

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Análisis de las propiedades físico-mecánicas del concreto con adición de fibra
de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Christian Encajima Santamaria

ASESOR

Jose Alberto Acero Martinez

<https://orcid.org/0000-0003-4154-9510>

Chiclayo, 2023

**Análisis de las propiedades físico-mecánicas del concreto con adición de fibra
de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022**

PRESENTADA POR

Christian Encajima Santamaria

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Segundo Guillermo Carranza Cieza

PRESIDENTE

Fidel Ortiz Zapata

SECRETARIO

Jose Alberto Acero Martinez

VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos y a toda mi familia que fueron el motor que me impulsaron y acompañaron los días y noches de desvelo e hicieron de mí un ser responsable con metas claras y perseverante para alcanzarlas, gracias a los valores inculcados por ellos para ser una mejor persona tanto así en el ámbito personal, social y profesional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios, por permitirme llegar a estas instancias y poder culminar con la investigación.

A mis docentes, que con sus enseñanzas inculcaron en mí el conocimiento que utilizaré en mi etapa profesional para llevarla de una mejor manera.

A mis padres, hermanos, tíos, abuelos y toda mi familia en general que con su apoyo se pudo finalizar los estudios de manera exitosa.

Agradezco de manera especial por el tiempo y apoyo constante en el proceso de ejecución de esta investigación a mi amigo Hugo Quiroz.

Informe de tesis final

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%	24%	5%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
5	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	2%
6	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1%

ÍNDICE

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
REVISIÓN DE LITERATURA	16
ANTECEDENTES	16
ENSAYOS DE LOS AGREGADOS.....	19
ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA	24
CURADO DE PROBETAS EN OBRA.....	28
PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	28
PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	32
MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
HIPÓTESIS	33
POBLACIÓN.....	33
MUESTRA.....	33
CRITERIOS DE SELECCIÓN	35
VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	35
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	37
ENSAYOS DE LOS AGREGADOS.....	38
ENSAYO PARA EL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	39
ENSAYOS PARA EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	39
PROCEDIMIENTOS	41
ELECCIÓN DE LOS AGREGADOS.....	41
RECOLECCIÓN DEL ALAMBRE RECICLADO.....	41
ENSAYOS DE AGREGADOS.....	42
GRANULOMETRÍA.....	42
PESO ESPECÍFICO Y GRADO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO.....	43
CONTENIDO DE HUMEDAD	44
PESO UNITARIO SUELTO DE LOS AGREGADOS.....	44
PESO UNITARIO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS	45
ABRASIÓN.....	45
ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS	46
ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	47

PROCESO DE CURADO DE LAS PROBETAS	47
PROCESO DE LA FIBRA DE ALAMBRE RECICLADO	48
ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	48
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	48
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	49
ENSAYO DE ABRASIÓN	50
ENSAYO DE AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN PLÁSTICA.....	51
CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	51
MATRIZ DE CONSISTENCIA	52
RESULTADOS Y DISCUSIONES	53
RESULTADOS	53
ENSAYOS DE LOS AGREGADOS.....	53
GRANULOMETRÍA.....	53
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN.....	54
PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO	54
CONTENIDO DE HUMEDAD	55
ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO.....	55
DISEÑO DE MEZCLA.....	56
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	56
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	59
ENSAYO DE ABRASIÓN	62
ENSAYO DE AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN PLÁSTICA.....	62
ANÁLISIS DE COSTO - BENEFICIO.....	63
DISCUSIONES	66
RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....	66
RESISTENCIA A FLEXIÓN	66
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL CONCRETO (DESGASTE)	67
RESISTENCIA AL AGRIETAMIENTO (FISURACIÓN)	67
ANÁLISIS DE COSTO – BENEFICIO	68
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS.....	72
ANEXOS	74

Lista de Tablas

Tabla 1 Cantidad mínima de muestra.....	20
Tabla 2 Cantidad permitida de material retenido	20
Tabla 3 Peso mínimo de la muestra	21
Tabla 4 Capacidad de recipientes de medida	22
Tabla 5 Condiciones para los recipientes	22
Tabla 6 Gradación de las muestras.....	23
Tabla 7 Resistencia a la compresión promedio	24
Tabla 8 Asentamientos recomendados para diferentes estructuras.....	25
Tabla 9 Contenido de aire	25
Tabla 10 Volumen de agua.....	26
Tabla 11 Relación A/C de diseño.....	26
Tabla 12 Volumen del agregado grueso.....	27
Tabla 13 Tolerancias de edad de ensayo	28
Tabla 14 Cantidad de probetas	34
Tabla 15 Operacionalización de variables	36
Tabla 16 Matriz de consistencia.....	52
Tabla 17 Granulometría de los agregados.....	53
Tabla 18 Curvas granulométricas de los agregados	53
Tabla 19 Peso específico y absorción de los agregados.....	54
Tabla 20 Pesos unitarios sueltos y compactados de los agregados	54
Tabla 21 Contenido de humedad de los agregados	55
Tabla 22 Ensayo de abrasión del agregado	55
Tabla 23 Resultados de proporción del diseño de mezcla	56
Tabla 24 Resultados de abrasión (desgaste).....	62
Tabla 25 Resultados de ensayo de agrietamiento (fisuración).....	62
Tabla 26 Costo unitario de elaboración del alambre reciclado	63
Tabla 27 Costo unitario del concreto convencional de $f'c$ 280 kg/cm ²	64
Tabla 28 Costo unitario del concreto con adición de 27 kg/m ³ de alambre reciclado	64
Tabla 29 Costo unitario del concreto con adición de 30 kg/m ³ de alambre reciclado	65
Tabla 30 Costo unitario del concreto con adición de 35 kg/m ³ de alambre reciclado	65
Tabla 31 Comparación de resultados de compresión finales	66
Tabla 32 Comparación de resultados de flexión finales	67
Tabla 33 Costos unitarios del concreto por m ³	68

Lista de imágenes

Imagen 1 Máquina de abrasión	23
Imagen 2 Tipos de Fallas	29
Imagen 3 Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión	30
Imagen 4 Geometría de los paneles y máquina para ensayo de agrietamiento	31
Imagen 5 Molde para determinar el asentamiento	32
Imagen 6 Recolección de alambre en obra.....	41
Imagen 7 Tipos de fibras de acero	42
Imagen 8 Ensayo de granulometría para agregados.....	43
Imagen 9 Peso de la canastilla en el ensayo de peso específico	43
Imagen 10 Peso de la fiola para el ensayo del peso específico	44
Imagen 11 Ensayo de peso unitario suelto	45
Imagen 12 Ensayo de peso unitario compactado	45
Imagen 13 Máquina para el ensayo de abrasión	46
Imagen 14 Elaboración de las probetas patrón.....	46
Imagen 15 Ensayo de asentamiento de la mezcla para las probetas patrón	47
Imagen 16 Curado de las muestras cilíndricas y vigas.....	47
Imagen 17 Fibra de alambre reciclado de 4cm	48
Imagen 18 Máquina para el ensayo de compresión	49
Imagen 19 Máquina para el ensayo de flexión.....	49
Imagen 20 Rodillo giratorio para ensayo y Muestras ensayadas	50
Imagen 21 Paneles de ensayo de agrietamiento	51

Lista de gráficos

Gráfico 1 Resistencia promedio a la compresión a los 7 días	56
Gráfico 2 Resistencia promedio a la compresión a los 14 días	57
Gráfico 3 Resistencia promedio a la compresión a los 28 días	58
Gráfico 4 Resistencia promedio a la flexión a los 7 días	59
Gráfico 5 Resistencia promedio a la flexión a los 14 días	60
Gráfico 6 Resistencia promedio a la flexión a los 28 días	61
Gráfico 7 Promedios de fisuras por adiciones.....	63

Lista de anexos

Anexo 1 Recolección de alambre reciclado	74
Anexo 2 Alambre reciclado en obra.....	74
Anexo 3 Alambre recolectado en sacos	75
Anexo 4 Proceso de corte del alambre a 4 cm de longitud	75
Anexo 5 Carta compromiso de constructora para habilitación del alambre	76
Anexo 6 Ensayo granulométrico del agregado fino	77
Anexo 7 Tamices usados en el ensayo granulométrico.....	77
Anexo 8 Cuarteo del agregado grueso	78
Anexo 9 Ensayo granulométrico del agregado grueso.....	78
Anexo 10 Formato de ensayo granulométrico del agregado fino	79
Anexo 11 Ensayo granulométrico del agregado grueso.....	79
Anexo 12 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso y fino.....	81
Anexo 13 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y grueso.....	82
Anexo 14 Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino y grueso.....	83
Anexo 15 Ensayo de peso unitario compactado.....	84
Anexo 16 Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino	85
Anexo 17 Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.....	86
Anexo 18 Ensayo de contenido de humedad del agregado fino y grueso.....	87
Anexo 19 Elaboración del diseño.....	88
Anexo 20 Datos de los agregados para el diseño	92
Anexo 21 Diseño final.....	93
Anexo 22 Mezcladora de concreto.....	94
Anexo 23 Preparación de muestras cilíndricas y vigas de concreto de la muestra convencional y con adiciones	94
Anexo 24 Ensayo de asentamiento de la mezcla de concreto patrón.....	95
Anexo 25 Mezcla de concreto adicionado el alambre.....	95
Anexo 26 Probetas elaboradas	95
Anexo 27 Proceso de curado de las muestras	96
Anexo 28 Rotura a compresión finales de la muestra patrón.....	96
Anexo 29 Formato de ensayo a compresión de la muestra patrón.....	97
Anexo 30 Rotura a compresión finales de la muestra con adición de 27 kg/m ³	98
Anexo 31 Formato de ensayo a compresión del concreto con adición de 27 kg/m ³ de alambre reciclado	99
Anexo 32 Rotura a compresión finales de la muestra con adición de 30 kg/m ³	100
Anexo 33 Formato de ensayo a compresión del concreto con adición de 30 kg/m ³ de alambre reciclado	101
Anexo 34 Rotura a compresión de de la muestra con adición de 35 kg/m ³	102
Anexo 35 Formato de ensayo a compresión del concreto con adición de 35 kg/m ³ de alambre reciclado	103
Anexo 36 Rotura a flexión finales de la muestra patrón	104

Anexo 37 Formato de ensayo a la flexión de la muestra patrón	105
Anexo 38 Rotura a flexión finales de la muestra con adición de 27 kg/m ³	106
Anexo 39 Formato de ensayo a flexión de la muestra con adición de 27 kg/m ³	107
Anexo 40 Rotura a flexión finales de la muestra con adición de 30 kg/m ³	108
Anexo 41 Formato de ensayo a flexión de la muestra con adición de 30 kg/m ³	109
Anexo 42 Rotura a flexión finales de la muestra con adición de 35 kg/m ³	110
Anexo 43 Formato de ensayo a flexión de la muestra con adición de 35 kg/m ³	111
Anexo 44 Resumen de las probetas a la resistencia a compresión de todas las edades	112
Anexo 45 Resumen de las probetas a la resistencia a flexión de todas las edades	113
Anexo 46 Cálculo de las cantidades de alambre por porcentaje indicado	114
Anexo 47 Medición de las probetas cilíndricas y vigas	115
Anexo 48 Probetas cilíndricas luego de ser ensayadas	116
Anexo 49 Vigas luego de ser ensayadas	116
Anexo 50 Formato de ensayo de resistencia al desgaste.....	117
Anexo 51 Medición y corte de las muestras	118
Anexo 52 Máquina y rodillo giratorio.....	118
Anexo 53 Masas de las muestras ensayadas	119
Anexo 54 Formato de ensayo de fisuración	120
Anexo 55 Ensayo de asentamiento y preparación de los paneles	121
Anexo 56 Moldes de los paneles y máquina de ensayo	121
Anexo 57 Medición de grietas con el fisurometro	122
Anexo 58 Medida de fisuras de muestra patrón	122
Anexo 59 Medición de fisuras de muestra con incorporación de 27, 30 y 35 kg/m ³ de alambre	123

RESUMEN

En muchas ciudades encontramos muchos problemas en los pavimentos construidos, siendo así el pavimento rígido una de las mejores alternativas, pero aun así se presentan diversos problemas de deterioro y fallas de este. Por lo que la presente investigación buscó una evaluación de los cambios en las cualidades del concreto para pavimento rígido. Teniendo como base el concreto convencional de una resistencia de 280 kg/cm², realizando la comparativa de resultados del concreto con 3 adiciones de fibra de alambre reciclado las cuales son: 27, 30 y 35 kg/m³. Se elaboraron probetas, vigas y paneles de concreto, para la correcta recolección de resultados analizados por las pruebas realizadas. Se llegó a la conclusión que la adición óptima para compresión y flexión es la de 27 kg/m³ de alambre reciclado, con una resistencia final a compresión de 315 kg/cm², y una resistencia final a flexión de 47.16 kg/cm². De tal manera que para la resistencia al desgaste y fisuración la adición óptima fue el de 35 kg/m³ con un promedio de desgaste de 0.035% y un promedio de fisuración de 0.025 mm.

Palabras clave: Concreto, fibra de alambre reciclado, pavimento rígido, compresión y flexión

ABSTRACT

In many cities we find many problems in the pavements built, thus rigid pavement being one of the best alternatives, but even so there are various problems of deterioration and failures of this. Therefore, the present investigation sought an evaluation of the changes in the qualities of concrete for rigid pavement. Based on conventional concrete with a resistance of 280 kg/cm², comparing the results of the concrete with 3 additions of recycled wire fiber which are: 27, 30 and 35 kg/m³. Test tubes, beams and concrete panels were made, for the correct collection of results analyzed by the tests carried out. It was concluded that the optimal addition for compression and bending is 27 kg/m³ of recycled wire, with a final compressive strength of 315 kg/cm², and a final bending strength of 47.16 kg/cm². In such a way that for the resistance to wear and cracking the optimal addition was 35 kg/m³ with an average wear of 0.035% and an average cracking of 0.025 mm.

Keywords: Concrete, recycled wire fiber, rigid pavement, compression and bending

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se presentan casos de deterioros de pavimentos rígidos en todo el Perú y diferentes países del mundo, ocasionando muchas molestias como el congestionamiento del tráfico, poca seguridad en el tránsito de vehículos, generando muchas molestias a los conductores y ocupantes. Estos casos de deterioros se deben a muchos factores, uno de ellos es principalmente la baja resistencia a la flexión de la capa de rodadura de concreto convencional. Por lo que, en los últimos años se realizaron investigaciones de concretos con incorporaciones de diferentes tipos de fibra, para el perfeccionamiento de sus diferentes propiedades físico-mecánicas.

Por lo tanto, en la siguiente investigación se propone un concreto con incorporación de fibra de alambre reciclado, con la meta de mejorar las cualidades del concreto. Contribuyendo en el tema de reducción de impactos negativos ambientales, ya que se estará utilizando un material reciclable como lo es el alambre que podemos encontrar en los desechos de diferentes proyectos en proceso. Influyendo también en el tema económico.

En consecuencia, en esta investigación resolveremos la siguiente interrogante: ¿Cómo influye en las propiedades físico - mecánicas, la adición de fibra de alambre reciclado en la elaboración de concreto para pavimento rígido?

La investigación facilita el análisis del pavimento rígido de una manera más práctica, con la cual se realizará diferentes tipos de ensayos para la fabricación del concreto con integración de fibra de alambre reciclado. Con el motivo de lograr una modificación en sus propiedades de manera favorable, como lo es en la resistencia y durabilidad del pavimento rígido.

La evaluación de este tipo de concreto es realizada con el objetivo de reducir principalmente las fallas por flexión en los pavimentos rígidos y sean más duraderos, de tal manera se desarrollará un concreto con mucho más rendimiento económico, ya que se usará un material reciclado como lo es el alambre, con lo cual se producirá una reducción de costos para la elaboración del concreto.

Con esto se trata de contribuir en lo social y ambiental, usando un material reciclado como lo es el alambre que proviene de los sobrantes de las diferentes construcciones en proceso. Aumentando las probabilidades de obtener un pavimento rígido más duradero y seguro para la sociedad.

Con el análisis de la integración de fibra de alambre reciclado en el concreto, se optimizará las propiedades físico – mecánicas de manera favorable en pavimentos rígidos. Con lo que se logrará una mejor durabilidad, evitando diversos tipos de fallas y deterioro temprano del concreto.

De tal manera se verificará que el concreto con fibra de alambre reciclado es rentable para elaboración de pavimentos rígidos.

Teniendo en cuenta todo, se planteó el siguiente objetivo general de evaluar las propiedades físico-mecánicas de un concreto con adición de fibra de alambre reciclado para ser empleado en un pavimento rígido.

Acto seguido los objetivos específicos: Caracterizar la fibra de alambre reciclado, elaborar un concreto para pavimento rígido con cantidades de 0, 27, 30, 35 kg/m³ de alambre reciclado, analizar la durabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto con fibra de alambre reciclado, determinar la rentabilidad económica de producción del concreto con fibra de alambre reciclado.

REVISIÓN DE LITERATURA

ANTECEDENTES

Existen diversos estudios, lo cual sirvió de base para la investigación. Algunos referentes son los siguientes:

En su tesis Bellido (2021), tiene por objetivo precisar el predominio de las fibras de alambre reciclado en el pavimento de concreto $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$. Un estudio experimental en la que la muestra patrón se dio en 7 y 28 días, llegando a conclusión que las propiedades físico – mecánicas fueron modificadas por la integración de las fibras de alambre reciclado, disminuyó el asentamiento del concreto; la resistencia a compresión y a flexión del concreto, incrementó a medida que se aumentó la cantidad de las fibras de alambre reciclado en la mezcla del concreto [1].

Según Villarroel (2021) en su trabajo, el motivo fue calcular el impacto de la integración de alambre de material reciclado en las cualidades del concreto $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$. Se tomó la decisión de afectar positivamente la incorporación de alambre de material reciclado, cambiando las cualidades mecánicas del concreto, aumentando así la resistencia a la compresión ya la flexión. [2].

En la tesis elaborada por Manrique y Quispe (2021), el estudio realizado fue experimental por lo que tiene el motivo de precisar las propiedades del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ reemplazando el agregado parcialmente por alambroón. En los resultados al 11% se tiene 4 ½” de asentamiento y con 14% se encontró 3” de asentamiento. Teniendo como consecuencia que la resistencia de compresión y flexión aumenta conforme aumenten los días; además se concluyó que al 11% es el que más se acomoda y la más preferible [3].

En la investigación realizada por Miranda y Rado (2019), su objetivo principal es proponer mezclas de concreto con incorporaciones de fibras de acero, adicionando cemento puzolánico y aditivos, en la elaboración de concreto para pavimentos en Apurímac. Con el propósito de brindar una buena elección para los pavimentos rígidos, mejorando la calidad, optimizando costos, para progresar la sostenibilidad ambiental y social [4].

En el artículo de investigación proporcionado por Farfán, Pinedo, Araujo y Orbegoso (2018), se evaluó la consecuencia de la fibra de acero en diferentes muestras de concreto. La prueba aplicada de resistencia a la compresión se precisó en 3 porciones con 3 especímenes cada uno, un convencional y 2 con incorporaciones de 25 y 30 kg/m³ de fibra de acero. Los resultados señalaron que el de mayor resistencia es el que se le agregó una incorporación de 25 kg/m³ [5].

La investigación realizada por Cobos y Valle (2021), tiene como propósito en realizar la comparación de cómo se comporta mecánicamente del concreto con incorporación de polietileno tereftalato (PET) reciclado y concreto con incorporación de acero, con lo que se obtendrá una ficha comparativa que ayudará en la mejora de los procesos constructivos de concreto. Este estudio se da de manera cuantitativa y experimental por los diversos ensayos a realizar con los diferentes especímenes de concreto con las diversas fibras correspondientes. Finalmente, el estudio manifiesta distintos grados de mejora frente al concreto tradicional relacionado al porcentaje y el tipo de fibra que se añadió [6].

