



IES. JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

SAMEGUA – MOQUEGUA – PERÚ



PROGRAMA DE ESTUDIOS:

CONSTRUCCIÓN CIVIL

PROYECTO:

“UTLIZACION DE ACERO RECICLABLE (ALAMBRE) EN LA PREPARACION DE CONCRETO REFORZADOS DE ALTA RESISTENCIA PARA PISOS DE CONCRETO RIGIDO”

PARTICIPANTES:

- MAMANI NINA JEANFRANCO MANUEL
- CONDORI LLANOS YEFER ERLAN
- CHAMBILLA TELLO YASMIN GRIS
- COPARI MAQUERALEONEL FRANZ
- AVENDAÑO RIOS ALEXANDERHERLVER
- CAMARGO BUSTOS MITCHEL ABELARDO

DOCENTE ENCARGADO:

- MAMANI MAMANCHURA CARLOS GUSTAVO

SAMEGUA – MOQUEGUA – PERÚ

AÑO

2025



PRESENTACIÓN

El presente informe tiene como finalidad exponer el desarrollo del proyecto de innovación orientado al aprovechamiento del alambre N.º 16 reciclado, comúnmente desechado en obras de construcción tras su uso en encofrados. Esta propuesta busca dar una nueva utilidad a este residuo, incorporándolo como refuerzo interno en mezclas de concreto, con el objetivo de mejorar sus propiedades mecánicas y contribuir a una construcción más sostenible y eficiente.

El trabajo fue desarrollado por estudiantes de Construcción Civil, bajo una metodología experimental, que permitió diseñar, preparar y ensayar mezclas de concreto modificadas con distintos porcentajes de alambre reciclado, comparándolas con concreto convencional. Se llevaron a cabo actividades de recolección, clasificación, corte y acondicionamiento del alambre, así como el moldeo, curado y ensayo de probetas en laboratorio, evaluando su resistencia a la compresión y otras propiedades relevantes.

Esta iniciativa representa un aporte significativo tanto en el ámbito técnico como ambiental, al demostrar que es posible reducir residuos, disminuir costos y aumentar el desempeño estructural del concreto, integrando criterios de innovación y sostenibilidad.

El informe presenta el proceso completo del proyecto, desde la justificación y objetivos, hasta los resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones para futuras aplicaciones.

RESUMEN

En el ámbito de la construcción, el alambre –especialmente el alambre N.º 16– es un material de uso frecuente, principalmente en el proceso de amarre de encofrados y elementos estructurales temporales. No obstante, una vez finalizadas estas etapas, es común que este material sea desechado en grandes cantidades, lo que representa no solo un desperdicio de recursos reutilizables, sino también un impacto ambiental negativo por la acumulación de residuos metálicos en las obras.

Frente a esta problemática, el presente proyecto tiene como finalidad recolectar, acondicionar y reciclar alambre N.º 16 descartado, para luego incorporarlo como refuerzo en la preparación de mezclas de concreto, evaluando su efecto sobre las propiedades mecánicas del material, especialmente en lo que respecta a su resistencia a la compresión, tracción y flexión.

Como estudiantes de Construcción Civil, asumimos el compromiso de buscar soluciones innovadoras que promuevan una construcción más eficiente y responsable. Este proyecto se fundamenta en el principio de la construcción sostenible, priorizando el reciclaje de materiales, la reducción de residuos sólidos de obra y la disminución de costos sin comprometer la calidad estructural de los elementos producidos.

El trabajo se desarrolló a través de una metodología experimental en laboratorio, que incluyó:

- La recolección y acondicionamiento del alambre reciclado.
- El diseño y dosificación de mezclas de concreto con y sin adición de alambre.
- El moldeo y curado de probetas.
- La ejecución de ensayos mecánicos bajo estándares técnicos (ASTM y NTP).
- El análisis comparativo de resultados entre el concreto tradicional y el concreto modificado.

Este proyecto representa una propuesta viable para el aprovechamiento del alambre desechado y demuestra que es posible fortalecer el concreto utilizando materiales reciclados, contribuyendo así al desarrollo de tecnologías constructivas más limpias, económicas y resilientes

ÍNDICE

I.	INFORMACION GENERAL	
1.1.	Título de Proyecto	
1.2.	Categoría de Proyecto	
1.3.	Área/Línea de Investigación/Innovación	
1.3.1.	Área	
1.3.2.	Línea	
1.3.3.	Programa de Estudios	
1.3.4.	Equipo Innovador	
II.	DESCRIPCION DE LA INNOVACION	
2.1.	Problemática	
2.1.1.	Planteamiento de Problema	
2.1.2.	Formulación de Problema	
2.1.2.1.	Problema General	
2.1.2.2.	Problema Especifico	
2.2.	Objetivos	
2.2.1.	General	
2.2.2.	Específicos	
2.3.	Justificación	
2.3.1.	Justificación Teórica	
2.3.2.	Justificación Practica	
2.3.3.	Justificación Metodológica	
2.3.4.	Justificación Económica	
2.3.5.	Justificación Ambiental	
2.4.	Marco Referencial	
2.4.1.	Antecedentes	
2.4.1.1.	Antecedentes Nacionales	
2.4.1.2.	Antecedentes Internacionales	
2.4.2.	Base Teórica	
2.4.2.1.	El concreto	
2.4.2.2.	Componentes del Concreto	
2.4.2.3.	Cemento	
2.4.2.4.	Cemento Portland	
2.4.2.5.	Composición química del Cemento Portland	
2.4.2.6.	Clasificación del Cemento Portland	
2.4.2.7.	El agua para el concreto	
2.4.2.8.	Agregados	
2.4.2.9.	Propiedades del concreto en estado endurecido	
2.4.2.9.1.	Resistencia a la Comprensión	
2.4.2.9.2.	Resistencia a la Tracción	
2.4.2.9.3.	Resistencia a la Flexión	
2.4.3.	Concreto reforzado con Fibras	

2.4.3.1.	Fibras Metálicas.....	
III.	EJECUCION DEL PROYECTO.....	
1.1.	Actividades de Inicio	
1.2.	Metodología Utilizada.....	
1.3.	Actividades de Desarrollo de la Innovación	
a)	Diseño y Construcción de la innovación.....	
b)	Pruebas Realizadas	
c)	Impactos.....	
	CONCLUSIONES	
	RECOMENDACIONES.....	
	ANEXOS	

I. INFORMACION GENERAL

1.1. TITULO DEL PROYECTO

“UTILIZACION DE ACERO RECICLABLE (ALAMBRE) EN LA PREPARACION DE CONCRETOS REFORZADOS DE ALTA RESISTENCIA PARA PISOS DE CONCRETO RIGIDO”

1.2. CATEGORIA DE PROYECTO

PROCESOS DE PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS

1.3. AREA/LINEA DE INVESTIGACION/INNOVACION

1.3.1. **AREA:** PRODCUCCION Y SERVICIOS INDUSTRIALES

1.3.2. **LINEA:** TECNOLOGIA EN LA CONSTRUCCION

1.3.3. **Programa de Estudios**

1.3.4. **Equipo Innovador**

Asesor: Prof. Carlos Gustavo Mamani Mamanchura

Integrantes:

1. Yefer Efrain Condori Llanos
2. Jeanfranco Manuel Mamani Nina
3. Leonel Franz Copari Maquera
4. Yasmin Gris Chambilla Tello
5. Alexander Helver Avendaño Rios
6. Mitchel Abelardo Camargo Busto

II. DESCRIPCION DE LA INNOVACION

2.1. Problemática

2.1.1. Planteamiento de Problema

Uno de los problemas más recurrentes en la ciudad de Moquegua es el deterioro rápido y progresivo de pisos de concreto, representa un grave problema al menguar la vida útil de estas superficies solidas hechas de concreto. Estudios muestran que esto resulta en gastos adicionales innecesarios para los propietarios de inmuebles, en forma de reparaciones y reconstrucciones que podrían prevenirse.

