



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas, para reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Calderón Villoslada, Wily

ASESOR:

Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

Lima – Perú

2018

PÁGINA DEL JURADO

Dedicatoria

A Dios, a mi madre Lindomira, quien es mi admiración y mi mayor motivación, a mi padre y a mis hermanos, que siempre me apoyaron y creyeron en mí.

Agradecimiento

Agradezco principalmente a Dios, por brindarme la vida, al Dr. Omart Demetrio Tello Malpartida, por haberme guiado en el presente trabajo de investigación.

Un agradecimiento muy especial a la Universidad César Vallejo por brindarnos la oportunidad de realizarnos como profesionales y sobre todo por formarnos como personas de bien.

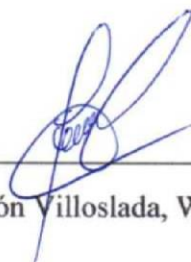
Declaratoria de Autenticidad

Yo, Wily Calderón Villoslada identificado con DNI: 74399133 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, facultad de ingeniería civil, declaro bajo juramento que toda documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, también declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en esta tesis son auténticos y veraces.

En tal motivo asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima 12 de diciembre de 2018



Calderón Villoslada, Wily

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Presentación	v
ÍNDICE	vi
Índice de tablas	ix
Índice de Figuras	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	2
1.2. Trabajos previos	2
1.2.1. Antecedentes nacionales	2
1.2.2. Antecedentes internacionales	6
1.3. Teorías relacionadas al tema	9
1.3.1. Concreto	9
1.3.2. Fibras de refuerzo	16
1.3.3. Pavimento	19
1.4. Formulación del problema	21
1.4.1. Problema general	21
1.4.2. Problemas específicos	21
1.5. Justificación del estudio	21
1.6. Hipótesis	22
1.6.1. Hipótesis general	22
1.6.2. Hipótesis específicas	22
1.7. Objetivo	22
1.7.1. Objetivo general	22
1.7.2. Objetivos específicos	22
II. METODOLOGÍA	23
2.1. Diseño de investigación	24
2.1.1. Método	24
2.1.2. Tipo de investigación	24

2.1.3.	Nivel	24
2.1.4.	Diseño	24
2.2.	Variable y operacionalización.....	24
2.2.1.	Variables.....	24
2.2.2.	Operacionalización.....	25
2.3.	Población y muestra.....	27
2.3.1.	Población	27
2.3.2.	Muestra.....	27
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	27
2.4.1.	Técnica	27
2.4.2.	Instrumentos de medición.....	27
2.4.3.	Validez.....	27
2.4.4.	Confiabilidad.....	27
2.5.	Método de análisis de datos	28
2.6.	Aspectos éticos	28
III.	RESULTADOS	29
3.1.	Diseño de mezcla	30
3.2.	Descripción.....	38
3.3.	Desarrollo del caso.....	39
3.3.1.	Diseño del pavimento.	39
3.3.1.1.	Diseño de pavimento rígido usando concreto convencional (sin fibras)	45
3.3.1.3.	Diseño de pavimento rígido, reforzando el concreto con 3% de fibras metálicas con respecto al volumen de los agregados.....	48
3.3.1.4.	Diseño del pavimento rígido, reforzando el concreto con fibras metálicas en un 5% con respecto al volumen de los agregados.....	50
3.4.	Gráficos.....	51
3.4.1.	Resistencia a la compresión (concreto convencional vs con fibras 1.00%).....	51
3.4.2.	Resistencia a la compresión (concreto convencional vs con fibras 3.00%).....	52
3.4.3.	Resistencia a la compresión (concreto convencional vs con fibras 5.00%).....	54
3.4.4.	Cuadro comparativo (todas las dosificaciones)	55
3.4.5.	Esfuerzo a la flexión (cuadro comparativo, todas las dosificaciones).....	57
3.4.6.	Espesor de losa para las distintas dosificaciones.....	58
3.5.	Contrastación de hipótesis.....	59
IV.	DISCUSIÓN.....	61
V.	CONCLUSIONES	64
VI.	RECOMENDACIONES	66
	REFERENCIAS	68

ANEXOS	71
---------------------	-----------

Índice de tablas

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables (independiente)	25
Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables (dependiente)	26
Tabla 3. Esfuerzo promedio requerido a compresión $F'c$ (kg/cm ²)	30
Tabla 4. Rango del asentamiento según la consistencia.....	30
Tabla 5. Cuadro de cubicación de agua, teniendo los asentamientos y el TMN.....	31
Tabla 6. Cuadro de relación agua/cemento para distintas resistencias.....	32
Tabla 7. <i>Interpolación para hallar el valor de la relación agua/cemento(a/c)</i>	32
Tabla 8. Volumen y especificaciones de los materiales a utilizar.....	33
Tabla 9. Dosificación de concreto por unidad cúbica	34
Tabla 10. Dosificación del concreto por tanda de prueba.	35
Tabla 11. Masa de cada dosificación de fibras metálicas a utilizar por cada metro.....	35
Tabla 12. Dosificación del concreto reforzado con fibras metálicas con 1.00% con respecto al volumen de los agregados (por tanda).....	36
Tabla 13. Dosificación del concreto reforzado con fibras metálicas con 3.00% con respecto al volumen de los agregados (por tanda).....	36
Tabla 14 . Dosificación del concreto reforzado con fibras metálicas con 5.00% con respecto al volumen de los agregados (por tanda).....	37
Tabla 15. Valores del Zr en función de la confiabilidad R	40
Tabla 16. Valores de la confiabilidad, en función al tipo de camino.	40
Tabla 17. Tabla para hallar el error estándar combinado (So)	41
Tabla 18. Índice de serviciabilidad inicial del pavimento.....	41
Tabla 19. Índice de serviciabilidad final del pavimento.....	41
Tabla 20. Coeficiente de drenaje del pavimento.	42
Tabla 21. Porcentaje de tiempo que el pavimento está próximo a la saturación.	42
Tabla 22. Valor del California Bering Ratio (CBR) en función del tipo de suelo.	43
Tabla 23. Coeficiente de distribución según el número de carriles	44
Tabla 24. Resumen de datos, para el diseño del pavimento rígido	44
Tabla 25. Resumen de datos, para el diseño del pavimento rígido convencional.....	45
Tabla 26. Cálculo del espesor de losa usando concreto convencional (sin fibras).....	46
Tabla 27. Cálculo del espesor de losa usando concreto reforzado con 1.00% de fibras con respecto al volumen de los agregados.....	47
Tabla 28. Cálculo del espesor de losa usando concreto reforzado con fibras metálicas en 3.00% con respecto al volumen de los agregados	49
Tabla 29. Cálculo del espesor de losa usando concreto reforzado con fibras metálicas en 5.00% con respecto al volumen de los agregados	50
Tabla 30. Cuadro de resumen del espesor de losa por cada dosificación.	51
Tabla 31. Datos de la resistencia a la compresión del concreto convencional el concreto con 1.00% de fibras metálicas con respecto al volumen de los agregados	51
Tabla 32. Datos de la resistencia a la compresión del concreto convencional el concreto con 3.00% de fibras metálicas con respecto al volumen de los agregados	53
Tabla 33. Datos de la resistencia a la compresión del concreto convencional el concreto con 5.00% de fibras metálicas con respecto al volumen de los agregados.	54
Tabla 34. Evolución de la resistencia a la compresión del concreto convencional (sin fibras metálicas) y los diseños con distintas dosificaciones de fibras metálicas	55

Índice de Figuras

Figura 1 Variación de la resistencia a la compresión entre una mezcla de concreto convencional y un concreto reforzado con fibras metálicas en 1.00% con respecto al volumen de los agregados... 52

Figura 2 Variación de la resistencia a la compresión entre una mezcla de concreto convencional y un concreto reforzado con fibras metálicas en 3.00% con respecto al volumen de los agregados... 53

Figura 3. Variación de la resistencia a la compresión entre una mezcla de concreto convencional y un concreto reforzado con fibras metálicas en 3.00% con respecto al volumen de los agregados... 54

Figura 4. Evolución de la resistencia a la compresión del concreto convencional (sin fibras metálicas) y los diseños con distintas dosificaciones de fibras metálicas. 56

Figura 5. Evolución de la resistencia a la flexión del concreto con las distintas dosificaciones..... 57

Figura 6. Variación del espesor de losa del pavimento para las distintas dosificaciones 58

RESUMEN

El fin del presente trabajo de investigación es diseñar un concreto reforzado con fibras metálicas, que permita reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias Lima. La finalidad de la incorporación de las fibras metálicas es, mejorar las propiedades mecánicas del concreto, haciendo a este material compuesto más resistente al esfuerzo de compresión y flexión.

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es, de disminuir el espesor de la losa de concreto del pavimento, para ello el concreto será reforzado con fibras metálicas, buscando así incrementar las propiedades mecánicas del mismo.

Las fibras metálicas tienen la capacidad de mejorar no solamente las propiedades mecánicas del concreto, sino muchos factores más. Las fibras aportan ductilidad al concreto, previniendo así la aparición de fisuras en la superficie de rodadura del pavimento.

El uso de concreto reforzado con fibras metálicas se viene utilizando cada vez con más frecuencia en el país, se utiliza desde pavimentos rígidos, hasta el reforzamiento de estabilidad en túneles, haciendo a este, un material cada vez con más demanda en el mercado de la construcción.

Esta investigación se enfocará en diseñar un concreto reforzado con fibras metálicas y a su vez se utilizará distintas dosificaciones de fibras, las dosificaciones estarán siempre en función del volumen de los agregados. Se elaborará distintas probetas para realizar nuestros ensayos en el laboratorio, los cuales con esos resultados se procederá al diseño del pavimento rígido y se verificará si, reforzando el concreto con fibras metálicas se logra disminuir el espesor de losa de un pavimento rígido.

Luego de haber realizado los ensayos de laboratorio y diseñado nuestro pavimento rígido, se verificó que el espesor de losa del pavimento rígido disminuía cada vez que se incrementaba la cantidad de fibras, tal es el caso que se tuvo un espesor de losa de 10 pulg. para un pavimento rígido diseñado con concreto convencional y un espesor de losa de 7.50 pulg. para un espesor de losa diseñado con concreto reforzado con 5% de fibras metálicas, con respecto al volumen de los agregados, esto indica que el espesor de losa se redujo en un 25% con respecto al espesor de losa diseñado con concreto convencional.

Palabras claves: Diseño, pavimento, resistencia, fibras, compresión, flexión.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to propose a concrete reinforced with metallic fibers, to be used as a rolling surface in a rigid pavement. The purpose of the use of metallic fibers is to improve the mechanical properties of concrete, making this composite material more resistant to compression and bending stress.

The main objective of this research work is to reduce the thickness of the concrete slab of the pavement, for this the concrete will be reinforced with metallic fibers, seeking to increase the mechanical properties of it.

Metallic fibers have the ability to improve not only the mechanical properties of concrete, but many other factors. The fibers provide ductility to the concrete, thus preventing the appearance of cracks in the surface of the pavement.

The use of concrete reinforced with metallic fibers has been used more and more frequently in the country, it is used from rigid pavements, to the strengthening of stability in tunnels, making this a material with more and more demand in the market.

This research will focus on designing a concrete reinforced with metal fibers and in turn will use different dosages of fibers, the dosages will always be based on the volume of the aggregates. Different test pieces will be prepared to carry out our tests in the laboratory, which with those results will proceed to the design of the rigid pavement and it will be verified if, reinforcing the concrete with metallic fibers it is possible to reduce the thickness of a rigid pavement.

