreto  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  con adición de residuos metálicos de obra con distintas dosificaciones 0%, 1%, 3% y 5%.

#### 3.3.2. Muestra

Para (Hernández Sampieri, 2014) la muestra es el subconjunto representativo de la población. Depende de la calidad y cuán representativo se desea el estudio de la población para seleccionar el tipo de muestra; por consiguiente nuestra muestra fue no aleatoria.

**Tabla 1.** *Ensayo de Asentamiento*

PRUEBA DE ASENTAMIENTO			
DISEÑO		CANTIDAD	TOTAL
Patron = D0		3	3
Concreto con acero	1% = D1	3	3
	3% = D3	3	3
	5% = D5	3	3
TOTAL			12

Fuente: Bonet Maldonado, 2022

**Tabla 2.** *Ensayo de peso unitario*

ENSAYO DE PESO UNITARIO			
DISEÑO		CANTIDAD	TOTAL
Patron =D0		3	3
Concreto con acero	1% = D1	3	3
	3% =D3	3	3
	5% = D5	3	3
TOTAL			12

Fuente: Bonet Maldonado, 2022

**Tabla 3.** *Ensayo de resistencia a la compresión*

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION					
DISEÑO	NUMERO DE DIAS			TOTAL	
	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS		
Patron = D0		3	3	3	9
Concreto con acero reciclado	1% = D1	3	3	3	9
	3% = D3	3	3	3	9
	5% = D5	3	3	3	9
TOTAL DE PROBETAS					36

Fuente: Bonet Maldonado, 2022

**Tabla 4.** *Ensayo de resistencia a la flexión*

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION					
DISEÑO	NUMERO DE DIAS			TOTAL	
	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS		
Patron = D0		3	3	3	9
Concreto con acero reciclado	1% = D1	3	3	3	9
	3% = D3	3	3	3	9
	5% = D5	3	3	3	9
TOTAL DE VIGAS					36

Fuente: Bonet Maldonado, 2022

### 3.3.3. Muestreo

Para (Otzen, 2017) El muestreo tiene por finalidad analizar la distribución de la variable tanto en la población como en la muestra de estudio y se obtiene de dos maneras; la probabilística que nos da a conocer la probabilidad de que cada sujeto a estudio debe ser incluido en la muestra a través de una selección al azar. Y no probabilístico cuya selección de los sujetos a estudio dependerá de ciertos criterios, que el investigador considere importantes en ese momento.

Con lo expuesto anteriormente el presente estudio tuvo un muestreo no probabilístico porque nuestra población fue amplia y no se pudo hacer una selección al azar.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Para (Rodríguez, 2008), las técnicas utilizadas en la recolección de datos vienen a ser los medios que se utilizan para recolectar datos, entre los cuales destacan la observación, cuestionario, entrevistas, encuestas. La observación es mirar detenidamente el experimento o proceso, la entrevista es un dialogo que ayuda a construir la realidad, la encuesta permite obtener información subjetiva a un gran número de personas.

El estudio aplico la técnica de la observación porque visualizamos de manera minuciosa todos los ensayos o pruebas que se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos.

#### 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Según (Palella y Martins, 2017) el instrumento que permite recolectar datos es cualquier recurso que permite al investigador medir el comportamiento o atributo de una variable. En cada instrumento se puede distinguir dos aspectos diferentes: una forma y un contenido. (p.125). En la investigación se usó las fichas técnicas para cada ensayo y donde registramos los principales resultados que nos sirvió para el análisis del trabajo de investigación.

**Tabla 5. Listado de Fichas técnicas**

FICHAS TECNICAS	
Ficha técnica N°1	Ensayo de Asentamiento (ver anexo 3)
Ficha técnica N°2	Ensayo de Peso Unitario (ver anexo 4)
Ficha técnica N°3	Ensayo de Resistencia a la compresión (ver anexo 5)
Ficha técnica N°4	Ensayo de Resistencia a la flexión (ver anexo 6)

Fuente: Bonet Maldonado, 2022

##### 3.4.2.1. Validación

La validación de los instrumento de investigación hace referencia al desarrollo y grupo de técnicas o procedimientos para garantizar su confiabilidad y tienen la posibilidad de ser de carácter cualitativo o cuantitativo. Según (Juárez y Tobón 2018) indica que el juicio de expertos se

representa por un número de sujetos con un alto grado de conocimientos sobre una temática, los cuales analizan y evalúan un instrumento. En esta investigación la ficha técnica fue validada por Juicio de expertos, mediante los siguientes criterios de validación.

**Tabla 6. Criterios de validación**

<b>CRITERIOS DE VALIDACION</b>
Nula > 0.53
Baja 0.54 - 0.59
Valida 0.60 - 0.65
Muy valida 0.66 - 0.71
Excelente 0.72 - 0.99
Perfecta 1

Fuente: Herrera Rojas, 1998

**Tabla 7. Lista de expertos**

<b>N°</b>	<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>GRADO ACADEMICO</b>	<b>ESPECIALIDAD</b>	<b>INSTITUCION</b>
1	Bocangel Gamarra Minoska (ver anexo 3,4,5 y 6)	ING. CIVIL	PAVIMENTOS	MUNICIPALIDAD DE SANTIAGO
2	Quispe Quispe Jairzinho (ver anexo 3,4,5 y 6)	ING. CIVIL	PAVIMENTOS	PLAN COPESCO
3	Flórez Gil Joseph (ver anexo 3,4,5 y 6)	ING. CIVIL	PAVIMENTOS	MUNICIPALIDAD DE CCORCA

Fuente: Bonet Maldonado, 2022

### **3.4.2.2. Confiabilidad de instrumentos**

Indica (Hernández Sampieri, et al. 2014) La confiabilidad de un instrumento de medición es cuando una aplicación repetida a la misma persona u objeto produce resultados iguales. El presente trabajo de investigación cuenta con las certificaciones de calibración de los diferentes equipos usados en el laboratorio.

- Certificado de calibración prensa para ensayos de concreto a compresión (ver anexo 7)
- Certificado de calibración de la prensa de Humboldt para ensayos de concreto a flexión y tracción (ver anexo 8)
- Certificado de calibración para la Balanza electrónica (ver anexo9)
- Certificado de calibración para el Horno eléctrico (ver anexo 10)

### 3.5. PROCEDIMIENTOS



Figura 10. Procedimiento  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

## Desarrollo del Procedimiento

**Etapa 1:** Acopio del material para ser utilizado en la elaboración del diseño de mezcla  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .



Figura 11. Visita al distribuidor de agregados en Cusco  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

<ul style="list-style-type: none"><li>• Agregado Grueso: Piedra chancada de <math>\frac{3}{4}</math> " proveniente de la cantera de VICHO</li></ul> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agregado fino proveniente de la cantera de Huambutio.</li></ul> 
---	--

Figura 12. Acopio de agregado  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

- Agua de acuerdo a la norma N.T.P. 339.088.
- Cemento tipo IP: 10 bolsas de 42.5 Kg
- Recolección de Residuos de material en distintas obras de la ciudad del Cusco.



*Figura 13.* Obra pública de la Municipalidad de Santiago  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022



*Figura 14.* Acopio de RMO (clavos reciclados de encofrados: de 3" y 4" de longitud)  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022



Figura 15. Acopio de RMO (Alambre # 16, #8 y limaduras de hierro)  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022



Figura 16. Acopio total de Residuos Metálicos de Obra.  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

## Etapa 2: Caracterización de los agregados

**Muestreo:** Mediante la norma MTC E 201 se realiza el proceso de muestreo de los agregados.



*Figura 17.* Método del cuarteo para llevar a laboratorio una muestra representativa del agregado  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

Para determinar las siguientes características de los materiales se empleó el método de MTC E-107 y 204 para realizar el análisis granulométrico de agregado.



*Figura 18.* Lavado de agregados.  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022



**Figura 19.** Tamizaje y peso de los agregados.  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022



**Figura 20.** Cálculo de la densidad absoluta como relativa, PE y absorción de los agregados según las normas MTC E-205 y 206.  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022



**Figura 21.** Determinación de la cantidad de vacíos y PU de agregados fino y grueso según norma del MTC E 203.  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

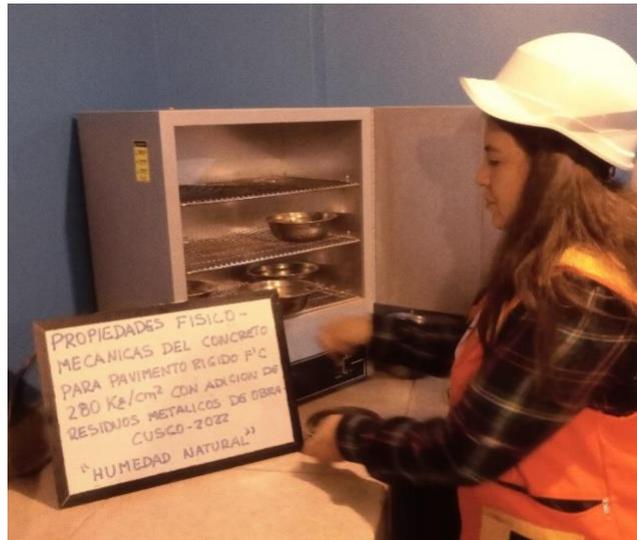


Figura 22. Calculo del contenido de humedad según norma del MTC E-215  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022



Figura 23. Estandarización de los RMO (clavos, alambres) pesar, medir, limpiar y cortar los para favorecer la correcta dosificación.  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

### **Etapas 3: Diseño de Mezcla (ver anexo 11)**

Se realizó el procesamiento de datos para calcular el diseño de mezcla patrón con un  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  para un  $\text{m}^3$  de concreto, utilizando como guía la Norma ACI 211. En este diseño no se incluyó la dosificación de residuos metálicos de obra.

En base a este diseño patrón se realizó la adición de residuos metálicos de obra (RMO) con las diferentes dosificaciones del 1% de RMO, 3% de RMO, 5% de RMO en relación al peso del cemento.

#### Etapa 4: Fabricación de muestras, ensayo de slump y peso unitario

- Se realizó la preparación del concreto  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  (Diseño Patrón) para lo cual se utilizó una mezcladora de concreto de 4 pie<sup>3</sup>



Figura 24. Preparación del concreto para elaborar muestras y realizar ensayos  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

#### ENSAYO DE ASENTAMIENTO

Se realizó este ensayo con el diseño patrón y también agregando los residuos metálicos de obra con dosificaciones del 1%, 3% y 5%; para poder analizar la consistencia o grado de fluidez del concreto



Figura 25. Ensayo de slump sin adición de RMO  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022



Figura 26. Ensayo de slump con adición de residuos metálicos de obra al 1%.  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022



Figura 27. Ensayo de slump con adición de residuos metálicos de obra al 3%.  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

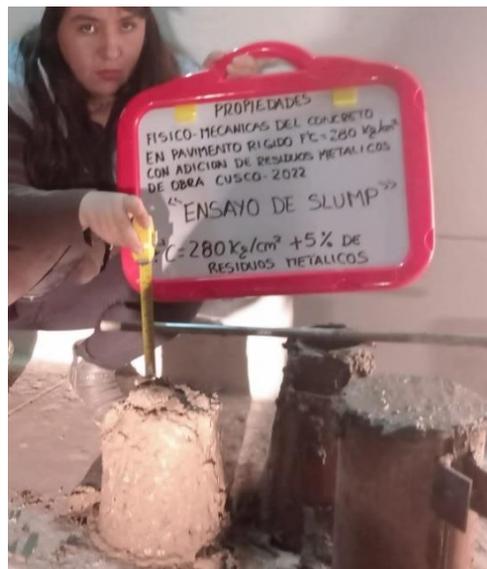


Figura 28. Ensayo de slump con adición de residuos metálicos de obra al 5%.  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022



Figura 29. Elaboración de briquetas y viguetas para el ensayo de resistencia a la compresión y a la flexión utilizando el diseño sin adición de RMO.  
 Fuente: Bonet Maldonado, 2022



Figura 30. Incorporación de RMO con las diferentes dosificaciones al 1%, 3% y 5%.  
 Fuente: Bonet Maldonado, 2022



Figura 31. Elaboración de briquetas y viguetas con adición de RMO al 1% y 3%.  
 Fuente: Bonet Maldonado, 2022



Figura 32. Elaboración de briquetas y viguetas con adición de RMO al 5%.  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

## ENSAYO DEL PESO UNITARIO

La norma NTP 339.046 sirvió como guía para realizar el ensayo del peso unitario, que consiste en pesar el concreto en estado fresco y debidamente compactado en un recipiente estandarizado cuyo volumen y masa es conocido. (VER ANEXO 12)



Figura 33. Calculo del peso del recipiente vacío (en kg).  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022



Figura 34. Compactación con el uso de una varilla y martillo de goma  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022



Figura 35. Ensayo del peso unitario con adición de residuos metálicos de obra  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

### **Etapas 5: Curado**

La norma ASTM C31 sirvió como guía para realizar este procedimiento cuyo fin es el de evitar la exudación del concreto así como también cangrejeras. Para este curado se utiliza recipientes con agua a temperatura ambiente, esta hidratación continua del concreto se realiza por 28 días.