En el artículo publicado en la Revista chilena de ingeniería (2020), tiene por motivo establecer un método combinado para la densificación manual y mecánica, la caracterización mecánica y el ensayo de tracción a la flexión en tres puntos en cuerpos de ensayo de hormigón prismático. Hormigón de consistencia seca con fibras de acero. En los ensayos, la flexión verificó la conducta de reblandecimiento por deslizamiento y endurecimiento por deslizamiento para índices de barra más bajos y más altos y volúmenes teóricos, respectivamente. Finalmente se encontró que el ANOVA de la base de datos mostró elevados valores de resistencia para las combinaciones de prueba de ensayo (RILEM), consistencia (plástica), especie (lepend) y trayectoria (peine), cuando se comparó por asociación cuádruple [7].

Según Carrillo y Díaz (2020), tiene como propósito precisar los resultados de un estudio enfocado en estimar la respuesta mecánica del concreto con incorporación de fibras de acero reciclado provenientes de llantas en Bogotá. Esta investigación realizó 31 ensayos de compresión y 15 ensayos de flexión de concreto utilizando fibras de acero industrial o recicladas a dosis nominales de 15 kg/m³, 30 kg/m³ y 60 kg/m³ obtenidos a partir de neumáticos viejos. [8].

Según Fanzo (2021), esta investigación buscó evaluar diferentes tipos de incorporaciones de viruta de acero en un concreto simple para pavimento, con la finalidad de controlar el agrietamiento por contracción plástica que son muy comunes en los pavimentos. Con lo que finalmente se desarrollaron ensayos de compresión, flexión, tracción y fisuración, con los cuales se hicieron las comparativas correspondientes de los resultados obtenidos [9].

Según Orbe, Rojí, Cuadrado, Losada (2015) este artículo se realizó con el motivo de estudiar la influencia de los elementos que conforman un HACRFA, con la adición de fibras de acero a base a la obtención de sus características y un comportamiento estructural mejorado del concreto [10].

BASES TEÓRICAS

CONCRETO

Es una aleación estructurada por distintos materiales como: cemento, agua, agregado grueso y fino, en caso se estipule en el expediente o se requiera se empleará aditivos. Siempre deberán cumplir con los requisitos para obtener una mezcla de calidad [11].

PAVIMENTO RÍGIDO

Es una constitución de capa de subbase granular y una capa de rodadura de concreto, en casos requeridos con adición de aditivos [11].

FIBRAS DE ALAMBRE RECICLADO

Es un material reciclable que puede ser encontrado en los desechos de los diferentes proyectos que están siendo ejecutados en la localidad. La dimensión de la fibra de alambre depende de las diversas longitudes que se puedan optar. Así contribuyendo con el reciclaje de manera positiva.

PROPIEDAD FÍSICO – MECÁNICA

Las propiedades que tiene un concreto en los 2 estados en las que se puede encontrar, que caracterizan al concreto si será eficiente o no. Para verificar esto es necesario someter al concreto a diferentes tipos de ensayos con las que mediante los resultados que estos arrojan se podrán analizar con más detalle.

ENSAYOS DE LOS AGREGADOS

Ensayos según el Manual de ensayos de materiales (MTC)

Ensayo de granulometría de agregados (MTC E 204)

Este ensayo sirve para poder precisar la distribución de los agregados que serán usados en la preparación del concreto a analizar.

Los resultados que proporcione el ensayo servirán para establecer el cumplimiento del tamaño de sus componentes respecto a los requisitos de lo especificado, con lo que se

establecerá por cual tipo de material está constituido el agregado y se dispondrá un tipo de agregado eficiente.

Tabla 1 Cantidad mínima de muestra

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9,5	(3/8)	1
12,5	(1/2)	2
19,0	(3/4)	5
25,0	(1)	10
37,5	(1 1/2)	15
50,0	(2)	20
63,0	(2 1/2)	35
75,0	(3)	60
90,0	(3 1/2)	100
100,0	(4)	150
125,0	(5)	300

Fuente: Manual de material de ensayos

Tabla 2 Cantidad permitida de material retenido

ABERTURA NOMINAL DEL TAMIZ, mm	DIMENSIÓN NOMINAL DEL TAMIZ ^A				
	203,2 mm diám. ^B	254 mm diám. ^B	304,8 mm diám. ^B	350 por 350 mm	372 por 580 mm
	ÁREA DE TAMIZADO, m ²				
	0,0285	0,0457	0,0670	0,1225	0,2158
125	C	C	C	C	67,4
100	C	C	C	30,6	53,9
90	C	C	15,1	27,6	48,5
75	C	8,6	12,6	23,0	40,5
63	C	7,2	10,6	19,3	34,0
50	3,6	5,7	8,4	15,3	27,0
37,5	2,7	4,3	6,3	11,5	20,2
25,0	1,8	2,9	4,2	7,7	13,5
19,0	1,4	2,2	3,2	5,8	10,2
12,5	0,89	1,4	2,1	3,8	6,7
9,5	0,67	1,1	1,6	2,9	5,1
4,75	0,33	0,54	0,80	1,5	2,6

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.012

Ensayo de peso específico y absorción del agregado (MTC E 206)

Ayudará para definir los diferentes tipos de pesos como, el seco, saturado y la absorción que tiene el agregado grueso a las 24 horas.

Tabla 3 Peso mínimo de la muestra

Tamaño Máximo Nominal mm (pulg)	Peso Mínimo de la Muestra de Ensayo Kg (lb)
12,5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 ½)	5 (11)
50,0 (2)	8 (18)
63,0 (2 ½)	12 (26)
75,0 (3)	18 (40)
90,0 (3 ½)	25 (55)
100,0 (4)	40 (88)
112,0 (4 ½)	50 (110)
125,0 (5)	75 (165)
150,0 (6)	125 (276)

Fuente: MTC E 206

Ensayo de gravedad específica y absorción (MTC E 205)

Este método se aplica con la finalidad de precisar los distintos pesos del material fino, como son el peso seco, saturado y también la absorción a las 24 horas.

Ensayo de peso unitario de los agregados (MTC E 203)

Con este ensayo se precisará los pesos de los agregados, en forma suelta y compactada. Lo cual se determinará el porcentaje de vacíos.

Determinación del peso unitario suelto

Se señala la masa del recipiente de medición, adicionalmente el volumen y la masa del recipiente, registrando cada uno de los pesos. En este proceso no se necesita realizar el apisonado.

Determinación del peso unitario compactado

Determina la masa del recipiente vacío, masa del recipiente lleno y finalmente se toma apunte de los pesos. En este proceso se necesita realizar el apisonado por capa de llenado.

Tabla 4 Capacidad de recipientes de medida

Tamaño Máximo Nominal del Agregado		Capacidad de recipiente de medida ^D	
Mm	pulgadas	L(m ³)	Pie ³
12,5	½	2,8 (0,0028)	1/10
25,0	1	9,3 (0,0093)	1/3
37,5	1 ½	14,0 (0,014)	½
75,0	3	28,0 (0,028)	1
112,0	4 ½	70,0 (0,070)	2 ½
150,0	6	100,0 (0,100)	3 ½

Fuente: MTC E 203

Tabla 5 Condiciones para los recipientes

Espesor del metal, mínimo			
Capacidad de recipiente de medida	Fondo	Sobre 1 ½ pulg ó 38 mm de pared AE	Espesor Adicional
Menos de 0,4 pie ³	0,20 pulg	0,10 pulg	0,10 pulg
De 0,4 pie ³ a 1,5 pie ³ , incluido	0,20 pulg	0,20 pulg	0,12 pulg
Sobre 1,5 a 2,8 pie ³ , incluido	0,40 pulg	0,25 pulg	0,15 pulg
Sobre 2,8 a 4,0 pie ³ , incluido	0,50 pulg	0,30 pulg	0,20 pulg
Menos de 11 L	5,0 mm	2,5 mm	2,5 mm
11 a 42 L, incluido	5,0 mm	5,0 mm	3,0 mm
Sobre 42 a 80 L, incluido	10,0 mm	6,4 mm	3,8 mm
Sobre 80 a 113 L, incluido	13,0 mm	7,6 mm	5,0 mm

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.017

Ensayo de abrasión al agregado grueso (MTC E 207)

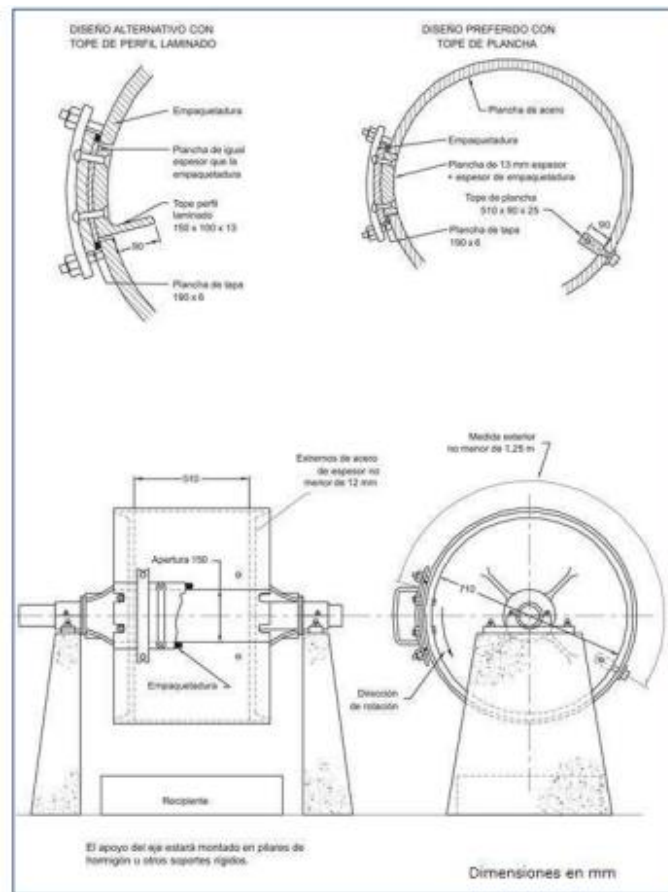
Este método es necesario para evaluar la piedra chancada, con la finalidad de precisar su resistencia a la degradación.

Tabla 6 Gradación de las muestras

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (Nº 4)	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	-.-	-.-		5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: MTC E 207

Imagen 1 Máquina de abrasión



Fuente: MTC E 207

ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA

Método del ACI 211.1

Este proceso tiene por motivo en buscar un mejor diseño para la elaboración del concreto que se preparará para la investigación.

Los pasos son los siguientes:

DETERMINACIÓN DEL f'_c

Se determina el f'_c requerido por medio de las tablas que están en función a resistencia de diseño:

Tabla 7 Resistencia a la compresión promedio

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

Fuente: ACI 211.1

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Por medio de la obtención del tamaño máximo obtenido es necesario para obtener la proporción de agua requerida y la proporción de aire atrapado estimado que habrá en nuestra mezcla.

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Se debe precisar bien la trabajabilidad de la mezcla que se está diseñando, ya va a depender del uso a la estructura que se va a elaborar. Por ello es por lo que se emplea la siguiente tabla para poder determinar cuál es el que va a estimar.

Tabla 8 Asentamientos recomendados para diferentes estructuras

Tipo de estructura	Slump	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y Pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: ACI 211.1

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AIRE

Al instante de la elaboración del concreto, este tiene como resultado aire atrapado. Este aire atrapado tiene relación con las condiciones de operación, del día y de los materiales utilizados. Por lo que el porcentaje a estimar se elabora siguiendo:

Tabla 9 Contenido de aire

TMN Agregado Grueso		% de aire atrapado
3/8"	9.5 mm	3
1/2"	12.5 mm	2.5
3/4"	19.5 mm	2
1"	25.0 mm	1.5
1 1/2"	37.5 mm	1
2"	50.0 mm	0.5
3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

Fuente: ACI 211.1

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA

Con lo brindado en la Tabla 10 se puede extraer el contenido de agua recomendado en relación con el asentamiento (slump) y el tamaño máximo del agregado, tomando en cuenta el concreto tiene o no aire incorporado.

Tabla 10 Volumen de agua

Asentamiento	Agua en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: ACI 211.1

SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO

La Tabla 11 es proporcionada para fijar la estimación de relación agua/cemento en concordancia con el $f'c$ final establecida.

Tabla 11 Relación A/C de diseño

$f'c$ (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: ACI 211.1

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

El contenido de cemento se evalúa con la proporción de agua, determinada anteriormente, y de igual manera la relación agua cemento; si las condiciones de durabilidad requieren o especifican un contenido mínimo de cemento, la composición debe basarse en un estándar que proporcione una mayor proporción de cemento.

CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO

En la Tabla 12 se verifica el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto, estos valores están en relación con el tamaño máximo nominal del agregado y del módulo de fineza de la arena.

Tabla 12 Volumen del agregado grueso

TMN del agregado grueso		Módulo de Finura del Agregado Fino			
		2.4	2.6	2.8	3
3/8"	9.5 mm	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	12.5 mm	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	19.5 mm	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	25.0 mm	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	37.5 mm	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	50.0 mm	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	75.0 mm	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	150.0 mm	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.1

CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADO FINO

Con lo estimado anteriormente se tiene estipulados todos los elementos del concreto, excepto el material fino, con una proporción se deduce por diferencia. Se puede aplicar el sistema de volumen absoluto.

AJUSTE DEL DISEÑO POR HUMEDAD

Por último, se requiere realizar el arreglo de la mezcla tanto así por la humedad que los agregados están sometidos, agregando el agua a la mezcla y reduciendo la misma cantidad por la humedad que presenta el agregado.

CURADO DE PROBETAS EN OBRA

Inmediatamente después de desmoldar las muestras extraídas en obra, serán sometidas a un proceso de curado conforme a la norma MTC E 723. En la cual detalla:

- Someterlos a una solución de agua y cal (2g por litro de agua)
- Para ser ensayadas en laboratorio deberán ser remitidas entre 2 a 3 días antes.
- Las muestras deben tener la misma condición de curado de acuerdo a la estructura que esta representa.
- Tener cuidado con el transporte de las probetas hacia el laboratorio para no alterar ningún tipo de resultado.

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MTC E 704)

Capacidad del concreto de poder tolerar esfuerzos a compresión dependiendo de las condiciones de sus componentes o de acuerdo a la preparación. Aumenta con la edad, por lo que a los 28 días es el indicador de calidad según las pruebas estandarizadas.

Procedimiento:

- Las probetas o muestras curadas en agua se deben según a la tolerancia indicada:

Tabla 13 Tolerancias de edad de ensayo

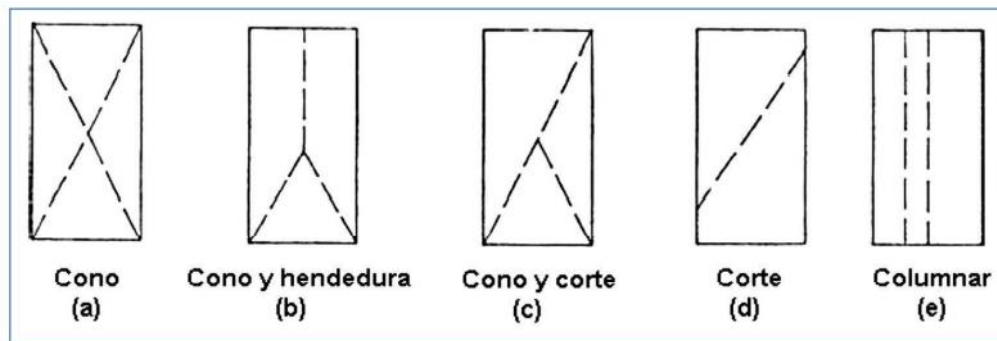
Edad del Ensayo	Edad del Ensayo
12 horas	0,25 o 2,1%
24 horas	± 0,5 horas o 2,1 %
3 días	2 horas ó 2,28%
7 días	6 horas ó 3,6%
28 días	20 horas 3,0%
56 días	40 horas ó 3,0%
90 días	2 días ó 2,2%

Fuente: MTC E 704

Colocación de la Muestra:

- Antes de colocar la probeta se procede a ubicar la estructura de carga en la base de la máquina.
- Se procede a situar la probeta, después se coloca un bloque en la cara superior de la probeta para poder aplicar la carga y seguir con el ensayo.
- Con la atribución de la carga continuamente, se observa hasta se presente una falla en la muestra o el indicador de la máquina no siga aumentando se detiene y se procede a registrar lo soportado por la muestra.

Imagen 2 Tipos de Fallas



Fuente MTC E 704

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (MTC E 709)

Esta prueba es necesario de manera que se pueda precisar el módulo de rotura.

Esta resistencia variará con la sección de la viga y las diferentes condiciones a la cual estará sometida. El mecanismo utilizado consiste en aplicar pesos a un tercio de la viga, hasta observar la falla en la muestra.

Si la falla se inicia dentro del tercio medio, se determina con lo siguiente:

$$R = \frac{P \cdot l}{b \cdot d^2}$$

Donde:

R = módulo de rotura KPa,

P = carga máxima, indicada por la máquina de ensayo N(lbf),

l = longitud libre entre apoyos mm, (pulg),

b = ancho promedio de la muestra mm, (pulg)

d = altura promedio de la muestra mm, (pulg)

Si la falla ocurre fuera del tercio medio de la luz libre, se calcula de la siguiente manera:

$$R = \frac{3P \cdot a}{b \cdot d^2}$$

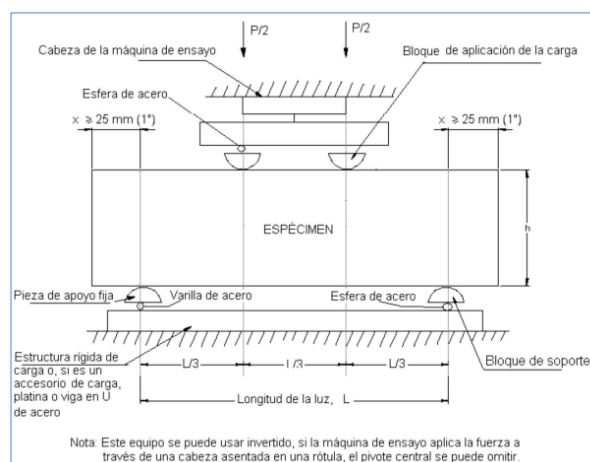
Donde:

a = distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano.

Procedimiento:

- Se coloca la viga de concreto, se centra de acuerdo a la posición de la plataforma. En la parte superior de la muestra se coloca el bloque para poder aplicar la carga teniendo toque con la muestra en las partes determinadas.
- Se procede a aplicar la carga.
- Se toman medidas de la situación de la fractura de la muestra en el sector de falla.

Imagen 3 Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión



Fuente: MTC E 709

ENSAYO DE DURABILIDAD AL DESGASTE DEL CONCRETO (ASTM C944)

Esta prueba da una indicación de la abrasión del concreto en base a pruebas de núcleo o prefabricados. La prueba se utilizó de manera exitosa para la verificación de calidad del tráfico de carreteras y puentes. Este método tiene como objetivo medir la resistencia al desgaste del núcleo de hormigón.

Procedimiento:

Cuando la muestra ya cumplió el tiempo de fraguado estimado (28 días), se procede a limpiar y tomar nota de la masa inicial, para luego ser colocado en la máquina de rodillo giratorio, en la cual se coloca por 3 periodos de 2 minutos cada uno. Por lo cual se debe pesar cada masa por ciclo para obtener luego el porcentaje de desgaste.

CÁLCULO

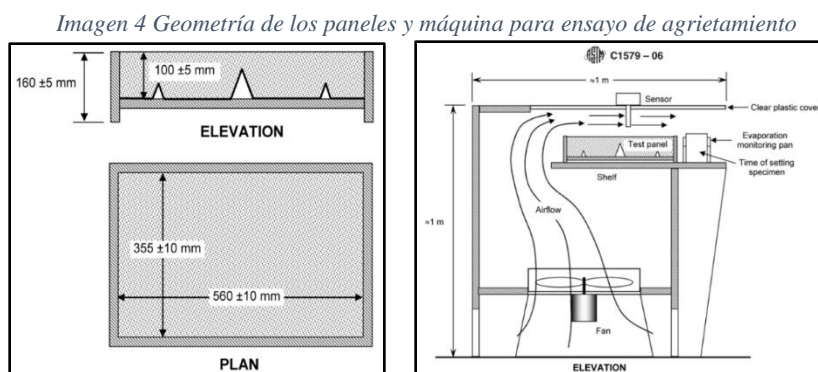
$$\% \text{ Desgaste} = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100$$

Pi: Peso inicial, antes del ensayo

Pf: Peso final, después de cada ciclo de ensayo

ENSAYO DE AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN PLÁSTICA (ASTM C1579 - 06)

Este ensayo está referenciado a los concretos que contienen adiciones de cualquier tipo de fibras de acero. Lo cual se puede calcular el agrietamiento del concreto sometidos a condiciones prescritas en la norma. A las 24 horas desde que se inició el mezclado se tomarán las medidas de las grietas que aparecen en el panel realizado. Este ensayo permite comparar el agrietamiento entre los paneles de control (patrón) y los paneles con diferentes adiciones de fibra de acero.