After having carried out the laboratory tests and designed our rigid pavement it was verified that the thickness of the pavement of the rigid pavement diminished each time the number of fibers increased, such is the case that that the thickness of the slab was 10 in. for a rigid pavement designed with conventional concrete and a slab thickness of 7.50 in. For a thickness of slab designed with concrete reinforced with 5% of metallic fibers, with respect to the volume of the aggregates this indicates that the slab thickness was reduced by 25% with respect to the slab thickness designed with conventional concrete.

Keywords: Design, pavement, resistance, fibers, compression, flexion.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Cuando viajamos por las carreteras del Perú, es común encontrar deficiencias en su servicio, esta misma realidad se vive en los pavimentos de la ciudad de Lima.

El diseño estructural del concreto para pavimentos rígidos es un tema que debe tratarse con mucho profesionalismo, ya que de ello depende la serviciabilidad y la vida útil del pavimento. Para realizar el diseño se debe tener en cuenta muchos factores, tales como la calidad del terreno donde se va construir, los materiales a utilizar en la construcción, el tránsito vehicular, carga máxima de los vehículos pesados, entre otros. Los pavimentos de la ciudad de Lima tienen muchas deficiencias en su servicio, es lógico deducir que han sido diseñados de manera errónea o que han sido expuestos a cargas mayores a la carga máxima de diseño, por tal motivo en el presente trabajo de investigación daremos algunas alternativas de solución para este problema, ayudando así a mejorar las propiedades mecánicas del concreto reforzándolo con fibras metálicas, con la finalidad de disminuir el grosor del pavimento e incrementando su resistencia. Con esto podemos brindar un mejor servicio a la sociedad y por otro lado se prolongará la vida útil de los pavimentos.

1.2. Trabajos previos

A continuación, haré mención de las investigaciones realizadas a nivel nacional, para tener una idea más amplia acerca del tema.

1.2.1. Antecedentes nacionales

Guevara (2008), en su tesis titulada “Análisis comparativo del comportamiento del concreto simple con el concreto reforzado con fibras de acero Wirand”, para optar al título de Ingeniero Civil, mencionan lo siguiente:

“Adicionar fibras de acero Wirand al concreto, hace a este material compuesto reducir su trabajabilidad e incrementa su consistencia, por consiguiente, el Slump disminuye. Por lo general la trabajabilidad va disminuyendo en tanto se incrementa el factor de forma de la fibra Wirand empleada. Para evitar este inconveniente, se recomienda la utilización de un aditivo plastificante o fluidificante para el control del Slump sin que esto modifique la relación agua / cemento; en caso no se cuente con estos aditivos, entonces se debe modificar el diseño y por consiguiente el agua, de esa manera mantener el asentamiento deseado, siendo utilizado este último para la presente tesis”

El autor del trabajo de investigación que he citado anteriormente, tuvo como objetivo, comparar el comportamiento del concreto simple con el concreto reforzado con fibras de acero Wirand. Guevara concluyó que las fibras de acero Wirand tipo FF1, ayudan al concreto a comportarse mecánicamente de manera homogénea, garantizando un control eficaz de la fisuración.

Rodríguez (2009), en su tesis titulada “concreto en climas fríos, con uso de fibras de polipropileno e incorporador de aire”, para optar al grado de Ingeniero Civil, mencionan lo siguiente:

“Las fibras de polipropileno son utilizadas esencialmente como un refuerzo adicional, el cual su principal función es la de disminuir las grietas en la superficie del pavimento. Estas fibras de polipropileno son auténticos monofilamentos que se distribuyen totalmente en la mezcla del hormigón cuando se le agrega a la mezcla en planta o insitu”

El autor del trabajo de investigación que he citado anteriormente, tuvo como objetivo principal, diseñar un concreto para climas fríos, utilizando fibras de polipropileno e incorporador de aire, de tal manera que se pueda reducir las fisuras por contracción y proporcionar la resistencia necesaria al concreto el cual estará expuesto al hielo y deshielo. Él concluyó que el concreto reforzado con fibras de polipropileno aumenta su resistencia a la compresión aproximadamente en un 4% con respecto a un concreto sin refuerzo y en un 5% en su resistencia a la flexión.

Estoy de acuerdo con el autor, ya que las fibras deben ser usadas solo como refuerzo, no como parte del diseño. Las fibras por su parte deben cumplir la función de incrementar la resistencia del concreto y contribuir en la disminución de las fisuras en la superficie del concreto.

Mercado y Quispe (2014), en su trabajo titulado “Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la provincia de Huamanga - Ayacucho”, para optar al título de Ingeniero Civil, mencionan lo siguiente:

“La presencia de las fibras de acero en el concreto, altera las propiedades del concreto en su estado fresco, siendo notoria la reducción del Slump. El asentamiento de la mezcla disminuye de 31/4" a 3"; igual, se encuentra dentro de los rangos establecidos en la norma ASTM”

Los responsables del trabajo de investigación que he citado, tuvieron como objetivo general, Determinar cómo influye las fibras de acero en el concreto empleado para

pavimentos rígidos en la construcción de pistas en la provincia de Huamanga - Ayacucho. Ellos concluyeron que, al incorporar fibras de acero al concreto, hace que este reduzca su trabajabilidad, disminuyendo así el asentamiento de la mezcla (Slump), pero aun así se mantiene dentro de los rangos establecidos en la norma ASTM.

Coincido con el autor en su mención, ya que por la forma de las fibras o la manera en cómo se incorporan al concreto, estas alterarán sus propiedades del mismo y estando el concreto en estado fresco, el punto más afectado será su trabajabilidad. Para prevenir esto, se debe trabajar con la cantidad recomendada que oscila entre el 1.5 y el 2% con respecto del volumen total del concreto.

Montalvo (2015), en su tesis titulada “Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales”, para optar al título de Ingeniero Civil, menciona lo siguiente:

“Incorporar fibras al concreto, hace que este material compuesto tenga una ventaja en relación a las losas ejecutadas con concreto simple, dado que proporcionan resistencia en todas sus dimensiones gracias a la distribución tridimensional de las fibras, proporcionándolo al piso una mayor resistencia a las solicitaciones de carga durante su tiempo de servicio. No es necesario contar con mano de obra calificada para añadir la fibra al concreto pre mezclado, solo es necesario de un técnico que instruya al personal como máximo una semana, que es tiempo suficiente, para aprender la adecuada utilización de la fibra en el concreto”

El autor del trabajo de investigación citado anteriormente, ha tenido como objetivo, brindar información sobre el diseño y la ejecución del proceso constructivo de los pavimentos reforzados con fibras, cotejar las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF1, así como las longitudes de la misma. Por otro lado, también comparó el costo de la ejecución del proyecto en el tiempo de vida de ambos tipos de pavimento (reforzado con y sin fibras). Él llegó a la conclusión que las fibras ayudan a mejorar las propiedades del concreto, dándole así mayor resistencia al concreto en todas sus dimensiones.

Coincido con el autor cuando menciona que las fibras contribuyen resistencia en todas sus dimensiones, es deducible pensar eso, ya que las fibras se distribuyen de forma aleatoria y en todas direcciones, es lógico intuir que las fibras le darán una mayor consistencia al concreto y por ende una mayor resistencia.

Chapoñan y Quispe (2017), en su trabajo de investigación titulado “análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el a A.A.H.H. Villa María - nuevo Chimbote”, para optar al grado de Ingeniero Civil, mencionan lo siguiente:

“En relación a las pruebas a flexión se concluyó que para conseguir resultados excelentes se debe usar el 100% de la cantidad recomendada por el experto (fabricante), contribuyéndonos los valores más elevados en el ensayo de módulo de rotura, no obstante, para los ensayos donde se empleó el 115% del porcentaje de fibra recomendada, se verificó que también es posible su utilización, ya que cumple con los requisitos de diseño”

Los autores de la tesis que he citado anteriormente, tuvieron como objetivo general, examinar el comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico en el diseño de pavimentos rígidos reforzados con fibras de polipropileno en el A.A.H.H. Villa María – Nuevo Chimbote, ellos concluyeron que, para obtener mejores resultados se debe utilizar 100% del porcentaje de la cantidad que recomienda el fabricante, dándolos así los valores más elevados en el ensayo de módulo de rotura y en los ensayos a flexión, por otro lado, ellos también utilizaron la cantidad de 115% y observaron que se obtiene resistencias más alta aún, pero el problema con respecto a este porcentaje es que se disminuye la trabajabilidad.

La cantidad recomendada por el fabricante es del 2% respecto del volumen total del concreto, la cantidad óptima es la recomendada, ya que existe un equilibrio entre resistencia y trabajabilidad, al aumentar la cantidad recomendada se consigue elevar la resistencia, pero la trabajabilidad disminuye, por ende, la cantidad más eficiente es la del 2% respecto del volumen total.

García (2017), en su tesis titulada “Efecto de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Puno $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ”, para optar al grado de Ingeniero Civil, mencionan lo siguiente:

“Adicionando fibras de vidrio en porcentajes de 0.025%, 0.075% y 0.125%, la resistencia a la compresión es mayor a la del concreto normal, en todos los grupos de control y el costo de producción disminuye”

El autor del trabajo de investigación citado anteriormente, tuvo como objetivo general, examinar la resistencia a la compresión del concreto normal $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con

incorporación de fibras de vidrio y costo de producción. García concluyó que incorporando fibras de vidrio en porcentajes 0.025%, 0.075% y 0.125%, la resistencia a la compresión es mayor comparado con el concreto normal, en todos los grupos de control, también verificó que el costo de producción de este material disminuye.

En este trabajo de investigación el autor nos ha demostrado que los concretos reforzados con fibras son más resistentes que los concretos simples, por más mínima que sea la cantidad de fibra presente en el concreto, estas fibras ayudan a incrementar de manera notoria la resistencia a la compresión.

1.2.2. Antecedentes internacionales

Juárez (2002), en su trabajo de investigación titulada: “Concreto base cemento portland reforzado con fibras naturales (agave lechuguilla), como materiales para construcción en México”, para optar al grado de Doctor en Ingeniería, menciona lo siguiente:

“Las fibras largas tratadas con parafina y con 0.5% del volumen total del concreto, tienen la fortaleza para resistir esfuerzos mayores de tensión y flexión comparándolo con el concreto simple”.

La tesis anteriormente citada tuvo como objetivo describir una opción pertinente y factible para el crecimiento de la infraestructura y vivienda en los lugares de las zonas áridas y semiárida del país mexicano por medio de este material compuesto. Juárez llegó a la conclusión que: Las fibras de lechuguilla cuentan con las propiedades mecánicas adecuadas para ser utilizada como refuerzo en el concreto.

Una vez más se muestra que las fibras en el concreto ayudan a este a aumentar sus propiedades de resistencia tanto en flexión como en tensión. Es lógico deducir esto, ya que las fibras modifican de manera pertinente las propiedades del concreto.

Mármol (2010), en su tesis titulada: “Hormigones con fibras de acero, características mecánicas”, para optar al grado de Master en Ingeniería, nos dice que:

“La resistencia a la fuerza al esfuerzo cortante del concreto reforzado con fibras de acero, le permite a este adquirir un comportamiento dúctil, por lo que en caso de que la estructura sea impactada por fuerzas sísmicas, los daños serían menores sobre el mismo”.

Su objetivo principal de la tesis citada anteriormente fue: determinar la influencia que presenta la incorporación de fibras de acero al concreto, en lo que el autor hace de su

consideración las resistencias de: flexotracción, compresión, tenacidad – fatiga, resistencia al impacto como las características más importantes que debe presentar el concreto. Después de los ensayos necesarios y el análisis a los resultados, concluyó que, agregando fibras de acero al hormigón, no solo se optimiza las características mencionadas anteriormente, sino que también se modifica su falla, pasando de una falla frágil a una falla dúctil.