Figura 36. Curado de briquetas  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

**Etapa 6: Ensayo de resistencia al esfuerzo por compresión y flexión.**



Figura 37. Ensayos se realizan de acuerdo a las normas ASTM C39 - C78  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022



Figura 38. Rotura de briquetas  
 Fuente: Bonet Maldonado, 2022



Figura 39. Ensayos de acuerdo a las normas ASTM C39 - C78 rotura de viguetas.  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

## Etapa 7: Procesamiento de resultados

Para este proceso se utilizó fichas técnicas previamente elaboradas y validadas mediante juicio de expertos, todo esto con el fin de mantener un orden que favoreció el procesamiento de datos y se tuvo resultados fidedignos sobre las hipótesis planteadas y se pudo responder de manera adecuada ante los objetivos propuestos así como emitir conclusiones acordes a la investigación.

### 3.6 Método de análisis de los datos

En el presente trabajo de investigación se aplicó la Estadística Inferencial según (Rincón, 2019) este tipo de estadística estudia algunas técnicas y procedimientos con el objetivo de que la información de una muestra se generalice o extienda a la población completa. Para (Salazar y del Castillo, 2018, p14) con esta estadística se obtiene conclusiones generales de una determinada población, mediante el estudio de una

muestra representativa. Para la contrastación de hipótesis se hizo la prueba de normalidad para ver si se utiliza o no las pruebas paramétrica, luego utilizamos la correlación de Pearson y el análisis Anova para obtener los resultados mediante Tukey.

### **3.7 Aspectos éticos**

Para el presente estudio, la investigadora se guio por las normas de construcción que rigen en nuestro país y respeto los resultados obtenidos en el laboratorio.

La investigación al ser de tipo aplicada, se ha considerado antecedentes y marco teórico de diferentes libros, tesis, normas, revistas respetando el derecho de autor mencionándolos a través de citas y referencias, se utilizó el software Turnitin para verificar el porcentaje de coincidencias de redacción a nivel mundial, además se contó con la aprobación y revisión periódica del asesor, así como consultas externas a ingenieros y docentes conocedores de la investigación.

## IV. RESULTADOS

Los resultados se desarrollaron de acuerdo a los indicadores considerados en la investigación.

### 4.1. INDICADOR 1: ASENTAMIENTO

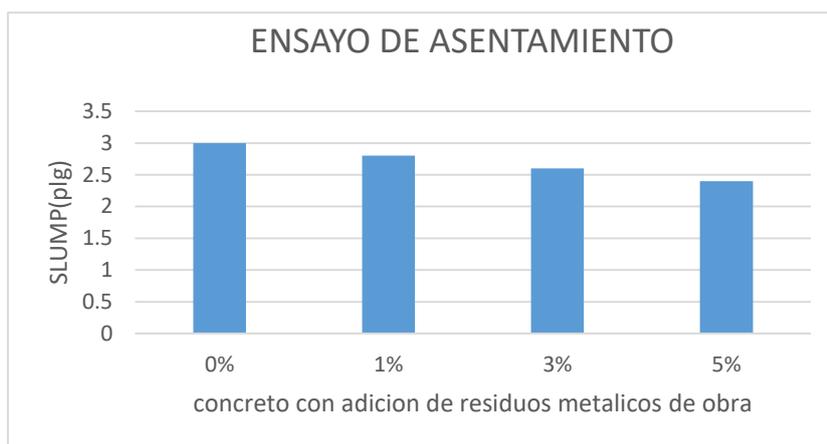


Figura 40. Dosificaciones: diseño patrón y con adición del 1%, 3% y 5% de RMO  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

**Tabla 8.** Porcentaje de asentamiento en relación al diseño patrón

ENSAYO DE ASENTAMIENTO			
DESCRIPCION	PORCENTAJE DE DOSIFICACIONES	Promedio obtenido Slump (plg)	Porcentaje
CONCRETO CON ADICION DE RESIDUOS METALICOS DE OBRA	0%	3	100%
	1%	2.8	93.33%
	3%	2.6	86.67%
	5%	2.4	80.00%

Fuente: Bonet Maldonado, 2022

### INTERPRETACIÓN:

Según la figura N°40 y la tabla N° 8 se puede visualizar que a mayor adición de residuos metálicos de obra la trabajabilidad disminuye respecto al diseño patrón. Siendo la consistencia del concreto más seca y resistente cuando se añade residuos metálicos de obra en sus diferentes dosificaciones.

## CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

**Tabla N°9** Prueba de normalidad de Asentamiento

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ASENTAMIENTO	,151	4	.	,993	4	,972
RESIDUOS METALICOS DE OBRA	,214	4	.	,963	4	,798

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

En relación a las muestras se observa que se tiene grados de libertad inferiores a 30, por lo tanto, se optó por trabajar con Shapiro – Wilk. Con todos los indicadores.

### Planteamiento De Normalidad

Hipótesis para la normalidad

H0: Los datos de la variable para el asentamiento tienen distribución normal

H1: Los datos de la variable para el asentamiento no tienen distribución normal

Cabe señalar que para validar la hipótesis se trabajó con un nivel de significancia:  $\alpha=0.05 = 5\%$  (por lo que el nivel de confianza es del 95%) para todos los indicadores.

Si p-valor de significancia  $\leq 0.05$  entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna en todos los indicadores.

Si p-valor de significancia es = 0.972, reemplazando que  $0.972 > 0.05$  entonces se acepta la hipótesis nula.

En conclusión la variable de Asentamiento tiene normalidad se utilizará el estadístico paramétrico de correlación de Pearson.

## PLANTEAMIENTO DE CORRELACIÓN DE PEARSON

Hipótesis para la correlación de Pearson

H0: La adición de residuos metálicos de obra no disminuye el asentamiento del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

H1: La adición de residuos metálicos de obra disminuye el asentamiento del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 10. Correlación (Asentamiento)**

		ASENTAMIENTO	RESIDUOS METALICOS DE OBRA
ASENTAMIENTO	Correlación de Pearson	1	-,990 <sup>*</sup>
	Sig. (bilateral)		,010
	N	4	4
RESIDUOS METALICOS DE OBRA	Correlación de Pearson	-,990 <sup>*</sup>	1
	Sig. (bilateral)	,010	
	N	4	4

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Bonet Maldonado,2022 en IBM SPSS statistics

P – valor es = 0.010, reemplazando que  $0.010 < 0.05$  entonces aceptar la hipótesis alterna.

En conclusión existe una prueba estadística significativa para indicar que la adición de residuos metálicos de obra disminuye el asentamiento, pero tiene una correlación de Pearson de forma inversa y negativa muy alta ( $r = -0.990$ ).

## ANÁLISIS DE LA VARIANZA ANOVA

Hipótesis para la comparación de medias por Anova

H0: La adición de residuos metálicos de obra no disminuye el asentamiento del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

.

H1: La adición de residuos metálicos de obra disminuye el asentamiento del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 11.** Varianza Anova (Asentamiento)

ANOVA					
Asentamiento	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,600	3	,200	26,667	,000
Dentro de grupos	,060	8	,008		
Total	,660	11			

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

Para realizar este cálculo se tiene un nivel de significancia del  $5\%=0.05$

Si p- valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna en todos los indicadores.

P – valor es = 0.000, reemplazando que  $0.000 < 0.05$  entonces aceptar la hipótesis alterna.

En conclusión de acuerdo a esta prueba estadística se acepta la hipótesis para este estudio ya que los residuos metálicos de obra disminuyen el asentamiento, del concreto para pavimento rígido, Cusco 2022.

## COMPARACIONES MULTIPLES POR TUKEY

**Tabla 12. Análisis por Tukey**

**Asentamiento (plg)**

HSD Tukey<sup>a</sup>

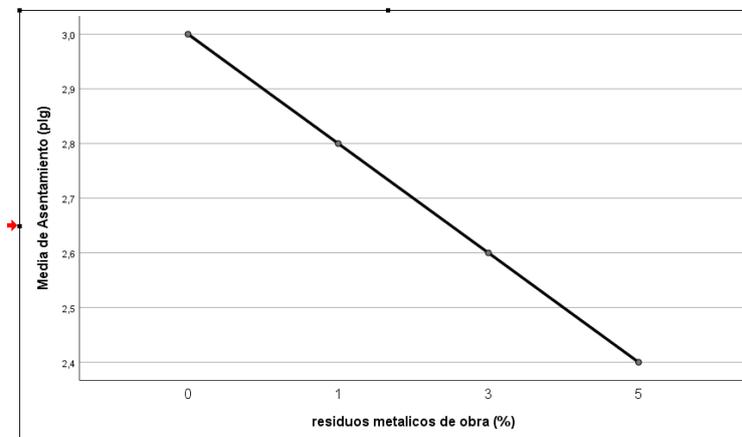
residuos metalicos de obra (%)	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
5	3	2,400		
→ 3	3	2,600	2,600	
1	3		2,800	2,800
0	3			3,000
Sig.		,085	,085	,085

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Bonet Maldonado,2022 en IBM SPSS statistics

**Grafica de tendencia de Tukey**



*Figura 41.* Gráfica de tendencia de Tukey

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

De acuerdo a la tabla 12 con un nivel de significación de 0.05 según la prueba de Tukey podemos afirmar que cuando no se añade residuos metálicos de obra se tiene un asentamiento de 3 plg y a medida que se va adicionando residuos metálicos en diferentes dosificaciones disminuye el asentamiento como se puede apreciar en la figura 41.

## INDICADOR 2: PESO UNITARIO (ver Anexo 12)

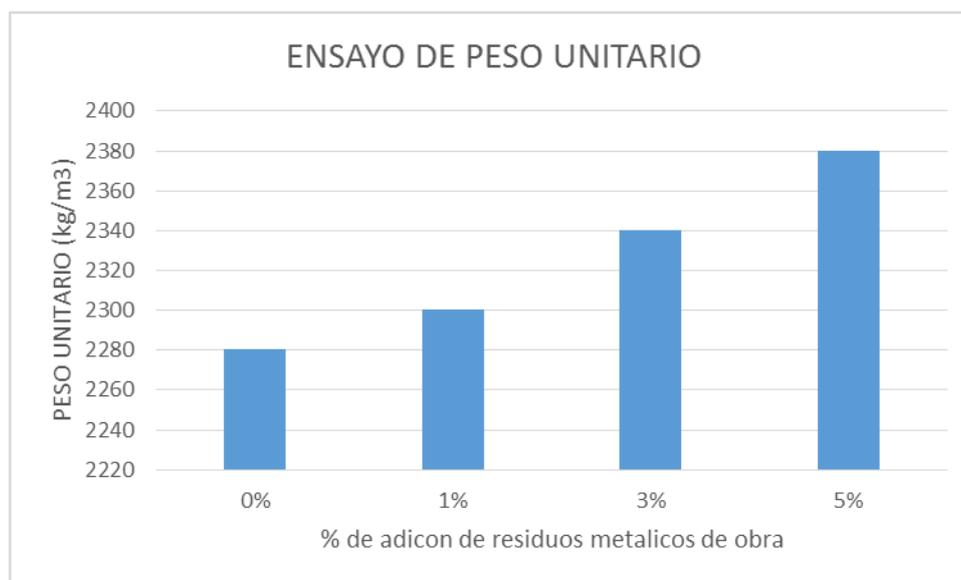


Figura 42. Dosificaciones: diseño patrón y con adición del 1%, 3% y 5% de RMO en P.U.

**Tabla 13.** Porcentaje de peso unitario en relación al diseño patrón

ENSAYO DE PESO UNITARIO			
DESCRIPCION	PORCENTAJE DE DOSIFICACIONES	Promedio de ensayo de peso unitario (kg/m3)	Porcentaje
CONCRETO	0%	2280.77	100%
CON ADICION DE RESIDUOS METALICOS	1%	2300.1	100.85%
	3%	2340.2	102.61%
	5%	2380.06	104.35%

Fuente: Bonet Maldonado, 2022

### INTERPRETACIÓN:

Según la figura N°42 y la tabla N° 13 se puede visualizar que a mayor adición de residuos metálicos de obra el peso unitario se incrementa respecto al diseño patrón. Debido a distintos factores como la densidad de los residuos metálicos, etcétera.

## CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Tabla 14. Prueba de normalidad de Peso Unitario

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
→ PESO UNITARIO	,215	4	.	,962	4	,790
RESIDUOS METÁLICOS DE OBRA	,214	4	.	,963	4	,798

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS statistics

### Planteamiento De Normalidad

Hipótesis para la normalidad

H0: Los datos de la variable para el peso unitario tienen normalidad

H1: Los datos de la variable para el peso unitario no tienen normalidad

Nivel de significancia:  $\alpha=0.05 = 5\%$  (por lo que el nivel de confianza es del 95%)

Si p-valor es = 0.790, reemplazando que  $0.790 > 0.05$  entonces se acepta la hipótesis nula.

En conclusión la variable de Peso Unitario tiene normalidad por lo tanto se usó el sistema de correlación de Pearson.

### PLANTEAMIENTO DE CORRELACIÓN DE PEARSON

Hipótesis para la correlación de Pearson

H0: El peso unitario del concreto se incrementa fuera del rango de valores; normales con la adición de residuos metálicos de obra.

.

H1: El peso unitario del concreto se incrementa dentro del rango de valores; normales con la adición de residuos metálicos de obra.

**Tabla15. Correlación (Peso Unitario)**

		PESO UNITARIO	RESIDUOS METALICOS DE OBRA
PESO UNITARIO	Correlación de Pearson	1	,999**
	Sig. (bilateral)		,001
	N	4	4
RESIDUOS METALICOS DE OBRA	Correlación de Pearson	,999**	1
	Sig. (bilateral)	,001	
	N	4	4

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

P – valor es = 0.010, remplazando que  $0.001 < 0.05$  entonces aceptar la hipótesis alterna.