2.1.2. Formulación de Problema

2.1.2.1. Problema General

- ¿Cómo influye de las fibras de acero reciclado en las propiedades mecánicas del concreto en pisos rígidos?

2.1.2.2. Problema Especifico

- ¿Cómo influye las fibras de acero recicladas en la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=175$ kg/cm² utilizado en pisos rígidos?

2.2. Objetivos

2.2.1. General

- ❖ Determinar la influencia de las fibras de acero recicladas en las propiedades mecánicas del concreto en pisos rígidos.

2.2.2. Específicos

- ❖ Determinar su impacto en resistencia a compresión.
- ❖ Optimizar el comportamiento en estados fresco y endurecido.

2.3. Justificación

2.3.1. Justificación Teórica

El presente trabajo se realiza con el propósito de ampliar el conocimiento existente en lo que respecta a las nuevas adiciones al concreto, con la finalidad de potenciar sus características mecánicas. En este trabajo se le adicionaron fibras de acero que se reciclo de deshechos de acero de obras fuera de uso, este concreto será destinado a pisos de concretos rígidos.

El motivo del presente trabajo de investigación es aportar nuevos conocimientos, debido a que los resultados podrían tener un impacto significativo en la industria de la Ingeniería Civil. A través de una metodología de investigación meticulosa y rigurosa, se busca demostrar de manera concluyente que al adicionar estas fibras de acero recicladas representa en un aumento sustancial en las características mecánicas del concreto las cuales, se utilizaran en la fabricación de pisos rígidos. La importancia del presente trabajo de investigación es proporcionar una base sólida y confiable para el diseño de soluciones concretas y aplicables en la práctica de la Ingeniería Civil. Los resultados obtenidos podrán ser sistematizados en un diseño eficaz, que no solo ampliará el conocimiento, sino que también contribuirá a la sostenibilidad y a promover la reutilización de materiales, como las fibras de acero recicladas.

2.3.2. Justificación Practica

La investigación se realiza por que existe la necesidad de optimizar las características mecánicas del concreto utilizado en pisos rígidos por que debido a diversos factores como las sobrecargas o daños por impactos ha conllevado a su deterioro rápido y progresivo. Se debe de buscar nuevas incorporaciones al modelo de los pavimentos rígidos para así aumentar las capacidades del concreto. Por eso, mediante la incorporación de fibras de acero recicladas que se obtuvo de deshechos de obras en desuso se pretende mejorar estas características mecánicas y físicas del concreto ya fraguado, con el fin de que estos sean empleados en obra, generando beneficios económicos al emplear materiales reciclados. Para así aminorar los costos, mejorar la calidad de pisos rígidos y a la vez reducir la polución del medio ambiente.

2.3.3. justificación Metodológica

El trabajo se realiza con la finalidad de lograr los objetivos del estudio, mediante el método científico por lo cual se ha realizado un proceso metodológico ordenado y sistematizado. Al adicionar las fibras de acero reusadas al concreto se realiza con el propósito de aumentar las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido para cuando se demuestre la validez y confiabilidad de estos resultados. Este nuevo diseño pueda ser utilizadas en diferentes trabajos de investigación y en otras áreas de la ingeniería civil.

2.3.4. justificación Económica

La investigación se realiza con el propósito de aumentar las propiedades físicas del concreto al adicionar las fibras de acero que serán recicladas de deshechos de obras. Debido a esto será posible aminorar los costos puesto que el concreto será

más resistente con un menor aporte de cemento y agregados, utilizar este tipo de concreto generará un beneficio económico a los propietarios constructores que pueden utilizar estos recursos en otras áreas.

2.3.5. justificación Ambiental

Uno de los ejes principales de la investigación es la contribución con la disminución de la contaminación ambiental, debido a que la investigación buscará aumentar las características mecánicas del concreto adicionando las fibras de acero recicladas que se obtuvo de desechos de obras, es sabido que en nuestro país no existe una normativa para la disposición final de estos materiales. Es por eso, que la investigación busca darle un reusó a uno de sus componentes y así poder aminorar un poco la contaminación ambiental en la cual estamos inmersos.

2.4. Marco Referencial

2.4.1. Antecedentes

2.4.1.1. Antecedentes Nacionales

En la **pesquisa realizada por Condori y Palomares (2018)**, tienen como principal objetivo determinar la incidencia de la inclusión de las virutas de acero recicladas al concreto en su comportamiento mecánico para los pavimentos rígidos. La metodología empleada por estos autores fue la preparación de una serie de muestras donde variaban el contenido de las virutas de acero respecto a las dosis de 3 y 5% del volumen del concreto y el tamaño de las virutas que emplearon fue de 1/2" y 1". Posteriormente estas muestras se curaban bajo condiciones controladas y finalmente una vez alcanzada la madurez apropiada, se ensayaban en el laboratorio. Los resultados encontrados muestran que el concreto con virutas de acero presenta mayores RC, el concreto patrón llega a una RC de 236.5 kg/cm², mientras que el concreto reforzado con virutas de acero de 1/2" alcanza una RC de 323 kg/cm².

Montalvo (2015), presentó su estudio de tesis, con el principal objetivo de realizar un análisis comparativo entre los concretos: simples y reforzados con fibras de acero de marca Wirand FF1 en lo que respecta a las propiedades mecánicas; el cual esta fibra presenta un diámetro de 1 milímetro y una longitud de 50 milímetros, cuya dosificación es de 25 kilogramos por m³ de concreto; desarrollándose mediante la metodología empleada para la validación del estudio consistió en una serie de ensayos experimentales donde se midieron las variables: RC, RT, niveles de agrietamiento por flujo plástico, entre otros. También se realizó la comparación de costos en la ejecución de un proyecto. Los resultados expuestos en este trabajo muestran al concreto reforzado como una ventaja que aporta al pavimento rígido ante una mayor RF; como resultado en el tema de costos sale más económico el pavimento reforzado con la inclusión de estas fibras ya que se podrá ahorrar 11cm de espesor de losa, lo que equivale al 13% de su costo de un pavimento tradicional.

Sotil y Zegarra en el año (2015), presentaron su trabajo de grado que analizó como es que se estructura y efectos de los componentes del concreto reforzado y sin reforzar, las fibras analizadas presentaron un diámetro de 0.75mm y una longitud de 50 y 60mm; los autores incluyen las fibras metálicas comerciales al concreto en una dosificación del 20% y 25% para evaluar sus características tanto mecánicas como físicas; realizaron 27 probetas cilíndricas y 6 vigas y se ensayaron a los 7, 14 y 28 días. Los ensayos que realizaron fueron de agregados, ensayos de RC y RF. Dando como resultado que el concreto con refuerzo de fibras de acero presenta una optimización en las propiedades mecánicas que el concreto sin refuerzo. La variación porcentual del ensayo de RC a los 28 días entre el concreto con fibras Wirand FF3 y el concreto con refuerzo Wirand FF4 es de 9%, el MR del concreto sin refuerzo presenta 3.65 Mpa, el concreto con fibra Wirand FF3 presenta 4.67 Mpa y el concreto con fibra Wirand FF4 presenta 5.57 Mpa.