Lo que el autor nos quiere decir es que, las fibras en el concreto ayudan a mejorar la ductilidad del mismo, haciéndolo más resistente y por ende dicha estructura sufriría menos daños en caso de ataques de fuerzas sísmicas. Y por último, adicionando dichas fibras, se obtiene la falla deseada, que es la dúctil.

López (2015), en su trabajo de tesis titulada: “Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibras adicionado”, para optar al grado de Master en Ingeniería, menciona lo siguiente:

“Adicionar fibras de acero al y macrofibras de polipropileno al concreto ayuda de manera visible a mitigar la aparición de grietas en la superficie del pavimento, en tanto mayor sea la cantidad de fibras, menor es la cantidad, longitud y espesor de las grietas. Para porcentajes volumétricos similares de fibras, muestra de forma notoria que la para un mejor desempeño en el control de grietas la macrofibra de polipropileno es la mejor opción”

La tesis citada anteriormente tuvo como objetivo, conocer los efectos que tiene la incorporación de fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno al caracterizar de manera amplia las propiedades del concreto en estado fresco y sólido mediante la realización de las diversas pruebas de laboratorio utilizando varios modelos novedosos, para así poder analizar mucho mejor los efectos de dicha adición. López llegó a la conclusión que tanto las fibras de acero como las fibras de polipropileno ayudan al concreto a disminuir de manera notoria la aparición de grietas en la superficie del concreto, en tanto mayor sea la cantidad de fibras, menor será número, espesor y longitud de las fisuras. También notó que la macrofibra de polipropileno tiene un mejor desempeño que la fibra de acero en el control de grietas.

Lo que el autor nos trata de decir es que, comparando las fibras de acero con la macrofibra de polipropileno en la misma cantidad de volumen para ambos, la macrofibra de

polipropileno tiene un mejor desempeño al momento de prevenir o disminuir las grietas en el concreto.

Espinoza (2015), en su tesis titulada: “Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar”, para optar al grado de Magister en Ingeniería, nos dice lo siguiente:

“[...] se realizó ensayos con 1.5% de fibra. Este CRFN con este porcentaje se obtuvo los mejores resultados al momento de los ensayos mecánicos realizados a los especímenes en el laboratorio, pero no pudo igualar las resistencias obtenidas por el núcleo patrón. Llegando a la conclusión que no es recomendable utilizar el 1.5% de fibras para la construcción de elementos estructurales [...]”.

Dicha tesis tuvo como objetivo general, examinar el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras naturales en porcentajes de 2.5%, 5.0%, y 8.0% de fibras en relación al peso total del agregado grueso. Espinoza concluyó que ninguno de los porcentajes utilizados ayuda a incrementar las propiedades de resistencia del concreto, a medida que iba aumentando el porcentaje de fibras, las resistencias máximas disminuían, llegando así a concluir que el porcentaje óptimo de fibras es del 1.5% con respecto al volumen del agregado grueso.

Ramos en su trabajo de investigación titulado: “Aplicación de fibras estructurales a los pilotes tipo CPI 8”, para optar al grado de Master en Ingeniería, nos menciona lo siguiente:

“Reforzando el hormigón con fibras de acero se puede optimizar el tiempo de construcción, dado que ya no se contaría con la presencia de las barras de refuerzo tradicional, siendo así menor el tiempo de construcción” (Ramos, 2012, p. 67)

La tesis citada anteriormente tuvo como objeto, evidenciar la evolución que ha tenido en los últimos años el uso del concreto reforzado con fibras de acero. El autor concluyó que reforzar el concreto con fibras de acero, optimiza el tiempo de construcción a comparación de reforzar el concreto con barras de refuerzo tradicional. Esto podría generar además de un menor tiempo de construcción, una menor inversión.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Concreto

1.3.1.1. Definición del concreto

El concreto es un material compuesto utilizado en la construcción, que se elabora combinando cemento u otro conglomerante con piedra, arena, agua que al fraguar y posteriormente endurecerse da forma uno de los materiales más resistentes, sobre todo a compresión. En algunos países latinoamericanos este mismo material es conocido como hormigón.

1.3.1.2. Elementos del concreto

El concreto está compuesto por: cemento, agregados, agua, aire y en algunos casos aditivos. Cada uno de estos elementos cumple un rol fundamental en el comportamiento mecánico de este material. A continuación, se detalla cada uno de ellos.

1.3.1.2.1. Cemento

Este material es un conglomerante que se forma con la combinación de caliza y arcilla calcinada y posteriormente molida, que tiene como capacidad fundamental fraguar y endurecerse luego de ponerse en contacto con el agua. El producto resultante de la molienda de estas rocas adquiere el nombre de *Clinker* y luego de eso se le agrega una pequeña porción de yeso para que adquiera la propiedad de fraguar, convirtiéndose así en cemento.

En el Perú, para la elaboración del concreto el cemento que más se utiliza es el cemento portland, el cual a su vez existen diferentes tipos de cemento portland, los cuales se detallan a continuación.

1.3.1.2.1.1. Cemento tipo I

Esta clase de cemento tiene como destino usarse en obras de concreto en general, siempre y cuando no se detalle o se especifique la utilización de otro tipo de cemento. Este tipo de cemento es el que más calor de hidratación libera a comparación de los otros tipos de cemento.

En el Perú, este es el tipo de cemento más comercializado, debido a que su costo es menor a comparación de los demás tipos.

1.3.1.2.1.2. Cemento tipo II

Esta clase de cemento se caracteriza por tener una resistencia considerable al ataque de los sulfatos. Es el tipo de cemento que tiene como destino obras de concreto en general, donde se requiera una moderada resistencia a los sulfatos o donde se requiera un moderado calor de hidratación, siempre y cuando así sea especificado.

1.3.1.2.1.3. Cemento tipo III

Alta resistencia inicial, este tipo de cemento será utilizado cuando se requiera que la estructura sea expuesta a cargas en corto tiempo o cuando se requiera desencofrar a pocos días del vaciado.

1.3.1.2.1.4. Cemento tipo IV

Esta clase de cemento es utilizado donde se necesite bajo calor de hidratación, donde no se debe producir dilataciones en el tiempo de fraguado. Este tipo es el más adecuado para cuando se realizan vaciados de gran volumen (presas).

1.3.1.2.1.5. Cemento tipo V

Este tipo de cemento se utiliza cuando se requiera alta resistencia a la presencia de los sulfatos y cloruros, comúnmente se usa en construcciones cerca a las playas donde existe una elevada concentración de estos agentes salinos. Es pertinente utilizar este tipo de cemento en construcciones de canales, alcantarillas y obras portuarias.

Existen otros tipos de cemento, denominados CEMENTOS ADICIONALES, tales como: TIPO ICO, TIPO IMS, TIPO IHS, TIPO GU, los cuales no serán detallados, ya que guardan similitud con los tipos de cemento descritos anteriormente.

1.3.1.2.2. Agua

Es un elemento compuesto, es transparente, inodoro e insípida, que se encuentra en estado líquido siempre y cuando se esté a presión y temperatura estándar. Tiene una composición molecular de dos hidrógenos y un oxígeno (H_2O). Este líquido cuenta con una densidad de 1000 kg/m³ (agua dulce).

Cabe recalcar que el agua a utilizar para la producción del concreto debe ser potable, ya que se requiere que tenga bajos contenidos de sales, ácidos, álcalis y materias orgánicas. El

agua ayuda a mejorar la trabajabilidad del concreto, además de cumplir su función como hidratante.

1.3.1.2.3. Agregados

El agregado es un conjunto de partículas originado por la misma naturaleza, este un material granular lo cual puede ser arena, grava, piedra triturada o escoria.

Los agregados se clasifican básicamente en: Agregados gruesos y agregados finos.

1.3.1.2.3.1. Agregados gruesos

Los agregados gruesos se definen como los materiales que no pasan o quedan retenidos en el tamiz N4 (4.75mm)

1.3.1.2.3.2. Agregados finos

Los agregados finos es el material conformado por las partículas que pasan el tamiz N4.

1.3.1.2.4. Aditivos

Los aditivos son materiales que, al incorporarse en el concreto, modifican a este sus propiedades de manera prevista y controlada. Según la norma técnica peruana NTP 334, los define como: Producto incorporado al momento del amasado del concreto.

Los aditivos son productos que normalmente se disuelven en agua y posteriormente se adicionan al concreto al momento del mezclado, el porcentaje del aditivo no debe ser mayor al 5% con respecto al volumen del cemento, el cual su propósito principal es modificar las propiedades del concreto estando este en estado fresco.

Los aditivos se clasifican en:

1.3.1.2.4.1. Reductores de agua

Su principal función es reducir el agua del concreto, el cual se utiliza en climas fríos, donde el proceso de fragua es lento.

Características y beneficios

- ✓ Disminuye la cantidad de agua como mínimo en un 5%.
- ✓ Optimiza la trabajabilidad.
- ✓ Mejora la cohesión.

- ✓ Disminuye la tendencia a la segregación y al sangrado (en estado sólido).
- ✓ Mejora la resistencia a la compresión axial y a la flexión.
- ✓ Mejora la adherencia al acero de refuerzo.
- ✓ Disminuye la tendencia de fisuramiento.

1.3.1.2.4.2. Retardante de fragua

La principal función de este aditivo es retrasar el tiempo de fraguado. Se utiliza también para disminuir la pérdida de revenimiento y extender la trabajabilidad. Este aditivo es utilizado con mucha frecuencia en zonas de altas temperaturas.

1.3.1.2.4.3. Acelerante de fragua

Esta clase de aditivo permite que la solidificación y el fraguado del concreto se realicen en un intervalo de tiempo más corto. Se emplea usualmente cuando se desea desencofrar lo antes posible. Para esta clase de objetivo también se puede utilizar cementos de fraguado rápido.

Características y beneficios:

- ✓ Actúa acelerando la velocidad de reacción del cemento.
- ✓ Acelera el fraguado inicial.
- ✓ Acelera el desarrollo de las resistencias iniciales.
- ✓ Hace viable la construcción en zonas de bajas temperaturas.
- ✓ Totalmente exento de cloruros.

1.3.1.2.4.4. Reductor de agua y retardante.

Este producto reduce el agua del concreto y plastifica la masa de la mezcla, mejora las características del mismo tanto en estado plástico como endurecido.

Principales características:

- ✓ Disminuir el volumen del agua de la mezcla por lo menos en un 5%.
- ✓ Retrasa el tiempo de fraguado inicial.
- ✓ Incrementa la resistencia a la compresión axial en un 10% a los 28 días.
- ✓ Incrementa la durabilidad.

- ✓ Es aplicado en climas cálidos.
- ✓ Utilizado cuando el concreto se transportará a largas distancias.

1.3.1.3. Propiedades del concreto

La mezcla de concreto cuenta con dos estados: el estado fresco y el estado sólido (endurecido). Cada uno de estos tiene distintas características, las cuales se describen a continuación.