En conclusión existe una prueba estadística significativa para indicar que la adición de residuos metálicos incrementa el peso unitario dentro de los valores normales, con una correlación de Pearson en forma directa y positiva ( $r= 0.999$ ).

Se acepta la hipótesis para este estudio ya que el peso unitario si incrementa dentro de los valores normales cuando se adiciona residuos metálicos de obra.

## ANÁLISIS ANOVA

Hipótesis para la comparación de medias por Anova

H0: El peso unitario del concreto se incrementa fuera del rango de valores; normales con la adición de residuos metálicos de obra.

H1: El peso unitario del concreto se incrementa dentro del rango de valores; normales con la adición de residuos metálicos de obra.

**.Tabla 16. Varianza Anova (Peso Unitario)**

ANOVA					
Peso Unitario					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	17494,159	3	5831,386	11232,385	,000
Dentro de grupos	4,153	8	,519		
Total	17498,312	11			

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

Para realizar este cálculo se tiene un nivel de significancia del  $5\%=0.05$

P – valor es = 0.000, reemplazando que  $0.000 < 0.05$  entonces aceptar la hipótesis alterna.

En conclusión de acuerdo a esta prueba estadística se acepta la hipótesis para este estudio donde el peso unitario del concreto se incrementa dentro de los valores normales con la adición de residuos metálicos de obra.

## COMPARACIONES MÚLTIPLES POR TUKEY

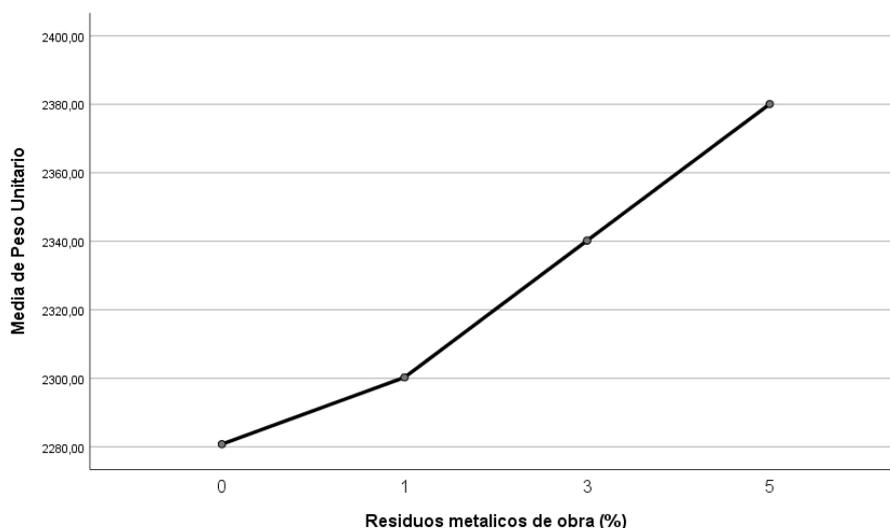
**Tabla17. Tukey (Peso Unitario)**

Peso Unitario					
HSD Tukey <sup>a</sup>					
Residuos metálicos de obra (%)	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0	3	2280,7667			
1	3		2300,2500		
3	3			2340,2000	
5	3				2380,0600
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

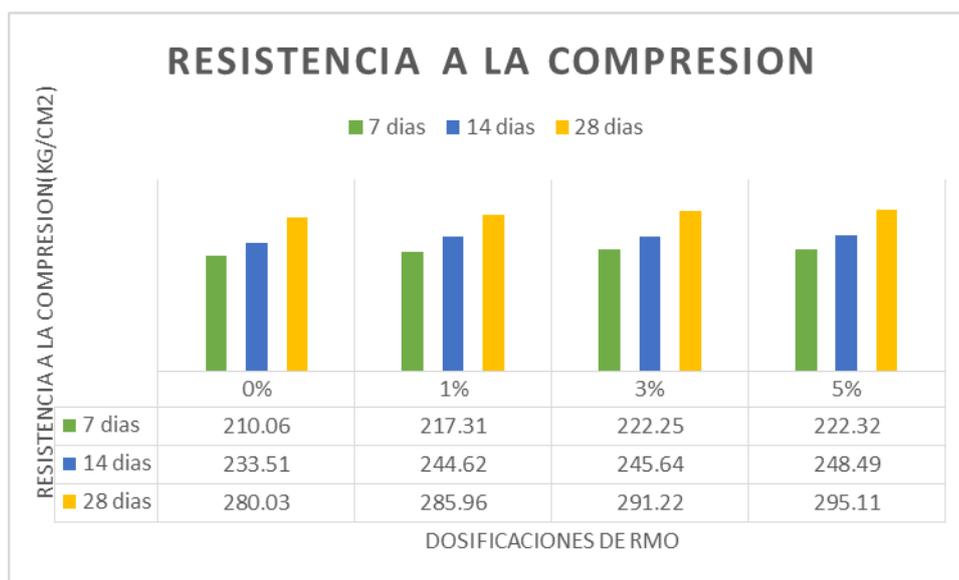
**Grafica de tendencia de Tukey**



*Figura 43.* Grafica de tendencias de Tukey (PU)  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

De acuerdo a la tabla 17. con un nivel de significación de 0.05 según la prueba de Tukey podemos afirmar que a mayor adicción de residuos metálicos de obra se incrementa el peso unitario como se puede apreciar en la figura 43.

**INDICADOR 3: RESISTENCIA AL ESFUERZO POR COMPRESIÓN (ver anexo 13)**



*Figura 44.* Gráfica del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con 0%, 1%, 3% y 5% de RMO.  
Fuente: Bonet Maldonado, 2022

**Tabla 18.** *Porcentaje de la resistencia a la compresión en relación al diseño patrón*

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (28 días)			
DESCRIPCION	PORCENTAJE DE DOSIFICACIONES	Promedio de la resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje
CONCRETO CON ADICION DE RESIDUOS METALICOS DE OBRA	0%	280.03	100%
	1%	285.96	102.12%
	3%	291.22	104.00%
	5%	295.11	105.39%

Fuente: Bonet Maldonado, 2022

### INTERPRETACIÓN:

Según la figura 44 y la tabla 18 se puede visualizar que a mayor incorporación de residuos metálicos de obra se incrementa la resistencia al esfuerzo por compresión con respecto al diseño patrón en un 2,12%, 4% y 5,39%. Tendencia similar ocurre en los días de fraguado a los 7 y 14 días.

### CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

**Tabla 19** *Prueba de normalidad de Resistencia a la Compresión*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RESISTENCIA A LA COMPRESION	,184	4	.	,982	4	,916
RESIDUOS METALICOS DE OBRA	,214	4	.	,963	4	,798

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

## Planteamiento de Normalidad

Hipótesis para la normalidad

H0: Los datos de la variable para la resistencia a la compresión tienen normalidad

H1: Los datos de la variable para la resistencia a la compresión no tienen normalidad

Si p-valor es = 0.916, reemplazando que  $0.916 > 0.05$  entonces se acepta la hipótesis nula.

En conclusión la variable de la resistencia a la compresión tiene normalidad por lo tanto se usó el sistema de correlación de Pearson.

## PLANTEAMIENTO DE CORRELACIÓN DE PEARSON

Hipótesis para la correlación de Pearson

H0: La adición de residuos metálicos de obra no influye positivamente en la resistencia al esfuerzo por compresión del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

H1: La adición de residuos metálicos de obra influye positivamente en la resistencia al esfuerzo por compresión del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 20.** Correlación (Resistencia a la compresión)

		RESISTENCIA A LA COMPRESION	RESIDUOS METALICOS DE OBRA
RESISTENCIA A LA COMPRESION	Correlación de Pearson	1	,975*
	Sig. (bilateral)		,025
	N	4	4
RESIDUOS METALICOS DE OBRA	Correlación de Pearson	,975*	1
	Sig. (bilateral)	,025	
	N	4	4

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

P – valor es = 0.025, reemplazando que  $0.025 < 0.05$  entonces aceptar la hipótesis alterna.

En conclusión existe una prueba estadística significativa para indicar que la adición de residuos metálicos de obra influye en la resistencia al esfuerzo compresión, pero tiene una correlación de Pearson directa y positiva ( $r=0.975$ ).

Se acepta la hipótesis para este estudio en que si influye la adición de residuos metálicos de obra, mejorando la resistencia al esfuerzo por compresión del concreto para pavimento rígido, Cusco 2022.

## ANÁLISIS DE LA VARIANZA ANOVA

Hipótesis para la comparación de medias por Anova

H0: La adición de residuos metálicos de obra no influye en la resistencia al esfuerzo por compresión del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

H1: La adición de residuos metálicos de obra influye en la resistencia al esfuerzo por compresión del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 21.** Anova (Resistencia a la compresión)

ANOVA					
Resistencia a la compresion (kg/cm2)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	385,551	3	128,517	14,435	,001
Dentro de grupos	71,225	8	8,903		
Total	456,775	11			

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

Si p- valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

P – valor es = 0.001, reemplazando que  $0.001 < 0.05$  entonces aceptar la hipótesis alterna.

En conclusión de acuerdo a esta prueba estadística se acepta la hipótesis para este estudio ya que la adición de los residuos metálicos de obra influye en la resistencia al esfuerzo por compresión del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , Cusco 2022.

## COMPARACIONES MÚLTIPLES POR TUKEY

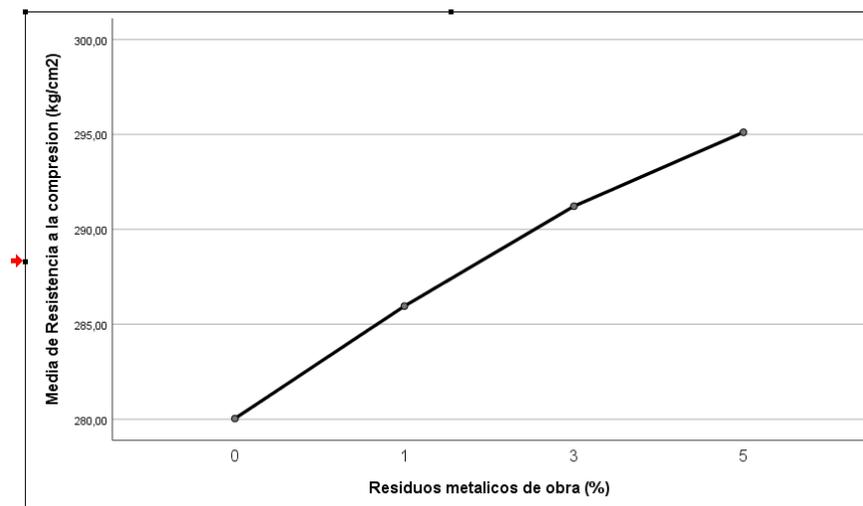
**Tabla 22.** Tukey (Resistencia a la compresión)

Resistencia a la compresion (kg/cm2)				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
Residuos metalicos de obra (%)	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
0	3	280.0333		
1	3	285.9567	285.9567	
3	3		291.2167	291.2167
5	3			295.1100
Sig.		,148	,214	,431

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics



**Figura 45.** Gráfica de tendencias de Tukey(resistencia a la compresión)

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

De acuerdo a la tabla 22. con un nivel de significación de 0.05 según la prueba de Tukey podemos afirmar que con adición del 5% de residuos metálicos de obra se obtiene una mejor resistencia a la compresión y concluimos que a mayor adicción de residuos metálicos de obra mayor resistencia a la compresión como se puede apreciar en la figura 45.

#### INDICADOR 4: RESISTENCIA AL ESFUERZO POR FLEXIÓN (Ver anexo 14)

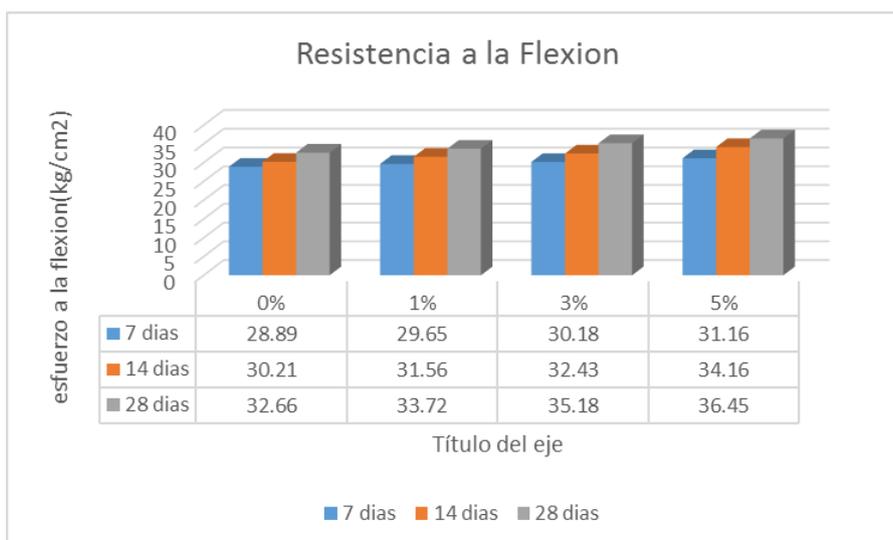


Figura 46: Ensayo de resistencia a la flexión del diseño patrón y con adición del 1%, 3% y 5% de RMO.