Fuente: ASTM C1579 - 06

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación genera nuevos conocimientos útiles para poder dar soluciones a diferentes problemáticas que se puedan presentar a futuro; a través del uso del alambre reciclado en el concreto para pavimentos, con la finalidad de poder solucionar diversos problemas técnicos y ambientales.

Es una investigación experimental, ya que mediante diversos ensayos planteados se analizó los resultados recolectados, con los que se verificará o descartar la hipótesis planteada. Con lo cual se comprobará si mediante esta investigación se puede dar solución a la problemática.

HIPÓTESIS

Con el análisis de la integración de fibra de alambre reciclado en el concreto, se optimizará las cualidades físico – mecánicas de manera favorable en pavimentos rígidos. Con lo que se logrará una mejor durabilidad, evitando diversos tipos de fallas y deterioro temprano del concreto.

POBLACIÓN

Será conformada por muestras cilíndricas y muestras prismáticas (vigas) para las pruebas establecidas de resistencia a la compresión, flexión y durabilidad respectivamente. Por lo que también se realizará la prueba de asentamiento (slump). Cada ensayo será realizado para las diferentes adiciones de fibra de alambre reciclado.

MUESTRA

De acuerdo a la norma, especifica que se debe realizar tres probetas por cada tipo de mezcla y para cada edad de ensayo como mínimo. Entonces se tomará en cuenta las diferentes adiciones de fibra de alambre que se le adicionará a la mezcla de concreto, las cuales son: 0 kg/m³(patrón), 27 kg/m³, 30kg/m³, 35 kg/m³.

Tabla 14 Cantidad de probetas

Muestra	Ensayo de compresión y flexión a los 7 días	Ensayo de compresión y flexión a los 14 días	Ensayo de compresión y flexión a los 28 días	TOTAL
Probeta de concreto con adición de 0 kg/m ³ de fibra de alambre	6	6	6	18
Probeta de concreto con adición de 27 kg/m ³ de fibra de alambre	6	6	6	18
Probeta de concreto con adición de 30 kg/m ³ de fibra de alambre	6	6	6	18
Probeta de concreto con adición de 35 kg/m ³ de fibra de alambre	6	6	6	18
				72

MUESTRA	Ensayo de durabilidad (Abrasión) 28 días	Ensayo de durabilidad (Fisuración) 24 horas
Muestra patrón	2	2
Muestra de $f'c=280$ kg/cm ² con adición de 27 kg/m ³ de fibra de alambre	2	2
Muestra de $f'c=280$ kg/cm ² con adición de 30 kg/m ³ de fibra de alambre	2	2
Muestra de $f'c=280$ kg/cm ² con adición de 35 kg/m ³ de fibra de alambre	2	2
SUBTOTAL	8	8
TOTAL	16	

Fuente: Propia

El número total de muestras es de 88, con las que se realizarán los métodos de compresión, flexión y los ensayos de durabilidad correspondientemente.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los agregados gruesos y finos que se usaron para la investigación fueron provenientes de los yacimientos Tres Tomas y la Victoria – Pátapo, siempre con la finalidad trabajar con agregados de buena calidad.

El alambre reciclado recolectado fue de una obra realizada por una constructora y el cuál me habilitó con el material y se pudo seleccionar para su previa elaboración en fibras.

El cemento empleado para mezcla de concreto fue el de Tipo ICO de color rojo, ya que es uno de los más comerciales y más usados en el mercado. Siendo así se elaboraron probetas cilíndricas, vigas y paneles, correspondientemente.

Los métodos de compresión y flexión se realizaron con motivo de poder estimar un concreto con cualidades para un pavimento rígido. También cumpliendo con las características establecidas de durabilidad en este caso de desgaste y fisuración, lo que ocurre mayormente en una carretera de concreto.

VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente:

Fibra - alambre reciclado:

Material metálico reciclado de 4 cm, que se obtendrá de distintas obras en ejecución de las que desechen ese material. Se tiene muchas opciones de obtener este material las cuales son: una de ellas la municipalidad con los permisos respectivos me brindará el material, ya que tienen a cargo diferentes tipos de proyectos, por otro lado, un familiar maestro de obra a cargo de diferentes obras me brindará el alambre sobrante.

Variable dependiente:

Propiedades físico – mecánicas del concreto:

Son las características que tiene el concreto que se evaluarán para tener un óptimo resultado, siendo así la fuerza de compresión y flexión, la durabilidad y muchas cualidades tomados en cuenta para realizar el proyecto.

Tabla 15 Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTOS
Variable independiente: Fibra de alambre reciclado	Material metálico reciclable de 4 cm de longitud		0 kg/m ³	Balanza digital
			27 kg/m ³	Balanza digital
			30 kg/m ³	Balanza digital
			32 kg/m ³	Balanza digital
Variable dependiente: Propiedades físico – mecánicas del concreto	Son propiedades de los agregados y de los estados del concreto	Agregados	Escoger los materiales óptimos para la mezcla	<ul style="list-style-type: none"> - Ensayo de granulometría - Contenido de humedad - Peso unitario - Ensayo de abrasión
		Concreto en estado fresco	Porcentaje de reducción de agua	<ul style="list-style-type: none"> - Ensayo de asentamiento
		Concreto en estado endurecido	Porcentaje de la variación en la resistencia	<ul style="list-style-type: none"> - Ensayo de compresión - Ensayo de flexión - Ensayos de durabilidad

Fuente: Propia

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Análisis de documentos

- Bases de datos académicos
- Tesis
- Artículos
- Manual de Carreteras
- Manual de ensayo de materiales, MTC

Observación

- Fotos de ensayos realizados en laboratorio

Recopilación de datos

- Apuntes
- Cuadros comparativos
- Laboratorio
- Gráficos de resultados

Procesamiento de la información

- Word
- Excel

ENSAYOS DE LOS AGREGADOS

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS

Con esta prueba se determina si los agregados se encuentran en óptimas condiciones para ser empleados con fin ingenieril.

Serie de tamices:

Agregado grueso: Tamiz: 1", 3/4", 1/2", 3/8", 4, 8, 16 y fondo

Agregado Fino: Tamiz: 3/8", 4, 8, 16, 30, 50, 100 y fondo

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO

Materiales usados:

- Agregados
- Taras, balanza, horno, canastilla

ENSAYO DE GRADO DE ABSORCIÓN

Se sumerge el agregado en agua por un tiempo de 24 horas.

Materiales usados:

- Agregados y recipientes

ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO

Este método consta en llenar el molde, soltando el material desde una altura especificada.

Materiales

- Balanza
- Moldes de diámetro 4" o 6".

ENSAYO DE PESO UNITARIO COMPACTADO

Este método radica en llenar el molde por 3 secciones, correctamente compactados.

Materiales:

- Varilla
- Moldes de diámetro 4" o 6"

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Es necesario para la preparación de la mezcla, teniendo un control de contenido de agua.

Materiales:

- Balanza, horno de secado, recipientes
- Agregados

ENSAYO PARA EL CONCRETO EN ESTADO FRESCO ASENTAMIENTO (SLUMP)

Este método se realiza para señalar su fluidez, mediante el cono de cono de Abrams.

Materiales:

- Bandeja, varilla 5/8", wincha, cono de Abrams, mazo de goma.

ENSAYOS PARA EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO ENSAYO DE COMPRESIÓN

Este es un ensayo que se realiza al concreto endurecido, siendo así un ensayo destructivo. En la cual se medirá a diferentes tipos de edades.

Materiales:

- Agregado grueso y fino
- Mazo de cabeza de goma, varilla, moldes, trompo

ENSAYO DE FLEXIÓN DEL CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS

Se determina con los siguientes materiales:

- Agregados, cemento
- Vigas de 15cm x 15 x 55 cm, máquina de ensayo

ENSAYO DE ABRASIÓN AL CONCRETO

Este ensayo se realiza con muestras de diámetro de 6” y un alto de 3cm.

- Agregados, cemento
- Probetas de 15 cm x 30 cm
- Rodillo giratorio

ENSAYO AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN PLÁSTICA

Este ensayo se realiza con paneles de 35.5 x 56 x10 cm, ensayados cada 24 horas.

- Agregados, cemento
- Paneles de 35.5 x 56 x 10 cm
- Fisurómetro
- Máquina de ensayo.

PROCEDIMIENTOS

ELECCIÓN DE LOS AGREGADOS

Se comenzó con la elección de los materiales principales teniendo en cuenta los yacimientos más reconocidas en la zona de Lambayeque, tanto así para el agregado grueso y fino. Siendo la de Tres Tomas y la de Pátapo – la Victoria, llegando a la conclusión que los agregados de dichas canteras están en estado óptimo respectivamente, por tal motivo con la calidad de los agregados se prosiguió con la investigación.

RECOLECCIÓN DEL ALAMBRE RECICLADO

El material definido para la investigación y adición al concreto es el alambre N° 16 que es mayormente utilizado para amarre de encofrado de vigas, columnas, entre otros. Con el fin de contribuir con el reciclaje, se procedió a recolectar el alambre de una obra en ejecución.

Imagen 6 Recolección de alambre en obra



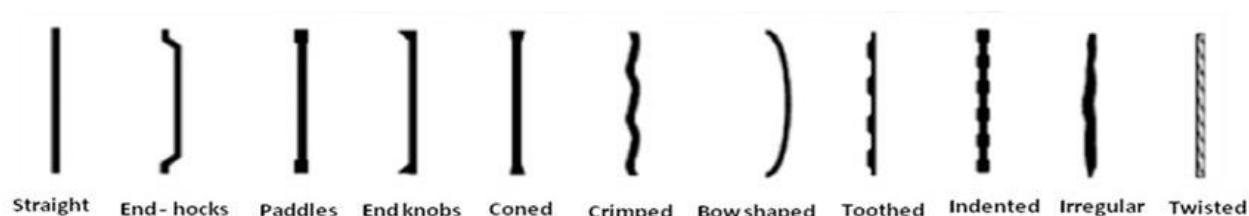
Fuente: Galería propia

El alambre utilizado para esta investigación presenta las siguientes características:

- Calibre: N° 16
- Diámetro: 1.59 +- 0.04 mm
- Resistencia a la tracción: 32 – 42 kg/mm²
- Unidad de medida: Kilogramo (kg)
- Ductilidad: Alta
- Acero de bajo carbono

Hay diferentes tipos de fibra que pueden ser usados, la cual también tienen distintas formas:

Imagen 7 Tipos de fibras de acero



Fuente: Orbe [10]

El tipo que se usó para esta investigación es del tipo irregular ya que es reciclado y ya tuvo uso muchos de ellos obtuvieron esa forma.

ENSAYOS DE AGREGADOS

GRANULOMETRÍA

Agregado grueso

Para comenzar el ensayo se realizó el método de cuarteo, con lo que se observó la muestra más uniforme, se extrajo la cantidad correspondiente y se pesó. La cual se colocó al horno para secar por 24 horas. Luego esa muestra seleccionada fue pasada por los tamices correspondientemente para el agregado grueso y ordenada de manera descendente. Cuantificando así la cantidad de lo retenido en cada tamiz, para finalmente efectuar los cálculos y se obtuvo la curva granulométrica.

Agregado fino

A diferencia del agregado fino, se comenzó seleccionando y pesando 500 gr de la arena gruesa. La cual se llevó al horno para secarlo por un día completo. Posteriormente fue pasada por los tamices correspondientes y ordenados. Finalmente se procesó las masas retenidas en cada tamiz y se obtuvo la curva granulométrica.

Imagen 8 Ensayo de granulometría para agregados



Fuente: Galería propia

PESO ESPECÍFICO Y GRADO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO

Agregado grueso

En primer lugar, se sumergió la piedra chancada seleccionada por un tiempo de 24 horas, posteriormente se extrajo la muestra y se procedió al secado superficial. Para luego colocar la muestra en la canastilla y se determinó su masa sumergida en agua. Después se colocó la muestra en el horno durante 24 horas. Finalmente se dejó enfriar y se procedió a pesar.

Imagen 9 Peso de la canastilla en el ensayo de peso específico



Fuente: Galería propia

Agregado fino

Comenzamos seleccionando la porción de 500gr que pasó por el tamiz # 4. Paso siguiente se pesó la fiola donde se vertió la muestra y se llena con agua. Se eliminó las burbujas agitando la fiola y se dejó reposar 24 horas. Acto siguiente se pesó la fiola más el peso del agua y luego se vertió todo en una tara y para colocarla al horno por 24horas. Para finalmente pesar el agregado en estado seco.

Imagen 10 Peso de la fiola para el ensayo del peso específico



Fuente: Galería propia

CONTENIDO DE HUMEDAD

Se comenzó seleccionando la cantidad de 500 gr de arena y 1300gr de piedra en su estado actual. Luego lo colocamos en un recipiente, de esa manera proceder a secar con una temperatura $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un día. Finalmente se retira del horno para poder determinar el peso final.

PESO UNITARIO SUELTO DE LOS AGREGADOS

Comenzamos anotando el peso del molde tal cual está. Después se prosiguió a saturar el molde con el agregado hasta el límite y con la varilla enrazamos, de manera que esté al mismo nivel del borde del molde. Se repitió 3 veces para sacar un promedio aceptable y poder calcular.

Imagen 11 Ensayo de peso unitario suelto



Fuente: Galería propia

PESO UNITARIO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS

Se comenzó tomando nota del peso del molde vacío. Se vació el agregado en la probeta dividiéndolo en 3 capas, cada capa siendo chuceada 15 veces ayudado de una varilla y adicionalmente con 25 golpes al exterior de la probeta con el mazo de goma, sin que altere cada capa anterior. Así hasta llegar a la parte superior del molde y enrazar, para luego tomar nota de los pesos respectivamente.

Imagen 12 Ensayo de peso unitario compactado



Fuente: Galería propia

ABRASIÓN

Se comenzó colocando el agregado en la máquina y ponerla a funcionar a una celeridad constante de 30 rpm a 33rpm, por 500 revoluciones. Ya culminado el ensayo, se extrajo el agregado grueso y realizamos una separación preliminar de lo extraído, para tamizar la muestra más fina conforme al MTC E 204 [12]. Se lava el material más voluminoso y secamos en el horno, por último, precisamos la masa con una aproximación a 1 g.

Imagen 13 Máquina para el ensayo de abrasión



Fuente: Galería propia

ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS

Después de haber calculado la dosificación correspondiente, se procedió con la preparación de las probetas y vigas de la muestra patrón, con lo cual se precisará si el diseño elaborado cumple.

En primer lugar, pesamos las cantidades obtenidas en el diseño de mezcla. Por consiguiente, en la mezcladora se incorporaron todos los materiales. Antes de ejercer el vaciado en los moldes se procedió a pasar con una esponja mojada de aceite en el interior de este, con la finalidad del que concreto no quede adherido al molde. Se vierte el concreto por 3 capas y chuseado correctamente por capa, después con un mazo se golpea en el exterior del molde por capa. Pasada las 24 horas es retirado del molde.

Imagen 14 Elaboración de las probetas patrón



Fuente: Galería propia

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

El cono de Abrams se colocó sobre un espacio horizontal y humedecida; posteriormente se comenzó a vaciar el concreto por pocos en 3 capas específicamente, por cada capa debe compactarse con 25 varilladas. La última capa se llenó en exceso, para luego enrasarlo. Una vez saturado y correctamente a nivel del borde del molde, se levanta lentamente y el molde se coloca al lado de la muestra de manera invertida. Finalmente, se toma nota del revenimiento de la muestra medida desde el centro de la esta. Obteniendo un slump de 3” correspondientemente para una mezcla relacionado a pavimentos rígidos.

Imagen 15 Ensayo de asentamiento de la mezcla para las probetas patrón



Fuente: Galería propia

PROCESO DE CURADO DE LAS PROBETAS

Una vez pasado 24 horas para el proceso de fraguado, se desencofra y luego se sumerge en agua hasta retirarlos en el día especificado, para realizar el ensayo correspondiente.

Imagen 16 Curado de las muestras cilíndricas y vigas



Fuente: Galería propia

PROCESO DE LA FIBRA DE ALAMBRE RECICLADO

Del alambre recolectado en la obra, primero se procedió a enderezar longitudinalmente para después cortarlo en pedazos de 4cm. Este alambre al ser reciclado presenta un porcentaje de corrosión, por lo que posteriormente se analizará cuanto afecta esto al concreto. Se acumuló hasta llegar al peso total a usar. Se realizó un cálculo por cada porcentaje de adición, obteniendo la cantidad de alambre de 4cm se utilizará en total, la cual fue un aproximado de 14 kg (Ver anexo 45).

Imagen 17 Fibra de alambre reciclado de 4cm



Fuente: Galería propia

ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Retiramos la muestra del proceso de curado dependiendo a la edad que se realiza el ensayo.

Se situó el bloque de carga en la parte inferior. Posteriormente de situar la muestra en la máquina, alineada correspondientemente. Luego colocamos el bloque superior, para aplicar una carga continua hasta que la probeta muestra un patrón falla definido y/o el indicador ya no siga en aumento o comience a decrecer en algunos casos.

Imagen 18 Máquina para el ensayo de compresión



Fuente: Galería propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Retiramos la viga del agua. Procedemos a colocar la base de apoyo en la máquina para realizar el ensayo. Luego se procede a colocar la viga alineada correctamente para colocar encima de ella los apoyos que recibirán la carga aplicada por la máquina en los puntos tercios entre los apoyos. Finalmente, se aplicó una carga continuamente hasta que la viga falle.

Imagen 19 Máquina para el ensayo de flexión



Fuente: Galería propia

En esta investigación se consideró realizar 3 vigas por cada edad (7, 14,28 días), con la finalidad de observar cómo se comporta y evoluciona con respecto a flexión, tanto así, como para la muestra patrón y las 3 adiciones (27, 30,35 kg/m³). Con respecto a esto se realizará una comparativa que está plasmado en los resultados.

ENSAYO DE ABRASIÓN

Al cumplir los 28 días para poder realizar el ensayo se procede a cortar las probetas, extrayendo así 2 muestras representativas. Se cortaron a un espesor de 3 cm criterio que tomamos para que el peso no sobrepase de los 2kg y poder realizar los pesos en la balanza de más precisión. Después se procede a limpiar cada muestra antes de ser ensayado, se toma nota del peso inicial y se coloca en la máquina. Sometiendo a la muestra a 3 ciclos de 2 minutos cada uno, para tomar así el apunte de la masa por cada ciclo. Con lo que finalmente se obtendrá un promedio del % de desgaste producido. Ensayando un total de 8 muestras (Ver anexo 51, 52 y 53).

Imagen 20 Rodillo giratorio para ensayo y Muestras ensayadas



Fuente: Galería propia

ENSAYO DE AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN PLÁSTICA

Se realizan paneles de concreto de 35.5 x 56 cm aproximadamente, con unos moldes con una estructura especial para este tipo de ensayo, sometidos a condiciones de secado controlado, después de 24 horas el panel es desmoldado y observado detenidamente para la ubicación y medida de las fisuras producidas en el panel con la ayuda del fisurómetro (regla). Por lo cual se consideró realizar 2 paneles por el concreto patrón y por concreto con cada tipo de adición. Elaborando un total de 8 paneles (Ver anexos 55, 56, 57, 58 y 59).