1.3.1.3.1. Estado fresco

Al comienzo el concreto parece una masa, es manejable y puede ser trabajado o moldeado de diferentes maneras y así se conserva durante la colocación y la compactación. Las propiedades fundamentales del concreto fresco son:

a) Trabajabilidad

Se define como el nivel de dificultad para moldear y colocar el concreto en estado fresco.

b) Estabilidad

Es el movimiento o flujo que se produce en la mezcla de concreto sin la intervención de fuerzas externas.

c) Compactibilidad

Es el nivel de facilidad con la cual puede compactarse el concreto en estado fresco.

d) Movilidad

Denominado como el nivel de dificultad del concreto para ser movilizado mediante fuerzas externas. Es evaluado en función a la viscosidad, cohesión y resistencia al corte.

e) Segregación

La existencia de diferencias entre las densidades de los materiales que componen el concreto, hacen que las partículas más pesadas desciendan y las más livianas asciendan, este fenómeno es conocido como segregación.

f) Exudación

Es la propiedad por la cual una parte del agua de la mezcla se separe de esta y ascienda, formando así una lámina de agua en la superficie del concreto.

1.3.1.3.2. Estado sólido (endurecido)

Este estado aparece justo después del fraguado y sus principales características son:

a) Elasticidad

Es la capacidad del concreto para deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente, es decir, luego de retirarse la acción de la carga o fuerza, el concreto vuelve a su estado natural.

b) Resistencia

Es la propiedad que muestran los materiales para soportar cargas y esfuerzos, siendo en el concreto esta se mejor propiedad.

La resistencia está estrechamente ligada con la cantidad de cemento, que está acostumbrado a expresarse en términos de relación agua/cemento.

c) Extensibilidad

Es la propiedad del concreto para ser deformado sin sufrir fisuras. Está definido en función de la deformación unitaria máxima que asume el concreto antes de fisurarse.

Esto depende de la elasticidad y del llamado flujo plástico, definido como la deformación que tiene el concreto bajo una carga constante en el tiempo.

1.3.1.4. Fisuración del concreto

“Las fisuras es una consecuencia directa de la poca resistencia a la tracción del concreto. Las fisuras también pueden aparecer debido a fuerzas de compresión y puede estar presente en todo tipo de estructuras. Las fisuras pueden manifestarse en años, semana, días o semanas debido a distintas causas. Esta patología afecta notoriamente la apariencia del concreto, sin embargo, también puede indicar fallas estructurales, ya que por ello agentes químicos pueden entrar en contacto con la armadura de la estructura y afectar la durabilidad. Sin embargo, también pueden significar nada o no peligrosas, solo se debe conocer la naturaleza y la causa de la misma. El nivel de peligro de las fisuras a tomar en cuenta, es cuando estas sobrepasan espesores o cuando están en determinados ambientes” (Montalvo, 2015, p. 07).

Existen distintos tipos de fisuras, tales como:

1.3.1.4.1. Fisuras transversales

Son grietas que predomina la dirección perpendicular al eje de la vía.

Causas posibles:

- Pronta fisuración por aserrado tardío.
- Espesor de calzada insuficiente y/o excesiva separación de juntas.

1.3.1.4.2. Fisuras longitudinales

Son fisuras con orientación predominante en dirección paralela al eje de la vía del pavimento.

Causas posibles:

- Pronta fisuración por aserrado tardío.
- Fisuración por fatiga, espesor de calzada insuficiente y/o separación de juntas excesivas.
- Asentamientos diferenciales.

1.3.1.4.3. Fisuras de esquina

Son la clase de fisura que intersecta una junta transversal con una longitudinal o borde de la calzada, generalmente en dirección de 45° al eje de la vía.

Causas posibles:

- Mala transferencia de carga.
- Ángulos agudos en las losas.
- Desgaste de soporte por erosión.

1.3.1.4.4. Fisuras por retracción o tipo malla

Fisuras que se limitan solo a la superficie del concreto. Con frecuencia las fisuras de mayor longitud se orientan en la misma dirección del eje de la vía y se encuentran intersectadas con fisuras más finas, que se distribuyen de manera aleatoria a lo largo de la superficie del pavimento.

Posibles causas:

- Mal curado del concreto.
- Excesivo amasado superficial del concreto.

- Malla que sirve como refuerzo, ubicado muy cerca de la superficie.

1.3.1.4.5. Fisuras en bloque

Agrietamiento que subdivide por lo general una porción de la losa en planos o bloques pequeños con un área menor a un metro cuadrado.

Posibles causas:

- Presencia continua de cargas pesadas (fatiga)
- Mal diseño estructural.
- Bajo en condiciones de soporte.

1.3.2. Fibras de refuerzo

1.3.2.1. Concepto

Las fibras son cintas longitudinales discontinuas con dimensiones relativamente pequeñas, puede ser de cualquier tipo de material ya sea acero, metal, vidrio, naturales plástico, etcétera. La fibra al ser añadida a la mezcla de concreto mejora las propiedades del mismo.

Las fisuras se añaden al concreto en porcentajes de oscilan entre el 0.5 % y el 2.0% y han mostrado eficiencia en el control de la fisuración por contracción.

A continuación, se detallan los tipos de fibras mencionadas anteriormente.

1.3.2.1.1. Fibras de acero

Las fibras de acero son cintas pequeñas longitudinales y discontinuas, esbeltos. Estas fibras muestran un módulo de elasticidad considerablemente elevado, el cual ayuda a la matriz del concreto a tener una mejor adherencia.

Estas fibras se usan comúnmente en pavimentos de aeropuertos, en tableros de puentes, autopistas y pisos industriales

1.3.2.1.2. Fibras de vidrio

Esta fibra ayuda a incrementar la durabilidad del concreto, ayuda a incrementar la rigidez del mismo. Este tipo de fibra reduce la probabilidad de infiltración del hidróxido de calcio. Una de las mejores aplicaciones de las fibras de vidrio al concreto, es la producción de paneles de fachada.

1.3.2.1.3. Fibras sintéticas

Este tipo de fibra es elaborada por el hombre, bajo un proceso industrial, estas son el desarrollo de las industrias petroquímicas y textiles. Las fibras sintéticas pueden disminuir la contracción plástica y por consecuencia el agrietamiento, además pueden ayudar al concreto después del fisuramiento. Estas fibras se utilizan generalmente en tabloncillos de cemento, tejas, concreto pretensado, mortero, entre otros.

1.3.2.1.4. Fibras naturales

En la antigüedad, antes de la llegada de la armadura convencional, los ladrillos de barro eran elaborados y reforzados con paja y crin de caballo, dándoles así una mejor adherencia y una mayor resistencia a la flexión, evitando así la temprana aparición de fisuras.

Uno de los puntos más fuertes del uso de este material de refuerzo es su bajo costo, solo se necesitaría mano de obra de las personas pertenecientes al pueblo o localidad donde se ejecutará la obra, ya que no sería muy conveniente reforzar con este tipo de fibras en la ciudad, debido a que sería igual o mayor su costo por el factor de transporte.

1.3.2.1.5. Sistema múltiple de fibras

Este sistema es un sistema mixto en el cual participan todas las fibras antes mencionadas, desde las naturales hasta las más procesadas industrialmente por el hombre.

1.3.2.2. Las fibras en el concreto

Su punto más fuerte de las fibras de acero es su alto módulo de elasticidad, por ende, su alta resistencia, por otro lado, su parte más débil es la corrosión, pero esto es prevenido gracias a que está envuelto por el propio concreto. Se aconseja que el borde de la fibra sea rugoso, para que cuando entre en contacto con el hormigón se adhiera eficientemente.

Las propiedades del concreto reforzado con fibras metálicas, dependen de las dimensiones de la fibra, porcentaje en la mezcla y la rugosidad de la misma.

“para una determinada mezcla, el grado de solidificación influye en la capacidad de resistencia y en algunas otras propiedades de los materiales endurecidos, tal como sucede en el concreto simple, por eso es recomendada la compactación por vibración en la mayoría de las aplicaciones. Por ello es recomendable medir la trabajabilidad de la mezcla, ya sea por el slump o cono invertido” (Montalvo, 2015, p. 20).

A continuación, se detallan las características más resaltantes del concreto reforzado con fibras metálicas. Como mejora algunas de las propiedades cuando se refuerza al concreto con fibras metálicas.

1.3.2.2.1. La ductilidad

Las fibras metálicas adicionadas al concreto han mostrado de manera notoria que son capaces de incrementar la resistencia dúctil del concreto.

La ductilidad es la capacidad que tienen los materiales de absorber la energía producida normalmente por fuerzas externas.

1.3.2.2.2. Resistencia a la fatiga

Gracias a una mejor distribución de esfuerzos que logra la incorporación de fibras metálicas. El concreto reforzado con fibras metálicas, asegura una mayor resistencia a cargas que perduran en el tiempo. Reforzar el concreto con fibras metálicas esta propiedad de 1.2 a 2 veces más que el concreto simple.

1.3.2.2.3. Resistencia a la fuerza cortante

Las fibras metálicas brindan al concreto una mayor resistencia al esfuerzo cortante que es fundamental en la construcción de pisos, ya sea en el ámbito industrial como el comercial. Contando con este tipo de refuerzo se puede prescindir de otra clase de refuerzos que suelen ser de costo elevado o muy lento su construcción.

1.3.2.2.4. Resistencia al impacto

Para incrementar la resistencia al impacto, las fibras metálicas en la opción más óptima, las fibras incrementan esta propiedad entre 15 a 20 veces más lo que el concreto normal resiste.

1.3.2.2.5. Resistencia a la abrasión

Las fibras metálicas no brindan un incremento notorio en la resistencia a la abrasión, ya que esto sucede en la superficie del pavimento y las fibras se ubican por debajo de la parte superficial. Para incrementar la resistencia a la abrasión se recomienda que la parte superficial del pavimento quede bien pulido.

1.3.3. Pavimento

El pavimento es un conjunto de capas de material seleccionado, que conforma el suelo de una construcción o de una superficie, esta recibe de manera directa las cargas de los vehículos y las transmite a las capas inferiores de forma distribuida.

Las principales condiciones para un correcto funcionamiento de un pavimento son las siguientes: trazo horizontal, trazo vertical, ancho, resistencia adecuada a las cargas y evitar fallas y fisuras, además debe tener una correcta adherencia entre los vehículos y la superficie del pavimento, aun estando en condiciones húmedas.

Existen básicamente tres tipos de pavimentos: pavimentos rígidos, pavimentos flexibles y pavimentos mixtos.

1.3.3.1. Pavimento flexible

Este pavimento es de material asfáltico y recibe este nombre debido a que tienen la propiedad de flexionarse con facilidad. Este tipo de pavimento es mucho más económico a comparación del rígido al momento de la construcción, pero es mucho más costoso al momento del mantenimiento.

Esta clase de pavimento se utiliza en zonas de mucho tránsito, como estacionamientos, calles, entre otros.

1.3.3.2. Pavimento mixto

Este pavimento es la combinación del pavimento rígido con el flexible. Normalmente la parte rígida se ubica en la capa inferior y la parte flexible se encuentra en la parte superior. Este tipo de pavimento, debido a su alta resistencia de la parte rígida, puede soportar grandes cargas, tales como camiones o aviones.

1.3.3.3. Pavimento rígido

Es un pavimento constituido básicamente de concreto, está dotado de una losa de cemento hidráulico. Estos tienen la capacidad de soportar cargas pesadas gracias a su base de concreto. Este tipo de pavimento es económico a la hora del mantenimiento. Además, al ser muy resistente puede ser utilizado durante mucho tiempo. Son muy utilizados en las fábricas, ciudades, aeropuertos, etcétera.

En el presente trabajo de investigación nos enfocaremos solamente en este tipo de pavimento, ya que es el pavimento de interés del presente estudio.

Las capas que conforman un pavimento rígido son: sub - rasante, sub - base y losa o superficie de rodadura.