Fuente: Bonet Maldonado, 2022

**Tabla 23.** Porcentaje de la resistencia a la flexión en relación al diseño patrón

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION (28 dias)			
DESCRIPCION	PORCENTAJE DE DOSIFICACIONES	Promedio obtenido ensayo de resistencia a la flexion (kg/cm2)	Porcentaje
CONCRETO CON ADICION DE RESIDUOS METALICOS	0%	32.66	100%
	1%	33.72	103.25%
	3%	35.18	107.72%
	5%	36.45	111.60%

Fuente: Bonet Maldonado, 2022

## INTERPRETACIÓN:

Según la figura 46 y la tabla 23 se puede visualizar que a mayor incorporación de residuos metálicos de obra se incrementa la resistencia por esfuerzo a la flexión con respecto al diseño patrón, incremento similar sucede a los 7 y 14 días de fraguado.

## CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

**Tabla 24.** Prueba de normalidad de Resistencia a la Flexión

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RESISTENCIA A LA FLEXION	,181	4	.	,982	4	,913
RESIDUOS METALICOS DE OBRA	,214	4	.	,963	4	,798

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

## Planteamiento De Normalidad

Hipótesis para la normalidad

H0: Los datos de la variable para la resistencia al esfuerzo por flexión tienen normalidad

H1: Los datos de la variable para la resistencia al esfuerzo por flexión no tienen normalidad

Si p-valor es = 0.913, reemplazando que  $0.913 > 0.05$  entonces se acepta la hipótesis nula.

En conclusión la variable de la resistencia por esfuerzo a la flexión tiene normalidad por lo tanto se usó el sistema de correlación de Pearson.

## PLANTEAMIENTO DE CORRELACIÓN DE PEARSON

Hipótesis para la correlación de Pearson

H0: La adición de residuos metálicos de obra no influye en la resistencia al esfuerzo por flexión del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

H1: La adición de residuos metálicos de obra influye en la resistencia al esfuerzo por flexión del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 25.** Correlación (Resistencia a la flexión)

		RESISTENCIA A LA FLEXION	RESIDUOS METALICOS DE OBRA
RESISTENCIA A LA FLEXION	Correlación de Pearson	1	,996**
	Sig. (bilateral)		,004
	N	4	4
RESIDUOS METALICOS DE OBRA	Correlación de Pearson	,996**	1
	Sig. (bilateral)	,004	
	N	4	4

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

P – valor es = 0.004, reemplazando que  $0.004 < 0.01$  entonces aceptar la hipótesis alterna.

En conclusión existe una prueba estadística significativa para indicar que la adición de residuos metálicos de obra influye en la resistencia al esfuerzo por flexión, con una correlación de Pearson directa y positiva ( $r=0.996$ ).

Se acepta la hipótesis para este estudio en que si influye la adición de residuos metálicos de obra, mejorando la resistencia por esfuerzo a la flexión del concreto para pavimento rígido, Cusco 2022.

## ANÁLISIS DE LA VARIANZA ANOVA

Hipótesis para la comparación de medias por Anova

H0: La adición de residuos metálicos de obra no influye en la resistencia al esfuerzo por flexión del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

H1: La adición de residuos metálicos de obra influye en la resistencia al esfuerzo por flexión del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 26.** Anova (Resistencia a la flexión)

ANOVA					
Resistencia a la Flexion (kg/cm2)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	24,798	3	8,266	113,479	,000
Dentro de grupos	,583	8	,073		
Total	25,381	11			

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

Si p- valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

P – valor es = 0.000, reemplazando que  $0.000 < 0.05$  entonces aceptar la hipótesis alterna.

En conclusión de acuerdo a esta prueba estadística se acepta la hipótesis para este estudio ya que la adición de los residuos metálicos de obra influye en la resistencia a la flexión del concreto para pavimento rígido  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ., Cusco 2022.

## COMPARACIONES MULTIPLES POR TUKEY

**Tabla 27. Tukey (Resistencia a la flexión)**

Resistencia a la Flexion (kg/cm2)					
HSD Tukey <sup>a</sup>					
Residuos metalicos de obra (%)	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0	3	32.6567			
1	3		33.7233		
3	3			35.1800	
5	3				36.4500
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

**Grafica de tendencias de Tukey**

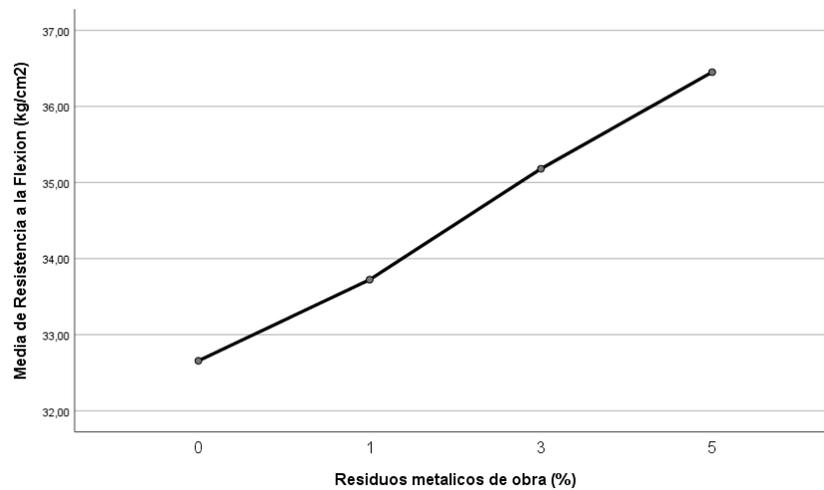


Figura 47. Gráfica de tendencias de Tukey(resistencia a la flexion)

Fuente: Bonet Maldonado, 2022 en IBM SPSS statistics

De acuerdo a la tabla 27 con un nivel de significación de 0.05 según la prueba de Tukey podemos afirmar que con adición del 5% de residuos metálicos de obra se obtiene una mejor resistencia a la flexión y concluimos que a mayor adicción de residuos metálicos de obra mayor resistencia por esfuerzo a la flexión como se puede apreciar en la figura 47.

## V. DISCUSIÓN

- **INDICADOR 1: ASENTAMIENTO**

En la presente investigación para determinar la trabajabilidad se realizó el ensayo de asentamiento obteniéndose resultados de 3 plg en concreto sin adición de residuos metálicos de obra y de 2.8, 2.6 y 2.4 plg. En concreto con adición de residuos metálicos al 1%, 3% y 5% respectivamente. Evidenciándose que a mayor adición de residuos metálicos de obra, menor es el asentamiento. Según (Maanvit et al, 2019) el adicionar al concreto; residuos de acero generados por los tornos en dosificaciones del 1%, 1.5% y 2% disminuye la trabajabilidad en porcentajes similares a nuestros resultados. Según (Valencia y Quintana, 2016) adicionando fibras de acero comercial DRAMIX 3D al concreto en porcentajes del 12% y 14% la trabajabilidad disminuye en porcentajes similares a nuestros resultados pese a tener más cantidad de dosificación de fibras de acero esto se debe a que los residuos metálicos de obra tienen mayor diámetro y longitud (3.5mm y 7.5 cm) respectivamente; que las fibras de acero comercial que son de 3.5 cm de longitud y 0.55 mm de diámetro.

- **INDICADOR 2: PESO UNITARIO**

En la investigación se obtuvo los resultados de 2280.77 kg/m<sup>3</sup> en el concreto sin adición de residuos metálicos de obra y 2300.1 kg/m<sup>3</sup>, 2340.2 kg/m<sup>3</sup>, 2380.06 kg/m<sup>3</sup> con dosificaciones del 1%, 3%, y 5% respectivamente. Estos resultando están dentro de los valores normales que son de 2200 kg/m<sup>3</sup> a 2400 kg/m<sup>3</sup>. Según (Ñaupas y Sosa, 2019) cuando adiciono fibras de acero encoladas Formin al concreto los pesos obtenidos fueron de 2431.61 kg/m<sup>3</sup> con una adición de 60kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero, 2444.65 kg/m<sup>3</sup> con una adición de 75 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero, 2458.65 kg/m<sup>3</sup> con una adición de 90kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero, 2473.93 kg/m<sup>3</sup> con una adición de 105kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero. Estos resultados coinciden con los nuestros en el aspecto de

que a mayor incorporación de fibras de acero o de residuos metálicos de obra el peso unitario incrementa pero los valores obtenidos en el estudio de (Ñaupas y sosa, 2019) se encuentran fueran del rango de valores normales para el peso unitario.

- **INDICADOR 3: RESISTENCIA AL ESFUERZO POR COMPRESIÓN**

En la presente investigación; los resultados obtenidos del ensayo a la resistencia al esfuerzo por compresión evidenciaron un incremento progresivo de acuerdo a los días de fraguado así como a mayor adición de residuos metálicos de obra. En cuanto al concreto con adición de RMO se tuvo los siguientes resultados a los 28 días de fraguado para el diseño patrón 280.03 kg/cm<sup>2</sup>, para la adición al 1% de RMO 285.96 kg/cm<sup>2</sup>, para la adición al 3% de RMO 291.22 kg/cm<sup>2</sup> y para la adición del 5% de RMO 295.11% evidenciándose este incremento a medida que se incrementa la dosificación de adición de residuos metálicos de obra. Según (Juárez, 2021) en su trabajo de investigación obtuvo como resultados a los 28 de fraguado 211.54 kg/cm<sup>2</sup> para su diseño patrón, 212.60 kg/cm<sup>2</sup> con adición del 8% de clavos reciclados, 224.94 kg/cm<sup>2</sup> con adición del 10% de clavos reciclados y 208.58 con adición del 12% de adición de clavos reciclados.

Estos resultados son similares a los obtenidos en la investigación actual en cuanto que a mayor incorporación de residuos metálicos mayor resistencia al esfuerzo por compresión, respecto a los valores obtenidos si son distintos ya que la presente investigación está dirigida para un pavimento rígido con  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

- **INDICADOR 4: RESISTENCIA AL ESFUERZO POR FLEXIÓN**

En la presente investigación; los resultados obtenidos del ensayo a la resistencia por esfuerzo a la flexión evidenciaron un incremento progresivo de acuerdo a los días de fraguado así como a mayor adición de residuos metálicos de obra. En cuanto al concreto con adición de RMO se tuvo los siguientes resultados a los 28 días de fraguado para el diseño patrón de

32.66 kg/cm<sup>2</sup> para la adición al 1% de RMO 33.72 kg/cm<sup>2</sup>, para la adición al 3% de RMO 35.18 kg/cm<sup>2</sup> y para la adición del 5% de RMO 36.45 evidenciándose este incremento a medida que se incrementa la dosificación de adición de residuos metálicos de obra. Según (Juárez, 2021) en su trabajo de investigación obtuvo como resultados a los 14 días con simulación de 28 días de fraguado 9.04 kg/cm<sup>2</sup> para su diseño patrón, 13.97 kg/cm<sup>2</sup> con adición del 8% de clavos reciclados, 14.32 kg/cm<sup>2</sup> con adición del 10% de clavos reciclados y 14.45 con adición del 12% de adición de clavos reciclados.

Los resultados obtenidos son similares a los nuestros en cuanto que mayor adición de acero mayor resistencia al esfuerzo por flexión.

## VI. CONCLUSIONES

- En la presente investigación se determinó la influencia de la adición de residuos metálicos de obra (RMO) en las propiedades físicas como son el asentamiento en donde se evidencio que a mayor adición de RMO el asentamiento disminuye haciendo menos trabajable al concreto y en el caso del peso unitario este se incrementa a mayor adición de RMO. La influencia que tuvo en las propiedades mecánicas del concreto como son la resistencia a la compresión y flexión fue que estas mejoraron con la adición de RMO en sus diferentes dosificaciones siendo la adición al 5% de RMO que mejores resultados presenta.
- En el presente estudio se evaluó que los efectos de la adición de residuos metálicos de obra en el asentamiento del concreto son negativos porque disminuye el asentamiento haciéndolos menos trabajables; obteniéndose para la dosificación patrón de 3 plg y para las demás dosificaciones al 1%, 3% y 5% asentamientos de 2.8, 2.6 y 2.4 plg respectivamente como se indica en la tabla 8. Estos se corroboran con las contrastación de hipótesis efectuada con el estadístico Pearson aceptando la hipótesis que indica que la adición de residuos metálicos disminuye el asentamiento, además con el estadístico Tukey se confirma que todas las dosificaciones son negativas.
- Se determinó la influencia de la adición de residuos metálicos de obra en el peso unitario; obteniéndose para la dosificación patrón de 2280.77 kg/m<sup>3</sup> y para las demás dosificaciones al 1%, 3% y 5% pesos unitarios de 2300.1, 2340.2 y 2.380.06 kg/m<sup>3</sup> respectivamente como se indica en la tabla 13. Estos se corroboran con las contrastación de hipótesis efectuada con el estadístico Pearson aceptando la hipótesis que indica que la adición de residuos metálicos influye en el peso unitario del concreto, además con el estadístico Tukey se confirma que con una adición al 5% de residuos metálicos se eleva en mayor proporción el peso unitario.