Imagen 21 Paneles de ensayo de agrietamiento



Fuente: Galería propia

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Este proyecto de investigación se llevó a cabo con orientación ética, basados en respeto de los derechos de terceros usados para esta investigación. Se elaboraron muestras elaboradas con agregados de la región Lambayeque, los cuales sirvieron para la estimación de las cualidades del concreto fabricado con integración de alambre reciclado. Se elaboraron varias muestras con la finalidad de sacar varios resultados y sacar un promedio el cual se pueda obtener un resultado más óptimo.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 16 Matriz de consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022	¿Cómo influye en las propiedades físico - mecánicas, la adición de fibra de alambre reciclado en la elaboración de concreto para pavimento rígido?	<p>Objetivo general: Evaluar las propiedades físico mecánicas de un concreto con adición de fibra de alambre reciclado para ser empleado en un pavimento rígido.</p> <p>Objetivos específicos: Caracterizar la fibra de alambre reciclado, Elaborar un concreto para pavimento rígido con cantidades de 0, 27, 30 y 35 kg/m³ de alambre reciclado, Analizar la durabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto con fibra de alambre reciclado, Determinar la rentabilidad económica de producción del concreto con fibra de alambre reciclado.</p>	Con el análisis de la adición de fibra de alambre reciclado en el concreto, se optimizará las propiedades físico - mecánicas de manera favorable en pavimentos rígidos. Con lo que se logrará una mejor durabilidad, evitando diversos tipos de fallas y deterioro temprano del concreto. De tal manera se verificará que el concreto con fibra de alambre reciclado es rentable para la elaboración de pavimentos rígidos.	<p>Variable independiente: Fibra de alambre reciclado: material metálico reciclado de 4 cm de longitud.</p> <p>Variable dependiente: Propiedades físico - mecánicas del concreto: Son las características que tiene el concreto que se evaluarán para tener un óptimo resultado.</p>	Esta investigación genera nuevos conocimientos que sean útiles para solucionar una realidad problemática; a través del uso del alambre reciclado en el concreto para pavimentos, con la finalidad de poder solucionar diversos problemas técnicos y ambientales. Es una investigación experimental, ya que mediante diversos ensayos planteados se analizó los resultados recolectados, con los que se verificará o descartar la hipótesis planteada. Con lo cual se comprobará si mediante esta investigación se puede dar solución a la problemática.	<p>POBLACIÓN: La mezcla de concreto</p> <p>MUESTRA: Las diferentes dosificaciones de fibra de alambre que se agregará a la mezcla de concreto, las cuales son: 0,27,30 y 35 kg/m³.</p> <p>MUESTREO: El número total de muestras es 88, en las que se realizará el ensayo de compresión, flexión y los ensayos de durabilidad de desgaste y fisuración.</p>

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS Y DISCUSIONES

RESULTADOS

ENSAYOS DE LOS AGREGADOS

Cada ensayo fue elaborado de acuerdo a lo especificado, con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

GRANULOMETRÍA

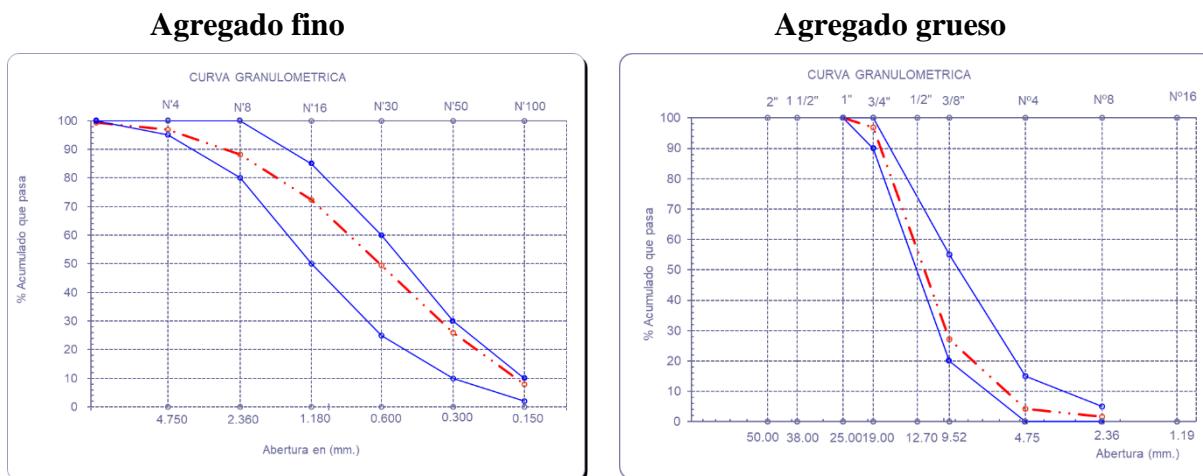
Tabla 17 Granulometría de los agregados

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa
Pulg.	(mm.)				
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	3.74	0.7	0.7	99.3
Nº 04	4.750	11.62	2.3	3.1	96.9
Nº 08	2.360	43.65	8.7	11.8	88.2
Nº 16	1.180	78.85	15.8	27.6	72.4
Nº 30	0.600	115.06	23.0	50.6	49.4
Nº 50	0.300	117.65	23.5	74.1	25.9
Nº 100	0.150	89.4	17.9	92.0	8.0
Fondo		40.08	8.0	100.0	0.0
Módulo de Fineza				2.599	

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa
Pulg.	(mm.)				
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	326.0	3.1	3.1	96.9
1/2"	12.70	0.0	0.0	3.1	96.9
3/8"	9.52	7454.0	69.8	72.9	27.1
Nº 04	4.75	2452.0	23.0	95.8	4.2
Nº 08	2.36	278.0	2.6	98.4	1.6
Nº 16	1.19	0.0	0.0	98.4	1.6
Fondo		169.0	1.6	100.0	0.0
Tamaño Maximo			1"	38.00	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Curvas granulométricas de los agregados



Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados:

Con los agregados que se utilizaron se precisó el tamaño máximo nominal del agregado grueso, siendo 3/4", y el módulo de fineza del agregado fino de 2.59; estos resultados ayudaron al diseño de mezcla.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

Tabla 19 Peso específico y absorción de los agregados

Datos	Agregado Fino	Agregado Grueso	
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	2.627	2.735	(g/cm ³)
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	2.652	2.762	(g/cm ³)
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	2.694	2.809	(g/cm ³)
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	0.949	0.961	(%)

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados:

El peso obtenido del agregado fino fue de 2.627 g/cm³ y del agregado grueso fue de 2.735 g/cm³.

El resultado del porcentaje de absorción del agregado fino es de 0.95% y del agregado grueso de 0.96%.

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

Tabla 20 Pesos unitarios sueltos y compactados de los agregados

PESOS UNITARIOS	PESO UNITARIO SUELTO		PESO UNITARIO COMPACTADO		
Agregado Fino					
Muestras	A	B	A	B	Und.
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	8146	8080	9494	9526	(gr.)
2.- Peso del recipiente	0	0	0	0	(gr.)
3.- Peso del material	8146	8080	9494	9526	
4.- Constante ó Volumen	0.00548	0.00548	0.00548	0.00548	(m ³)
5.- Peso unitario suelto húmedo	1486	1474	1732	1738	(kg/m ³)
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	1462		1713		(kg/m ³)
Agregado Grueso					
Muestras	A	B	A	B	Und.
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	7902	7884	8768	8732	(gr.)
2.- Peso del recipiente	0	0	0	0	(gr.)
3.- Peso del material	7902	7884	8768	8732	
4.- Constante ó Volumen	0.00544	0.00544	0.00544	0.00544	(m ³)
5.- Peso unitario suelto húmedo	1452	1448	1611	1604	(kg/m ³)
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	1437		1593		(kg/m ³)

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados:

El resultado del peso suelto del agregado fino fue de 1462 kg/m³ y del agregado grueso fue de 1713 kg/m³.

El peso compactado obtenido del agregado fino fue de 1437 kg/m³ y del agregado grueso fue de 1593 kg/m³

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tabla 21 Contenido de humedad de los agregados

CONTENIDO DE HUMEDAD	Agregado Fino		Agregado Grueso	
A.- Peso de muestra húmeda	501.9	501.9	1300	1300
B.- Peso de muestra seca	495.4	495.4	1288	1288
C.- Peso de recipiente	0	0	0	0
D.- Contenido de humedad	1.31	1.31	0.9	0.9
E.- Contenido de humedad (promedio)	1.31		0.93	

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados:

El resultado de contenido de humedad para el agregado fino se llegó a 1.31 % y del agregado grueso a 0.93 %.

ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 22 Ensayo de abrasión del agregado

Cantera	: Piedra -Tres Tomas-Ferreñafe.
Muestra	: Agregado grueso
% de desgaste por abrasión	% 20.3
% de uniformidad	% 0.4
OBSERVACIONES :	
- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.	
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500	

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados:

El porcentaje de desgaste del agregado grueso es de 20.3% y con un porcentaje de uniformidad de 0.4%.

DISEÑO DE MEZCLA

Con los resultados alcanzados de las pruebas que se aplicaron a los agregados, se continuó a elaborar el diseño de mezcla correspondiente. Siguiendo el procedimiento basado en el comité 211 del ACI (American Concrete Institute) (Ver anexo 19).

Tabla 23 Resultados de proporción del diseño de mezcla

CONDICIONES HÚMEDAS					
Cemento	445.3	kg/m ³	→	10.5	Bolsas
Agua	203	Lts	→	19.4	Lts/bolsa
Grava	1028.9	kg/m ³			
Arena	694.5	kg/m ³			

PROPORCIÓN EN PESO			
Cemento	Arena	Grava	Agua
445.3	694.5	1028.9	19.4
445.3	445.3	445.3	
1	1.56	2.31	19.4
kg	kg	kg	lts/bolsa

Fuente: Elaboración propia

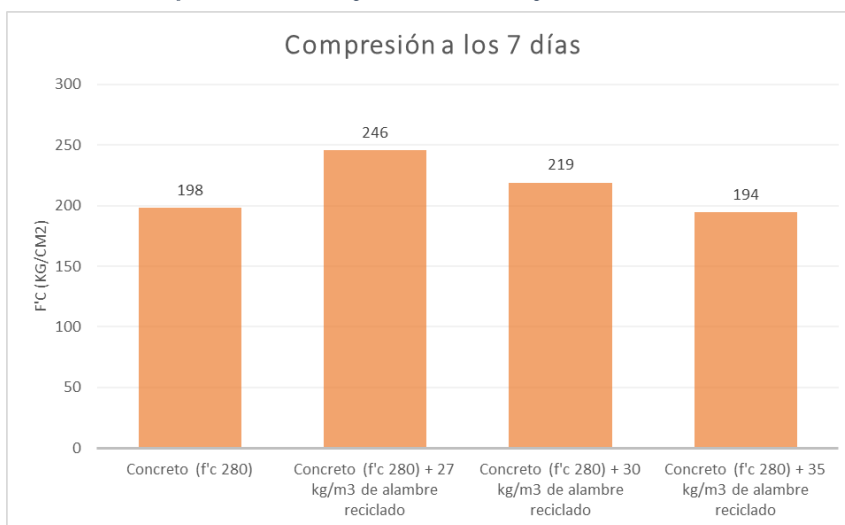
Con dichas proporciones se elaboraron las muestras patrón y se corroboró si cumple con la resistencia para la cual está diseñada.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Se realizaron tablas resumen para poder graficar su evolución (Ver anexo 43)

A 7 días:

Gráfico 1 Resistencia promedio a la compresión a los 7 días



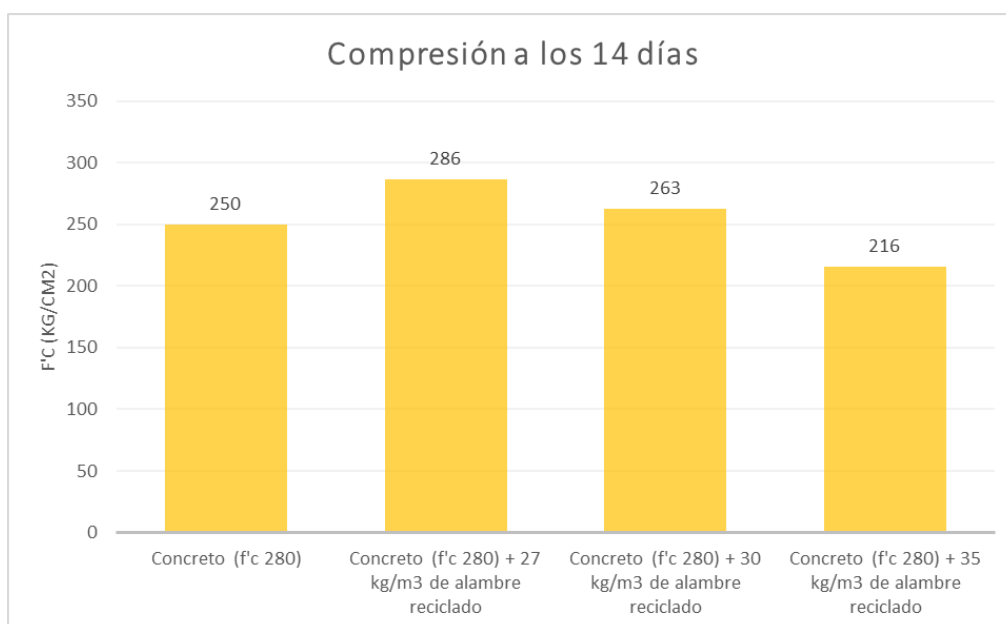
Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados:

- La resistencia promedio obtenido de la prueba patrón es de 198 kg/cm², lo que es proporcional al 71 % de la resistencia de 280 kg/cm².
- La resistencia promedio obtenido de la muestra con incorporación de 27 kg/m³ de alambre reciclado es de 246 kg/cm², lo que equivale al 88 %.
- La resistencia promedio obtenido de la muestra con incorporación de 30 kg/m³ de alambre reciclado es de 219 kg/cm², lo que equivale al 78 %.
- La resistencia promedio obtenido de la muestra con incorporación de 35 kg/m³ de alambre reciclado es de 194 kg/cm², lo que equivale al 69 %.

A 14 días:

Gráfico 2 Resistencia promedio a la compresión a los 14 días



Fuente: Elaboración propia

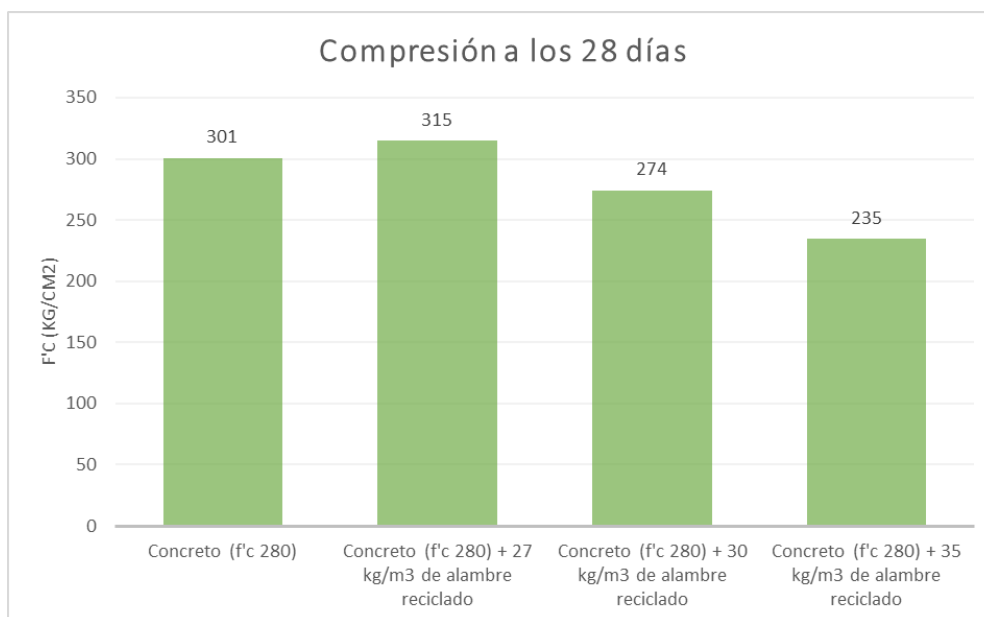
Análisis de los resultados:

- La resistencia promedio obtenido de la muestra patrón ($f'c = 280$ kg/cm²) es de 250 kg/cm², lo que consta al 89 % de la resistencia de 280 kg/cm².
- La resistencia promedio obtenido de la muestra con incorporación de 27 kg/m³ de alambre reciclado es de 286 kg/cm², lo que equivale al 102 %.
- La resistencia promedio obtenido de la muestra con incorporación 30 kg/m³ de alambre reciclado es de 263 kg/cm², lo que equivale al 94 %.

- La resistencia promedio obtenido de la muestra con incorporación de 35 kg/m³ de alambre reciclado es de 216 kg/cm², lo que equivale al 77 %.

A 28 días:

Gráfico 3 Resistencia promedio a la compresión a los 28 días



Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados:

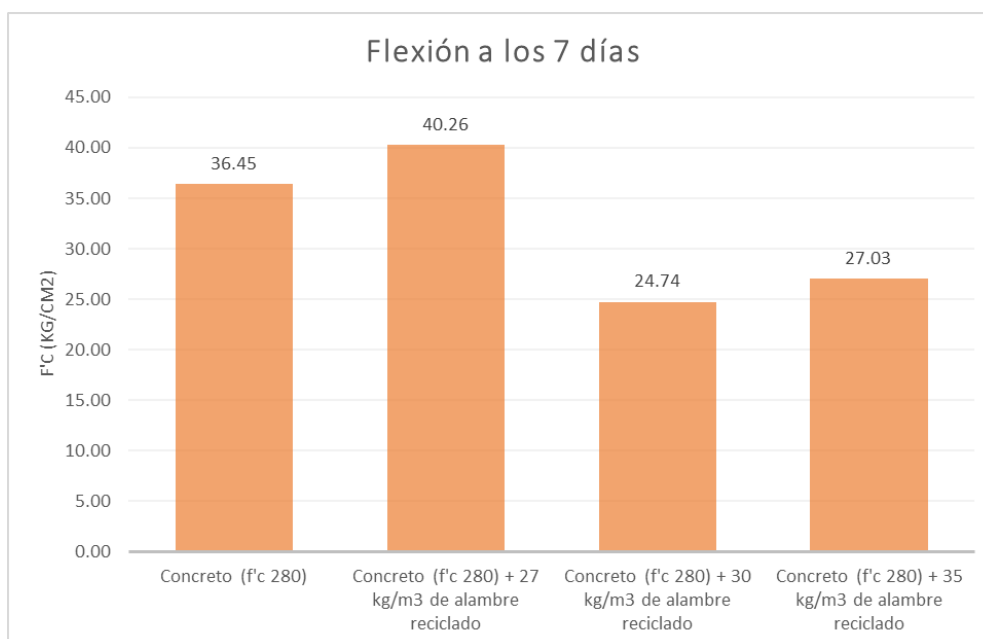
- La resistencia promedio obtenido de la prueba patrón es de 301 kg/cm², lo que equivale al 107 % de la resistencia de 280 kg/cm².
- La resistencia promedio obtenido de la muestra con incorporación de 27 kg/m³ de alambre reciclado es de 315 kg/cm², lo que equivale al 113 %.
- La resistencia promedio obtenido de la muestra con incorporación de 30 kg/m³ de alambre reciclado es de 274 kg/cm², lo que equivale al 98 %.
- La resistencia promedio obtenido de la muestra con incorporación de 35 kg/m³ de alambre reciclado es de 235 kg/cm², lo que equivale al 84 %.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Se realizaron tablas resumen para poder graficar su evolución (Ver anexo 44)

A los 7 días:

Gráfico 4 Resistencia promedio a la flexión a los 7 días



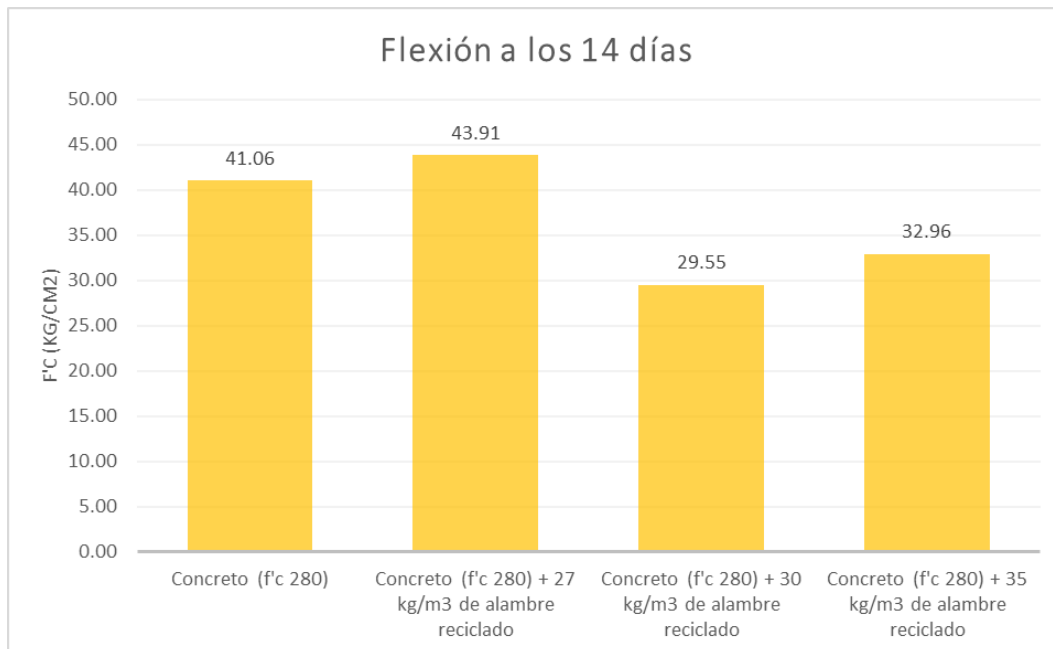
Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados:

- El promedio del módulo de rotura de las vigas muestra patrón es de 36.45 kg/cm², lo que equivale al 13.02% de la resistencia a compresión.
- El promedio del módulo de rotura de las vigas con adición de 27 kg/m³ es de 40.26 kg/cm², lo que equivale al 14.38% de la resistencia a compresión.
- El promedio del módulo de rotura de las vigas con adición de 30 kg/m³ es de 24.74 kg/cm², lo que equivale al 8.84% de la resistencia a compresión.
- El promedio del módulo de rotura de las vigas con adición de 35 kg/m³ es de 27.03 kg/cm², lo que equivale al 9.65% de la resistencia a compresión.