2.4.1.2. Antecedentes Internacionales

Domski, Katzer, Zakrzewski & Ponikiewski (2017). Presentaron su artículo científico, y los autores estudiaron y realizaron los ensayos de RT y la ductilidad de las fibras de acero de los neumáticos inservibles y de las fibras de acero comerciales de ingeniería; realizan la comparación de 9 tipos de fibras las cuales 7 son fibras comerciales y dos son recicladas, las FAR presentan: longitud de 10 a 70mm y un diámetro de 0.24 a 0.35mm. Como resultado obtuvieron que las FAR tienen mayor RT en comparación con las fibras comerciales, las fibras comerciales alcanzaron una resistencia máxima hasta los 1200Mpa aproximadamente y en cambio las FAR alcanzaron hasta los 2500Mpa aproximadamente.

Ahmadi, Farzin, Hassani & Motamedi (2017), en el artículo científico, los autores utilizan el concreto reciclado y el mortero de albañilería como los materiales de agregados, los autores emplean las referencias de la inclusión de estos materiales que reducen la resistencia del concreto, es por eso que añaden filamentos de acero reciclados de neumáticos inservibles como refuerzo de esta y por último incluyen un aditivo superplastificante para que el concreto tenga una mejor trabajabilidad, estas fibras empleadas tuvieron un diámetro de 1 milímetro y una longitud aproximadamente entre 30 a 70 milímetros. Realizan 9 tipos de concreto con diferentes dosificaciones en los agregados y FAR. Como resultado en la RC obtuvieron que el tipo de concreto con agregado de concreto reciclado y mortero de albañilería en igual proporción, FAR en 0.5% del volumen y el aditivo superplastificante en comparación de los diferentes tipos de concreto presenta la máxima RC llegando a alcanzar 38.5Mpa. El tipo de concreto de mayor resultado en el MR alcanza 5.5Mpa el cual contiene los materiales de agregado al concreto reciclado, FAR en 1% del volumen y el aditivo superplastificante.

2.4.2. Base Teórica

2.4.2.1. El concreto

“El concreto, también denominado hormigón en algunas regiones, es un material homogéneo compuesto por dos elementos: pasta y agregados. El primero es una mezcla de agua y cemento, el cual une a los agregados finos y gruesos (arena y piedra) resultando un material muy resistente a la compresión. Esto se debe al endurecimiento de la pasta, el cual se da mediante una reacción química entre las partículas de cemento y agua.” (16)

El concreto empleado en la construcción es una mezcla compuesta principalmente por cemento, agua y agregados, como arena y piedra chancada. A veces, se pueden agregar aditivos para optimizar características específicas del concreto, tales como su resistencia, manejabilidad o durabilidad. El procedimiento de preparación y colocación del concreto es fundamental en la construcción de estructuras sólidas y duraderas. Este material es ampliamente utilizado en la industria de la construcción debido a sus propiedades destacadas, que incluyen:

- **Resistencia y durabilidad:** El concreto es capaz de soportar cargas pesadas y resistir el paso del tiempo, lo que lo convierte en una elección ideal para edificios, puentes, represas y otras estructuras de ingeniería.
- **Versatilidad:** Puede moldearse en diversas formas y tamaños, lo que permite la construcción de una amplia gama de estructuras arquitectónicas y de ingeniería.
- **Economía:** El concreto es relativamente económico en comparación con otros materiales de construcción, lo que lo hace asequible y accesible para proyectos de diversas escalas.
- **Sostenibilidad:** Parte de los componentes del concreto, como la arena y la grava, son recursos naturales abundantes, contribuyen a su sostenibilidad.
- **Resistencia al fuego y al agua:** El concreto es un material incombustible y resistente a la humedad, lo que aumenta su valor como material de construcción seguro y confiable.
- **Bajo mantenimiento:** Las estructuras de concreto generalmente requieren menos mantenimiento en comparación con otros materiales, lo que disminuye los costos a largo plazo.

El concreto de construcción ha sido una piedra angular en el desarrollo de la infraestructura moderna y ha contribuido significativamente al progreso de nuestras sociedades al proporcionar soluciones de construcción confiables y de larga duración. Sin embargo, también es importante considerar el impacto ambiental de su producción y se debe buscar continuamente formas de mejorar su sostenibilidad.

2.4.2.2. Componentes del concreto

El concreto es un compuesto elaborado a partir de cemento, agua, agregados gruesos y agregados finos y en algunos casos cuando se requiere que el concreto adquiera alguna propiedad extra se utilizan los aditivos. Los diferentes componentes del concreto aportan una característica única por lo que deben de tener una relación adecuada para llegar a la resistencia deseada.

2.4.2.3. Cemento

El cemento es un material aglomerante, es decir una sustancia cuando se combina con agua, este material forma una pasta que, con el tiempo, desarrolla una notable resistencia mecánica y capacidad de resistencia. Su función principal es unir y fijar diversos materiales para formar estructuras sólidas y duraderas. En el Perú el cemento se rige principalmente por las normas establecidas por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y debe cumplir con ciertos requisitos indicadas en las Normas Técnicas Peruanas (NTP), que especifica aquellos parámetros de calidad que deben de cumplir. Estos parámetros incluyen resistencias a la compresión, tiempos de fraguado, contenido de sulfatos, entre otros aspectos importantes para garantizar su desempeño adecuado en la edificación de cualquier forma de elementos de estructuras de concreto.

2.4.2.4. Cemento Portland

El cemento Portland es un tipo de material hidráulico producido al moler clinker, que es un producto intermedio derivado de la cocción de una mezcla uniforme de calizas y arcillas. Este proceso puede incluir la incorporación de sulfato de calcio o de otros aditivos activos, que no superan el 5% del peso total. Este tipo de cemento es ampliamente utilizado en la construcción debido a su resistencia y durabilidad.

2.4.2.5. Composición química del cemento Portland

Debido a que el cemento Portland es una combinación de múltiples compuestos, no puede representarse con una sola fórmula química. No obstante, cuatro componentes principales que constituyen más del 90% de su masa, influyen en su comportamiento desde la fase plástica hasta su endurecimiento tras la hidratación.

2.4.2.6. Clasificación de cemento portland

La Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009 clasifica los siguientes tipos de cemento:

- **Tipo I:** Cemento de uso general sin requisitos especiales específicos para aplicaciones diversas.
- **Tipo II (MH):** Cemento de uso general diseñado para aplicaciones que requieren un calor de hidratación moderado y resistencia moderada a los sulfatos.
- **Tipo III:** Cemento que se emplea cuando se necesitan altas resistencias iniciales.

- **Tipo IV:** Cemento indicado para situaciones donde se requiere un bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Cemento utilizado en situaciones que requieren una alta resistencia a los sulfatos.