1.3.3.3.1. Sub – rasante

Es la parte o capa de terreno natural del pavimento, esta recibe toda la carga, del vehículo y el propio peso del pavimento. Esta parte del pavimento puede estar formada en corte o relleno dependiendo del trazo.

El espesor del pavimento dependerá fundamentalmente de la calidad del terreno natural, por la que ésta debe cumplir con los requisitos de diseño.

1.3.3.3.2. Sub - base

Es la capa del pavimento asignado fundamentalmente para soportar, transmitir y distribuir de manera uniforme las cargas que recibe el pavimento, de esta manera la sub-rasante puede recibir de una mejor forma las cargas y absorberlas de manera eficiente.

Esta parte del pavimento también se utiliza como capa de drenaje y cumple la función de controlar la ascensión capilar del agua, protegiendo de esta manera la estructura del pavimento, por lo que comúnmente se usan materiales granulares.

En zonas de heladas se debe tener en cuenta este tipo de fenómeno, ya que por sus bajas temperaturas, hace que el agua que se encuentra en el interior del pavimento se hinche, causado por el congelamiento, lo que podría generar muchas fallas en la estructura del pavimento.

1.3.3.3.3. Superficie de rodadura (losa)

Es la parte superior de la estructura del pavimento, está constituido con concreto hidráulico, debido a que esta parte de la estructura cuenta con una rigidez y módulo de la elasticidad son elevados, ya que no se cuentan con sub-base basan su capacidad del pavimento en esta parte del mismo, que es la encargada de distribuir de manera uniforme las cargas de los vehículos.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿Cómo se puede mejorar las propiedades mecánicas del concreto, con la finalidad de disminuir el espesor del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cómo diseñar un concreto con alta resistencia al esfuerzo de compresión, con el objetivo de disminuir el espesor del pavimento rígido?
- ¿cómo diseñar un concreto con alta resistencia al esfuerzo de flexión, con el objetivo de disminuir el espesor del pavimento rígido?

1.5. Justificación del estudio

La finalidad del presente trabajo de investigación es incorporar fibras metálicas al concreto con el propósito de mejorar sus propiedades mecánicas, dándole así mayor resistencia al esfuerzo de compresión y flexión, con el objetivo de reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias – Lima y de esa manera también proponer alternativas para mejorar la serviciabilidad de las obras viales (carreteras) de la ciudad de Lima.

Una de las problemáticas a resolver en el presente trabajo de investigación, es reducir la altura del pavimento, ya que se prevé que las fibras metálicas benefician al incremento de la resistencia del concreto, haciendo que este necesite de menos altura para alcanzar su resistencia requerida y también haciendo el uso de menos material para su construcción. Por otro lado, también se desea combatir el problema de agrietamiento o fisuras que aparecen en los pavimentos rígidos de la ciudad de Lima. Este proyecto tiene la necesidad de realizarse, debido a que los pavimentos rígidos de la ciudad en mención tienen muchas deficiencias, sobre todo en su resistencia a la compresión y flexión y, se tiene como propósito dar alternativas de solución.

Esta investigación es oportuna realizarse a este tiempo, debido a que actualmente las vías de la ciudad de Lima cuentan con demasiados defectos, como la aparición de grietas en la superficie de rodadura, cuarteos, los cuales derivan a un problema mayor, como por ejemplo a la aparición de baches, pequeñas deformaciones, los cuales hacen que el servicio

vial sea de muy baja calidad. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación tiene como finalidad proponer alternativas de solución, factibles y económicas para dichos problemas.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El diseño del concreto reforzado con fibras metálicas, permite reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias – Lima

1.6.2. Hipótesis específicas

- Reforzando el concreto con fibras metálicas, se logra incrementar su resistencia al esfuerzo de compresión.
- Reforzando el concreto con fibras metálicas, se logra incrementar su resistencia al esfuerzo de flexión.

1.7. Objetivo

1.7.1. Objetivo general

Diseñar un concreto reforzado con fibras metálicas que permita reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima.

1.7.2. Objetivos específicos

- Diseñar un concreto de alta resistencia al esfuerzo de compresión, reforzado con fibras metálicas, con la finalidad de reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias.
- Diseñar un concreto de alta resistencia al esfuerzo de flexión, reforzado con fibras metálicas, con la finalidad de reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias.

II. METODOLOGÍA

2.1. Diseño de investigación

2.1.1. Método

La presente investigación se basará en el método científico debido a que presenta un problema y por ende se buscará alternativas de solución.

2.1.2. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicativo ya que pone en práctica diversos conocimientos, tanto físicos como matemáticos y que el resultado sea para provecho de la sociedad.

2.1.3. Nivel

El nivel del presente trabajo de investigación es de nivel descriptivo al principio, para luego ser explicativa, ya que se explicará los resultados de sus análisis.

2.1.4. Diseño

La presente investigación es de carácter experimental, dado que las variables pueden ser manipuladas. Se deduce el tipo de relación existente en las variables y también se analiza el fenómeno tal cual es presentado, por ende, es necesario realizar experimentos.

2.2. Variable y operacionalización.

2.2.1. Variables

2.2.1.1. Variable independiente: Incorporación de fibras metálicas.

2.2.1.2. Variable dependiente: Disminución del espesor del pavimento rígido.

2.2.2. Operacionalización

Tabla 1 *Matriz de operacionalización de variables (independiente)*

Variable independiente	Dimensiones	Definición conceptual	Definición operacional	indicadores	Instrumento
Incorporación de fibras metálicas	Dosificación de las fibras metálicas	La medición de la cantidad de las fibras metálicas en muy importante, ya que de esa manera sabemos con qué cantidad estamos trabajando.	La medición se realizará mediante pruebas, se tomará muy en cuenta las medidas de los trabajos previos	Porcentaje de fibras metálicas con respecto al volumen total de la mezcla (1%).	La prueba del dosaje porcentual de las fibras metálicas con respecto al volumen total de la mezcla
				Porcentaje de fibras metálicas con respecto al volumen total de la mezcla (3%).	La prueba del dosaje porcentual de las fibras metálicas con respecto al volumen total de la mezcla
				Porcentaje de fibras metálicas con respecto al volumen total de la mezcla (5%).	La prueba del dosaje porcentual de las fibras metálicas con respecto al volumen total de la mezcla

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 2 *Matriz de operacionalización de variables (dependiente)*

Variable Dependiente	Dimensiones	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumento
Disminuir el espesor del pavimento	Resistencia a la compresión	Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Se realiza en especímenes de forma cilíndrica para determinar su comportamiento bajo fuerzas de compresión.	Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días.	Ensayo de resistencia del concreto a los 7 días.
				Resistencia a la compresión del concreto a los 14 y 28 días.	Ensayo de resistencia a la compresión del concreto a los 14 y 28 días.
	Resistencia a la flexión	Propiedad de los materiales para resistir a las fuerzas de flexión.	Esfuerzo de un material antes que se agriete o se rompa en un ensayo a flexión.	Resistencia a la flexión del concreto	Ensayo de resistencia a la flexión del concreto.

Fuente: *Elaboración propia*

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Evaluación de las fisuras en la Av. Miguel Iglesias, San Juan de Miraflores – Lima.

2.3.2. Muestra

Ludewig, manifiesta lo siguiente acerca de la muestra:

“Una muestra en un sub conjunto de la población el cual requiere que sea representativa de esta última para poder determinar los rasgos, características y propiedades de la población. [...]”. (SF, p. 2).

La muestra es parte de la población que la representa de la mejor manera, en el presente proyecto investigación, la muestra sería 10 cuadras de 100 m de longitud cada una, que vendría a ser 1 km. de la Av. Miguel Iglesias, San Juan de Miraflores – Lima.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnica

En esta investigación se realizará un registro de naturaleza cuantitativa, mediante los gráficos que se obtendrán en los ensayos de laboratorio.

2.4.2. Instrumentos de medición

- Aparatos para medir la resistencia a la compresión, flexión y tracción.
- La curva granulométrica.

2.4.3. Validez

El presente estudio será validado, cuando se realice los ensayos en laboratorio. Se realizará dos muestras de concreto con dimensiones de 1m x 1m, uno sin reforzar y el otro reforzado con fibras metálicas e iremos observando su comportamiento en el tiempo.

2.4.4. Confiabilidad

La confiabilidad debe tener una estrecha similitud con la predictibilidad de los resultados. La confiabilidad cuando se presente los certificados y las especificaciones técnicas de calibración de los equipos utilizados en los ensayos.

2.5. Método de análisis de datos

El método de análisis comenzará justo después de obtener los resultados de las pruebas realizadas en laboratorio.

El método que se usará en el presente estudio es el cualitativo.

2.6. Aspectos éticos

Como futuros profesionales, al momento de realizar esta investigación debemos tener una buena conducta ética y moral y siempre respetar los valores básicos.

Trabajar por el bien de uno mismo y por el bien de la sociedad.

III. RESULTADOS

3.1. Diseño de mezcla

Antes de ejecutar los ensayos a compresión y flexión se debe realizar el diseño de mezcla, para que de esa manera se tenga todas las proporciones de los materiales a utilizar. El diseño de mezcla se realizará basado en el ACI 211.

- **Cálculo de la resistencia a la compresión requerida (F'_{cr})**

A continuación, se muestra una tabla con el promedio requerido según el F'_c .

Tabla 3. *Esfuerzo promedio requerido a compresión F'_c (kg/cm²)*

F'_c especificado	F'_{cr} (kg/cm ²)
< 210	$F'_c + 70$
210 a 350	$F'_c + 84$
> 350	$F'_c + 98$

Fuente: *Norma ACI comité 211*

En el presente trabajo de investigación se trabajará con un $F'_c = 280$ kg/cm² por ende el $F'_{cr} = 364$ kg/cm².

- **Selección del tamaño máximo nominal (TMN) (Norma E0.60)**

El TMN se determina analizando la malla menor por la cual pasa la mayor parte del agregado, la misma malla debe retener un porcentaje entre un mínimo de 5% y un máximo de 15%. Para el agregado usado en el presente trabajo de investigación, se tendrá un TMN de 3/4".

- **Selección del asentamiento**

A continuación, mostramos una tabla con los rangos de slump según la consistencia del concreto a utilizar.

Tabla 4. *Rango del asentamiento según la consistencia.*

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
SECA	0" (0mm) a 2" (50mm)
PLASTICA	3" (75mm) a 4" (100mm)
FLUIDA	> 5" (125mm)

Fuente: *Norma ACI comité 211*

Para este trabajo de investigación se utilizará Un Slump de 3 1/2”

- **Selección del volumen unitario de agua**

A continuación, se muestra la siguiente tabla, con la cual se determinará la cantidad de agua necesaria por metro cúbico según el asentamiento y el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Tabla 5. Cuadro de cubicación de agua, teniendo los asentamientos y el TMN.

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”	221	208	195	189	181	169	145	124
6” a 7”	243	228	216	292	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1” a 2”	181	175	168	160	150	142	122	107
3” a 4”	202	197	184	175	165	157	133	119
6” a 7”	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: *Norma ACI comité 211*

Anteriormente se ha determinado un slump de 3 1/2" y un tamaño máximo nominal de 3/4" y para el presente diseño se utilizará un concreto sin aire incorporado, con estos datos vamos a la tabla y tenemos lo siguiente:

Se utilizará 195 litros de agua por cada metro cubico de concreto, para el presente trabajo de investigación.

- **Selección de la relación agua/cemento**

La relación agua/cemento se determina usando tablas, esto está relacionada con el F'_{cr} .

Tabla 6. Cuadro de relación agua/cemento para distintas resistencias.