- se analizó diferentes ensayos de resistencia a la fuerza por compresión del concreto sin y con adición de residuos metálicos de obra a los 7, 14 y 28 días de fraguado obteniéndose a los 7 días un ligero incremento con adición del 1% de RMO de la resistencia a la compresión respecto al diseño patrón y con adición del 3% y 5% la diferencia es mínima.(ver anexo) a los 14 y 28 días se incrementa los valores de la resistencia a la compresión como se indica en la tabla 18. Estos resultados se corroboran con las contrastación de hipótesis efectuada con el estadístico Pearson aceptando la hipótesis que indica La adición de residuos metálicos de obra al diseño de mezcla del concreto  $f'c = 280\text{kg/cm}^2$  mejora la resistencia al esfuerzo por compresión, además con el estadístico Tukey se confirma que todas las dosificaciones son positivas siendo con la adición al 5% de residuos metálicos de obra la que mejor resultado a la resistencia por esfuerzo a la compresión presenta.
- Se realizó diferentes ensayos de resistencia a la flexión del concreto para calcular su influencia con adición de residuos metálicos de obra a los 7, 14 y 28 días de fraguado obteniéndose incrementos significativos a mayor adición de residuos metálicos de obra como se indica en la tabla 23. Estos resultados se corroboran con las contrastación de hipótesis efectuada con el estadístico Pearson aceptando la hipótesis que indica La adición de residuos metálicos de obra al diseño de mezcla del concreto  $f'c = 280\text{kg/cm}^2$  mejora la resistencia a la flexión, además con el estadístico Tukey se confirma que todas las dosificaciones son positivas siendo con la adición al 5% de residuos metálicos de obra la que mejor resultado presenta para la resistencia por esfuerzo a la flexión.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para realizar un adecuado reciclado de los residuos metálicos de obra, se cuente con contenedores limpios y secos para poder almacenar adecuadamente los RMO y que estos no estén expuestos a la intemperie ya que se puede generar oxidación
- Se aconseja que para evitar un agrietamiento a posteriori es importante eliminar la corrosión, o impedir su propagación en los RMO antes del endurecimiento de la mezcla.
- Se sugiere que la adición de residuos metálicos de obra no supere el 5% del volumen del concreto ya que generaría menos trabajabilidad presentando fisuras en el concreto.
- Se recomienda que la adición de residuos metálicos de obra no supere el 5% del volumen del concreto ya que sobrepasaría los valores normales del peso unitario
- Es importante que se realice más estudios o investigaciones con diferentes diseños de mezcla así como con diferentes dosificaciones de residuos metálicos de obra para poder analizar su relación con el agua cemento y otras características del agregado para poder determinar de mejor manera su comportamiento.
- Se recomienda realizar más investigaciones con diferentes dosificaciones de RMO para determinar su influencia en las propiedades físicas, mecánicas y químicas.

## REFERENCIAS

**ALVAREZ LUNA, Macyuri y BARRIOS CASTILLO, Grisel, 2018.** *Algunas consideraciones teóricas sobre el aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición en la producción de árido reciclado.* *Revista Caribeña de Ciencias Sociales, Mayo* [en línea]. Cuba: Eumed. [Consulta: 20 de febrero 2022]. iISSN: 2254-7630 **Disponible** en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/05/produccion-arido-reciclado.html>

**ABBASS, KHAN Y MOURAD (2018),** Evaluation of mechanical properties of steel fiber reinforced concrete with different strengths of concrete. Artículo científico Gale Academic Onefile. Consultado el 15 de marzo del 2022. **Disponible** en: <https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&u=univcv&id=GALE|A538858557&v=2.1&it=r&sid=bookmark-AONE&asid=2c2ecb74>

**AKTAR, SHARMIN et al. 2019.** *Determination of compressive strength of concrete by using steel nail. 2,* Bangladesh : Presidency University, 2019, Vol. 32.**disponible** en: <https://www.slideshare.net/Sumoncivileng/steel-nail-fiber-concrete-thesis-494495>

**BANCO MUNDIAL,** 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050* [EN LINEA] **Disponible** en: <https://www.bancomundial.org/es/news> [consulta: 11 de febrero 2022].

**CAGGIANO, Antonio, et al 2017.** On the mechanical response of Hybrid Fiber Reinforced Concrete with Recycled and Industrial Steel Fibers. [Construction and Building Materials](#) [en línea] Holanda: Elsevier. Vol 147 [consulta: marzo del 2022] **Disponible** en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817308103>

**CASTRO, Nicolás, 2018.** *Gestión Integral De Residuos Sólidos Urbanos* [en línea]. Edición 2018. Paraguay: Aidis [consulta: 10 de Febrero]. **Disponible** en: <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>

**CEÑAL RUIZ, Bernardo y KORB REACHY, Dietrich, 2015.** *Problemática De Los Residuos De La Construcción Y Demolición* [en línea]. Trabajo de fin de grado. Mexico: Universidad Nacional Autónoma De México Facultad De Ingeniería [consulta: febrero del 2022]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/10070/Final.pdf>

**CONDORI DE LA PEÑA, Elizabeth y PALOMARES HURTADO, 2018.** *Análisis del comportamiento mecánico del concreto con adición de virutas de acero recicladas para pavimentos rígidos en Lima, 2018* [en línea] Trabajo fin de grado. Lima - Perú: Universidad Cesar vallejo [consulta: 2 de febrero del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34375>

**DAVID DE SANTOS, Marian. 2011.** *Gestión de residuos en las obras de construcción y demolición.* [en línea]. 2ª Edición. España : S.L.U. [consulta: 12 de febrero de 2022] ISBN: 978-84-15205-28-9. Disponible en: <https://libreria.fundacionlaboral.org/extpublicaciones/gestionresiduos2.pdf>

**FRAZAO, Cristina, et al 2022.** *Technical and environmental potentialities of recycled steel fiber reinforced concrete for structural applications.* Journal of Building Engineering [en línea] Holanda: Elsevier. Vol 45 [consulta: mayo del 2022] Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221014376>

**GALEB, ALAA Y SABRI, IHAB. 2017.** *Prediction of compressive strength of fiber reinforced concrete using artificial neural networks .* Iraq : University of Basrah, 2017.Vol 10. Disponible en [http://www.ijar.in/journal/journal\\_file/journal\\_pdf/13-402-15114150886-12.pdf](http://www.ijar.in/journal/journal_file/journal_pdf/13-402-15114150886-12.pdf)

**GRZYMSKI, Filip, MUSIAŁ, Michał, TRAPKO, Tomasz, 2022.** *Mechanical properties of fibre reinforced concrete with recycled fibres.* Construction and Building Materials [en línea] Holanda: Elsevier. Vol 198 [consulta: marzo del 2022] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818328769>

**GUIA INFORMATIVA, MINAM, 2016.** *Manejo de residuos de construcción y demolición.* Primera edición. Lima- Peru: Q&P IMPRESORES

**HERRERA ROJAS, Aura. (1998).** *Notas Sobre Psicometria Guia Para El Curso De Psicometria.*[en línea] Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.[consulta: 30 de marzo del 2022] Disponible en : <https://pdfcoffee.com/herrera-a-1998-notas-de-psicometria-1-2-historia-de-psicometria-y-teoria-de-la-medida-5-pdf-free.html>

**HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto et al. (2014).** *Metodología de la investigacion* [en línea]. Sexta edición. Mexico: McGRAW-HILL [consulta: 18 de febrero del 2022] ISBN: 978-1-4562-2396-0. Disponible en <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

**IGLESIAS SALAS, Daniel, 2013.** *Propiedades físicas-Mecánicas de los materiales.* En: *wordpress* [en línea] **Disponible en:** <https://danybarker.wordpress.com/2013/11/21/397/> [consulta: 11 de febrero del 2022]

**INEI, 2021.** *Informe técnico- producción-nacional –octubre 2021.*[en línea] Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/bibliotecavirtual/boletines/produccion-nacional> [consulta:29 de enero 2022].

**ITEC, 2022.** *Productos Sostenibles* [EN LINEA] Disponible en: <https://itec.es/servicios/productos-sostenibles/> [consulta: 11 de febrero 2022]

**JUÁREZ-HERNÁNDEZ, Luis Gibran y TOBÓN, Sergio, 2018.** Análisis de los elementos implícitos en la validación de contenido de un instrumento de investigación. *Revista ESPACIOS* [en línea]. Venezuela: Vol. 39 (Número 53), pag 23 [consulta: 11 de marzo del 2022]. ISSN 07981015. **Disponible en:** <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.html>

**JUÁREZ VICTORIO, Daniel, 2021.** *Evaluación de propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$  con la adición de clavos reciclados, Cusco 2021* [en línea] Trabajo fin de grado. Lima - Perú: Universidad Cesar Vallejo [consulta: 27 de enero del 2022]. **Disponible en:** <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67570>

**KOKILA, L., MADHUSUDHANAN, B. Y KARPAGA, K. 2019.** *Experimental investigation on concrete using steel scrap*. 2, s.l. : International Research Journal of Engineering and Technology, 2019, International Research Journal of Engineering and Technology, Vol. 9.[consulta: marzo del 2022] Disponible en [https://www.academia.edu/40313827/IRJETEXPERIMENTAL\\_INVESTIGATION\\_ON\\_CONCRETE\\_USING\\_STEEL\\_SCRAP](https://www.academia.edu/40313827/IRJETEXPERIMENTAL_INVESTIGATION_ON_CONCRETE_USING_STEEL_SCRAP)

**LIEV, K.M y AKBAR, Arslan, 2021.** *The recent progress of recycled steel fiber reinforced concrete*. [Construction and Building Materials](#). [en línea] Holanda: Elsevier. Vol 232 [consulta: abril del 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819326844>

**LUNA VICTORIO MUÑOZ, José Ricardo, 2011,** *FÍSICA BÁSICA* [en línea]. Primera edición. Lima – Perú: Guzlop [consulta:28 de febrero]. Disponible en: <https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2018/10/FISICA-BASICA-UNIVERSIDAD-RICARDO-PALMA.pdf>

**MARSH & GUY CARPENTER, 2021,** *Future of Construction A Global Forecast for Construction to 2030*, [en línea] Disponible en: <https://www.marsh.com/pe/es/industries/construction.html> [consulta: 11 de febrero 2022].

**MAANVIT, P. ET AL., 2019.** *Experimental Examination of Fiber Reinforced Concrete Incorporation with Lathe Steel Scrap*. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, . [en línea] Volume-9. India, [consulta: 9 de febrero del 2022]. ISSN: 2278-3075. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Durga-Chaitanya-Kumar/Jagrapu/publication/338095666\\_Experimental\\_Examination\\_of\\_Fiber\\_Reinforced\\_Concrete\\_Incorporation\\_with\\_Lathe\\_Steel\\_Scrap/links/5dfdbd01299bf10bc36bcf51/Experimental-Examination-of-Fiber-Reinforced-Concrete-Incorporation-with-Lathe-Steel-Scrap.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Durga-Chaitanya-Kumar/Jagrapu/publication/338095666_Experimental_Examination_of_Fiber_Reinforced_Concrete_Incorporation_with_Lathe_Steel_Scrap/links/5dfdbd01299bf10bc36bcf51/Experimental-Examination-of-Fiber-Reinforced-Concrete-Incorporation-with-Lathe-Steel-Scrap.pdf)

**MORE, Florence y SELVAN Senthil. 2021.** *Experimental study on addition of Steel Fibres in Conventional Concrete*. *IOP Conference Series* [en línea]. India. VOL 1130 consulta 5 de abril de 2022 Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1130/1/012044>

**NORMA E.060 (2020)** Concreto armado. Reglamento Nacional de Edificaciones. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. Lima- Perú.

**ÑAUPAS TENORIO, Dennys y SOSA SOTO, Darwin, 2019.** *Comportamiento Mecánico Del Concreto Reforzados con Fibra De Acero En El Análisis Estructural De Placas En El Proyecto De Ampliación Del Centro Médico San Conrado En Los Olivos, Lima - Perú* [en línea] **Trabajo fin de grado.** Lima - Perú: Universidad San Martín de Porras [consulta: 5 de Mayo del 2022].  
**Disponible** en:  
<https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/5288/%C3%B1aupas-sosa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**NIÑO HERNANDEZ, Jairo Rene, 2010.** *Tecnología del concreto: materiales, propiedades y diseño de mezclas.* Tercera edición. Bogotá: Asocreto. ISBN: 9789588564036

**OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos, 2017.** Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *scielo.conicyt* [en línea]. Chile. [consulta: 15 de febrero del 2022] **Disponible** en:  
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

**PALELLA STRACUZZI, Santa y MARTINS PESTANA, Feliberto, 2017.** *Metodología de la Investigación Cuantitativa.* 4ta edición. Caracas: Fedupel. ISBN 980-273-445-4

**PANNIRSELVAM, N, et al. 2019.** *Experimental Investigation on Special Concrete Using Steel Nail.* India: International Journal of Recent Technology and Engineering, 2019. **Disponible en**  
[https://www.researchgate.net/publication/333134294\\_Experimental\\_investigation\\_on\\_special\\_concrete\\_using\\_steel\\_nail#:~:text=In%20this%20investigation%2C%20five%20different,use%20of%20concrete%20steel%20nails.](https://www.researchgate.net/publication/333134294_Experimental_investigation_on_special_concrete_using_steel_nail#:~:text=In%20this%20investigation%2C%20five%20different,use%20of%20concrete%20steel%20nails.)