2.4.2.7. El agua para el concreto

El agua utilizada en la elaboración del concreto debe ser potable y libre de contaminantes que puedan deteriorar sus propiedades, tales como resistencia, durabilidad y trabajabilidad. A continuación, se detallan las características esenciales que el agua debe cumplir según las Normas Peruanas:

- **Potabilidad:** El agua empleada en el concreto debe que estar alineado a ciertas normas potables establecidas para el agua de consumo humano. Esto garantiza que el agua no contenga microorganismos, sustancias tóxicas o contaminantes que puedan afectar la salud de las personas o las propiedades del concreto.
- **Sustancias orgánicas e inorgánicas:** Este líquido debe estar libre de cantidades significativas de elementos orgánicas o inorgánicas que pueden reaccionar con los componentes del cemento o afectar la hidratación del mismo. La presencia de ciertos elementos puede influir negativamente a la durabilidad y resistencia del concreto.
- **Cloruros y sulfatos:** La presencia de cloruros y sulfatos en el agua puede ser perjudicial para el concreto, ya que pueden causar corrosión en las armaduras de acero y provocar daños en la estructura con el tiempo. Por lo tanto, las normas aseguran los límites máximos permitidos para estos elementos.
- **pH:** El pH del agua debe estar dentro de un rango específico para garantizar que no sea demasiado ácido ni demasiado alcalino. Un pH adecuado evita alteraciones en las reacciones para hidratar el cemento y la resistencia adecuado en el concreto.
- **Contenido de sólidos disueltos:** Las normas peruanas también limitados para el contenido de sólidos disueltos totales presentes en el agua. Demasiados sólidos disueltos pueden afectar la trabajabilidad del concreto y generar problemas en el fraguado.

Al usar agua de mar en la elaboración del concreto esta se debe tener con ciertas restricciones: para estructuras que presenten Para concretos que no están ni pretensados ni postensados, cuando la resistencia a la compresión es inferior a 175 kg/cm^2 , se sugiere emplear un concreto con una resistencia final de entre el 110% y el 120% de la resistencia especificada. Esta recomendación se hace para compensar la disminución en la resistencia final que podría ocurrir.

2.4.2.8. Agregados

Los agregados son uno de los componentes fundamentales que constituyen la mayor parte de la mezcla de concreto y su correcta selección, clasificación y proporción son determinantes para obtener un concreto de calidad en términos de resistencia. Según las Normas Peruanas, los agregados se clasifican en:

❖ Agregados finos

Los agregados finos son aquellos que pasan Los materiales que pasan a través de un tamiz con malla de 4.75 mm (malla N° 4) y quedan retenidos en un tamiz de 0.075 mm (malla N° 200) generalmente corresponden a arena natural o arena triturada. Estos materiales cumplen la función de ocupar los huecos entre los agregados más grandes, así como de optimizar la trabajabilidad y la adherencia de la mezcla de concreto. La Norma Técnica Peruana 334.042 establece directrices relacionadas con estos aspectos, siendo los requisitos de calidad para los agregados finos, incluyendo granulometría, limpieza y contenido de materiales perjudiciales.

❖ Agregados gruesos

Los agregados gruesos son aquellos que pasan por el tamiz de 75 mm (3 pulgadas) y quedan atrapadas en el tamiz de 4.75 mm (malla N° 4). Estos materiales, generalmente piedras chancada o grava, son esenciales para proporcionar resistencia mecánica al concreto. La Norma Técnica Peruana NTP 400.037 especifica los requisitos de calidad para los agregados gruesos, como resistencia, durabilidad y forma.

2.4.2.9. Propiedades de concreto en estado endurecido

2.4.2.9.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del concreto se define como la habilidad de este material para soportar fuerzas que tienden a comprimirlo, es decir, fuerzas que tienden a reducir el volumen o/a aplastar el material. Esta propiedad es esencial en la mayoría de las estructuras de concreto, como columnas, vigas, losas y cimientos, ya que estas deben soportar cargas verticales y mantener su integridad estructural.

La resistencia a la compresión del concreto (f'_c) se evalúa a través de ensayos de laboratorio realizados en muestras representativas. Este proceso consiste en aplicar fuerzas de compresión de manera gradual sobre las muestras y registrar la máxima carga que el concreto puede soportar antes de fallar o romperse. La carga máxima se mide en unidades de presión, típicamente en megapascuales (MPa) o en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2). Según McCormac y Brown, para asegurar que la resistencia a la compresión del concreto en una estructura cumpla o supere el valor especificado f'_c , el diseño de la mezcla de concreto debe considerar un valor mayor, denominado f'_{cr} . La sección 5.3 del código ACI detalla cómo se deben determinar las proporciones de la mezcla de concreto basándose en las resistencias a la compresión deben superar significativamente las resistencias especificadas a los 28 días.

Factores que influyen en la resistencia a la compresión

- **Proporciones de los materiales:** La cantidad vs relación entre los componentes del concreto, como cemento, agregados (arena, grava) y agua.
- **Calidad del cemento:** La calidad del cemento utilizado para mezclar es crucial para obtener una mayor resistencia a la compresión.
- **Curado:** El proceso de curado, que implica mantener el concreto adecuadamente humedecido y protegido durante un período de tiempo después de su colocación, influye en la formación de una estructura interna resistente.
- **Agregados:** La calidad, forma y tamaño de los agregados que se encuentran en la resistencia del concreto.
- **Aditivos:** La adición de aditivos en el concreto puede mejorar o modificar sus características, incluida la resistencia a la compresión.

2.4.2.9.2. Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción del concreto es una propiedad mecánica que indica la capacidad del material para soportar fuerzas que tienden a estirarlo o alargarlo. En contraste con la resistencia a la compresión, que mide cómo el concreto maneja cargas que lo comprimen, la resistencia a la tracción evalúa su habilidad para resistir tensiones. Esta propiedad se puede determinar a través de pruebas específicas, como la prueba de tracción directa.

En general, la resistencia a la tracción del concreto es considerablemente menor que su resistencia a la compresión, debido a que el concreto es un material frágil con una capacidad limitada para resistir la expansión de fisuras bajo tensiones de tracción. Según McCormac y Brown (19), la resistencia a la tracción del concreto suele estar entre el 8% y el 15% de su resistencia a la compresión. Esta menor resistencia se debe en gran medida a la presencia de numerosas microfisuras en el material. Estas grietas son poco relevantes bajo cargas de compresión, ya que se cierran y permiten la transmisión de la compresión. Sin embargo, esto no ocurre con las cargas de tensión.

Para mejorar que tan resistente a la tracción del hormigón, es posible agregar materiales o fibras de refuerzo, como el acero, que proporciona una mayor resistencia.

2.4.2.9.3. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión del concreto es una característica mecánica que refleja la habilidad del material para soportar la flexión o curvatura cuando se le aplican cargas. Cuando un miembro estructural de concreto, como una losa, está sometido a fuerzas que tienden a curvarlo, se produce una distribución de tensiones en su sección transversal. Según Rivera (20) Este parámetro se utiliza en estructuras como pavimentos rígidos, los esfuerzos de compresión que se producen en la superficie de contacto entre las ruedas de un vehículo y el pavimento tienden a ser aproximadamente equivalentes a la presión de inflado de las llantas. En situaciones extremas, esta presión puede llegar hasta 5 o 6 kg/cm².

2.4.3. Concreto reforzado con fibras

El concreto adicionándole fibras es un material compuesto que combina la versatilidad y durabilidad del concreto convencional con las propiedades mejoradas de resistencia a la fisuración y al agrietamiento. En este tipo de concreto, se incorporan fibras sintéticas o metálicas de diferentes tipos y longitudes a la mezcla, formando una matriz tridimensional que refuerza la estructura.