A 14 días:

Gráfico 5 Resistencia promedio a la flexión a los 14 días



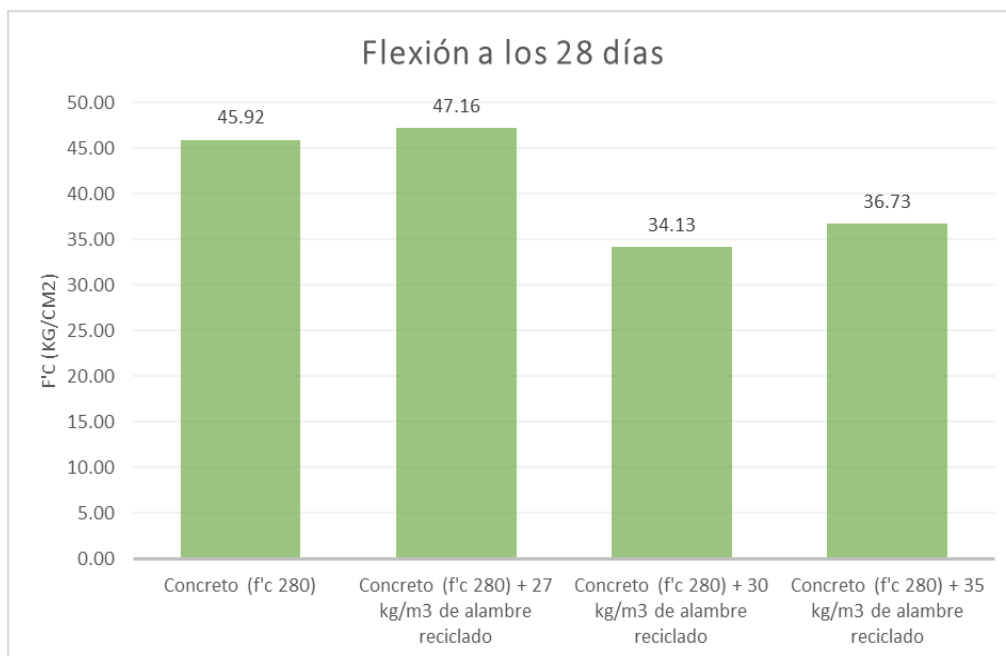
Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados:

- El promedio del módulo de rotura de las vigas muestra patrón es de 41.06 kg/cm², lo que equivale al 14.67% de la resistencia a compresión.
- El promedio del módulo de rotura de las vigas con adición de 27 kg/m³ es de 43.91 kg/cm², lo que equivale al 15.68% de la resistencia a compresión.
- El promedio del módulo de rotura de las vigas con adición de 30 kg/m³ es de 29.55 kg/cm², lo que equivale al 10.56% de la resistencia a compresión.
- El promedio del módulo de rotura de las vigas con adición de 35 kg/m³ es de 32.96 kg/cm², lo que equivale al 11.77% de la resistencia a compresión.

A 28 días:

Gráfico 6 Resistencia promedio a la flexión a los 28 días



Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados:

- El promedio del módulo de rotura de las vigas muestra patrón es de 45.92 kg/cm², lo que equivale al 16.40% de la resistencia a compresión.
- El promedio del módulo de rotura de las vigas con adición de 27 kg/m³ es de 47.16 kg/cm², lo que equivale al 16.84% de la resistencia a compresión.
- El promedio del módulo de rotura de las vigas con adición de 30 kg/m³ es de 34.13 kg/cm², lo que equivale al 10.56% de la resistencia a compresión.
- El promedio del módulo de rotura de las vigas con adición de 35 kg/m³ es de 36.73 kg/cm², lo que equivale al 13.12% de la resistencia a compresión.

ENSAYO DE ABRASIÓN

Los siguientes datos obtenidos por cada muestra, se observan a continuación:

Tabla 24 Resultados de abrasión (desgaste)

	MUESTRAS	MASA DE MUESTRA (g)				DESGASTE (%)	PROMEDIO (%)
		Masa inicial	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo		
PATRÓN - FC=280 KG/CM2	P1	943.97 g.	943.78 g.	943.61 g.	943.47 g.	0.05	0.050
	P2	959.98 g.	959.84 g.	959.66 g.	959.52 g.	0.05	
PATRÓN - FC=280 KG/CM2 + 27 kg/m3 de alambre reciclado	A1	1038.53 g.	1038.23 g.	1038.08 g.	1037.97 g.	0.05	0.047
	A2	1100.70 g.	1100.51 g.	1100.38 g.	1100.25 g.	0.04	
PATRÓN - FC=280 KG/CM2 + 30 kg/m3 de alambre reciclado	A1	993.09 g.	992.98 g.	992.92 g.	992.81 g.	0.03	0.033
	A2	1237.75 g.	1237.59 g.	1237.42 g.	1237.29 g.	0.04	
PATRÓN - FC=280 KG/CM2 + 35 kg/m3 de alambre reciclado	A1	1062.66 g.	1062.44 g.	1062.37 g.	1062.25 g.	0.04	0.035
	A2	1032.69 g.	1032.54 g.	1032.44 g.	1032.36 g.	0.03	

Fuente: Elaboración propia

Los porcentajes promedios logrados del ensayo de abrasión son:

- En el concreto patrón de $f'c = 280$ kg/cm² es de 0.050 % de desgaste.
- En el concreto con integración de 27 kg/m³ de alambre reciclado es de 0.047% de desgaste.
- En el concreto con integración de 30 kg/m³ de alambre reciclado es de 0.033% de desgaste.
- En el concreto con integración de 35 kg/m³ de alambre reciclado es de 0.035% de desgaste.

Teniendo así los menores porcentajes en las adiciones de 30 y 35 kg/m³ de alambre.

ENSAYO DE AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN PLÁSTICA

Los datos obtenidos de las muestras ensayadas son:

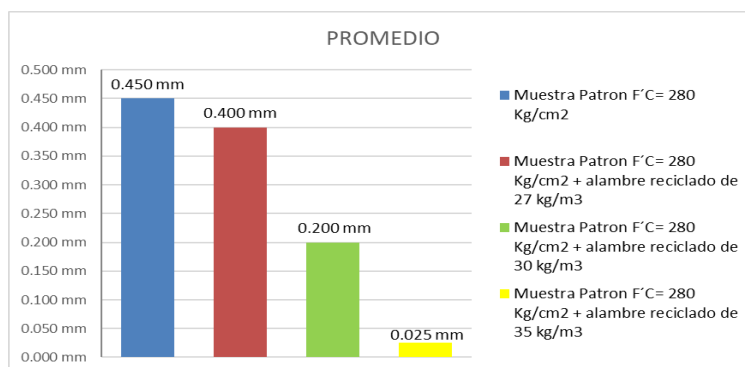
Tabla 25 Resultados de ensayo de agrietamiento (fisuración)

FISURACIÓN		Muestra Patron F'C= 280 Kg/cm ²	Muestra Patron F'C= 280 Kg/cm ² + alambre reciclado de 27 kg/m ³	Muestra Patron F'C= 280 Kg/cm ² + alambre reciclado de 30 kg/m ³	Muestra Patron F'C= 280 Kg/cm ² + alambre reciclado de 35 kg/m ³
Muestras	Panel 1	0.50 mm	0.40 mm	0.30 mm	0.05 mm
	Panel 2	0.40 mm	0.40 mm	0.10 mm	0.00 mm
PROMEDIO		0.450 mm	0.400 mm	0.200 mm	0.025 mm

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo así diferentes promedios de fisuración por cada muestra, en la cual se puede observar mejor en la siguiente gráfica:

Gráfico 7 Promedios de fisuras por adiciones



Fuente: Elaboración propia

Siendo los resultados finales.

- Para la muestra patrón un promedio de fisuración de 0.45 mm.
- Para la muestra con incorporación de 27 kg/m³ de alambre un promedio de fisuración de 0.4 mm.
- Para la muestra con incorporación de 30 kg/m³ de alambre un promedio de fisuración de 0.2 mm.
- Para la muestra con incorporación de 35 kg/m³ de alambre un promedio de fisuración de 0.025 mm.

Teniendo así el mejor resultado con un bajo promedio de agrietamiento para la muestra de 35 kg/m³.

ANÁLISIS DE COSTO - BENEFICIO

Con respecto a la preparación de un concreto convencional y con incorporación de alambre reciclado tiene diferencia por el proceso de elaboración de la fibra de alambre, teniendo en consideración por la experiencia elaborando esta investigación de tomaron como base para los costos unitarios de las elaboraciones del concreto convencional y concreto con incorporación de fibra de alambre.

Tabla 26 Costo unitario de elaboración del alambre reciclado

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
PARTIDA N°:	Elaboración de fibra de alambre reciclado				
CUADRILLA:	1 peon			TOTAL	14.29
RENDIMIENTO:	10 kg/día				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Alambre reciclado N° 16	kg	1.00	0.20	0.20	
COSTO DE MATERIALES					0.21
MANO DE OBRA					
Peón	hh	0.80	16.76	13.41	
COSTO DE MANO DE OBRA					13.41
MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
- Herramientas 5% M. de Obra		0.05	13.41	0.67	
COSTO DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS					0.67
TOTAL:					14.29

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 Costo unitario del concreto convencional de f'c 280 kg/cm2

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
PARTIDA N°:		CONCRETO DE 280 KG/CM2		UNIDAD: m ²	
ESPECIFICACIONES: Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 2.0", 4HP, vaciado con buggies					
CUADRILLA:		Prep. Y vaciado: 2 operarios + 2 oficiales + 8 peones		TOTAL 452.56	
		Curado: 1 peon			
RENDIMIENTO:		Prep. Vaciado : 22 m3/día			
		Curado: 88 m3/día			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Cemento Portland tipo ICO	bis	10.50	26.50	278.25	
Arena gruesa	m3	0.47	43.22	20.31	
Piedra chancada	m3	0.71	62.40	44.30	
Agua	m3	0.19	4.00	0.78	
COSTO DE MATERIALES					360.83
MANO DE OBRA					
Operario	hh	0.73	23.44	17.05	
Oficial	hh	0.73	18.53	13.53	
Peón	hh	3	16.76	50.28	
COSTO DE MANO DE OBRA					80.85
MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
- Herramientas 5% M. de Obra		0.05	80.85	4.04	
Mezcladora 9-11 p3	hm	0.36	12.70	4.57	
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.36	6.29	2.26	
COSTO DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS					10.88
T O T A L:					452.56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28 Costo unitario del concreto con adición de 27 kg/m3 de alambre reciclado

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
PARTIDA N°:		CONCRETO DE 280 KG/CM2 + 27 kg/m3 de alambre reciclado		UNIDAD: m ²	
ESPECIFICACIONES: Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 2.0", 4HP, vaciado con buggies					
CUADRILLA:		Prep. Y vaciado: 2 operarios + 2 oficiales + 8 peones		TOTAL 491.12	
		Curado: 1 peon			
RENDIMIENTO:		Prep. Vaciado : 22 m3/día			
		Curado: 88 m3/día			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Cemento Portland tipo ICO	bis	10.50	26.50	278.25	
Arena gruesa	m3	0.47	43.22	20.31	
Piedra chancada	m3	0.71	62.40	44.30	
Agua	m3	0.19	4.00	0.78	
Alambre reciclado	kg	2.57	14.29	36.73	
COSTO DE MATERIALES					399.39
MANO DE OBRA					
Operario	hh	0.73	23.44	17.05	
Oficial	hh	0.73	18.53	13.53	
Peón	hh	3	16.76	50.28	
COSTO DE MANO DE OBRA					80.85
MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
- Herramientas 5% M. de Obra		0.05	80.85	4.04	
Mezcladora 9-11 p3	hm	0.36	12.70	4.57	
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.36	6.29	2.26	
COSTO DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS					10.88
T O T A L:					491.12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Costo unitario del concreto con adición de 30 kg/m³ de alambre reciclado

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
PARTIDA N°:		CONCRETO DE 280 KG/CM ² + 30 kg/m ³ de alambre reciclado		UNIDAD: m ³	
ESPECIFICACIONES:		Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 2.0", 4HP, vaciado con buggies			
CUADRILLA:		Prep. Y vaciado: 2 operarios + 2 oficiales + 8 peones		TOTAL	
		Curado: 1 peon		495.32	
RENDIMIENTO:		Prep. Y vaciado : 22 m ³ /día			
		Curado: 88 m ³ /día			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Cemento Portland tipo ICO	bls	10.50	26.50	278.25	
Arena gruesa	m ³	0.47	43.22	20.31	
Piedra chancada	m ³	0.71	62.40	44.30	
Agua	m ³	0.19	4.00	0.78	
Alambre reciclado	kg	2.85	14.29	40.73	
COSTO DE MATERIALES					403.59
MANO DE OBRA					
Operario	hh	0.73	23.44	17.05	
Oficial	hh	0.73	18.53	13.53	
Peón	hh	3	16.76	50.28	
COSTO DE MANO DE OBRA					80.85
MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
- Herramientas 5% M. de Obra		0.05	80.85	4.04	
Mezcladora 9-11 p3	hm	0.36	12.70	4.57	
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.36	6.29	2.26	
COSTO DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS					10.88
T O T A L:					495.32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 Costo unitario del concreto con adición de 35 kg/m³ de alambre reciclado

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
PARTIDA N°:		CONCRETO DE 280 KG/CM ² + 35 kg/m ³ de alambre reciclado		UNIDAD: m ³	
ESPECIFICACIONES:		Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 2.0", 4HP, vaciado con buggies			
CUADRILLA:		Prep. Y vaciado: 2 operarios + 2 oficiales + 8 peones		TOTAL	
		Curado: 1 peon		502.52	
RENDIMIENTO:		Prep. Y vaciado : 22 m ³ /día			
		Curado: 88 m ³ /día			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Cemento Portland tipo ICO	bls	10.50	26.50	278.25	
Arena gruesa	m ³	0.47	43.22	20.31	
Piedra chancada	m ³	0.71	62.40	44.30	
Agua	m ³	0.19	4.00	0.78	
Alambre reciclado	kg	3.33	14.29	47.59	
COSTO DE MATERIALES					410.79
MANO DE OBRA					
Operario	hh	0.73	23.44	17.05	
Oficial	hh	0.73	18.53	13.53	
Peón	hh	3	16.76	50.28	
COSTO DE MANO DE OBRA					80.85
MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
- Herramientas 5% M. de Obra		0.05	80.85	4.04	
Mezcladora 9-11 p3	hm	0.36	12.70	4.57	
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.36	6.29	2.26	
COSTO DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS					10.88
T O T A L:					502.52

Fuente: Elaboración propia

Con lo que el costo aumenta de manera muy menor mientras aumenta la adición de alambre reciclado.

DISCUSIONES

- En comparación con las investigaciones de Bellido (2021), Manrique y Quispe (2021) se tuvo en cuenta el material base de adición el alambre de amarre N^a 16 reciclado, con 4 cm de longitud para tener una mejor trabajabilidad en la mezcla y evitar el uso de aditivos como se observó en las otras investigaciones. Trabajando así con un material reciclado lo que otras investigaciones no aplicaron.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN

- Respecto al análisis de Bellido (2021), tuvo como conclusiones de aumento de resistencia a la compresión conforme se subía la adición de alambre. No teniendo concordancia con los resultados logrados en esta investigación, por lo que la resistencia disminuye conforme a más cantidad de alambre reciclado adicionado al concreto.

Tabla 31 Comparación de resultados de compresión finales

MUESTRA	RESULTADOS (KG/CM2)	MUESTRA	RESULTADOS DE BELLIDO (KG/CM2)
PATRÓN	301	PATRÓN	291
ADICIÓN DE 27 KG/M3	315	ADICIÓN DE 15 KG/M3	359
ADICIÓN DE 30 KG/M3	274	ADICIÓN DE 20 KG/M3	453
ADICIÓN DE 35 KG/M3	235	ADICIÓN DE 25 KG/M3	479

Fuente: Elaboración propia

Como se puede percibir los resultados no tienen similitud con esta investigación ya que al aumentar la adición de alambre la resistencia disminuye, tomando como factor influyente que las cantidades usadas en esta investigación son muchos mayores.

RESISTENCIA A FLEXIÓN

- En comparaciones con la resistencia a la flexión en la investigación de Bellido (2021), logró un crecimiento de resistencia conforme la adición de alambre al concreto era mayor. Lo cual no tiene concordancia con los resultados logrados en este análisis, siendo así que la resistencia a la flexión obtenida es de manera descendente conforme al aumento de la adición de alambre al concreto.

Tabla 32 Comparación de resultados de flexión finales

MUESTRA	RESULTADOS (KG/CM2)	MUESTRA	RESULTADOS DE BELLIDO (KG/CM2)
PATRÓN	45.92	PATRÓN	22.01
ADICIÓN DE 27 KG/M3	47.16	ADICIÓN DE 15 KG/M3	24.20
ADICIÓN DE 30 KG/M3	34.13	ADICIÓN DE 20 KG/M3	28.60
ADICIÓN DE 35 KG/M3	36.73	ADICIÓN DE 25 KG/M3	33.71

Fuente: Elaboración propia

Como se analiza en los resultados no tienen semejanza ya que al aumentar la incorporación de alambre la resistencia decrece.

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL CONCRETO (DESGASTE)

- Con respecto a la resistencia a la abrasión del concreto con incorporación de fibra de alambre reciclado existe una disminución de porcentaje de desgaste conforme la muestra esté conformada por más adición de alambre, queriendo decir que la adición más óptima para este ensayo fueron los de 30 y 25 kg/m³, teniendo como resultado 0.033 y 0.035 % de promedio de desgaste respectivamente. En comparación con los antecedentes consultados no realizaron este tipo de ensayo, la cual es necesario para ver la evolución del desgaste que se pueda producir al concreto.