F'_{cr} (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: Norma ACI comité 211

Para el presente trabajo de investigación se tiene un $F'_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$, este valor no se ubica de manera directa en la tabla, así que se debe de interpolar para poder hallar el valor exacto de la relación agua/cemento.

Tabla 7. Interpolación para hallar el valor de la relación agua/cemento(a/c).

F'_{cr}	364 kg/cm ²
F'_{cr}	a/c
350	0.48
364	X
400	0.43

$$\frac{400 - 364}{400 - 350} = \frac{0.43 - 0.48}{0.43 - X}$$

a/c	0.454
-----	--------------

Fuente: Elaboración propia

- **Contenido de cemento**

El contenido de cemento se determina mediante la cantidad de agua a utilizar dividido por la relación agua/cemento.

$$\text{contenido de cemento} = \frac{\text{Cantidad de agua}}{\text{Relación } \frac{A}{C}}$$

$$\text{contenido de cemento} = \frac{195}{0.45}$$

$$\text{contenido de cemento} = 433.33 \text{ kg.}$$

- **Cantidad de aire atrapado**

Para el presente trabajo de investigación se tendrá un volumen de aire atrapado de 2.0%

- **Cálculo del volumen de los agregados**

Tabla 8. *Volumen y especificaciones de los materiales a utilizar.*

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO				
Cemento sol tipo I	3110 kg/m ³	0.1393 m ³				
Agua	1000 kg/m ³	0.195 m ³				
Fibra metálica	1548.7 kg/m ³	---				
Aire	---	0.020 m ³				
---	---	---	Humedad	absorción	mód. fineza	p.u. suelto
Agregado grueso	2659 kg/m ³	---	0.40%	1.24%	6.71%	1569
Agregado fino	2669 kg/m ³	---	3.60%	1.87%	2.97%	1582

Fuente: *Elaboración propia*

Volumen de pasta **0.3543 m³**

Volumen de agregados 1 – 0.3543 = **0.6457m³**

- **Proporción de agregados (seco)**

Agregado grueso $48\% = (0.48) \cdot (0.6457) = 0.3099 \text{ m}^3 = 0.3099 \cdot 2659 = 824 \text{ kg}$

Agregado fino $52\% = (0.52) \cdot (0.6457) = 0.3357 \text{ m}^3 = 0.3357 \cdot 2669 = 896 \text{ kg}$

- **Peso húmedo de los agregados – corrección por humedad**

Agregado grueso $824 + 824 \cdot 0.40\% = 827 \text{ kg}$.

Agregado fino $896 + 896 \cdot 3.60\% = 928 \text{ kg}$.

- **Agua efectiva corregida por absorción y humedad**

✓ Cantidad de agua en el agregado grueso $827 - 824 = 3 \text{ kg} = 1.500 \text{ lt}$

✓ Cantidad de agua en el agregado fino $928 - 896 = 32 \text{ kg} = 13.50 \text{ lt}$.

✓ Corrección de la cantidad de agua $195 - (1.5 + 12.2) = 180 \text{ lt}$.

✓ Corrección por absorción $180(1.24\% + 1.87\%) = 5.60 \text{ lt}$

✓ Cantidad efectiva de agua $180 + 5.60 = 186 \text{ lt}$.

Tabla 9. *Dosificación de concreto por unidad cúbica*

MATERIAL	CANTIDAD	VOLUMEN
CEMENTO	433 kg	0.1393 m ³
AGUA	195 lt	0.1950 m ³
AGREGADO GRUESO	827 kg	0.3111 m ³
M3AGREGADO FINO	928 kg	0.3477 m ³

Fuente: *Elaboración propia*

- **Volumen de tanda de prueba**

Debido a que los ensayos en el laboratorio se realizan en probetas, debemos ajustar nuestro diseño de acuerdo a los volúmenes de dichas probetas. Por tanda de prueba se tomará 0.045 m³.

Tabla 10. *Dosificación del concreto por tanda de prueba.*

Material	Masa	Porcentaje
Cemento	19.50 kg	18.17%
Agua	8.77 lt	8.17 %
Agregado grueso	37.21 kg	34.68 %
Agregado fino	41.80 kg	38.96 %
Fibra metálica	---	0.00 %

Fuente: *Elaboración propia*

A continuación, se muestra se muestra la masa de cada tipo de dosificación de fibras metálicas por cada tanda de prueba a utilizar.

Tabla 11. *Masa de cada dosificación de fibras metálicas a utilizar por cada metro*

Dosificación	Masa
1.00 %	10.00 kg
3.00 %	30.00 kg
5.00 %	50.00 kg

Fuente: *Elaboración propia.*

Los diseños del concreto con fibras metálicas, todos estarán en función al volumen de los agregados. Las dosificaciones de 1,3 y 5% serán con respecto al volumen de los agregados.

- **Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas con 1.00% con respecto al volumen de los agregados.**

Es bien sabido que el peso unitario del concreto libre de fibras metálicas es de 2383 kg/m³, también se tiene como dato la masa de cada material a utilizar y su distribución y como dato final se tiene la masa de las fibras a utilizar en cada dosificación, que para 1.00% de fibras metálicas, se tiene una masa de 10 kg.

Como se sabe que las fibras metálicas solo afectarán al volumen y por consiguiente al peso de los agregados, de tal manera que solo se modificarán los datos de los agregados.

Con estudios previos en el laboratorio, la variación del peso de los agregados se ve más alterado al agregado fino, dando así alteración mínima, casi despreciable al agregado grueso.

Tabla 12. *Dosificación del concreto reforzado con fibras metálicas con 1.00% con respecto al volumen de los agregados (por tanda).*

Material	Masa	Porcentaje
Cemento	19.50 kg	18.17%
Agua	8.83 lt	8.23 %
Agregado grueso	37.20 kg	34.68 %
Agregado fino	41.30 kg	38.49 %
Fibra metálica	0.45 kg	0.42 %

Fuente: *Elaboración propia.*

- **Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas con 3.00% con respecto al volumen de los agregados.**

Se sabe que el peso unitario del concreto sin fibras metálicas es de 2383 kg/m³, también se tiene como dato la masa de cada material que conforma y su distribución y como dato final se tiene la masa de las fibras a utilizar en cada dosificación, que para 3.00% de fibras metálicas, se tiene una masa de 30 kg.

Como se sabe que las fibras metálicas solo afectarán al volumen y por consiguiente al peso de los agregados, de tal manera que solo se modificarán los datos de los agregados.

Tabla 13. *Dosificación del concreto reforzado con fibras metálicas con 3.00% con respecto al volumen de los agregados (por tanda).*

Material	Masa	Porcentaje
Cemento	19.50 kg	18.17%
Agua	8.83 lt	8.23 %
Agregado grueso	37.20 kg	34.68 %
Agregado fino	40.40 kg	37.66 %
Fibra metálica	1.35 kg	1.26 %

Fuente: *Elaboración propia.*

- **Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas con 5.00% con respecto al volumen de los agregados.**

Se sabe que el peso unitario del concreto sin fibras metálicas es de 2383 kg/m³, también se tiene como dato la masa de cada material que conforma y su distribución y como dato final se tiene la masa de las fibras a utilizar en cada dosificación, que para 5.00% de fibras metálicas, se tiene una masa de 50 kg.

Como se sabe que las fibras metálicas solo afectarán al volumen y por consiguiente al peso de los agregados, de tal manera que solo se modificarán los datos de los agregados.

Tabla 14 . *Dosificación del concreto reforzado con fibras metálicas con 5.00% con respecto al volumen de los agregados (por tanda).*

Material	Masa	Porcentaje
Cemento	19.50 kg	18.17%
Agua	8.83 lt	8.23 %
Agregado grueso	37.10 kg	34.58 %
Agregado fino	39.60 kg	36.91 %
Fibra metálica	2.25 kg	2.10 %

Fuente: *Elaboración propia.*

3.2. Descripción

En la presente tesis se realizará el diseño de un concreto reforzado con fibras metálicas, el cual se utilizará como la superficie de rodadura para un pavimento rígido. El estudio se llevará a cabo en la Av. Miguel Iglesias, la cual se ubica en el distrito de San Juan de Miraflores – Lima.

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es verificar si: Reforzando el concreto con fibras metálicas, se logra disminuir el espesor de un pavimento rígido.

Tomando en cuenta nuestras variables e indicadores haremos lo siguiente:

- Tendremos cuatro dosificaciones una que será nuestra muestra matriz, concreto convencional, sin fibras y las otras con las dosificaciones de 1,3 y 5% de fibras con respecto al volumen de los agregados.
- Se realizarán seis especímenes con cada dosificación para realizar a los ensayos a compresión y cuatro especímenes para realizar los ensayos a flexión.
- Los ensayos se realizarán a los 7, 14 y 28 días, en el caso de los ensayos a compresión y los ensayos a flexión se realizarán solo a los 28 días.
- Para determinar el espesor de losa, solo se tomará en cuenta los valores de los ensayos a los 28 días, ya que son los valores más elevados y también es lo que recomienda la AASHTO.
- Para llevar a cabo el diseño del pavimento, se utilizará el método AASHTO, este método tiene como factores principales de diseño, el tránsito vehicular, factor de crecimiento del tránsito vehicular, vida útil del pavimento, calidad del suelo, y el valor de las propiedades mecánicas del concreto, este último se determinará mediante ensayos en el laboratorio.

3.3. Desarrollo del caso

3.3.1. Diseño del pavimento.

- **Factor de equivalencia de tráfico**

El tiempo de retorno para el diseño de pavimentos rígidos es de 20 años. Según los datos proporcionados en: “estudios técnicos y ambientales” realizado por el consorcio Getinsa – Taryet, el número de ómnibuses/día o volumen de tráfico actual (TPDA), considerando solo un sentido, es igual a 1200, teniendo un factor de proyección para 20 años de 1.5.

El TPDA de diseño para la vía de la Av. Miguel Iglesias es de $1200 * 1.5 = 1800$ ómnibuses/día, considerando un solo sentido y una vida de diseño de 20 años. Por consiguiente, se tendrá que para la vía de la Av. Miguel Iglesias: $1800 * 365 * 20 = 13.14$ millones de ómnibuses de 2 ejes.

Para el diseño de un pavimento rígido se debe tener en cuenta muchos factores. Existen dos métodos de diseño más comunes, el método desarrollado por la AASHTO y el método PCI, en este caso usaremos el primer método.

La ecuación general para para el diseño de pavimentos, está basado en los resultados que se obtienen de la prueba AASHTO, la ecuación es la siguiente:

$$\text{Log}(N) = Z_r * S_o + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\alpha}{\beta} + (4.22 - 0.32 * pt) \\ * \text{Log}\left(\frac{S'c * Cd * D^{0.75}}{215.63 * J * \gamma}\right)$$

Dónde:

$$\alpha = \log\left(\frac{\Delta P}{3}\right)$$

$$\beta = 1 + \frac{1.624 * 10^7}{(D+1)^{8.46}}$$

$$\gamma = D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c / k)^{0.25}}$$

- **N:** Tráfico.

El tráfico o tránsito es una de las variables más significantes para el diseño de un pavimento rígido, sin embargo, es una de las que más incertidumbre presenta al momento de estimarse. Cabe recalcar que es necesario contar con una información lo más precisa posible del tráfico para el diseño, ya que, de no serlo, llegaremos a tener diseños inseguros hasta se podría sobre dimensionar y generando gastos innecesarios.

- **Zr:** Desviación estándar normal

Tabla 15. Valores del Zr en función de la confiabilidad R

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar (Zr)	Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar (Zr)
50	0.000	93	-1.476
60	-0.235	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.881
80	-0.841	97	-2.054
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327
91	-1.340	99.9	-3.09
92	-1.405	99.99	-3.75

Fuente: *Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993*

La confiabilidad R es la probabilidad de que el pavimento se comporte de manera proyectada y satisfactoria durante su vida útil en condiciones totalmente adecuadas para su funcionamiento.