Estas fibras sirven como refuerzos distribuidos dentro del concreto, requiriendo mayor resistencia y habilidad para absorber energía. Al estar distribuidas de forma homogénea, las fibras contribuyen a evitar la propagación de grietas pequeñas y a resistir tensiones inducidas por cargas y deformaciones. Esto resulta especialmente mejorado en aplicaciones donde se espera la formación de fisuras, como en pavimentos, elementos prefabricados, revestimientos y estructuras presentadas a condiciones de carga dinámica.

El concreto que incorpora fibras proporciona beneficios tales como una mayor resistencia a la tensión y una mejora en su durabilidad en ambientes agresivos y una mayor capacidad de absorción de energía en eventos sísmicos o impactos. Además, puede reducir la necesidad de refuerzo de acero convencional en ciertas aplicaciones, lo que puede llevar a ahorros en costos y una mayor eficiencia constructiva. “En el caso de los pavimentos rígidos, se pueden utilizar espesores de losa menores para las mismas cargas e igual periodo de diseño, la separación de juntas puede ser mayor porque las fibras aumentan que tan resistente es a la flexión del concreto.”

2.4.3.1. Fibras metálicas

Las fibras de acero son un conjunto de filamentos metálicos obtenidos mediante la deformación de alambres de acero estirados en frío. Este proceso se conoce como trefilación. Las fibras pueden tener formas rectas o onduladas, y su relación de aspecto, que es la proporción entre la longitud y el diámetro, varía de 20 a 100. La incorporación de fibras metálicas como refuerzo en el concreto ofrece beneficios en términos de resistencia y durabilidad, incluyendo una mayor ductilidad del material, mejor resistencia a cortante y flexión, mayor capacidad de absorción de energía, y una reducción en el tamaño y cantidad de fisuras superficiales.

III. EJECUCION DEL PROYECTO

3.1. Actividades de Inicio

a) Recopilación de Información

Se revisaron fuentes bibliográficas entre artículos científicos y libros de tecnología en el concreto, tesis relacionadas al uso de fibra de acero en el concreto. Esta información nos permitió identificar los límites permisibles de incorporación de refuerzo de fibra de acero, Las propiedades del alambre, sus ventajas/desventajas y sus efectos sobre la mezcla.

b) Diseño de Plan de Trabajo

Se elaboro un cronograma detallado para las diversas actividades como formulaciones de proyecto, selección de materiales, calculo, pruebas y/o ensayos de concreto, incluyendo los recursos necesarios y el tiempo estimado por cada actividad.

c) Identificar la clase de alambre reciclado

Se determino por el uso de alambre de acero de bajo carbono procedente de el residuo de los encofrados, procedente de los escombros de concreto, se realizó una inspección visual preliminar con la finalidad de seleccionar material con las condiciones físicas adecuadas libres de corrosión y elementos orgánicos.

d) Ensayos preliminares

Se realizaron ensayos de revenimiento (Cono de Abrams) y la resistencia del concreto sin alambre para contar con una base de comparación, también se realizó ensayos de granulometría para asegurar la uniformidad de materiales como el agregado Grueso (Piedra de ½") y fino (Arena Gruesa)

3.2. Metodología Utilizada

Metodología experimental

Para el presente proyecto de innovación, se empleó una Metodología Experimental Cuantitativa Aplicada, con la finalidad de evaluar el efecto del uso del alambre reciclado N°16 como refuerzo interno en el concreto destinadas a pisos de concreto rígido.

Esta metodología consistió en la inclusión de diferentes porcentajes de alambre reciclado N°16 (2%, 4% y 6%) en el concreto y observar sus efectos en las propiedades mecánicas del concreto.

Para ello hemos seguido las siguientes etapas de desarrollo:

a) Diseño y Construcción de la Innovación

- I. Recolección y selección de alambre.
 - Se recolecto el alambre de varios puntos de Moquegua.
 - Limpieza, cortado y Acondicionamiento del alambre.
- II. Diseño de mezcla.
 - Cálculo de Materiales.
 - Tamizado de Agregado Grueso (Piedra).
- III. Preparación y dosificación del concreto.
 - Pesado de materiales a usar.
 - Mezclado manual de concreto.
- IV. Moldeo de probetas.
 - Limpieza y engrasado de probetas.
 - Moldeo por capas de concreto.
- V. Curado de probetas.
 - Extracción de espécimen.
 - Codificación de probetas
 - Curado de probetas de 7 y 14 días.

b) Pruebas Realizadas

- I. Ensayo Granulométrico.
- II. Ensayo de resistencia a la compresión a los (7, 14 y 28 días) (ASTM C39).
- III. Evaluación de fisuras superficial con cargas controladas.

c) Análisis de Resultados

- Tabulación y comparación de resultados.
- Evaluación de propiedades mecánicas ante fisuración y viabilidad del uso del alambre reciclado en el concreto.

3.3. Actividades de Desarrollo de la Innovación

a) Diseño y construcción de la innovación

La finalidad de nuestro proyecto de innovación consiste en incorporar alambre N°16 reciclado como un refuerzo interno en el concreto, con el objetivo de mejorar la resistencia de este, para ello se realizaron un conjunto de actividades:

I. Recolección y selección de alambre N°16 proveniente de residuos de construcción:

- a. Limpieza, corte y acondicionamiento del alambre con uso de un removedor de oxido.
 La recolección de material se realizó en varios puntos de Moquegua, se recaudó más de 10 kg de alambre reciclado N°16.
 El cual se cortó con una amoladora con medidas entre 4 y 6 cm de longitud.
 Después de ello se realizó la limpieza del material con el uso de aditivo (REMOVEDOR DE OXIDO-CHEMA).

II. Diseño de mezcla.

- a. Cálculo de Cantidades de material por briquetas en base a las dosificaciones requeridas ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$).
 Se realizó los diferentes tipos de diseños de mezcla:
 - **Resistencias de 175 kg/cm²**
 - ❖ Muestra Control: 0% de acero.
 - ❖ Muestra 1: con 2% de acero.
 La mezcla realizada en 175 kg/cm² tiene una relación a/c 0.51.
 - **Resistencia de 210 kg/cm²**
 - ❖ Muestra Control: con 0% de acero.
 - ❖ Muestra 1: con 2% de acero.
 - ❖ Muestra 2: con 4% de acero.
 - ❖ Muestra 3: con 6% de acero.
 La mezcla realizada en 210 kg/cm² tiene una relación a/c 0.45.

CUADRO II.- PROPORCIONES USUALMENTE UTILIZADAS EN CONSTRUCCIONES
(con cifras redondeadas)

f'c (Kg/cm ²)	a/c	Slump (pulg)	Tamaño Agregado (pulg)	Dosificación en volumen	MATERIALES POR M ³			
					Cemento (bolsas)	Arena (m ³)	Piedra (m ³)	Agua (m ³)
140	0,61	4	3/4	1 : 2,5 : 3,5	7,01	0,51	0,64	0,184
175	0,51	3	1/2	1 : 2,5 : 2,5	8,43	0,54	0,55	0,185
210	0,45	3	1/2	1 : 2 : 2	9,73	0,52	0,53	0,186
245	0,38	3	1/2	1 : 1,5 : 1,5	11,50	0,50	0,51	0,187
280	0,38	3	1/2	1 : 1 : 1,5	13,34	0,45	0,51	0,189

- b. Clasificación del agregado grueso mediante el uso de tamices de ¾" y ½".