RESISTENCIA AL AGRIETAMIENTO (FISURACIÓN)

- Con respecto a la resistencia al agrietamiento del concreto con incorporación de alambre reciclado, se observó la disminución de fisuración con respecto a los paneles de control (patrón), llegando así que para una adición de 35 kg/m³ de alambre reciclado tenga un promedio de fisuración de 0.025 mm de manera aceptable para la elaboración de un concreto para pavimentos. En comparación con los antecedentes consultados no se realizaron este tipo de ensayo, la cual es necesario para la evaluación de la evolución de fisuras con respecto al tipo de fibra que se le adiciona al concreto.

ANÁLISIS DE COSTO – BENEFICIO

El costo de las diversas mezclas por m³ varían por la extracción y elaboración del alambre reciclado, teniendo en cuenta para el análisis de costos la experiencia que se vivió para las elaboraciones de las mezclas.

Tabla 33 Costos unitarios del concreto por m³

MUESTRAS	PRECIO POR M3
Concreto de f'c 280 kg/cm ²	S/. 452.56
Concreto con adición de 27 kg/m ³ de alambre	S/. 491.12
Concreto con adición de 30 kg/m ³ de alambre	S/. 495.32
Concreto con adición de 35 kg/m ³ de alambre	S/. 502.52

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos en concordancia con las resistencias y el costo unitario de cada tipo de concreto, no es muy beneficioso mientras se aumenta la cantidad de alambre ya que es más costoso afectando negativamente en las resistencias.

CONCLUSIONES

- Con esta investigación se concluyó que el concreto con incorporación de fibra de alambre reciclado si produce una mejora con respecto a un concreto convencional para pavimentos. Simplemente con los resultados obtenidos se deduce que al agregar alambre reciclado con menor proporción aumenta la resistencia a compresión y flexión, siendo de manera mejorable en resistencia al desgaste y al agrietamiento.
- Concluyendo así que para la resistencia a la compresión final del concreto patrón es de 301 kg/cm², para el concreto con incorporación de 27 kg/m³ consiguió una resistencia de 315 kg/cm², para el concreto con incorporación de 30 kg/m³ consiguió una resistencia de 274 kg/cm² y para el concreto con adicción de 35 kg/m³ consiguió una resistencia de 235 kg/cm². Siendo así que la adición óptima es la de 27 kg/m³ de alambre reciclado.
- Para la resistencia a flexión final del concreto base llegó a 45.92 kg/cm², para el concreto con incorporación de 27 kg/m³ consiguió una resistencia de 47.16 kg/cm², para el concreto con incorporación de 30 kg/cm³ consiguió una resistencia de 34.13 kg/cm² y para el concreto con incorporación de 35 kg/m³ consiguió una resistencia de 36.73 kg/cm². Por lo cual la adición ideal es la de 27 kg/m³ de alambre reciclado.
- Llegamos a la conclusión que la muestra más óptima para la resistencia a la abrasión, es la que obtuvo un promedio de desgaste de 0.033 % siendo el desgaste más bajo de todas las adiciones de alambre reciclado al concreto (30 kg/m³), de tal manera también se puede considerar que la adición de 35 kg/m³ tiene un porcentaje relativamente un poco mayor, siendo su promedio de desgaste de 0.035 %.
- Concluyendo también que para el agrietamiento por contracción plástica se obtuvo promedios relacionados con las fisuraciones presentadas en las muestras, obteniendo que el concreto con incorporación de 35 kg/m³ de alambre reciclado tiene un promedio de 0.025 mm de fisuración, siendo este la muestra más óptima para el agrietamiento.

- Se concluye que en las cualidades de resistencia a la compresión y flexión la muestra óptima representativa es el concreto con incorporación de 27 kg/m³ de alambre reciclado y para la resistencia al desgaste (abrasión) y al agrietamiento por contracción plástica (fisuración) es la muestra con incorporación de 35 kg/m³.

- De acuerdo al costo de cada de muestra de concreto tanto como convencional y con adiciones se llegó a la conclusión que la mayor efectividad, precio considerable y con las mejores propiedades de resistencia para un pavimento es el concreto con incorporación de 27 kg/m³ ya que es el más óptimo y con un precio de S/. 491.12 en un aumento del 8.52% del costo de un concreto convencional.

RECOMENDACIONES

- Para una investigación futura se recomienda darle otra forma a la fibra de alambre para tener una mejor evaluación de influencia del tipo de fibra que se le agrega a la mezcla de concreto. Por lo cual se podría observar si produce un cambio relativo en las cualidades del concreto endurecido.
- Recomendable no usar cantidades de adiciones mayores a 30 kg/m³ para tener una mejor comparación y evaluación de la adición óptima de alambre que se pueda agregar. Puesto que, a más cantidad de alambre, la resistencia baja.
- Como recomendación para la mejora de la fibra de alambre reciclada que se puede procesar se puede realizar ensayos para la mejor caracterización de este.
- Se recomienda utilizar mayor cantidad de muestras para cada ensayo al concreto, de manera que se realice un mejor análisis estadístico y se obtengan resultados más precisos.

REFERENCIAS

- [1] J. V. Bellido Prado, “Influencia de las fibras de alambre reciclado en el pavimento del concreto $f'c= 300 \text{ kg/cm}^2$, Av. Javier Pérez de Cuellar, Ayacucho, Lima Norte - Perú, 2021.
- [2] W. L. Villarroel Cancho, “Propiedades del concreto $f'c: 210\text{kg/cm}^2$ adicionando material reciclado alambre N°8, Edificio Multifamiliar San Borja Sur, San, Lima - Perú, 2021.
- [3] W. M. Manrique Aguilar y C. S. Quispe Fanegas, Evaluación de las propiedades físico mecánicas del concreto $F'C=210 \text{ Kg/Cm}^2$ sustituyendo el agregado grueso por alambón reciclado, Huaraz - Ancash - 2021, Lima - Perú, 2021.
- [4] C. A. Miranda Centeno y M. E. Rado Moreno, Propuesta de concretos reforzados con fibras de acero y cemento puzolánico para la construcción de pavimentos rígidos en la región de Apurímac., Lima, 2019.
- [5] M. Farfán Córdova, D. I. Pinedo Díaz, J. Araujo Novoa y J. Orbegoso Alayo, «FIBRAS DE ACERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO,» Gaceta Técnica, vol. 20, n° 2, pp. 4 - 13, 2018.
- [6] L. A. Cobos Sáenz y A. W. Valle Benítez, «Estudio comparativo sobre el comportamiento mecánico del concreto con fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclado y concreto con fibra de acero,» Dominio de las ciencias, vol. 7, n° 5, pp. 798 - 818, 2021.
- [7] M. A. Barbosa de Oliveira, M. Souza Picanço, R. Rodrigues da Cunha, D. R. Carvalho de Oliveira, E. M. Leal Soares Ramos y M. Pereira da Silva, «Analysis of the influence of test method and properties of steel fiber addition on concrete under the three-point flexural tensile,» Revista chilena de ingeniería, vol. 28, n° 3, pp. 373- 382, 2020.
- [8] J. Carrillo y C. Díaz, «Mechanical Properties of Concrete Slabs Reinforced with Recycled Steel Fibers from Post-Consumer Tires in Bogotá, Colombia,» Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 30, n° 2, pp. 67 - 79, 2020.

- [9] M. Fanzo Masias, INFLUENCIA DE LAS VIRUTAS DE ACERO EN LA FISURACIÓN ASOCIADA A LA CONTRACCIÓN PLÁSTICA EN PAVIMENTOS DE CONCRETO SIMPLE PARA UN MÓDULO DE ROTURA DE 34 KG/CM² EN LA PROVINCIA DE CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2019, Chiclayo, 2021.
- [10] E. R. J. C. R. L. A. Orbe, «Estudio para la optimización de la composición de un HACFRA (hormigón autocompactante reforzado con fibras de acero),» Informes de la Construcción, vol. 74, n° 565, pp. 1-8, 2015.
- [11] MTC, «Manual de Carrteras - Especificaciones técnicas generales para la construcción EG - 2013,» 2013.
- [12] MTC, «Manual de ensayo de materiales,» 2016.
- [13] E. Peruano, «Norma técnica de edificación - E060 Concreto Armado,» 2006.
- [14] I. F. A. Castillo, «Tecnología del concreto (Teoría y problemas),» 2017.

ANEXOS

RECOLECCIÓN DEL ALAMBRE RECICLADO

Anexo 1 Recolección de alambre reciclado

Fuente: Galería propia

Anexo 2 Alambre reciclado en obra

Fuente: Galería propia

Anexo 3 Alambre recolectado en sacos



Fuente: Galería propia

PROCESO DE LA FIBRA DE ALAMBRE


Anexo 4 Proceso de corte del alambre a 4 cm de longitud



Fuente: Galería propia

CARTA COMPROMISO PARA HABILITACIÓN DEL ALAMBRE RECICLADO

Anexo 5 Carta compromiso de constructora para habilitación del alambre



CONSTRUCCIONES Y SERVICIO
DE RETROEXCAVADORAS SAC

Calle Colón N° 630 Of. 304 - Chiclayo - Telf. 074 624496
Calle Huamantanga N° 1598 - Sector Pueblo Nuevo - Jaén
Cel. 976730066
Cel. 942632180

CARTA COMPROMISO

Yo, Ing. Germán Frankil Ysique Capuñay, representante legal de la empresa Construcciones y Servicio de Retroexcavadoras SAC, con RUC: 20480354771, ubicado en la calle Colon 630, oficina 304 - Chiclayo, me comprometo a brindar el alambre reciclado (residuos de los proyectos en ejecución), a Christian Encajima Santamaria, estudiante de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, con la finalidad de llevar a cabo el desarrollo de la tesis titulada: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ALAMBRE RECICLADO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS, 2022.

Por tal motivo firmo la presente.

Chiclayo, julio de 2022

SERVIRETRO, S.A.C.
ING. GERMAN YSIQUE CAPUNAY
GERENTE GENERAL

Gerente

e-mail: urb_eltrebol_serviretrosac@hotmail.com

Fuente: Galería propia

ENSAYO DE AGREGADOS

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

Anexo 6 Ensayo granulométrico del agregado fino



Fuente: Galería propia

Anexo 7 Tamices usados en el ensayo granulométrico



Fuente: Galería propia

Anexo 8 Cuarteo del agregado grueso



Fuente: Galería propia

Anexo 9 Ensayo granulométrico del agregado grueso



Fuente: Galería propia

Anexo 10 Formato de ensayo granulométrico del agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

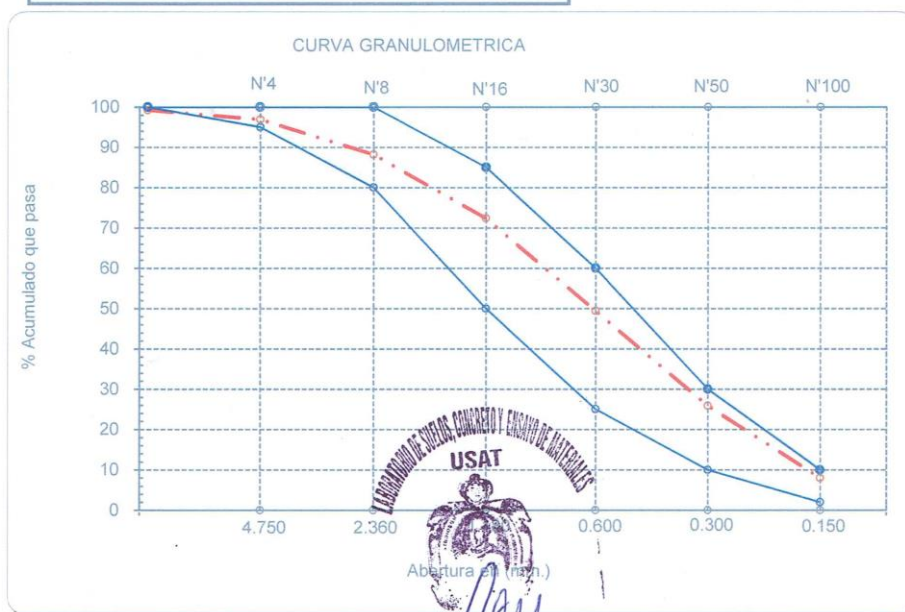


Tesista : Encajima Santamaria Christian
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2 de Septiembre del 2022

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Cantera La Victoria- Pátapo. **P. Inicial H.** 506.5 **% de Humedad =** 1.29
P. Inicial S. 500.0

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	3.74	0.7	0.7	99.3	100	100
Nº 04	4.750	11.62	2.3	3.1	96.9	95	100
Nº 08	2.360	43.65	8.7	11.8	88.2	80	100
Nº 16	1.180	78.85	15.8	27.6	72.4	50	85
Nº 30	0.600	115.06	23.0	50.6	49.4	25	60
Nº 50	0.300	117.65	23.5	74.1	25.9	10	30
Nº 100	0.150	89.4	17.9	92.0	8.0	2	10
Fondo		40.08	8.0	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.599			
Abertura de malla de referencia				9.500			



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

Anexo 11 Ensayo granulométrico del agregado grueso



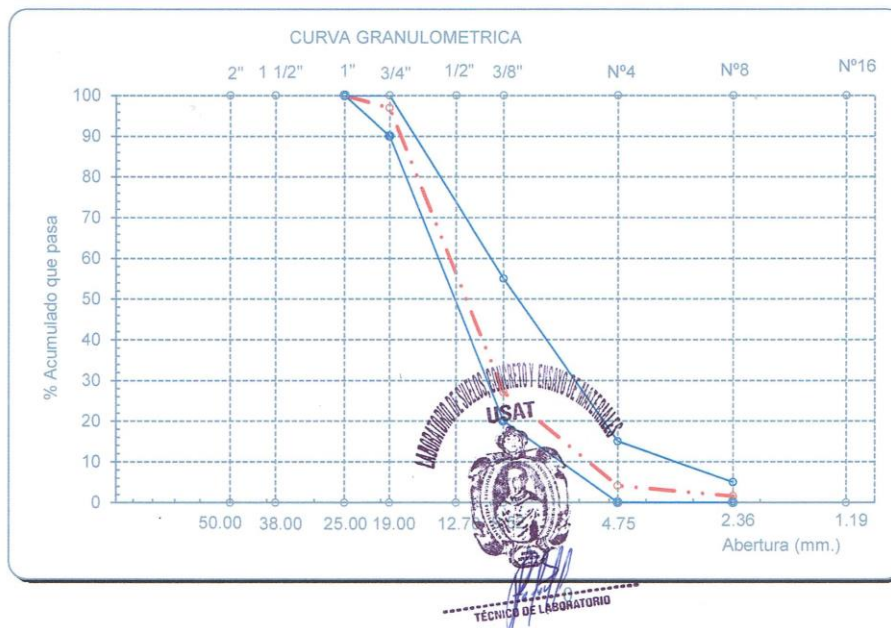
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIELES



Tesista : Encajima Santamaria Christian
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2 de Septiembre del 2022
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 6 N.T.P. 400.012

Cantera : Piedra -Tres Tomas-Ferreñafe. **P. Inicial H.** 10778 **% de Humedad =** 0.93
P. Inicial S. 10679

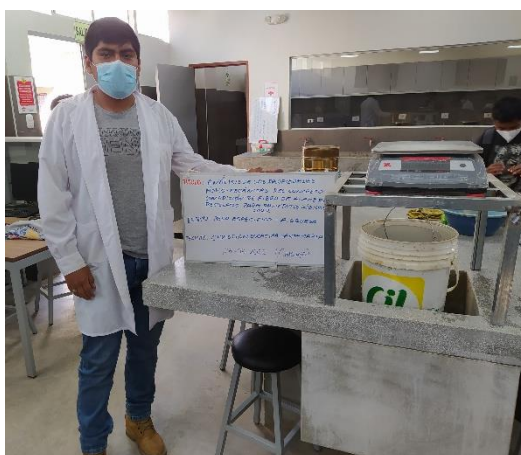
Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones USO 56	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	90.0	100.0
3/4"	19.00	326.0	3.1	3.1	96.9	40.0	85.0
1/2"	12.70	0.0	0.0	3.1	96.9	10.0	40.0
3/8"	9.52	7454.0	69.8	72.9	27.1	0.0	15.0
Nº 04	4.75	2452.0	23.0	95.8	4.2	0.0	5.0
Nº 08	2.36	278.0	2.6	98.4	1.6	0.0	0.0
Nº 16	1.19	0.0	0.0	98.4	1.6	#¡REF!	0.0
Fondo		169.0	1.6	100.0	0.0		
Tamaño Maximo		1"		38.00			
Tamaño Maximo Nominal		3/4"		25.00			



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

Anexo 12 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso y fino



Fuente: Galería propia

Anexo 13 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Encajima Santamaria Christian
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 7 de Septiembre del 2022

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + P	(g)	952.6	952.6
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasc	(g)	641.14	641.14
3.- Peso del Agua	(g)	311.46	311.46
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasc	(g)	636.44	636.44
5.- Peso del Frasco	(g)	141.14	141.14
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	495	495
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.627
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.652
C.- PESO ESPECÍFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.694
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.95

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Cantera : Piedra -Tres Tomas-Ferreñafe.

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1478	1478
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1492	1492
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del cai	(g)	1832	1832
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	952	952

II.- Resultados

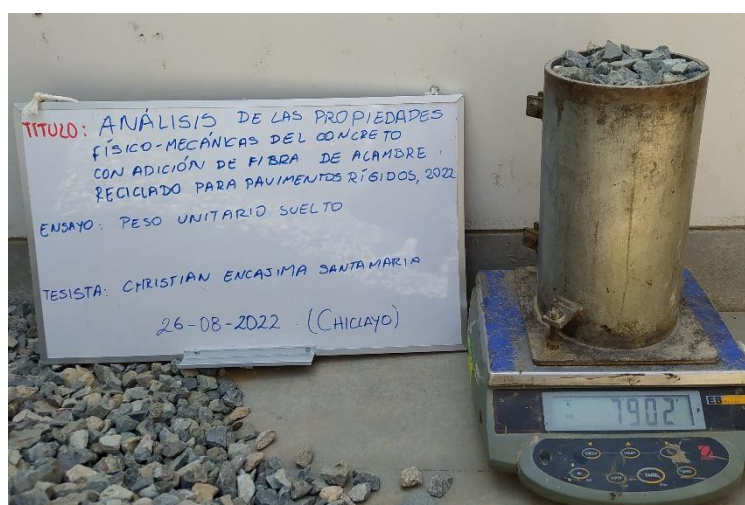
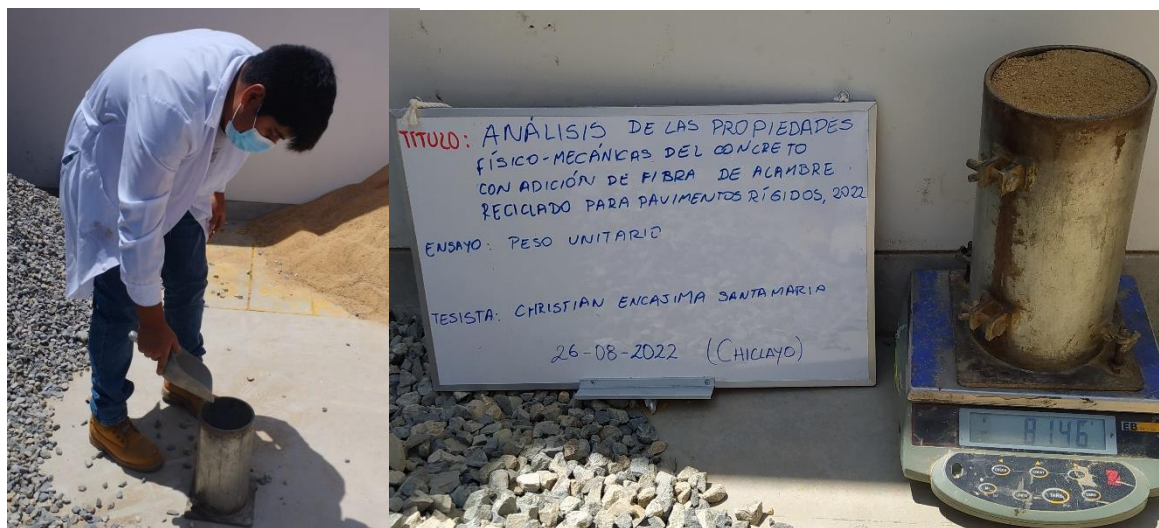
A.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.735
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.762
C.- PESO ESPECÍFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.809
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.96



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

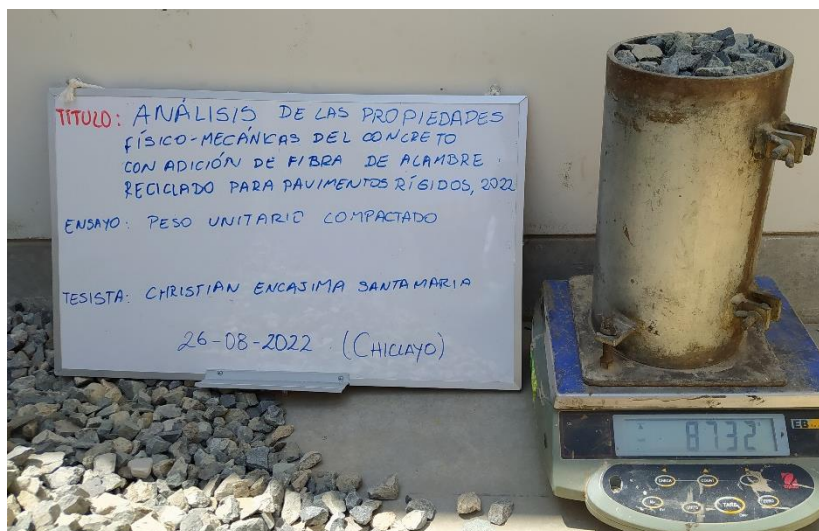
PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

Anexo 14 Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino y grueso



Fuente: Galería propia

Anexo 15 Ensayo de peso unitario compactado



Fuente: Galería propia

Anexo 16 Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Encajima Santamaria Christian
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2 de Septiembre del 2022

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Canetra : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8146	8080
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8146	8080
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00548	0.00548
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1486	1474
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1462	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9494	9526
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		9494	9526
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00548	0.00548
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1732	1738
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1713	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	506.45	506.45
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	500	500
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.3	1.3
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.29	



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

Anexo 17 Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Encajima Santamaria Christian
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2 de Septiembre del 2022

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Piedra -Tres Tomas-Ferreñafe.