**PEÑA, Sandra, 2017.** *Análisis de datos* [en línea]. Bogota: Fundación Universitaria del Área Andina. [Consulta: 19 de febrero del 2022] Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/326425169.pdf>

**PUNEET Grover y KULDEEP Kumar, 2021.** *Sustainability of Using Recycled Steel Fibers in Concrete.* *Journal of Sustainable Construction Engineering and Project Management* [en línea] India: HBRP Publication. Vol 4.pp 1-8 [consulta: abril del 2022] DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.5938428>.  
**Disponible en:** [https://www.researchgate.net/publication/358263396\\_Sustainability\\_of\\_Using\\_Recycled\\_Steel\\_Fibers\\_in\\_Concrete](https://www.researchgate.net/publication/358263396_Sustainability_of_Using_Recycled_Steel_Fibers_in_Concrete)

**RAFAEL SAAVEDRA, Brayan y REYNAL BENITES, Abel, 2020.** *Influencia de las fibras de acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Trujillo 2020.* [en línea] Trabajo fin de grado. Trujillo - Perú: Universidad Privada del Norte [consulta: 6 de febrero del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26571?show=full>

**RAHMAN, ABDUL et al 2017.** *Performance Analysis of Steel Scrap in Structural Concrete 1*, s.l. : IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, 2017, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, Vol. 6. **Disponible en:** <https://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/vol14-issue2/Version-7/G1402074247.pdf>

**RINCON, Luis, 2019.** *Una Introducción A La Estadística Inferencial.* Primera edición. México: UNAM. ISBN: 978-607-30-2432-7

**SALAZAR P, Cecilia y DEL CASTILLO, Santiago G. 2018** *Fundamentos Básicos De Estadística.* [en línea] Primera edición. ISBN: 9789942306166  
Disponible en:  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13720/3/Fundamentos%20B%C3%A1sicos%20de%20Estad%C3%ADstica-Libro.pdf>

**SOTO VASQUEZ, Lilly**, 2011. Investigación y tipos de investigación. En: *slideshare* [en línea] **Disponible en:** <https://es.slideshare.net/lili369/investigacin-y-tipos-de-investigacin> [consulta: 25 de febrero del 2022]

**SUBATHRA, Devi, GNANAVEL BK** 2014. *Properties of Concrete Manufactured Using Steel Slag.. Procedia Engineering*[en línea] Holanda: Elsevier. Vol 97 [consulta: abril del 2022].pp 95-104 **Disponible en:** <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814032883>

**SUAREZ SILGADO, Sindy Sofia. et al**, 2018, *Diagnóstico y propuestas para la gestión de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Ibagué (Colombia)* [en línea] Vol. 21, N°. 1, págs. 9-21[consulta; 12 febrero 2022]. ISSN 0124-177X, ISSN-e 2357-5905. **Disponible en:** <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6687508>

**TORIBIO HUAMANI, Deivid, UGAZ ARENAS, Junior, 2021.** *Evaluación del concreto reforzado con fibras De acero recicladas para mejorar las Propiedades de un pavimento rígido* [en línea] **Trabajo fin de grado.** Lima - Perú: Universidad San Martin de porras [consulta: 5 de febrero del 2022]. **Disponible en:** <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/8860>

**VALENCIA CASTRO, Plinio Andrés y QUINTANA CRUZ, Cristian Darío, 2016.** Análisis Comparativo Entre El Concreto Simple Y El Concreto Con Adición De Fibra De Acero Al 12% Y 14% [en línea] **Trabajo fin de grado.** Bogotá - Colombia: Universidad Católica De Colombia [consulta: 10 de febrero del 2022]. **Disponible en:** <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/6378/5/Trabajo%20de%20grado%20Fibra%20de%20Acero.pdf>

**XIA, Qin y SAKDIRAT, Kaewunruen, 2022.** *Environment-friendly recycled steel fibre reinforced concrete.. Construction and Building Materials* [en línea] Holanda: Elsevier. Vol 327. [Consulta: mayo del 2022]. **Disponible en:** <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061822006523>

## ANEXOS

### ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
GENERAL	GENERAL	GENERAL	V. INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES
¿En qué medida la adición de residuos metálicos de obra influye en las propiedades físico- mecánicas del concreto para pavimento rígido $f_c = 280\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Cusco 2022?	Determinar en qué medida la adición de residuos metálicos de obra influye en las propiedades físico- mecánicas del concreto para pavimento rígido $f_c = 280\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Cusco 2022	La adición de residuos metálicos de obra mejora las propiedades físico- mecánicas del concreto para pavimento rígido $f_c = 280\text{kg/cm}^2$ , Cusco 2022.	Concreto $F_c = 280\text{ kg/cm}^2$ con RESIDUOS METALICOS DE OBRA (clavos y alambres)	Dosificación	0%
					1%
					3%
					5%
				propiedades y características	Tamaño $\leq 7.5\text{ cm}$ peso Kg
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	V. DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Qué efecto tiene la adición de residuos metálicos de obra en el asentamiento del concreto para pavimento rígido $f_c = 280\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Cusco 2022?	Evaluar los efectos de la adición de residuos metálicos de obra en el asentamiento del concreto para pavimento rígido $f_c = 280\text{kg/cm}^2$ en la ciudad del Cusco 2022	La adición de residuos metálicos de obra disminuye el asentamiento del concreto para pavimento rígido $f_c = 280\text{ kg/cm}^2$	PROPIEDADES FISICO-MECANICAS	PROPIEDADES FISICAS	Asentamiento (cm)
					Peso Unitario $\text{kg/m}^3$
¿En qué medida se incrementa el peso unitario del concreto para pavimento rígido $F_c = 280\text{ kg/cm}^2$ con la adición de residuos metálicos de obra?	Determinar el incremento de la adición de residuos metálicos de obra en el peso unitario del concreto para pavimento rígido $f_c = 280\text{kg/cm}^2$ .	El peso unitario del concreto se incrementa dentro del rango de valores; normales con la adición de residuos metálicos de obra		PROPIEDADES MECANICAS	Resistencia al esfuerzo por compresión ( $\text{kg/Cm}^2$ )
¿Cómo influye el agregar residuos metálicos de obra en la resistencia al esfuerzo por compresión del concreto para pavimento rígido $F_c = 280\text{ kg/cm}^2$ ?	Analizar la resistencia al esfuerzo por compresión del concreto para pavimento rígido $f_c = 280\text{kg/cm}^2$ con la adición de residuos metálicos de obra	La adición de residuos metálicos de obra al diseño de mezcla del concreto $f_c = 280\text{kg/cm}^2$ influye positivamente a la resistencia al esfuerzo por compresión			Resistencia al esfuerzo por Flexión ( $\text{kg/Cm}^2$ )
¿Cuánto influye de la adición de residuos metálicos de obra en la resistencia al esfuerzo por flexión del concreto para pavimento rígido $F_c = 280\text{ kg/cm}^2$ ?	Calcular la resistencia al esfuerzo por flexión del concreto para pavimento rígido $f_c = 280\text{kg/cm}^2$ con adición de residuos metálicos de obra.	La adición de residuos metálicos de obra al diseño de mezcla del concreto $f_c = 280\text{kg/cm}^2$ optimiza la resistencia al esfuerzo por flexión			

## ANEXO 2: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	PARÁMETROS	ESCALA NIVELES DE MEDICIÓN
		Son aquellos residuos generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructura. En este caso los residuos de acero(clavos, alambres, estacas)	Acopio de Material de residuos metálicos reciclados. Diseño de mezcla con residuos metálicos en porcentaje del peso del cemento preparación de briquetas	<b>Características de los residuos metálicos.</b>	<b>0%, 1%, 3%, 5% del peso del cemento</b>	<b>(PESO DE LOS RESIDUOS METALICOS DE LA MUESTRA/ PESO TOTAL DE LA MUESTRA)X 100</b>	<b>INTERVALO</b>
VI	CONCRETO con RESIDUOS METALICOS DE OBRA			dosificación de la cantidad de residuos metálicos	clavos 3" alambre nº8	ANCHO, LONGITUD	RAZON
VD	PROPIEDADES FISICO-MECANICAS	Las principales propiedades físico-mecánicas del concreto son la trabajabilidad y la resistencia a la compresión.	En base a los diseños de mezcla dados se realizará pruebas de resistencia a la compresión, flexión así como la prueba de asentamiento y peso unitario para evaluar cómo se comporta física y mecánicamente el concreto	análisis de la propiedades físico- mecánicas	asentamiento	LONGITUD DEL ASENTAMIENTO	RAZON
					peso unitario	FUERZA/AREA	RAZON
					esfuerzo a la compresión	FUERZA/AREA	RAZON
					esfuerzo a la flexión	FUERZA/AREA	RAZON

### ANEXO 3: FICHA TÉCNICA DE PRUEBA DE ASENTAMIENTO – JUICIO DE EXPERTOS


**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**PRUEBA DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO**  
**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Tesis: "Propiedades físico-mecánicas del concreto en pavimento rígido  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de residuos metálicos de obra, Cusco 2022"

Dosificación: Pruebas con 0%, 1%, 3% y 5% de Residuos Metálicos de Obra (RMO)

Ensayo de A asentamiento	Codigo de muestra	Prueba sin adición de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 1% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 3% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 5% de RMO	
		Slump (plg)	Promedio (plg)		Slump (plg)	Promedio (plg)		Slump (plg)	Promedio (plg)		Slump (plg)	Promedio (plg)

Criterios de validación	Nula: > 0.53	Baja: 0.54 - 0.59	Valida 0.60 - 0.65
	Muy valida: 0.66 - 0.71	Excelente: 0.72 - 0.99	Perfecta: 1

Validación de instrumentos por juicio de expertos				
Nro	Apellidos y nombres	CIP	Firma	Calificación
1	BOCANGEL GATORRO FINOSKA	161213	 Bocangel Gatorro Finoska INGENIERO CIVIL CIP: 161213	0.98
2	QUISPE QUISPE JAIRZINHO	127736	 Jairzinho Quispe Quispe INGENIERO CIVIL CIP 127736	1
3	FLORES GIL JOSEPH	99682	 Joseph Flores Gil INGENIERO CIVIL CIP N° 99682	1

## ANEXO 4: FICHA TÉCNICA DE ENSAYO DE PESO UNITARIO – JUICIO DE EXPERTOS



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**PRUEBA DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO**  
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

<b>Tesis:</b>	"Propiedades físico-mecánicas del concreto en pavimento rígido $f_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con adición de residuos metálicos de obra, Cusco 2022"
<b>Dosificación:</b>	Pruebas con 0%, 1%, 3% y 5% de Residuos Metálicos de Obra (RMO)

Ensayo de Peso Unitario	Codigo de muestra	Prueba sin adición de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 1% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 3% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 5% de RMO	
		Peso unitario (Kg/m <sup>3</sup> )	Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )		Peso unitario (Kg/m <sup>3</sup> )	Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )		Peso unitario (Kg/m <sup>3</sup> )	Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )		Peso unitario (Kg/m <sup>3</sup> )	Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )

<b>Criterios de validación</b>	Nula: > 0.53	Baja: 0.54 - 0.59	Valida 0.60 - 0.65
	Muy válida: 0.66 - 0.71	Excelente: 0.72 - 0.99	Perfecta: 1

Validación de instrumentos por juicio de expertos				
Nro	Apellidos y nombres	CIP	Firma	Calificación
1	BDCANGEL GOTORRA TINOSKA	161213	 BDCANGEL GOTORRA TINOSKA INGENIERO CIVIL CIP: 161213	0.98
2	QUISPE QUISPE JAIRZINHO	127736	 Jairzinho Quispe Quispe INGENIERO CIVIL CIP: 127736	1
3	FLÓREZ GIL JOSEPH	99602	 Joseph Flores Gil INGENIERO CIVIL CIP: 99602	1

## ANEXO 5: FICHA TÉCNICA DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – JUICIO DE EXPERTOS



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**  
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

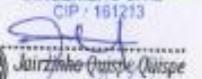
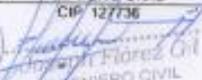
Tesis:	*Propiedades físico-mecánicas del concreto en pavimento rígido $f_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con adición de residuos metálicos de obra, Cusco 2022*									
Dotificación:	Pruebas con 0%, 1%, 3% y 5% de Residuos Metálicos de Obra (RMO)									

Ensayo a los 7 días	Codigo de muestra	Prueba sin adición de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 1% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 3% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 5% de RMO	
		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )

Ensayo a los 14 días	Codigo de muestra	Prueba sin adición de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 1% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 3% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 5% de RMO	
		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )

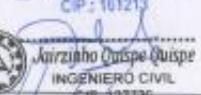
Ensayo a los 28 días	Codigo de muestra	Prueba sin adición de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 1% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 3% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 5% de RMO	
		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )

Criterios de validación	Nula: > 0.53	Baja: 0.54 - 0.59	Valida 0.60 - 0.65
	Muy valida: 0.66 - 0.71	Excelente: 0.72 - 0.99	Perfecta: 1

Validación de instrumentos por juicio de expertos				
Nro	Apellidos y nombres	CIP	Firma	Calificación
1	BOCANGEL GÓMEZ PINOJA	161213	 Nicolás Javier Bocangel Gamara INGENIERO CIVIL CIP: 161213	0.98
2	QUISPE QUISPE JAIRZINHO	127736	 Jairzinho Quispe Quispe INGENIERO CIVIL CIP: 127736	1
3	FLORES GIL JOSEPH	99682	 Joseph Flores Gil INGENIERO CIVIL CIP: 99682	1

## ANEXO 6: FICHA TÉCNICA DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – JUICIO DE EXPERTOS

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO**  
**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