III. Preparación y dosificación del concreto.

- a. Se realizó el pesaje de la cantidad de los materiales según el diseño de mezcla de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- b. Se realizó el acopio de todos los materiales (Arena, Piedra, Cemento, Agua y % de Alambre N°16)

El proceso de mezclado se hizo manualmente en carretilla, cumpliendo con los siguientes pasos para realizar la dosificación, primero agregando la arena gruesa y piedra de $\frac{1}{2}$ ", seguidamente se agregó el cemento y las fibras de alambre n° 16, y finalmente el agua, siendo este el orden para asegurar la homogeneidad.

- c. Análisis de consistencia o prueba de slump bajo el ensayo de cono de Abrams.

IV. Moldeo de probetas

Se realizaron N° probetas por cada diseño de mezcla con y sin % porcentaje de acero.

- a. Limpieza y engrasado de probetas por N° de probetas a realizarse. Cada probeta cilíndrica tiene una dimensión de 0.30m de altura y 0.15m de diámetro.
- b. Colocación de concreto mediante tres capas. Compactándose cada capa mediante 25 golpes con una varilla de acero lisa.
Se realizaron N° probetas por cada diseño de mezcla con y sin porcentaje de acero, cada probeta cilíndrica tiene una dimensión de 0.30m de altura y 0.15m de diámetro.
- c. Enrazado del límite de molde de las probetas con una regla de acero.

V. Curado de probetas

Las probetas fueron curadas por un plazo de 7 y 14 días a una temperatura de $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Siendo un proceso riguroso, siguiendo las recomendaciones de la ASTM C511.

- a. Transcurrido las 24 horas del moldeo de las probetas se procedió al desencofrado de especímenes.
- b. Se realizó la codificación de probetas con datos como; resistencia ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$), fecha de moldeo y edad de probeta.
- c. Finalmente, las probetas son sometidas a curado por inmersión en agua (conforme la Norma Técnica ASTM C511) durante los siguientes intervalos: 7 y 14 días.

b) Pruebas Realizadas

I. Ensayo preliminar: Se realizaron ensayos comparativos entre concreto tradicional y concreto reforzado con alambre reciclado N° 16. Las pruebas incluyeron:

- Ensayo de resistencia a la compresión a los (7 y 14 días).
- Ensayo de módulo de ruptura.
- Evaluación de fisuras superficial con cargas controladas.

c) Impactos

Los impactos positivos de esta innovación fueron:

- a) Ambientales:** reducción de residuos metálicos y menor uso de materias primas.
- b) Económicos:** disminución de costos en materiales y posible valorización del alambre reciclado.
- c) Tecnológicos:** mejora en el desempeño estructural del concreto en pisos sometidos a cargas dinámicas.
- d) Sociales:** promoción del uso de materiales sostenibles y reciclados en proyectos constructivos

CONCLUSIONES:

- El uso de alambre reciclado proveniente de desechos de obra contribuye significativamente a la reducción de residuos en la construcción.
- Comprobamos que usar alambre reciclado N.º 16 en el concreto realmente funciona. No solo mejora la resistencia del concreto, sino que además lo hace más útil para pisos que estarán sometidos a cargas fuertes.
- A medida que se aumentó el porcentaje de alambre en las mezclas, el concreto resultó ser más resistente. Eso se notó sobre todo en la compresión y en cómo resiste las fisuras.
- El alambre reciclado representa una alternativa económica frente al uso de fibras comerciales, lo que permite una reducción en los costos de producción.

RECOMENDACIONES

- Para obtener un mejor comportamiento del concreto reforzado, se recomienda definir una longitud adecuada del alambre reciclado (en nuestro caso 4 a 6 cm), asegurando su correcta dispersión y adherencia en el proceso de acopio.
- Previa su incorporación en el concreto, el alambre reciclado debe pasar por un proceso riguroso de limpieza para eliminar restos de óxido, grasa, pintura u otros contaminantes que puedan afectar la calidad del concreto, para que estos no afecten de manera negativa a la mezcla.
- Proponemos aplicar esta mezcla de concreto en obras reales y pequeñas, como veredas o pisos de almacenes, para ver cómo se comporta en el día a día.
- Además de las pruebas de resistencia, sería importante investigar cómo se comporta este concreto frente a la humedad, el desgaste y agentes químicos, pensando en ambientes más exigentes.

ANEXOS

ANEXO 01:

CRONOGRAMA DE PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO



ANEXO 02:

CALCULO DE MATERIALES

Medidas de cono de Abrams: 0.30m altura x 0.15m diametro

Calculo de materiales para resistencia f'c 175 kg/cm2

<u>Material</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidades</u>	<u>Conversion</u>	<u>Parcial</u>
Cemento	bls	8.43	(0.0053) (1.05)	0.0469 bls = 1.9932 kg
Arena	m3	0.54	(0.0053) (1.05)	0.0030 m3 = 2.808 kg
Piedra	m3	0.55	(0.0053) (1.05)	0.0031 m3 = 2.902 kg
Agua	lt	1.85	(0.0053) (1.05)	1.029 litros

Calculo de materiales para resistencia f'c 210 kg/cm2

<u>Material</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidades</u>	<u>Conversion</u>	<u>Parcial</u>
Cemento	bls	9.73	(0.0053) (1.05)	0.0541 bls= 2.3013 kg
Arena	m3	0.52	(0.0053) (1.05)	0.0029 m3= 2.7086 kg
Piedra	m3	0.53	(0.0053) (1.05)	0.0029 m3= 2.7607kg
Agua	lt	1.86	(0.0053) (1.05)	1.0351 litros

Cantidades en peso (g)

Resistencia 175 kg/cm2

Material	Peso (g)
Cemento	9966 g
Arena	14040g
Piedra	14510g
Agua	5145g
TOTAL:	43661

Nota: Para calcular el peso del alambre se tiene que multiplicar el peso total de los materiales por el porcentaje de alambre a aplicar.

Peso del alambre = 43661 x 0.02 (2%) = 873.3

Resistencia 210 kg/cm2

Material	Peso (g)
Cemento	11506.5 g
Arena	13543g
Piedra	13803.5g
Agua	5175.5g
TOTAL:	44028.5

Nota: Para calcular el peso del alambre se tiene que multiplicar el peso total de los materiales por el porcentaje de alambre a aplicar.

Peso del alambre = 44028.5 x 0.02 (2%) = 880.6

ANEXO 03:

FICHAS DE ENSAYO EN LABORATORIO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