Tabla 16. Valores de la confiabilidad, en función al tipo de camino.

Clasificación del camino	Urbano	Rural
Autopistas	85% - 99.99%	80% - 99.99%
Arterias principales	80% - 99%	75% - 99%
Colectoras	80% - 95%	75% - 95%
Locales	50% - 80%	50% - 80%

Fuente: *Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.*

- **So:** Error estándar combinado

Es el número de ejes que puede soportar el pavimento hasta que su índice descienda por debajo del valor de su serviciabilidad final (pt)

Tabla 17. Tabla para hallar el error estándar combinado (So)

Pavimento rígido (So)	0.30 - 0.40
pavimento nuevo	0.35
Sobrecapa	0.4

Fuente: *Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.*

- **D:** Espesor de la losa de concreto o superficie de rodadura
- **ΔP :** Diferencia de serviciabilidad.

Tabla 18. Índice de serviciabilidad inicial del pavimento.

Índice de servicio	Calificación
5	Excelente
4	muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Fuente: *Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.*

Para diseños de pavimentos rígidos, la AASHTO recomienda un índice de servicio inicial de 4.5.

- **pt:** Serviciabilidad final

Tabla 19. Índice de serviciabilidad final del pavimento

Tipo de camino	Serviciabilidad final
Autopistas	2.50
Carreteras	2.00
zonas industriales	1.80
pavimentos urbanos principales	1.80
pavimentos urbanos secundarios	1.50

Fuente: *Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.*

- $\Delta\text{PSI} = 4.50 - 1.5 = 3.00$

- **S'c:** Módulo de ruptura

La AASHTO recomienda un módulo de ruptura de 42kg/cm² para pavimentos urbanos secundarios, pero este dato no será tomado en cuenta, ya que este valor lo obtendremos mediante un ensayo de ruptura en el laboratorio.

- **J:** coeficiente de transferencia de carga, tomaremos en valor de 2.70, ya que se empleará pasa juntas y también porque la cantidad de ejes equivalentes excede los 5'000,000.

- **Cd:** Coeficiente de drenaje

Tabla 20. *Coeficiente de drenaje del pavimento.*

Calidad de drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	el suelo libera el 50% de agua en 2 horas
Bueno	el suelo libera el 50% de agua en 1 día
Mediano	el suelo libera el 50% de agua libre en 7 días
Malo	el suelo libera el 50 % de agua libre en 1 mes
muy malo	el agua no evacua

Fuente: *Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.*

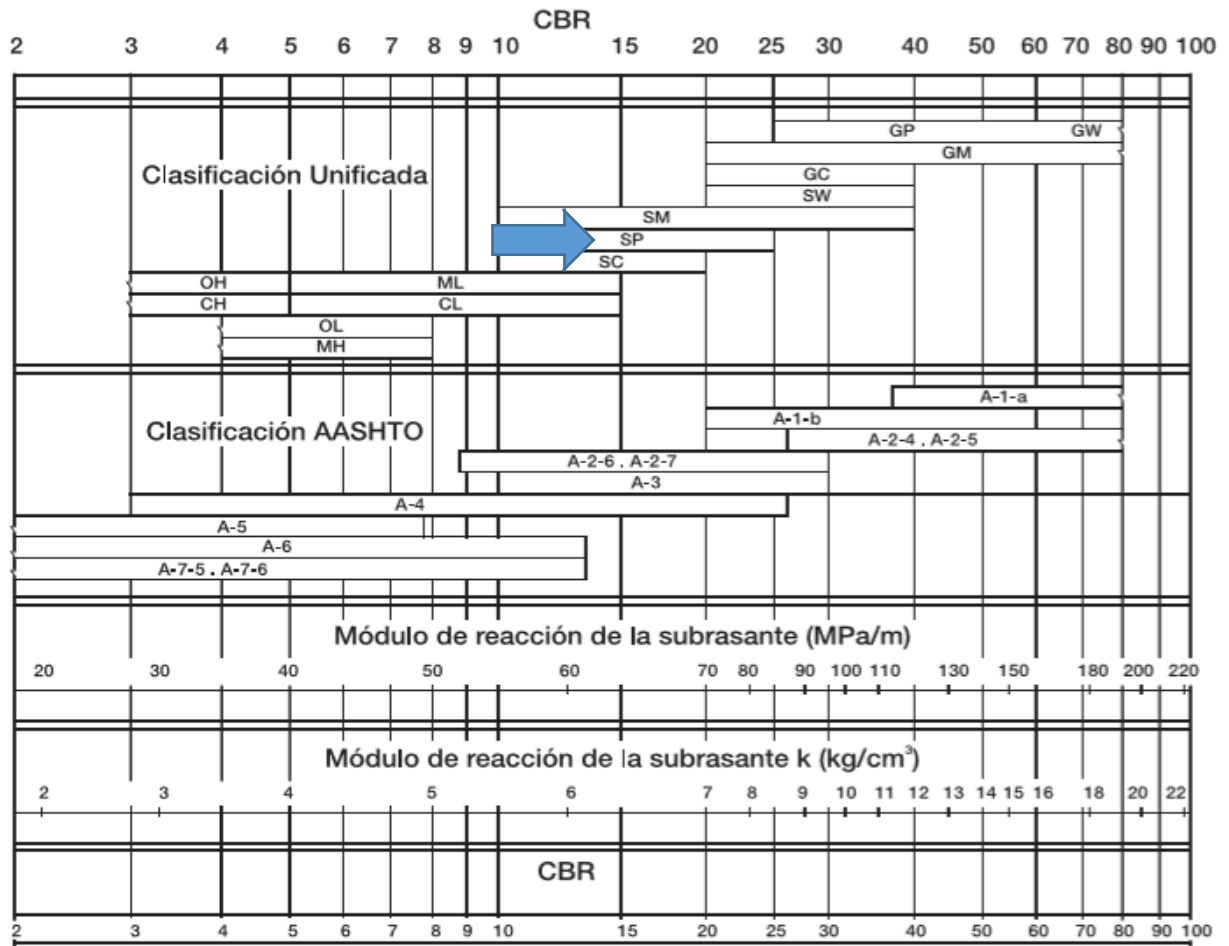
Tabla 21. Porcentaje de tiempo que el pavimento está próximo a la saturación.

Calidad de drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	más del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.00	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: *Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.*

- **Ec:** Módulo de elasticidad del concreto = $21000 * f'_c^{1/2}$
- **k:** Módulo de reacción de la sub rasante = $4.51 * \log(\text{CBR})$.

Tabla 22. Valor del California Bering Ratio (CBR) en función del tipo de suelo.



Fuente: *Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.*

Según el estudio del expediente técnico para la construcción del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias, indica que es un suelo SC (Arena pobremente gradada), a su vez este tipo de suelo, según la tabla, contiene un CBR entre 10 y 25. Los cuales promediando tenemos un CBR = 17.5.

Entonces tenemos que $k = 4.51 * \log(17.5) = 5.60 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$

$$k = 5.60 * 2.2046 / (0.3937^2) = 202.312 \text{ PCI}$$

Estas variables que intervienen en el diseño de pavimentos rígidos, en realidad son los datos base e imprescindible para el diseño del mismo, por lo mismo es de vital importancia conocer sus consideraciones más importantes.

Por otro lado, el tránsito de diseño (N) se obtiene a partir de la ponderación de los ejes equivalentes de diseño (TTE) por el factor de confiabilidad (Fc) y por el factor carril (FC)

$$N = TTE * Fc * FC$$

Donde el factor de confiabilidad (Fc) es igual a:

$$Fc = 10 ^ { (-Z_r * S_o)}$$

$$Fc = 10 ^ { (1.282 * 0.40)}$$

$$\mathbf{Fc = 3.26}$$

Y de acuerdo a la siguiente tabla, se obtiene el factor carril.

Tabla 23. Coeficiente de distribución según el número de carriles

Número de carriles en ambas direcciones	Coeficiente de distribución para el carril de proyecto (%)
2	50
4	40 – 50
6 o más	30 – 40

Fuente: *guía para el diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.*

$$\text{Entonces: } N = 13'140,000 * 3.26 * 0.50 = \mathbf{21'418,200}$$

Tabla 24. Resumen de datos, para el diseño del pavimento rígido

Nombre de la variable	Variable (unidades)	Valor de la variable
Módulo de la reacción del suelo	K	202.312 PCI
Módulo de elasticidad del concreto	Ec	21000 * f'c ^{1/2}
Módulo de ruptura	S'c	Variable
Resistencia a la compresión	f'c	Variable
Coeficiente de transferencia de carga	J	2.70

California Bering Ratio	CBR	17.5
Coefficiente de drenaje	C _d	1.00
Índice de servicio inicial	PI	4.50
Índice de servicio final	P _t	2.00
Perdida de serviciabilidad	ΔPSI	2.50
Confiabilidad	R %	90%
Desviación estándar	S _o	-1.282
Tráfico	N	21397615.02

Fuente: *Elaboración propia.*

- Tomando en cuenta las constantes de diseño, tenemos:

$$\text{Log}(N) = -0.5728 + 7.35\text{Log}(D + 1) + \frac{\alpha}{\beta} + 3.58\text{Log}\left(\frac{S'c * D^{0.75}}{582.201\gamma}\right)$$

Dónde:

$$\bullet \alpha = \log\left(\frac{\Delta P}{3}\right)$$

$$\bullet \beta = 1 + \frac{1.624 * 10^7}{(D+1)^{8.46}}$$

$$\bullet \gamma = D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c / k)^{0.25}}$$

3.3.1.1. Diseño de pavimento rígido usando concreto convencional (sin fibras)

Tabla 25. *Resumen de datos, para el diseño del pavimento rígido convencional*

Nombre de la variable	Variable (unidades)	Valor de la variable
Módulo de la reacción del suelo	K	202.312 PCI
Módulo de elasticidad del concreto	E _c	21000 * f'c ^{1/2}
Módulo de ruptura	S'c	38.1kg/cm ²

Resistencia a la compresión	f'c	310kg/cm2
Coefficiente de transferencia de carga	J	2.70
California Bering Ratio	CBR	17.5
Coefficiente de drenaje	Cd	1.00
Índice de servicio inicial	PI	4.50
Índice de servicio final	Pt	1.50
Pérdida de serviciabilidad	ΔPSI	3.00
Confiabilidad	R %	90%
Desviación estándar	So	-1.282
Tráfico	N	21397615.02

Fuente: *Elaboración propia*

- Para temas de cálculo, se ha usado el programa Excel para calcular el valor de “D” (espesor de la losa del pavimento), ya que se requiere de muchas iteraciones para hallar dicho valor.