<b>Tesis:</b>		"Propiedades físico-mecánicas del concreto en pavimento rígido $F_c=280 \text{ kg/cm}^2$ con adición de residuos metálicos de obra, Cusco 2022"											
<b>Dosificación:</b>		Pruebas con 0%, 1%, 3% y 5% de Residuos Metálicos de Obra (RMO)											
<b>Ensayo a los 7 días</b>	Codigo de muestra	Prueba sin adición de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 1% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 3% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 5% de RMO		
		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	
<b>Ensayo a los 14 días</b>	Codigo de muestra	Prueba sin adición de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 1% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 3% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 5% de RMO		
		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	
<b>Ensayo a los 28 días</b>	Codigo de muestra	Prueba sin adición de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 1% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 3% de RMO		Codigo de muestra	Prueba con adición de 5% de RMO		
		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	
<b>Criterios de validación</b>		Nula: > 0.53		Baja: 0.54 - 0.59		Valida 0.60 - 0.65		Muy valida: 0.66 - 0.71		Excelente: 0.72 - 0.99		Perfecta: 1	
<b>Validación de Instrumentos por juicio de expertos</b>													
Nro	Apellidos y nombres				CP	Firma				Calificación			
1	BOCANGEL GONZALO MINOJKA				161213	 Minojka Gonzalo Minojka Gamara INGENIERO CIVIL CP: 161213				0.98			
2	QUISPE QUISPE JAVIERIANO				127736	 Javieriano Quispe Quispe INGENIERO CIVIL CP: 127736				1			
3	FLORES GIL JOSEFA				99652	 Josefa Flores Gil INGENIERO CIVIL				1			

## ANEXO 7: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PRENSA PARA ENSAYOS DE CONCRETO A COMPRESIÓN

### PEREZ BARDALEZ & ASOCIADOS S.R.L

#### CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 579-11-2021-00

A : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS INVERSIONES FYD SKL.  
ATENCION : Ing. JANE BUSTINZA ORTEGA  
DE : Ing. CARLOS PEREZ CHAPARRO  
ASUNTO : VERIFICACIÓN DE PRENSA PARA ENSAYOS DE CONCRETO  
FECHA DE CALIBRACION: Cusco, 04 de octubre del 2021

#### DE LA PRENSA

Marca : PINZUAR  
Modelo : PC-165  
Serie : 120  
Capacidad : 100-000 kg

#### DE LA UBICACIÓN

Laboratorio de la empresa ubicado en la carretera ENACO – ABRA – CURAO, Km-2, sector TIPACATA s/o San SEBASTIÁN- CUSCO.

#### DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN

Verificación de errores, mediante procedimiento estándar, en dos series de carga contrastadas frente a patrón electrónico, siguiendo el procedimiento descrito en la norma ASTM E04-14. Calibración del indicador digital mediante procedimiento de ingreso de tres puntos de calibración. El patrón utilizado es de marca PROCEQ, modelo DMS C-148, serie 01.2521, calibrado con patrón trazable al NIST-USA (United States National Institute of Standards & Technology).

#### DE LAS CONDICIONES

Ambientales.

#### RESULTADOS

Carga (kN)	Error (%)
100	+0,60
200	+0,30
300	+0,03
400	+0,10
500	+0,16
600	+0,13
700	+0,21
800	+0,22

#### NOTAS

- 1) Los signos de error indican el porcentaje de carga que podrá adicionarse algebraicamente a la lectura del dial en el rango correspondiente.
- 2) Errores corregidos para temperatura de calibración del patrón.
- 3) Norma utilizada ASTM E 04-14.
- 4) Para efectos de supervisión el error máximo permisible es de  $\pm 1\%$ .

Hecho por: C.P.Ch.

  
Carlos Alberto Pérez Chaparro  
INGENIERO CIVIL  
CIP 56217

**ANEXO 8: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PRENSA DE HUMBOLDT PARA ENSAYOS DE CONCRETO A FLEXIÓN Y TRACCIÓN**



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA**  
 Calibration Certificate – Laboratory of Force

<b>OBJETO DE PRUEBA:</b> <small>Instrument</small> <b>Rangos</b> <small>Measurement range</small> <b>FABRICANTE</b> <small>Manufacturer</small> <b>Modelo</b> <small>Model</small> <b>Serie</b> <small>Certification number</small> <b>Ubicación de la máquina</b> <small>Location of the machine</small> <b>Norma de referencia</b> <small>Norm of used reference</small> <b>Intervalo calibrado</b> <small>Calibrated interval</small> <b>Solicitante</b> <small>Customer</small> <b>Dirección</b> <small>Address</small> <b>Ciudad</b> <small>City</small> <b>PATRON(E)S UTILIZADO(S)</b> <small>Measurement Standard</small> <b>Tipo / Modelo</b> <small>Type / Model</small> <b>Rangos</b> <small>Measurement range</small> <b>Fabricante</b> <small>Manufacturer</small> <b>No. serie</b> <small>Certification number</small> <b>Certificado de calibración</b> <small>Calibration certificate</small> <b>Incertidumbre de medida</b> <small>Uncertainty of measurement</small> <b>Método de calibración</b> <small>Method of calibration</small> <b>Unidades de medida</b> <small>Units of measurement</small> <b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b> <small>Date of calibration</small> <b>FECHA DE EXPEDICIÓN</b> <small>Date of issue</small>	<b>MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN</b>  100 000 kgf <span style="float: right;">Pág. 1 de 3</span> <b>TEST MARK (INDICADOR) / HUMBOLDT (MARCO)</b> <b>NO PRESENTA (INDICADOR) / 121025H (MARCO)</b> <b>LX13-125524-49 (INDICADOR) / CM-3000-LXIP60 (MARCO)</b> <b>LAB: DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INGEOMAT E.I.R.L.</b> <b>NTC – ISO 7500 – 1 ( 2007 – 07 – 25 )</b> <b>Del 10% al 100% del Rango</b> <b>INGEOMAT E.I.R.L.</b> <b>MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN</b> <b>CUSCO</b>  T71P / ZSC 150 tn OHAUS / KELI B504530209 / 5M56609 N° INF – LE – 436 – 20 0.060 % Comparación Directa Sistema Internacional de Unidades ( SI )  2021 – 10 – 19 2021 – 10 – 29
---	--

**NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS** 3

**FIRMAS AUTORIZADAS**  
Authorized Signatures  
  
 Téc. Olimpia A. Huayán Poggioma  
 Responsable de Metrología



## ANEXO 9: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE BALANZA ELECTRÓNICA

		LABORATORIO DE METROLOGÍA		CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA			
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 262-2021 GLM</b>						Página 1 de 3	
FECHA DE EMISIÓN	:	2021-10-29	<p>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura <math>k=2</math>. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.</p> <p>Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a regulaciones vigentes.</p> <p>G &amp; L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p>				
1. SOLICITANTE	:	INGEDMAT E.I.R.L.					
DIRECCIÓN	:	MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN					
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	:	BALANZA					
MARCA	:	OMALIS					
MODELO	:	R31P30					
NÚMERO DE SERIE	:	8330530041					
ALCANCE DE INDICACIÓN	:	30000 g					
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN	:	1 g					
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e)	:	10 g					
PROCEDENCIA	:	CHINA					
IDENTIFICACIÓN	:	NO PRESENTA					
TIPO	:	ELECTRÓNICA					
UBICACIÓN	:	LABORATORIO					
FECHA DE CALIBRACIÓN	:	2021-10-19					
3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN	Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase II y III; PC - 001 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 3ª - ENERO, 2009.						
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN	LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE SAN SEBASTIAN MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN						
 Gilmer Pineda Peralta Responsable de Actividades Metrología							
Teléfono (01) 622 - 9294 Celular 962 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858		Correo laboratorio.gylaboratorio@gmail.com servicio@gylaboratorio.com		Av. Miraflores 142, E.L.C. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos Lima			
Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C							

# ANEXO 10: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN HORNO ELÉCTRICO



LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°266-2021 GLT

Página 1 de 4

Fecha de Emisión : 2021-10-29

1. SOLICITANTE : INGEOMAT E.I.R.L

DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN

2. EQUIPO DE MEDICIÓN: HORNO ELÉCTRICO

MARCA : PINQUAR LTDA.

MODELO : PG-190

NÚMERO DE SERIE : 305

PROCEDENCIA : COLOMBIA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

UBICACIÓN : LABORATORIO

### Descripción del Termómetro del Equipo

Tipo : Digital  
Alcance de Indicación : 5 °C a 200 °C  
División de Escala : 0.1 °C

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Calibrado el 2021-10-19

La calibración se realizó en el LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INGEOMAT E.I.R.L

4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperaturas de 1990, se usó el procedimiento PC-018 "Calibración de Medios con Aire como Medio Termostático", edición 2, Junio 2009, del SNM-INDECOPI - Perú.

5. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Inicial	Final
Temperatura °C	18.5	18.9
Humedad Relativa %RH	47	47

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales, reportados de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
TOTAL WEIGHT	Termómetro de indicación digital de 10 termocopios	CC - 6219 - 2021

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C. es responsable de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, si de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Teléfono: (01) 623 - 5294  
Calle: 942 - 302 - 603 / 962 - 277 - 858

Correo: laboratorio.gyl@laboratorio.gyl.com  
servicioc@glalaboratorio.com

Av. Miraflores M2, E U, 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C.

## ANEXO 11: DISEÑO DE MEZCLA



PROYECTO : "PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL CONCRETO EN PAVIMENTO RIGIDO  $F'C=280\text{KG}/\text{CM}^2$  CON ADICION DE RESIDUOS METALICOS DE OBRA, CUSCO 2022"

SOLICITANTE : BONET MALDONADO, VERONICA.

CANTERA : PIEDRA CHANCADA  $\frac{3}{4}$  DE VICHO Y ARENA GRUESA DE HUAMPUTIO.

**DISEÑO DE MEZCLA**

**$F'C: 280 \text{ KG}/\text{CM}^2$**

**01 DE ABRIL - 2022**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**AREA DE AGREGADOS Y CONCRETO**

PROYECTO : PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO EN PAVIMENTO RIGIDO FC=280KG/CM<sup>2</sup>  
CON ADICION DE RESEDOS METALICOS DE ORMA, CUSCO 2017.  
SOLICITANTE : ROBERT MALDONADO, YERONICA.  
CANTERA : PROBA CHANCADA 3A DE VIEJO Y ARENA GRUESA DE HUAMBUTOS.  
FECHA : 01 DE ABRIL DEL 2017.

**DISEÑO DE MEZCLA F'c 280 Kg/Cm<sup>2</sup>**

F'c =	280
F'Req. =	80
F'or =	360
Raio =	0.455
H <sub>2</sub> O =	210
Cemr =	462
P.E =	3.15
Aire atp =	2

10.9

	A. FINO	A. GRUESO
T.M.N	-	3/4"
M.F.	3.1885	-
P.U.Seco.S.	1673.76	1588.24
P.U.Seco.C.	1793.38	1716.78
P.E	2.58	2.80
% A.BS.	2.79	1.86
SW agregado	5.12	1.82

**VALORES ABSOLUTOS**

H <sub>2</sub> O =	0.210
Cemr =	0.147
Aire =	0.020
TOTAL	0.377

**DISEÑO EN SECO**

H <sub>2</sub> O =	210
Cemr =	462
A.F. =	627
A.G. =	1065
0	2364

**DISEÑO CORREGIDO POR HUMEDAD**

H <sub>2</sub> O =	205
Cemr =	462
A.F. =	659
A.G. =	1076
TOTAL	2402

probetas	3
TANDA	0.021

H <sub>2</sub> O =	4.313
Cemr =	9.692
A.F. =	13.849
A.G. =	22.591
TOTAL	50.445
	50.445

	A. FINO	A. GRUESO
0.60	ACI	659
0.06226	PULL Y THON	30
	% en peso	61
	% en peso	

A. FINO	627
A. GRUESO	1065

**CORRECCION POR HUMEDAD**

A. FINO =	659
A. GRUESO =	1076

**APORTE DE H<sub>2</sub>O**

A. FINO =	-15
A. GRUESO =	10
	-4.6

FECHA d.V.	
P.U. CONCR	2318

Factor Cemento x m <sup>3</sup> =	10.5
-----------------------------------	------

CORREC.	1.036		
	205	198	LTS
	462	445	KG
	659	600	KG
	1076	1038	KG
TOTAL	2402	2318	KGMS

PROPORCION EN PESO Kg				PROPORCION EN VOLUMEN P <sub>lv</sub> <sup>3</sup>			
CEMENTO	A.F	A.G	H <sub>2</sub> O	CEMENTO	A.F	A.G	H <sub>2</sub> O
1	1.43	2.33	18.9	1	1.22	2.31	18.8

NOTA : Las proporciones de agua en ambos casos estan en litros por bolsas de cemento.  
Las muestras de ensayo fueron muestreadas por el usuario.

PROYECTO : PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DEL CONCRETO EN PAVIMENTO RÍGIDO FC=3000/KG/CM<sup>2</sup>  
CON ADICIÓN DE RESIDUOS METÁLICOS DE OBRA, CUSCO 2022.

SOLICITANTE : BONET MALDONADO, VERÓNICA.

CANTERA : PIEDRA CHANCADA S/N DE VICHÓ Y ARENA GRUESA DE HUAMBUTIO.