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7902	7884
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7902	7884
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1452	1448
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1437	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8768	8732
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8768.0	8732.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1611	1604
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1593	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	10778	10778
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	10679	10679
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.9	0.9
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.93	



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

Anexo 18 Ensayo de contenido de humedad del agregado fino y grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Encajima Santamaria Christian
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 7 de Septiembre del 2022

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	501.9	501.9
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	495.4	495.4
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.31	1.31
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.31	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Piedra -Tres Tomas-Ferreñafe.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1300	1300
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1288	1288
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.9	0.9
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.93	

Observaciones :



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

DISEÑO DE MEZCLA

Anexo 19 Elaboración del diseño

DISEÑO DE MEZCLA			
MÉTODO ACI			
F'c=	210		kg/ cm ²
Cemento Portland Tipo 1=	3150		kg/m ³
DATOS DE LOS AGREGADOS	Agregado grueso	Agregado fino	
Tamaño máximo nominal	3/4"	-----	pulg.
Peso Unitario suelto seco	1437	1462	kg/m ³
Peso Unitario compactado seco	1593	-----	kg/m ³
Peso específico de masa seco	2735	2627	kg/m ³
Contenido de humedad	0.93	1.31	%
Contenido de absorción	0.96	0.95	%
Módulo de fineza (adimensional)	-----	2.599	
DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS			
*Resistencia especificada a los 28 días			
F'c=	280+84 =		364
*Contenido de aire atrapado			
El porcentaje es de:	2%		
*Asentamiento			
SLUMP=	3"		
*Relación agua cemento			
	300		0.55
R a/c	364		x
0.460	350		0.48
*Volumen unitario del agua			
205		Lts/m ³	
*Volumen del agregado grueso			
0.64		m ³	
*Peso específico del cemento			
3150		kg/m ³	

CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS

a) Cemento

$$\frac{\text{Volumen unitario del agua}}{\text{Relación agua - cemento}} = \frac{205}{0.460} = 445.3 \quad \text{kg/m}^3$$

b) Agua

$$205 \quad \text{Lts/m}^3$$

c) Aire

$$2\%$$

d) Grava

$$\text{Peso unitario compactado x Vol. del agregado} = 1019.45 \quad \text{kg/m}^3$$

$$\text{PUC} = 1593$$

$$\text{Vol. A.G} = 0.640$$

d) Arena

Cemento	445.3	kg/m ³	3150	kg/m ³
Agua	205	Lts/m ³	1000	Lts/m ³
Aire	2%		100	
Grava	1019.45	kg/m ³	2735	kg/m ³
Arena	-----			

Cemento	0.141	m ³		
Agua	0.205	m ³		
Aire	0.020	m ³		
Grava	0.373	m ³		
Arena	0.261	m ³		
	1.000	m ³		

$$\text{Peso específico x Vol. del agregado} = 685.54 \quad \text{kg/m}^3$$

Peso específico	2627
Vol. A.F	0.261

CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Condiciones secas:

Cemento	445.3	kg/m ³	
Agua	205	Lts/m ³	
Grava	1019.4	kg/m ³	
Arena	685.5	kg/m ³	

$$C = \text{Peso seco} (1 + \% \text{ humedad})$$

Arena $= 690 \left(1 + \frac{1.31}{100}\right)$ 694.53 kg/m ³		Grava $= 1019.4 \left(1 + \frac{0.93}{100}\right)$ 1028.95 kg/m ³
---	--	---

AGUA EFECTIVA

$$\text{Aporte} = \text{Peso seco} (\% \text{ humedad} - \% \text{ absorción})$$

Arena $= 690 \left(\frac{1.31 + 0.95}{100}\right)$ 2.52		Grava $= 1019.4 \left(\frac{0.93 + 0.96}{100}\right)$ -0.30
---	--	---

APORTE TOTAL =	2.2
----------------	-----

$$\text{Agua efectiva} = (\text{agua de diseño} - \text{aporte})$$

AGUA EFECTIVA =	202.8
-----------------	-------

CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento	445.3	kg/m ³	→	10.5	Bolsas
Agua	203	Lts	→	19.4	Lts/bolsa
Grava	1028.9	kg/m ³			
Arena	694.5	kg/m ³			

PROPORCIÓN EN PESO			
Cemento	Arena	Grava	Agua
445.3	694.5	1028.9	19.4
445.3	445.3	445.3	
1	1.56	2.31	19.4
			lts/bolsa

PROPORCIÓN EN VOLUMEN			
Materiales por bolsa			
Cemento	1	kg	42.5
Agua	19.35	lts/bolsa	19.35
Grava	2.31	kg	98.21
Arena	1.6	kg	66.3

Pesos unitarios sueltos húmedos

$PUSH = P.U. Suelto (1 + \% humedad)$

Arena	Grava
$= 1462 (1 + \frac{1.31}{100})$	$= 1437 (1 + \frac{0.93}{100})$
1480.78	1449.98
kg/m ³	kg/m ³

Peso por Pies cúbicos

Arena	Grava
$A.F = \frac{1480.78}{35.31 pie^3}$	$A.G = \frac{1449.98}{35.31 pie^3}$
41.94	41.06
kg/pie ³	kg/pie ³

VOLUMEN			
Cemento	Arena	Grava	Agua
42.5	66.3	98.21	19.4
42.5	41.94	41.06	
1	1.58	2.39	19.4
Bolsa	pie ³ /bolsa	pie ³ /bolsa	lts/bolsa

Fuente: Elaboración propia

Anexo 20 Datos de los agregados para el diseño



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Pag. 1 de 2

Tesista : Encajima Santamaría Christian
 Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 14 de Septiembre del 2022

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO:

- 1.- Tipo de cemento : Cemento Pórtland
- 2.- Peso específico : 3150 Kg/m^3

AGREGADOS :

Agregado fino :

- Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.
- 1.- Peso específico de masa : 2.627 gr/cm^3
- 2.- Peso específico de masa S.S.S. : 2.652 gr/cm^3
- 3.- Peso unitario suelto : 1462 Kg/m^3
- 4.- Peso unitario compactado : 1713 Kg/m^3
- 5.- % de absorción : 0.9 %
- 6.- Contenido de humedad : 1.3 %
- 7.- Módulo de fineza : 2.599

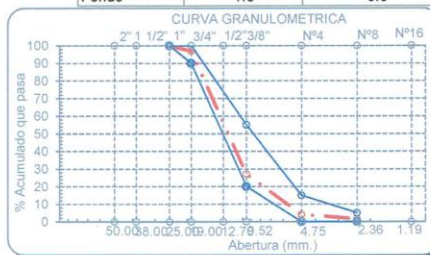
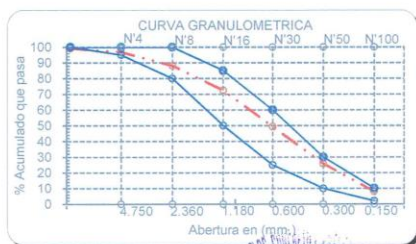
Agregado grueso :

- Cantera : Piedra -Tres Tomas-Ferreñafe.
- 1.- Peso específico de masa : 2.735 gr/cm^3
- 2.- Peso específico de masa S.S.S. : 2.762 gr/cm^3
- 3.- Peso unitario suelto : 1437 Kg/m^3
- 4.- Peso unitario compactado : 1593 Kg/m^3
- 5.- % de absorción : 1.0 %
- 6.- Contenido de humedad : 0.9 %
- 7.- Tamaño máximo : 1" Pulg.
- 8.- Tamaño máximo nominal : 3/4" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.7	99.3
Nº 04	2.3	96.9
Nº 08	8.7	88.2
Nº 16	15.8	72.4
Nº 30	23.0	49.4
Nº 50	23.5	25.9
Nº 100	17.9	8.0
Fondo	8.0	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	3.1	96.9
1/2"	0.0	96.9
3/8"	69.8	27.1
Nº 04	23.0	4.2
Nº 08	2.6	1.6
Nº 16	0.0	1.6
Fondo	1.6	0.0



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

Anexo 21 Diseño final

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Pag. 2 de 2

Expediente N° : Encajima Santamaria Christian
 Peticionario : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Obra : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 14 de Septiembre del 2022

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

F'c = 280 kg/cm²Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 3 Pulgadas
 Resistencia promedio a los 7 días : 198 Kg/cm²
 Porcentaje promedio a los 7 días : 71 %
 Resistencia promedio a los 14 días : 250 Kg/cm²
 Porcentaje promedio a los 14 días : 89 %
 Factor cemento por M³ de concreto : 10.5 bolsas/m³
 Relación agua cemento de diseño : 0.460

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	445 Kg/m ³	: Cemento Pórtland
Agua	203 L	: Agua Potable de la Zona.
Agregado fino	695 Kg/m ³	: Cantera La Victoria-Pátapo.
Agregado grueso	1029 Kg/m ³	: Piedra -Tres Tomas-Ferreñafe.

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
Proporción en peso :	1.00	1.56	2.31	19.4	Lts/pie ³
Proporción en volumen :	1.00	1.58	2.39	19.4	Lts/pie ³



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

ELABORACIÓN DE PROBETAS

Anexo 22 Mezcladora de concreto



Fuente: Galería propia

Anexo 23 Preparación de muestras cilíndricas y vigas de concreto de la muestra convencional y con adiciones



Fuente: Galería propia

Anexo 24 Ensayo de asentamiento de la mezcla de concreto patrón



Fuente: Galería propia

Anexo 25 Mezcla de concreto adicionado el alambre



Fuente: Galería propia

Anexo 26 Probetas elaboradas



Fuente: Galería propia

Anexo 27 Proceso de curado de las muestras



Fuente: Galería propia

ROTURAS DE PROBETAS

COMPRESIÓN DE PROBETAS PATRÓN F´C=280

Anexo 28 Rotura a compresión finales de la muestra patrón



Fuente: Galería propia

Anexo 29 Formato de ensayo a compresión de la muestra patrón



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Encajima Santamaria Christian
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 23 de Septiembre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/2022	23/09/2022	7	194
02	CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/2022	23/09/2022	7	201
03	CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/2022	23/09/2022	7	199
04	CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/2022	30/09/2022	14	250
05	CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/2022	30/09/2022	14	250
06	CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/2022	30/09/2022	14	249
07	CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/2022	14/10/2022	28	301
08	CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/2022	14/10/2022	28	300
09	CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/2022	14/10/2022	28	301

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

COMPRESIÓN DE PROBETAS CON INCORPORACIÓN DE 27 KG/M3

Anexo 30 Rotura a compresión finales de la muestra con adición de 27 kg/m³



Fuente: Galería propia

Anexo 31 Formato de ensayo a compresión del concreto con adición de 27 kg/m³ de alambre reciclado



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Encajima Santamaria Christian
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión :

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/2022	3/10/2022	7	247
02	CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/2022	3/10/2022	7	247
03	CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/2022	3/10/2022	7	243
04	CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/2022	10/10/2022	14	292
05	CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/2022	10/10/2022	14	262
06	CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/2022	10/10/2022	14	304
07	CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/2022	24/10/2022	28	326
08	CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/2022	24/10/2022	28	283
09	CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/2022	24/10/2022	28	336

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

COMPRESIÓN DE PROBETAS CON INCORPORACIÓN DE 30 KG/M3

Anexo 32 Rotura a compresión finales de la muestra con adición de 30 kg/m³



Fuente: Galería propia

Anexo 33 Formato de ensayo a compresión del concreto con adición de 30 kg/m³ de alambre reciclado



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Encajima Santamaria Christian
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión :

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/2022	4/10/2022	7	209
02	CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/2022	4/10/2022	7	235
03	CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/2022	4/10/2022	7	213
04	CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/2022	11/10/2022	14	255
05	CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/2022	11/10/2022	14	248
06	CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/2022	11/10/2022	14	285
07	CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/2022	25/10/2022	28	284
08	CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/2022	25/10/2022	28	278
09	CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/2022	25/10/2022	28	261

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

COMPRESIÓN DE PROBETAS CON ADICIÓN DE 35 KG/M3

Anexo 34 Rotura a compresión de de la muestra con adición de 35 kg/m3



Fuente: Galería propia

Anexo 35 Formato de ensayo a compresión del concreto con adición de 35 kg/m³ de alambre reciclado



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Encajima Santamaria Christian
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión :

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/2022	5/10/2022	7	217
02	CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/2022	5/10/2022	7	189
03	CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/2022	5/10/2022	7	178
04	CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/2022	12/10/2022	14	228
05	CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/2022	12/10/2022	14	223
06	CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/2022	12/10/2022	14	196
07	CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/2022	26/10/2022	28	210
08	CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/2022	26/10/2022	28	245
09	CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/2022	26/10/2022	28	248

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

FLEXIÓN DE PROBETAS PATRÓN F´C=280

Anexo 36 Rotura a flexión finales de la muestra patrón



Fuente: Galería propia

Anexo 37 Formato de ensayo a la flexión de la muestra patrón



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Encajima Santamaria Christian
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de presentación : Chiclayo, 23 de Septiembre del 2022
Norma : N.T.P. 399.078 - 2012 / MTC 709
Título : Resistencia a la flexión del concreto

Muestra Nº	Denominación de Espécimen	Fecha de	Fecha de	Carga (N)	Antigüedad del Espécimen	Módulo de Rotura (MPa)	Módulo de Rotura (Kg/cm ²)	Módulo de Rotura (Kg/cm ²) Promedio
		Vaciado	Ensayo					
01	CONCRETO PATRON 280 +0 kg/m ³ alambre reciclado	16/09/2022	23/09/2022	29125.602	7	3.5	35.73	36.45
02	CONCRETO PATRON 280 +0 kg/m ³ alambre reciclado	16/09/2022	23/09/2022	30106.262	7	3.6	36.93	
03	CONCRETO PATRON 280 +0 kg/m ³ alambre reciclado	16/09/2022	23/09/2022	29910.13	7	3.6	36.69	
04	CONCRETO PATRON 280 +0 kg/m ³ alambre reciclado	16/09/2022	30/09/2022	33538.572	14	4.0	41.14	41.06
05	CONCRETO PATRON 280 +0 kg/m ³ alambre reciclado	16/09/2022	30/09/2022	33048.242	14	4.0	40.54	
06	CONCRETO PATRON 280 +0 kg/m ³ alambre reciclado	16/09/2022	30/09/2022	33832.77	14	4.1	41.50	
07	CONCRETO PATRON 280 +0 kg/m ³ alambre reciclado	16/09/2022	14/10/2022	35990.222	28	4.6	46.82	45.92
08	CONCRETO PATRON 280 +0 kg/m ³ alambre reciclado	16/09/2022	14/10/2022	35499.892	28	4.4	45.28	
09	CONCRETO PATRON 280 +0 kg/m ³ alambre reciclado	16/09/2022	14/10/2022	35794.09	28	4.5	45.65	



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

FLEXIÓN DE PROBETAS CON ADICIÓN 27 KG/M3

Anexo 38 Rotura a flexión finales de la muestra con adición de 27 kg/m³



Fuente: Galería propia

Anexo 39 Formato de ensayo a flexión de la muestra con adición de 27 kg/m³



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Encajima Santamaria Christian
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de presentación : Chiclayo, 10 de Julio del 2022
Norma : N.T.P. 399.078 - 2012 / MTC 709
Título : Resistencia a la flexión del concreto

Muestra Nº	Denominación de Espécimen	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Carga (N)	Antigüedad del Espécimen	Módulo de Rotura (MPa)	Módulo de Rotura (Kg/cm ²)	Módulo de Rotura (Kg/cm ²) Promedio
01	CONCRETO PATRON 280 +27 kg/m ³ alambre reciclado	26/09/2022	3/10/2022	33048.242	7	4.0	40.54	40.26
02	CONCRETO PATRON 280 +27 kg/m ³ alambre reciclado	26/09/2022	3/10/2022	32852.11	7	4.0	40.30	
03	CONCRETO PATRON 280 +27 kg/m ³ alambre reciclado	26/09/2022	3/10/2022	32557.912	7	3.9	39.94	
04	CONCRETO PATRON 280 +27 kg/m ³ alambre reciclado	26/09/2022	10/10/2022	35401.826	14	4.3	43.43	43.91
05	CONCRETO PATRON 280 +27 kg/m ³ alambre reciclado	26/09/2022	10/10/2022	36186.354	14	4.4	44.39	
06	CONCRETO PATRON 280 +27 kg/m ³ alambre reciclado	26/09/2022	10/10/2022	35794.09	14	4.3	43.91	
07	CONCRETO PATRON 280 +27 kg/m ³ alambre reciclado	26/09/2022	24/10/2022	39030.268	28	4.7	47.88	47.16
08	CONCRETO PATRON 280 +27 kg/m ³ alambre reciclado	26/09/2022	24/10/2022	37755.41	28	4.5	46.32	
09	CONCRETO PATRON 280 +27 kg/m ³ alambre reciclado	26/09/2022	24/10/2022	38539.938	28	4.6	47.28	



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

FLEXIÓN DE PROBETAS CON ADICIÓN DE 30 KG/M3

Anexo 40 Rotura a flexión finales de la muestra con adición de 30 kg/m3



Fuente: Galería propia

Anexo 41 Formato de ensayo a flexión de la muestra con adición de 30 kg/m³



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Encajima Santamaria Christian
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de presentación : Chiclayo, 10 de Julio del 2022
Norma : N.T.P. 399.078 - 2012 / MTC 709
Título : Resistencia a la flexión del concreto