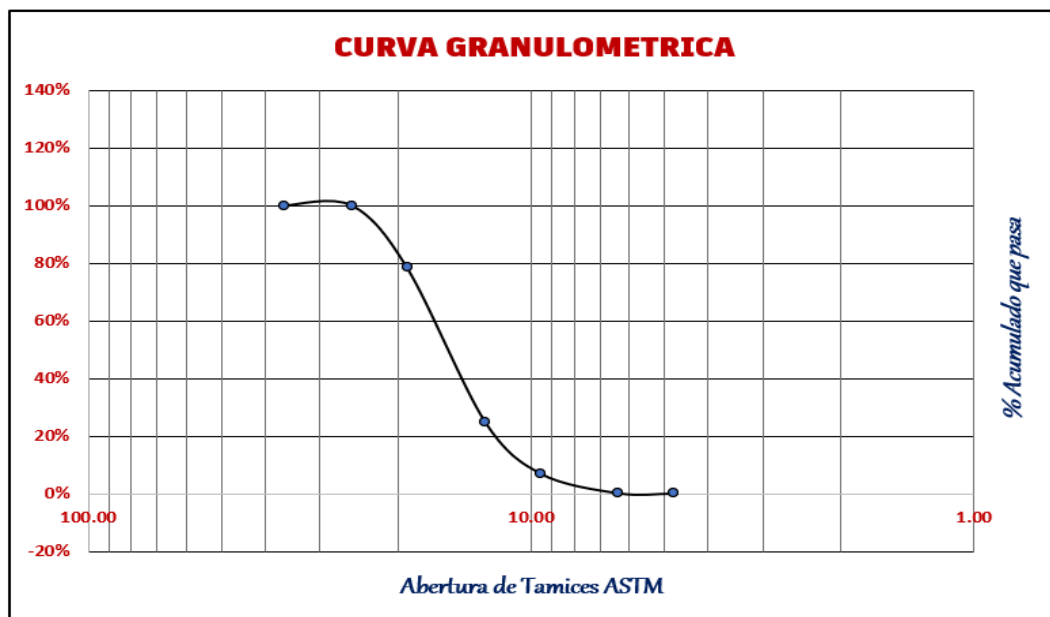
DATOS DE LA MUESTRA

PROYETO : “UTILIZACION DE ACERO RECICLABLE (ALAMBRE) EN LA PREPARACION DE CONCRETOS REFORZADOS DE ALTA RESISTENCIA PARA PISOS DE CONCRETO RIGIDO”

MATERIAL : AGREGADOS PARA CONCRETO MATERIAL GRUESO

DATOS DE ENSAYO

AGREGADO GRUESO					
TAMICES ASTM	ABERTURA EN MM	MASA RETENIDA EN CADA TAMIZ	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	36.10	-			
1"	25.40	-		-	100.00%
3/4"	19.05	1082	21.65%	21.65%	78.35%
1/2"	12.70	2668.5	53.39%	75.04%	24.96%
3/8"	9.53	896	17.93%	92.97%	7.03%
1/4"	6.35	341.5	6.83%	99.80%	0.20%
Nº4	4.76	6	0.12%	99.92%	0.08%
FONDO		4	0.08%	100.00%	-
TOTAL		4998			



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

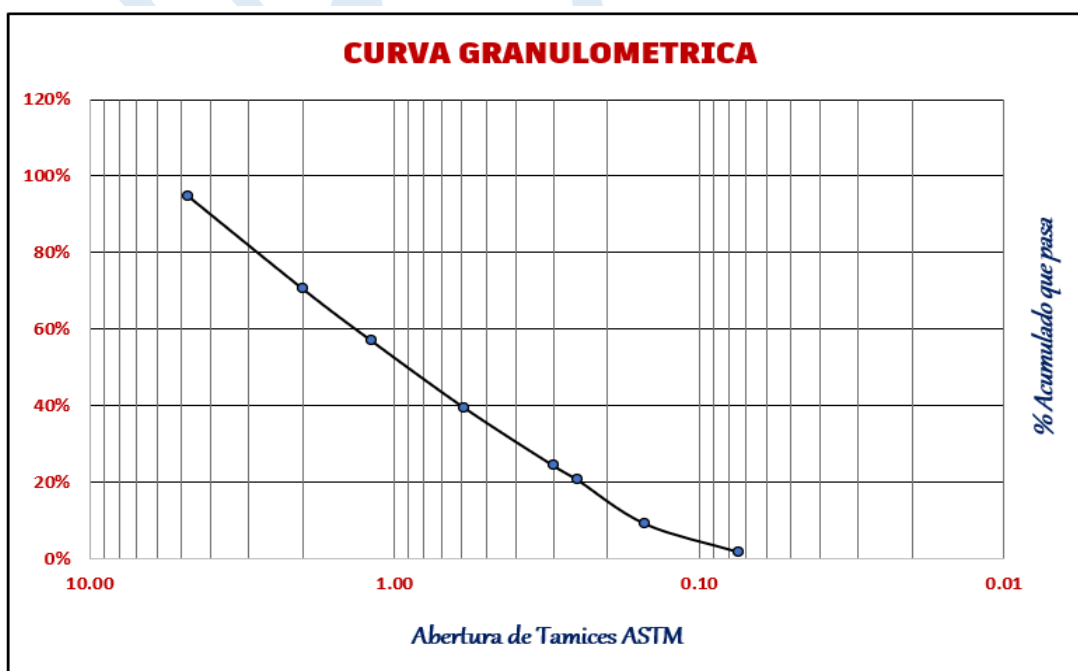
DATOS DE LA MUESTRA

PROYETO : "UTILIZACION DE ACERO RECICLABLE (ALAMBRE) EN LA PREPARACION DE CONCRETOS REFORZADOS DE ALTA RESISTENCIA PARA PISOS DE CONCRETO RIGIDO"

MATERIAL : AGREGADOS PARA CONCRETO MATERIAL FINO

DATOS DE ENSAYO

AGREGADO FINO					
TAMICES ASTM	ABERTURA EN MM.	MASA RETENIDA EN CADA TAMIZ	%RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°4	4.76	26	5.23%	5.23%	100.00%
N°10	2.00	120.5	24.22%	29.45%	94.77%
N°16	1.19	67.5	13.57%	43.02%	70.55%
N°30	0.59	87	17.49%	60.51%	56.98%
N°50	0.30	75.5	15.18%	75.68%	39.50%
N°60	0.25	18.5	3.72%	79.40%	24.32%
N°100	0.15	57	11.46%	90.86%	20.60%
N°200	0.07	36.5	7.34%	98.19%	9.15%
FONDO		9	1.81%	100.00%	1.81%
TOTAL		497.5	100.00%		



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

ASTM C - 39

PROYECTO: UTILIZACION DE ACERO RECICLADO (ALAMBRE) EN LA PREPARACION DE CONCRETO REFORZADO DE ALTA RESISTENCIA PARA PISOS DE CONCRETO RIGIDO

PROGRAMA DE ESTUDIOS: CONSTRUCCION CIVIL

UBICACIÓN: MOQUEGUA

MES: MES DE JUNIO

TEMPERATURA DE AMBIENTE: 18.90 °C

HUMEDAD: 37%

Nº	DESCRIPCION	% DE ACERO (ALAMBRE N° 16)	DISEÑO	FECHA			DATOS		RESISTENCIA	%	TIPO DE FRACTURA
			Fc (kg/cm²)	Fecha de Vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Carga (kg)	Diámetro (cm)	f _c (kg/cm²)		
4	FC 210KG/CM² SIN ACERO	0%	210	12/06/2025	19/06/2025	7	43,786	15.19	241.62	115.06%	Tipo 4
5	FC 210KG/CM² CON ACERO	2%	210	12/06/2025	19/06/2025	7	46,796	15.12	260.62	124.10%	Tipo 2
2	FC 210KG/CM² CON ACERO	2%	210	05/06/2025	19/06/2025	14	54,522	15.06	306.08	145.75%	Tipo 4
3	FC 210KG/CM² SIN ACERO	0%	210	05/06/2025	19/06/2025	14	48,518	15.07	272.01	129.53%	Tipo 5
1	FC 175KG/CM² CON ACERO	2%	175	05/06/2025	19/06/2025	14	45,822	15.18	253.19	144.68%	Tipo 3
6	FC 175KG/CM² CON ACERO	4%	175	18/06/2025	24/06/2025	6	31,960	15.08	178.94	102.25%	Tipo 2
7	FC 175KG/CM² CON ACERO	4%	175	18/06/2025	24/06/2025	6	34,510	15.08	193.22	110.41%	Tipo 6
8	FC 175KG/CM² CON ACERO	6%	175	19/06/2025	24/06/2025	5	32,220	15.05	181.12	103.50%	Tipo 6
9	FC 175KG/CM² CON ACERO	6%	175	19/06/2025	24/06/2025	5	34,770	15.02	196.23	112.13%	Tipo 5