FECHA : 01 DE ABRIL DEL 2022

## ANÁLISIS DE LOS AGREGADOS

ASTM C 136 AASHTO T - 27

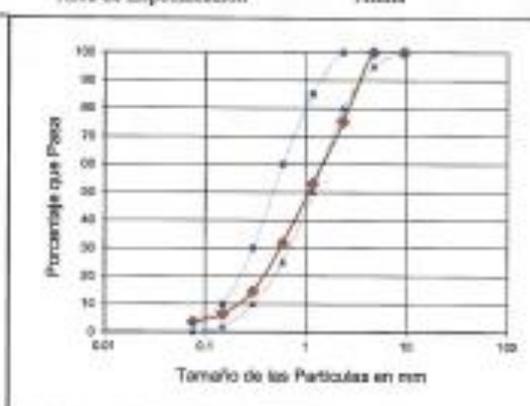
Abertura Tamiz		Porcentaje		Especificación		Porcentaje		Especificación		Módulo de	
Pulgadas	mm	Retiene	Pasa	% QUE PASA		Retiene	Pasa	% QUE PASA		Finezza	
2"	50.80	Agreg. Grueso		De	A	Agregado Fino		De	A		
1.182"	30.10	0	100		100						
1"	25.400	0	100	95	100						
3/4"	19.050	20.8	79.2	80	80						
1/2"	12.700	19.5	80.7	25	80						
3/8"	9.52	30.72	69.28	15	35		100		100		
Nº4	4.75	22.13	77.87	0	10	0	100	95	100	0	0
Nº6	2.36	0	100	0	5	24.81	75.19	80	100	24.81	24.81
Nº 16	1.18	0	-			22.08	77.92	50	85	22.08	45.89
Nº 30	0.60	0	-			21.38	78.62	25	60	21.38	68.26
Nº 50	0.300	0	-			17.15	82.85	10	30	17.15	85.4
Nº 100	0.149	0	-			8.1	91.9	2	10	8.1	93.5
Nº 200	0.075	0	-			2.78	97.22	0	3		
Peso Específico											
Peso Unitario											
Porcentaje de Absorción											
Porcentaje de Humedad											
Modulo de Finezza										3.1885	

Área de Especificación

Grava de 3/4"

Área de Especificación

arena



OBSERVACIONES:



LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Jane Bonet Maldonado  
Especialista en Mecánica de Suelos

PROYECTO : PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DEL CONCRETO EN PAVIMENTO RÍGIDO PC-28KG/CM<sup>2</sup>  
CON ADICIÓN DE RESIDUOS METÁLICOS DE OBRA, CUSCO 2022.  
SOLICITANTE : BONET MALDONADO, VERÓNICA.  
CANTERA : PEDRA CHANCADA 34 DE VICHO Y ARENA GRUESA DE HUAMBUTO.  
FECHA : 01 DE ABRIL DEL 2022

**AGREGADO FINO**  
**HUMEDAD NATURAL**

Muestra	M - 6	M - 4	M - 5
N° de Tarro	1	4	5
P. Del Tarro (gr)	48	47	45
Tarro + S. Humedo (gr)	502	509	431
Tarro + S. Seco (gr)	480	382	412
P. Del S. Humedo (gr)	453	352	388
P. Del S. Seco (gr)	431	335	367
P. Del Agua (gr)	22.00	17.00	19.00
% De Humedad	5.10	5.07	5.18
Humedad Promedio (%)=	5.12		

**Gráfico de Humedad**




LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Jairo Huamani  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

PROYECTO : PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DEL CONCRETO EN PAVIMENTO RÍGIDO PC-08K6CM2  
CON ADICIÓN DE RESIDUOS METÁLICOS DE OBRA, CUSCO 2022.  
SOLICITANTE : BONET MALDONADO, VERÓNICA.  
CANTERA : PIEDRA CHANCADA 5/4 DE YCHIO Y ARENA GRUESA DE HUAMBUTO.  
FECHA : 01 DE ABRIL DEL 2022

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO			
Muestra -			
A = Peso Probeta + Agua hasta el Aforado		1243	
B = Peso Material Saturado (superficie seca)		520	
C = Peso Probeta + Agua + Material	A + B	1763	
D = Peso Global con Desplazamiento volumen		1577	
E = Peso Material en agua:	B - (C - D)	334	
F = Volumen Masa - Volumen Vacíos:	C - D	186	
G = Peso Material Seco en estufa a 150°C		510	
H = Volumen de la Masa	F - (B - G)	178	
Peso Esp. Bulk (base seca)	G / F	2.74	
Peso Esp. Bulk (base saturada)	B / F	2.80	
Peso Esp. Aparente (base seca)	G / H	2.90	
% Absorción	100 (B - G) / G	1.96%	

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO			
Muestra			
A = Peso Matraz + Agua hasta el Aforado		1285	
B = Peso Material Saturado (superficie seca)		516	
C = Peso Probeta + Agua + Material	A + B	1801	
D = Peso Global con Desplazamiento volumen		1601	
E = Peso Material en agua:	B - (C - D)	316	
F = Volumen Masa - Volumen Vacíos:	C - D	200	
G = Peso Material Seco en estufa a 150°C		502	
H = Volumen de la Masa	F - (B - G)	185	
Peso Esp. Bulk (base seca)	G / F	2.51	
Peso Esp. Bulk (base saturada)	B / F	2.58	
Peso Esp. Aparente (base seca)	G / H	2.70	
% Absorción	100 (B - G) / G	2.79%	

DATOS: ENSAYO DE PESO UNITARIO VARILLADO		Agre. Fino C.	Agre. Fino S.	Agre. Grueso C.	Agre. Grueso S.
Peso Material Seco al Horno + Molde (gr)	A	10573	10320	10411	9953
Peso del Molde (gr)	B	6780	6780	6780	6780
Peso Material Seco al Horno (gr)	A - B = C	3793	3540	3631	3173
Volumen del Molde	D	2115	2115	2115	2115
Peso Unitario (Kg / m <sup>3</sup> )	C / D	1793.38	1673.76	1716.78	1500.24

## ANEXO 12: RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO



**PROYECTO** : "PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL CONCRETO EN PAVIMENTO RIGIDO  $f'c=280\text{KG}/\text{CM}^2$  CON ADICION DE RESIDUOS METALICOS DE OBRA, CUSCO 2022"

**SOLICITANTE** : BONET MALDONADO, VERONICA.

**ENSAYO DE PESO UNITARIO AL CONCRETO  
FRESCO**

**11 DE ABRIL DEL 2022**

**PROYECTO** : PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO EN PAVIMENTO RÍGIDO FC-280KG/M<sup>3</sup> CON ADICIÓN DE RESIDUOS METÁLICOS DE OBRA, CUSCO 2022  
**SOLICITANTE** : BONET MALDONADO VERÓNICA  
**FECHA** : 11 DE ABRIL DEL 2022  
**MUESTRA** : ENSAYO DE PESO UNITARIO

ENSAYO DE PESO UNITARIO AL CONCRETO FRESCO				
PRUEBA CON ADICIÓN DE 5% DE ACERO		P5-1	P5-2	P5-3
Peso Material Seco al Horno + Molde (gr)	A	38957	38948	38933
Peso del Molde (gr)	B	5066	5066	5066
Peso Material Seco al Horno (gr)	A - B = C	33891	33880	33867
Volumen del Molde	D	14235	14235	14235
Peso Unitario (Kg / m <sup>3</sup> )	C / D	2381	2380	2379.14
Promedio Kg/ m <sup>3</sup>				2380.05



**LABORATORIO**  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Jairo Maldonado Verónica  
Especialista en Geotecnia

**ANEXO 13: RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL ESFUERZO  
POR COMPRESIÓN**



**PROYECTO** : "PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL CONCRETO  
EN PAVIMENTO RIGIDO  $F' C=280\text{KG}/\text{CM}^2$  CON ADICION DE  
RESIDUOS METALICOS DE OBRA, CUSCO 2022"

**SOLICITANTE** : BONET MALDONADO, VERONICA.

**SERVICIO DE ROTURA DE BRIQUETAS  
(COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS)**

**02 DE MAYO DEL 2022**

## Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

### Compresión simple de probetas cilíndricas

**PROYECTO** : PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO EN PAVIMENTO RIGIDO FC=28000SI CON ADICIÓN DE RESIDUOS METÁLICOS DE OBRA, CUSCO 2022

**SOLICITANTE** : BONET MALDONADO VERÓNICA

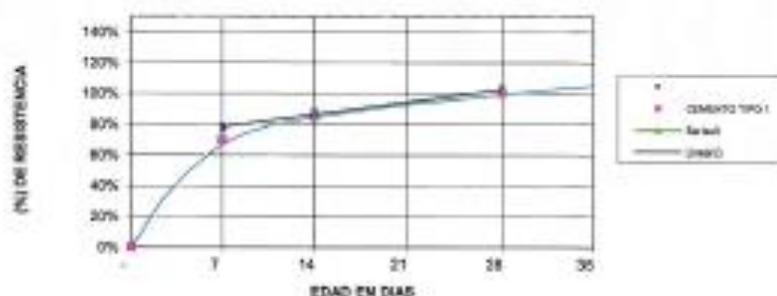
**FECHA** : 02 DE MAYO DEL 2022

**MUESTRA** : TESTIGOS CILÍNDRICOS

**DISEÑO** : VERIFICACIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA FC=280 Kg/cm<sup>2</sup>

N°	Estructura y elementos	Fecha		Edad (días)	Diseño $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Lactosa (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia	
		Moldeo	Rotura					$f_{cm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{cm}/f_c$ (%)
1	CONCRETO CON ACERO RECIKLADO 1%	04/04/2022	11/04/2022	7	280	375.7	179.00	214.05	76%
2	CONCRETO CON ACERO RECIKLADO 1%	04/04/2022	11/04/2022	7	280	368.5	179.00	221.32	79%
3	CONCRETO CON ACERO RECIKLADO 1%	04/04/2022	11/04/2022	7	280	360.2	179.00	216.59	77%
4	CONCRETO CON ACERO RECIKLADO 1%	04/04/2022	18/04/2022	14	280	436.3	179.00	247.55	89%
5	CONCRETO CON ACERO RECIKLADO 1%	04/04/2022	18/04/2022	14	280	422.9	179.00	240.91	86%
6	CONCRETO CON ACERO RECIKLADO 1%	04/04/2022	18/04/2022	14	280	430.0	179.00	244.96	87%
7	CONCRETO CON ACERO RECIKLADO 1%	04/04/2022	02/05/2022	28	280	500.0	179.00	284.84	102%
8	CONCRETO CON ACERO RECIKLADO 1%	04/04/2022	02/05/2022	28	280	510.9	179.00	291.04	104%
9	CONCRETO CON ACERO RECIKLADO 1%	04/04/2022	02/05/2022	28	280	495.0	179.00	281.99	101%

GRÁFICO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO



**Observación** : Los bloques fueron elaborados por el solicitante

**Nota**

## ANEXO 14. RESULTADOS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO POR FLEXIÓN



- CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA.

- LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.

- Av. B Edoz Gale C-2, San Sebastián - Cusco, Tlf: 052342, Cel: 99279389, Móvil: 99992111, BPN: 499910311

Proyecto: "Propiedades físico-mecánicas del concreto en pavimento rígido  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  con adición de residuos metálicos de obra, Cusco 2022"

### INFORME N°01

Solicitante: Bach. Bonet Maldonado, Verónica

Departamento : Cusco

Provincia : Cusco

Distrito : Cusco

Dirección : Cusco



Realizado por: Ing. Hugo Cuba Benavente  
P.R.: Ing. Hugo Cuba Benavente  
C.P. 128589  
MAYO, 2022  
Cusco-Peru

Ing. Hugo Cuba Benavente  
C.P. 128589  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

**RESULTADOS OBTENIDOS**

N°	EDAD	DESCRIPCION	R	OBSERVACIONES
1	7 DIAS	PATRON	28.66 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
2			28.90 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
3			29.12 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
4		CONCRETO +1% DE ACERO	29.33 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
5			29.75 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
6		RECICLADO	29.87 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
7		CONCRETO +3% DE ACERO	30.00 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
8			30.23 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
9		RECICLADO	30.31 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
10		CONCRETO +5% DE ACERO	30.85 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
11			31.20 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
12		RECICLADO	31.43 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL

N°	EDAD	DESCRIPCION	R	OBSERVACIONES
1	14 DIAS	PATRON	30.45 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
2			30.23 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
3			29.98 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
4		CONCRETO +1% DE ACERO	31.41 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
5			31.31 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
6		RECICLADO	31.97 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
7		CONCRETO +3% DE ACERO	32.19 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
8			32.09 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
9		RECICLADO	33.01 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
10		CONCRETO +5% DE ACERO	33.80 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
11			34.49 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
12		RECICLADO	34.20 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL

N°	EDAD	DESCRIPCION	R	OBSERVACIONES
1	28 DIAS	PATRON	32.67 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
2			33.01 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
3			32.29 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
4		CONCRETO +1% DE ACERO	33.51 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
5			33.91 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
6		RECICLADO	33.75 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
7		CONCRETO +3% DE ACERO	35.39 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
8			35.20 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
9		RECICLADO	34.95 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
10		CONCRETO +5% DE ACERO	36.67 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
11			36.15 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL
12		RECICLADO	36.53 kg/cm <sup>2</sup>	ROTURA EN EL TERCIO CENTRAL

Cuadro 1 Resultados obtenidos en laboratorio – Ensayo de Flexión.

- Se pudo determinar que la resistencia a la flexión incrementa a medida que se le aumenta más el acero reciclado.

<b>Dirección</b>	Vía. El Edén Sur C.A. San Sebastián - Cusco / Distrito de Puno y A. Cusco - Arequipa	<b>Celular: Email:</b> 974 279 249, Tel: 21 7232
<b>E-mail</b>	ingenomat_cusco@hotmail.com / ingenomat_arequipa@hotmail.com	<b>Tel:</b> 921126988