Muestra N°	Denominación de Espécimen	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Carga (N)	Antigüedad del Espécimen	Módulo de Rotura (MPa)	Módulo de Rotura (Kg/cm ²)	Módulo de Rotura (Kg/cm ²) Promedio
01	CONCRETO PATRON 280 + 30 kg/m ³ alambre reciclado	27/09/2022	4/10/2022	20103.53	7	2.4	24.66	24.74
02	CONCRETO PATRON 280 + 30 kg/m ³ alambre reciclado	27/09/2022	4/10/2022	20299.662	7	2.4	24.90	
03	CONCRETO PATRON 280 + 30 kg/m ³ alambre reciclado	27/09/2022	4/10/2022	20103.53	7	2.4	24.66	
04	CONCRETO PATRON 280 + 30 kg/m ³ alambre reciclado	27/09/2022	11/10/2022	24026.17	14	2.9	29.47	29.55
05	CONCRETO PATRON 280 + 30 kg/m ³ alambre reciclado	27/09/2022	11/10/2022	23928.104	14	2.9	29.35	
06	CONCRETO PATRON 280 + 30 kg/m ³ alambre reciclado	27/09/2022	11/10/2022	24320.368	14	2.9	29.83	
07	CONCRETO PATRON 280 + 30 kg/m ³ alambre reciclado	27/09/2022	25/10/2022	27556.546	28	3.3	33.80	34.13
08	CONCRETO PATRON 280 + 30 kg/m ³ alambre reciclado	27/09/2022	25/10/2022	27752.678	28	3.3	34.05	
09	CONCRETO PATRON 280 + 30 kg/m ³ alambre reciclado	27/09/2022	25/10/2022	28144.942	28	3.4	34.53	



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

FLEXIÓN DE PROBETAS CON ADICIÓN DE 35 KG/M3

Anexo 42 Rotura a flexión finales de la muestra con adición de 35 kg/m³



Fuente: Galería propia

Anexo 43 Formato de ensayo a flexión de la muestra con adición de 35 kg/m³



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Encajima Santamaria Christian
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de presentación: Chiclayo, 10 de Julio del 2022
Norma : N.T.P. 399.078 - 2012 / MTC 709
Título : Resistencia a la flexión del concreto

Muestra N°	Denominación de Espécimen	Fecha de	Fecha de	Carga (N)	Antigüedad del Espécimen	Módulo de Rotura (MPa)	Módulo de Rotura (Kg/cm ²)	Módulo de Rotura (Kg/cm ²) Promedio
		Vaciado	Ensayo					
01	CONCRETO PATRON 280 +35 kg/m ³ alambre reciclado	28/09/2022	5/10/2022	22064.85	7	2.7	27.07	27.03
02	CONCRETO PATRON 280 +35 kg/m ³ alambre reciclado	28/09/2022	5/10/2022	21770.652	7	2.6	26.71	
03	CONCRETO PATRON 280 +35 kg/m ³ alambre reciclado	28/09/2022	5/10/2022	22260.982	7	2.7	27.31	
04	CONCRETO PATRON 280 +35 kg/m ³ alambre reciclado	28/09/2022	12/10/2022	27066.216	14	3.3	33.20	32.96
05	CONCRETO PATRON 280 +35 kg/m ³ alambre reciclado	28/09/2022	12/10/2022	26575.886	14	3.2	32.60	
06	CONCRETO PATRON 280 +35 kg/m ³ alambre reciclado	28/09/2022	12/10/2022	26968.15	14	3.2	33.08	
07	CONCRETO PATRON 280 +35 kg/m ³ alambre reciclado	28/09/2022	26/10/2022	29910.13	28	3.6	36.69	36.73
08	CONCRETO PATRON 280 +35 kg/m ³ alambre reciclado	28/09/2022	26/10/2022	30204.328	28	3.6	37.05	
09	CONCRETO PATRON 280 +35 kg/m ³ alambre reciclado	28/09/2022	26/10/2022	29713.998	28	3.6	36.45	



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y concreto (USAT)

TABLAS RESUMEN DE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE LAS PROBETAS

Anexo 44 Resumen de las probetas a la resistencia a compresión de todas las edades

Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Dias	f'c (kg/cm ²)	Promedio	f'c 280
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	23/09/22	7	194	198	71 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	23/09/22	7	201		
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	23/09/22	7	199		
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	30/09/22	14	250	250	89 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	30/09/22	14	250		
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	30/09/22	14	249		
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	14/10/22	28	301	301	107 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	14/10/22	28	300		
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	14/10/22	28	301		
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	03/10/22	7	247	246	88 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	03/10/22	7	247		
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	03/10/22	7	243		
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	10/10/22	14	292	286	102 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	10/10/22	14	262		
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	10/10/22	14	304		
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	24/10/22	28	326	315	113 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	24/10/22	28	283		
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	24/10/22	28	336		
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	04/10/22	7	209	219	78 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	04/10/22	7	235		
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	04/10/22	7	213		
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	11/10/22	14	255	263	94 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	11/10/22	14	248		
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	11/10/22	14	285		
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	25/10/22	28	284	274	98 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	25/10/22	28	278		
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	25/10/22	28	261		
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	05/10/22	7	217	194	69 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	05/10/22	7	189		
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	05/10/22	7	178		
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	12/10/22	14	228	216	77 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	12/10/22	14	223		
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	12/10/22	14	196		
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	26/10/22	28	210	235	84 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	26/10/22	28	245		
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	26/10/22	28	248		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 45 Resumen de las probetas a la resistencia a flexión de todas las edades

Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Días	Módulo de rotura (kg/cm ²)	Promedio	f'c 280
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	23/09/22	7	35.73	36.45	13.02 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	23/09/22	7	36.93		
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	23/09/22	7	36.69		
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	30/09/22	14	41.14	41.06	14.67 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	30/09/22	14	40.54		
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	30/09/22	14	41.50		
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	14/10/22	28	46.82	45.92	16.40 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	14/10/22	28	45.28		
CONCRETO 280 kg/cm ² +0 kg/m ³ de alambre reciclado	16/09/22	14/10/22	28	45.65		
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	03/10/22	7	40.54	40.26	14.38 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	03/10/22	7	40.30		
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	03/10/22	7	39.94		
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	10/10/22	14	43.43	43.91	15.68 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	10/10/22	14	44.39		
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	10/10/22	14	43.91		
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	24/10/22	28	47.88	47.16	16.84 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	24/10/22	28	46.32		
CONCRETO 280 kg/cm ² +27 kg/m ³ de alambre reciclado	26/09/22	24/10/22	28	47.28		
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	04/10/22	7	24.66	24.74	8.84 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	04/10/22	7	24.90		
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	04/10/22	7	24.66		
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	11/10/22	14	29.47	29.55	10.56 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	11/10/22	14	29.35		
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	11/10/22	14	29.83		
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	25/10/22	28	33.80	34.13	12.19 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	25/10/22	28	34.05		
CONCRETO 280 kg/cm ² +30 kg/m ³ de alambre reciclado	27/09/22	25/10/22	28	34.53		
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	05/10/22	7	27.07	27.03	9.65 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	05/10/22	7	26.71		
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	05/10/22	7	27.31		
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	12/10/22	14	33.20	32.96	11.77 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	12/10/22	14	32.60		
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	12/10/22	14	33.08		
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	26/10/22	28	36.69	36.73	13.12 %
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	26/10/22	28	37.05		
CONCRETO 280 kg/cm ² +35 kg/m ³ de alambre reciclado	28/09/22	26/10/22	28	36.45		

Fuente: Elaboración propia

CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ALAMBRE EN KG POR CADA PORCENTAJE

Anexo 46 Cálculo de las cantidades de alambre por porcentaje indicado

DATOS GENERALES			
Probeta cilíndrica		Vigas	
D=	15 cm	B=	15 cm
H=	30 cm	H=	15 cm
V=	0.005 m ³	L=	48 cm
		V=	0.0108 m ³
CÁLCULO DE CANTIDAD DE ALAMBRE PARA ADICIÓN DE 27 KG/M ³			
27 kg	1 m ³	27 kg	1 m ³
x	0.005 m ³	x	0.011 m ³
X=	0.14 kg	X=	0.29 kg
Lo multiplicamos por 9 porque es la cantidad de probetas cilíndricas que se realizarán		Lo multiplicamos por 9 porque es la cantidad de vigas que se realizarán	
X=	1.3 kg	X=	2.6 kg
Total aproximado = 3.91 kg			

CÁLCULO DE CANTIDAD DE ALAMBRE PARA ADICIÓN DE 30 KG/M ³			
30 kg	1 m ³	30 kg	1 m ³
x	0.005 m ³	x	0.011 m ³
X=	0.16 kg	X=	0.32 kg
Lo multiplicamos por 9 porque es la cantidad de probetas cilíndricas que se realizarán		Lo multiplicamos por 9 porque es la cantidad de vigas que se realizarán	
X=	1.4 kg	X=	2.9 kg
Total aproximado = 4.35 kg			

CÁLCULO DE CANTIDAD DE ALAMBRE PARA ADICIÓN DE 35 KG/M ³			
35 kg	1 m ³	35 kg	1 m ³
x	0.005 m ³	x	0.011 m ³
X=	0.19 kg	X=	0.38 kg
Lo multiplicamos por 9 porque es la cantidad de probetas cilíndricas que se realizarán		Lo multiplicamos por 9 porque es la cantidad de vigas que se realizarán	
X=	1.7 kg	X=	3.4 kg
Total aproximado = 5.07 kg			

Fuente: Elaboración propia

MEDIDAS DE LAS PROBETAS A ENSAYAR

Anexo 47 Medición de las probetas cilíndricas y vigas



Fuente: Galería propia

PROBETAS CILINDRICAS Y VIGAS DESPUÉS DE SER ENSAYADAS

Anexo 48 Probetas cilíndricas luego de ser ensayadas



Fuente: Galería propia

Anexo 49 Vigas luego de ser ensayadas



Fuente: Galería propia

ENSAYO DE DURABILIDAD AL DESGASTE DEL CONCRETO (ABRASIÓN)

Anexo 50 Formato de ensayo de resistencia al desgaste

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

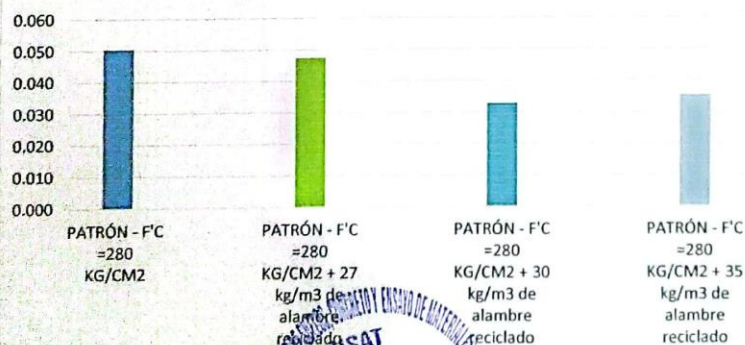
Tesista : Encajima Santamaria Christian
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión

Código : ASTM C944-12

Título Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method
(Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

	MUESTRAS	MASA DE MUESTRA (g)				DESGASTE (%)	PROMEDIO (%)
		Masa inicial	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo		
PATRÓN - F'C =280 KG/CM2	P1	943.97 g.	943.78 g.	943.61 g.	943.47 g.	0.05	0.050
	P2	959.98 g.	959.84 g.	959.66 g.	959.52 g.	0.05	
PATRÓN - F'C =280 KG/CM2 + 27 kg/m3 de alambre reciclado	A1	1038.53 g.	1038.23 g.	1038.08 g.	1037.97 g.	0.05	0.047
	A2	1100.70 g.	1100.51 g.	1100.38 g.	1100.25 g.	0.04	
PATRÓN - F'C =280 KG/CM2 + 30 kg/m3 de alambre reciclado	A1	993.09 g.	992.98 g.	992.92 g.	992.81 g.	0.03	0.033
	A2	1237.75 g.	1237.59 g.	1237.42 g.	1237.29 g.	0.04	
PATRÓN - F'C =280 KG/CM2 + 35 kg/m3 de alambre reciclado	A1	1062.66 g.	1062.44 g.	1062.37 g.	1062.25 g.	0.04	0.035
	A2	1032.69 g.	1032.54 g.	1032.44 g.	1032.36 g.	0.03	

PROMEDIO DE DESGASTE (%)



OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Fuente: Elaboración propia

PROCESO DE ELABORACIÓN DE ENSAYO DE ABRASIÓN

Anexo 51 Medición y corte de las muestras

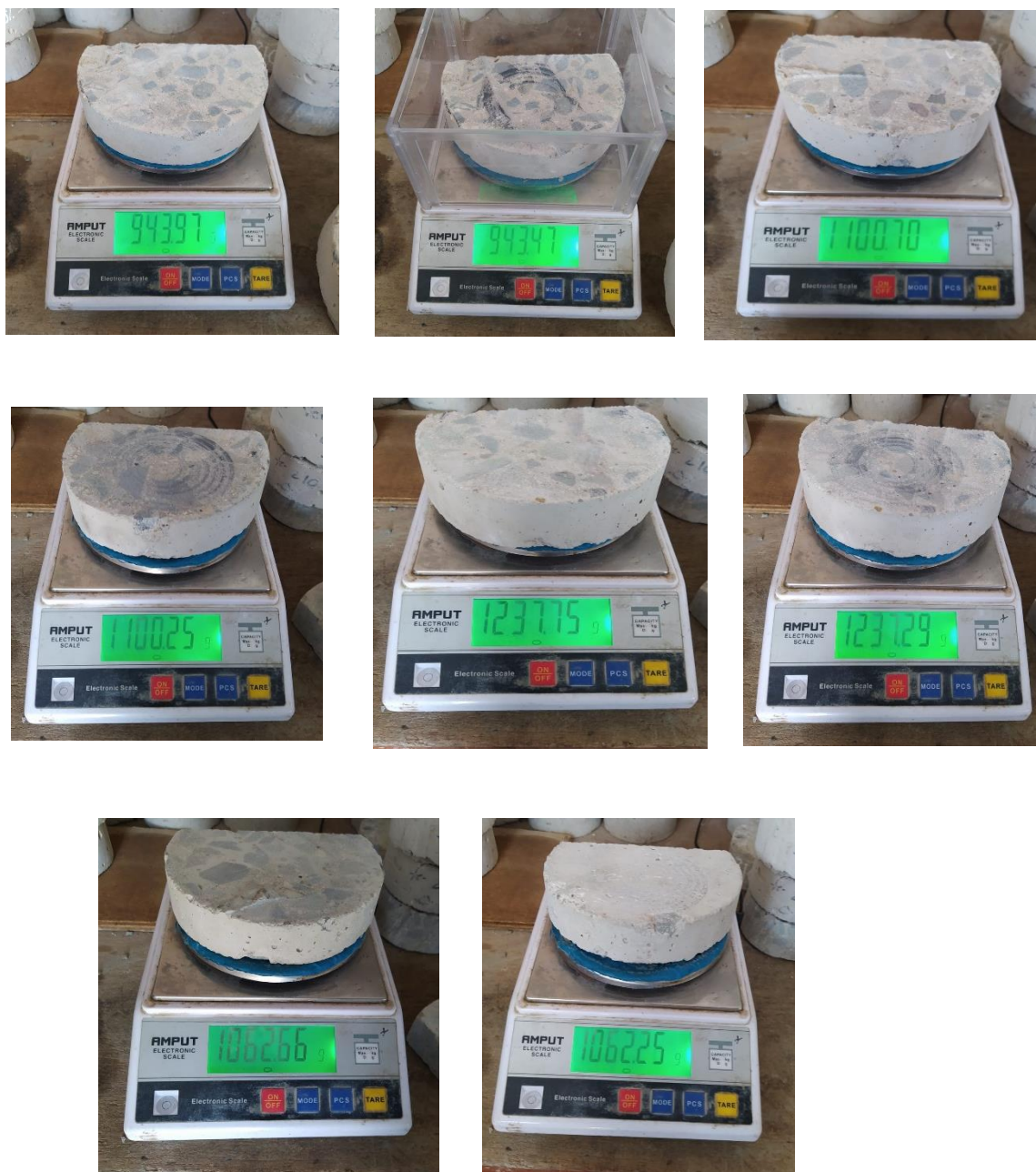


Fuente: Galería propia

Anexo 52 Máquina y rodillo giratorio



Fuente: Galería propia

Anexo 53 Masas de las muestras ensayadas

Fuente: Galería propia

ENSAYO DE DURABILIDAD DE AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN DEL CONCRETO (FISURACIÓN)

Anexo 54 Formato de ensayo de fisuración

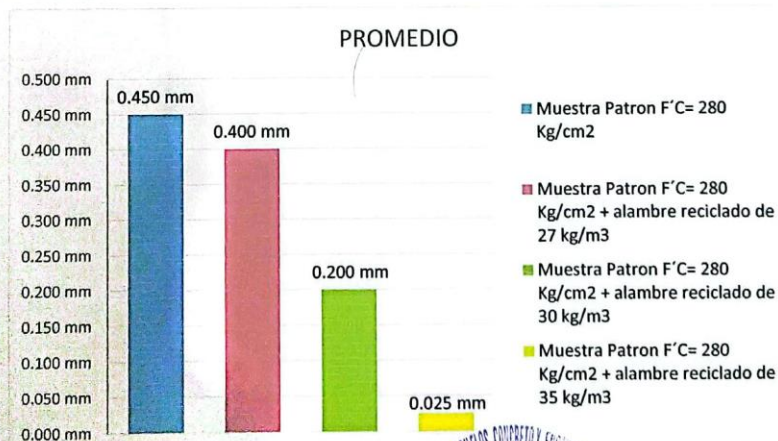
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Encajima Santamaria Christian
 Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Análisis de las propiedades físico - mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión :

Código : ASTM C1579 – 06

Título : Evaluating Plastic Shrinkage Cracking of Restrained Fiber Reinforced Concrete (Using a Steel Form Insert)
 Evaluación del agrietamiento por contracción plástica de fibra restringida. Concreto reforzado (usando un inserto de forma de acero)

FISURACIÓN		Muestra Patron F´C= 280 Kg/cm2	Muestra Patron F´C= 280 Kg/cm2 + alambre reciclado de 27 kg/m3	Muestra Patron F´C= 280 Kg/cm2 + alambre reciclado de 30 kg/m3	Muestra Patron F´C= 280 Kg/cm2 + alambre reciclado de 35 kg/m3
Muestras	Panel 1	0.50 mm	0.40 mm	0.30 mm	0.05 mm
	Panel 2	0.40 mm	0.40 mm	0.10 mm	0.00 mm
PROMEDIO		0.450 mm	0.400 mm	0.200 mm	0.025 mm



OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Elaboración propia

PROCESO DE ELABORACIÓN DE ENSAYO DE AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN PLÁSTICA

Anexo 55 Ensayo de asentamiento y preparación de los paneles



Fuente: Galería propia

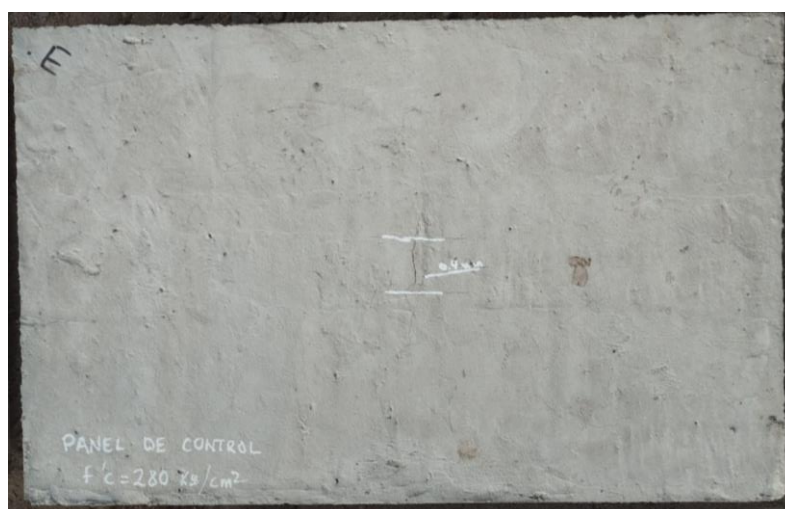
Anexo 56 Moldes de los paneles y máquina de ensayo



Fuente: Galería propia

Anexo 57 Medición de grietas con el fisuometro

Fuente: Galería propia

Anexo 58 Medida de fisuras de muestra patrón

Fuente: Galería propia

Anexo 59 Medición de fisuras de muestra con incorporación de 27, 30 y 35 kg/m³ de alambre

Fuente: Galería propia