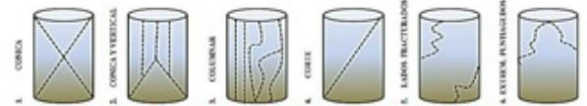


Figura 1. Esquema de Patrones típicos de Fractura

CUADRO DE RESULTADOS

CUADRO COMPARACION DE CONCRETO CONVECCIONAL- VERSUS CONCRETO CON ALAMABRE N°16/RECICLADO

MUESTRA	RESISTENCIA DE DISEÑO (f'c)	RESULTADOS OBTENIDOS (f'c)	DÍAS	DIFERENCIA
	210 kg/cm2	Kg/cm2	Días	Kg/cm2
MUESTRA CONTROL	Con 0% de acero (concreto convencional)	241.62	7	
		272.01	14	
MUESTRA 1	Con 2% de Acero (Alambre)	260.62	7	19
		306.08	14	34.07

	175 kg/cm2	Kg/cm2	Días	Kg/cm2
MUESTRA CONTROL	Con 0% de acero (concreto convencional)	221.13	14	
MUESTRA 1	Con 2% de Acero (Alambre)	253.19	14	32.06
MUESTRA 2	Con 4% de Acero (Alambre)	178.94	6	
		193.22	6	
MUESTRA 3	Con 6% de Acero (Alambre)	181.12	5	
		196.23	5	

ANEXO 04: **PANEL FOTOGRAFICO**



Foto N°1 Recolección del Alambre N°16



Foto N°2 Acumulación del alambre



Foto N°3 Traslado de material hacia el laboratorio de EMS del Programa de Construcción Civil



Foto N°4 Corte del alambre N°16 con una tronzadora respectivamente con longitudes de 4 a 6 cm



Foto N°5 Acondicionamiento del alambre con el uso de un removedor de oxido



Foto N°6 Ensayo de Granulometría de los agregados (Agr. Fino y Agr. Grueso)



Foto N°7 Muestras del Ensayo Granulométrico respectivamente de cada tamiz



Foto N°8 Tamizado del Agregado Grueso con el uso de los tamices; $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ".



Foto N°9 Pesaje de los materiales a usarse según el diseño de mezclas.



Foto N°10 Acopio de los materiales (piedra, arena, agua, cemento, alambre)



Foto N°11 Ensayo de Análisis de Consistencia del concreto



Foto N°12 Vaciado de las probetas previamente acondicionadas.



Foto N°12 Enrazado de Probetas a limite de la altura de briquetas.

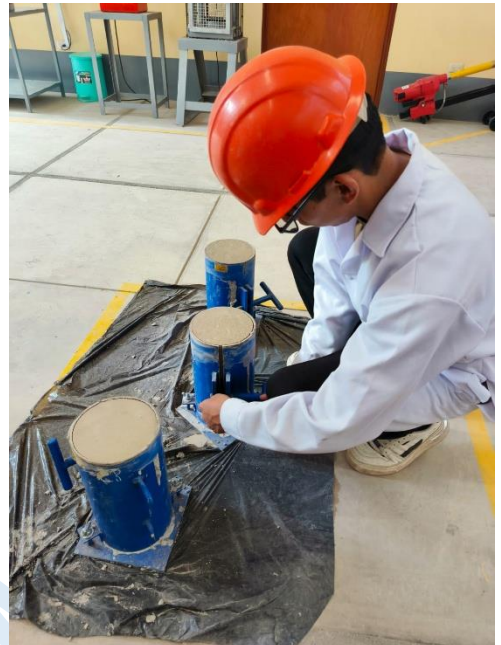


Foto N°13 Transcurrida las 24 horas se extraen las probetas



Foto N°14 Codificación de especímenes y/o probetas.



Foto N°15 Curado de probetas por un plazo de 7 y 14 días.

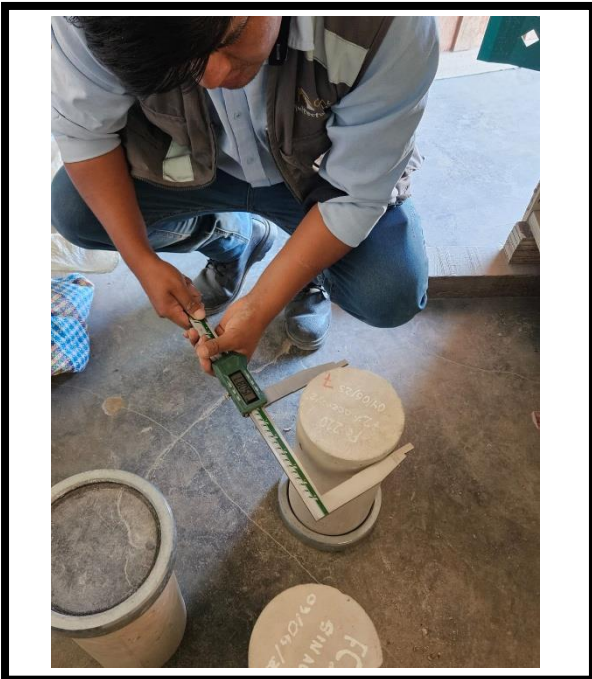


Foto N°16 Medición del diámetro de probetas con el uso del Vernier



Foto N°17 Ensayo de compresión de probeta con 2% de alambre reciclado



Foto N°18 Ensayo de compresión de probeta con 4% de alambre



Foto N°19 Ensayo de compresión de probeta con 6% de alambre reciclado

BIBLIOGRAFIAS

- Abanto, T. (2017). Tecnología del concreto. (Tercera edición). Lima: San Marcos.
 - Ahmadi, M., Farzin, S., Hassani, A. & Motamedi, M. (2017). Mechanical properties of the concrete containing recycled fibers and aggregates. Construction and Building Materials. 144, 392-398. Recuperado de:
 - Aiello, M., Leuzzi, F., Centonze, G. & Maffezzoli, A. (2009). Use of steel fibres recovered from waste tyres as reinforcement in concrete: Pull-out behaviour. Waste Management. 29 (6), 1960-1970. Recuperado de:
 - American Association of State Highway and Transportation Officials, (AASHTO) National Cooperative Highway Research Program. (1993). Guía para el diseño de estructuras de pavimentos. Recuperado de:
 - Muñoz, S, y otros. Comportamiento físico-mecánico del hormigón adicionando residuos de acero: una revisión literaria. Chiclayo: Revista UIS ingenierías, 2021. pág. 9. Vol. 21. 1657 - 4583.
 - Davila, M. Efecto de la adición de fibras sintéticas sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto. México D.F.: Publicación de la Universidad Nacional Autónoma de México, 2010.
 - Miranda, A. Comportamiento Mecánico del Concreto con Adición de Fibras Naturales (Bagazo de Caña) y Fibras Sintéticas (Polipropileno). Bogotá D.C.: Publicaciones de la universidad Militar Nueva Granada, 2021.
 - Utilización de fibras de acero reciclado para mejorar el comportamiento estructural del pavimento rígido. Juarez, P, Sanchez, E y De La Cruz, S. 120, Sullana: Universidad, Ciencia y Tecnología, 2023, Vol. 27. ISSN 1316-4821.
-