Tabla 26. *Cálculo del espesor de losa usando concreto convencional (sin fibras)*

Tránsito promedio diario	TPD	1200
factor de diseño	FACTOR	1.5
Tránsito promedio diario anual	TPDA	1800
	AÑOS	20
	DIAS	365

	N = TTE * Fc * FC	
Tránsito equivalente para N años	TTE=	13140000.000
Factor de confiabilidad	Fc=	3.257
Factor carril	FC=	0.500

Tránsito	N=	21397615.0206
Factor de confiabilidad de diseño	Zr=	-1.2820
Error estándar combinado	So=	0.4000
Coefficiente de transferencia de carga	J=	2.7000
Coefficiente de drenaje	Cd=	1.0000
Espesor de la losa de concreto (pulg)	D=	9.5270
índice de servicio inicial	PI=	4.5000
Índice de servicio final	pt=	1.5000
Diferencia de índices	ΔP=	3.0000
Módulo de ruptura	S'c=	38.1000

Módulo de ruptura	S'c=	541.9038
California Bering Ratio	CBR=	17.5000
Resistencia a la compresión	f'c=	310.0000
Resistencia a la compresión	f'c=	369743.1541
Módulo de elasticidad del concreto	Ec=	5258929.8532
Módulo de la reacción del suelo	k=	5.6061
Módulo de la reacción del suelo	k=	202.5312

α =	0.0000
β =	1.0365
γ =	3.9716

LOG(N)	
7.3304	7.3305

Fuente: *Elaboración propia*

Resumiendo, tenemos un espesor de losa de 9.527 \approx **10.00 pulg.**

3.3.1.2. Diseño de pavimento rígido, reforzando el concreto con 1.00% de fibras metálicas con respecto al volumen de los agregados.

Datos de los ensayos:

- ✓ S'c (módulo de ruptura) = 44.5kg/cm²
- ✓ f'c (resistencia a la compresión) = 317kg/cm²

Tabla 27. *Cálculo del espesor de losa usando concreto reforzado con 1.00% de fibras con respecto al volumen de los agregados*

Tránsito promedio diario	TPD	1200
factor de diseño	FACTOR	1.5
Tránsito promedio diario anual	TPDA	1800
	AÑOS	20
	DIAS	365

	N = TTE * Fc * FC	
Tránsito equivalente para N años	TTE=	13140000.000
Factor de confiabilidad	Fc=	3.257
Factor carril	FC=	0.500

Tránsito	N=	21397615.0206
Factor de confiabilidad de diseño	Zr=	-1.2820
Error estándar combinado	So=	0.4000
Coefficiente de transferencia de carga	J=	2.7000
Coefficiente de drenaje	Cd=	1.0000
Espesor de la losa de concreto (pulg)	D=	8.5850
índice de servicio inicial	PI=	4.5000
Índice de servicio final	pt=	1.5000
Diferencia de índices	$\Delta P=$	3.0000
Módulo de ruptura	S'c=	44.5000
Módulo de ruptura	S'c=	632.9323
California Bering Ratio	CBR=	17.5000
Resistencia a la compresión	f'c=	317.0000
Resistencia a la compresión	f'c=	373894.3701
Módulo de elasticidad del concreto	Ec=	5317973.4179
Módulo de la reacción del suelo	k=	5.6061
Módulo de la reacción del suelo	k=	202.5312

$\alpha=$	0.0000
$\beta=$	1.0806
$\gamma=$	3.5684

LOG(N)	
7.3304	7.3305

Fuente: *Elaboración propia*

Resumiendo, tenemos un espesor de losa de 8.585 \approx **9.00 pulg.**

3.3.1.3. Diseño de pavimento rígido, reforzando el concreto con 3% de fibras metálicas con respecto al volumen de los agregados.

Datos de los ensayos:

- ✓ S'c (módulo de ruptura) = 44.5kg/cm²
- ✓ f'c (resistencia a la compresión) = 324.5kg/cm²

Tabla 28. Cálculo del espesor de losa usando concreto reforzado con fibras metálicas en 3.00% con respecto al volumen de los agregados

Tránsito promedio diario	TPD	1200
factor de diseño	FACTOR	1.5
Tránsito promedio diario anual	TPDA	1800
	AÑOS	20
	DIAS	365

	N = TTE * Fc * FC	
Tránsito equivalente para N años	TTE=	13140000.000
Factor de confiabilidad	Fc=	3.257
Factor carril	FC=	0.500

Tránsito	N=	21397615.0206
Factor de confiabilidad de diseño	Zr=	-1.2820
Error estándar combinado	So=	0.4000
Coefficiente de transferencia de carga	J=	2.7000
Coefficiente de drenaje	Cd=	1.0000
Espesor de la losa de concreto (pulg)	D=	7.7360
índice de servicio inicial	PI=	4.5000
Índice de servicio final	pt=	1.5000
Diferencia de índices	ΔP=	3.0000
Módulo de ruptura	S'c=	51.7000
Módulo de ruptura	S'c=	735.3393
California Bering Ratio	CBR=	17.5000
Resistencia a la compresión	f'c=	324.5000
Resistencia a la compresión	f'c=	378291.5542
Módulo de elasticidad del concreto	Ec=	5380515.4354
Módulo de la reacción del suelo	k=	5.6061
Módulo de la reacción del suelo	k=	202.5312

α=	0.0000
β=	1.1766
γ=	3.1958

LOG(N)	
7.3304	7.3303

Fuente: *Elaboración propia*

Resumiendo, tenemos un espesor de losa de 7.736 ≈ **8.00 pulg.**

3.3.1.4. Diseño del pavimento rígido, reforzando el concreto con fibras metálicas en un 5% con respecto al volumen de los agregados.

Datos del ensayo:

- ✓ $S'c$ (módulo de ruptura) = 54.2 kg/cm²
- ✓ $f'c$ (resistencia a la compresión) = 324.5 kg/cm²

Tabla 29. Cálculo del espesor de losa usando concreto reforzado con fibras metálicas en 5.00% con respecto al volumen de los agregados

Tránsito promedio diario	TPD	1200
factor de diseño	FACTOR	1.5
Tránsito promedio diario anual	TPDA	1800
	AÑOS	20
	DIAS	365

	$N = TTE * Fc * FC$	
Tránsito equivalente para N años	TTE=	13140000.000
Factor de confiabilidad	Fc=	3.257
Factor carril	FC=	0.500

Tránsito	N=	21397615.0206
Factor de confiabilidad de diseño	Zr=	-1.2820
Error estándar combinado	So=	0.4000
Coefficiente de transferencia de carga	J=	2.7000
Coefficiente de drenaje	Cd=	1.0000
Espesor de la losa de concreto (pulg)	D=	7.4783
índice de servicio inicial	PI=	4.5000
Índice de servicio final	pt=	1.5000
Diferencia de índices	$\Delta P=$	3.0000
Módulo de ruptura	$S'c=$	54.2000
Módulo de ruptura	$S'c=$	770.8973
California Bering Ratio	CBR=	17.5000
Resistencia a la compresión	$f'c=$	324.5000
Resistencia a la compresión	$f'c=$	378291.5542
Módulo de elasticidad del concreto	Ec=	5380515.4354
Módulo de la reacción del suelo	k=	5.6061
Módulo de la reacción del suelo	k=	202.5312

$\alpha=$	0.0000
$\beta=$	1.2276
$\gamma=$	3.0794

LOG(N)	
7.3304	7.3304

Fuente: *Elaboración propia*

Resumiendo, tenemos un espesor de losa de 7.4783 \approx **7.50 pulg.**

- **Cuadro de resumen** (espesor de losa para todas las dosificaciones)

Tabla 30. *Cuadro de resumen del espesor de losa por cada dosificación.*

	ESPESOR DE LOSA
Concreto convencional	10.00 pulg.
Concreto con 1% de fibras	9.00 pulg.
Concreto con 3% de fibras	8.00 pulg.
Concreto con 5% de fibras	7.50 pulg.

Fuente: *Elaboración propia*

3.4. Gráficos

3.4.1. Resistencia a la compresión (concreto convencional vs con fibras 1.00%)

Los ensayos de la resistencia a la compresión, se realizó en base a lo que indica la NTP.339.033. A continuación, se muestran los resultados obtenidos con el concreto convencional y con el concreto reforzado con 1.00% de fibras.

Tabla 31. *Datos de la resistencia a la compresión del concreto convencional el concreto con 1.00% de fibras metálicas con respecto al volumen de los agregados*

	Concreto convencional	Concreto con 1.00% de fibras metálicas
7 días	227.00 kg/cm ²	231.50 kg/cm ²
14 días	260.50 kg/cm ²	267.50 kg/cm ²
28 días	310.00 kg/cm ²	317.00 kg/cm ²

Fuente: *Elaboración propia*

A continuación, se ilustra un gráfico, para que se tenga una mejor apreciación de los datos y su respectiva comparación

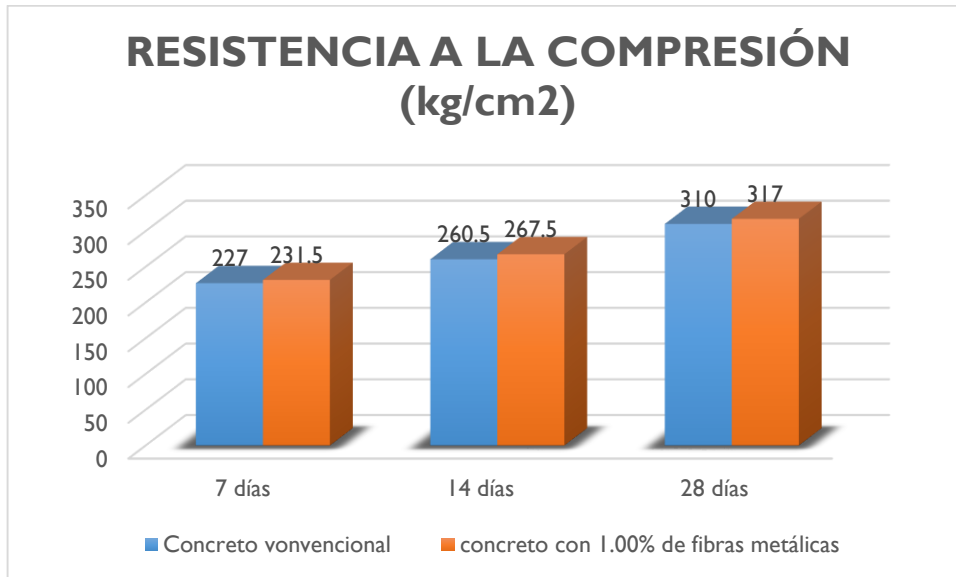


Figura 1. Variación de la resistencia a la compresión entre una mezcla de concreto convencional y un concreto reforzado con fibras metálicas en 1.00% con respecto al volumen de los agregados.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 01 se hace la comparación de dos tipos de diseño, una que es el concreto convencional (sin fibras metálicas) vs un concreto reforzado con 1.00% de fibras metálicas con respecto al volumen de los agregados. Del cuadro de barras se puede apreciar que el concreto reforzado con 1.00% de fibras metálicas, tiene un incremento en su resistencia a la compresión de; 1.98% a los 7 días, 2.69% a los 14 días y un incremento de 2.26% a los 28 días. Esto muestra que el concreto reforzado con fibras metálicas es mucho más resistente al esfuerzo de compresión que el concreto convencional (sin fibras metálicas)

3.4.2. Resistencia a la compresión (concreto convencional vs con fibras 3.00%)

Los ensayos de la resistencia a la compresión, se realizó en base a lo que indica la NTP.339.033. A continuación, se muestran los resultados obtenidos con el concreto convencional y con el concreto reforzado con 3.00% de fibras.

Tabla 32. Datos de la resistencia a la compresión del concreto convencional el concreto con 3.00% de fibras metálicas con respecto al volumen de los agregados

	Concreto convencional	Concreto con 1.00% de fibras metálicas
7 días	227.00 kg/cm ²	239.50 kg/cm ²
14 días	260.50 kg/cm ²	277.50 kg/cm ²
28 días	310.00 kg/cm ²	324.5 kg/cm ²

Fuente: *Elaboración propia*

A continuación, se ilustra un gráfico, para que se tenga una mejor apreciación de los datos y su respectiva comparación.

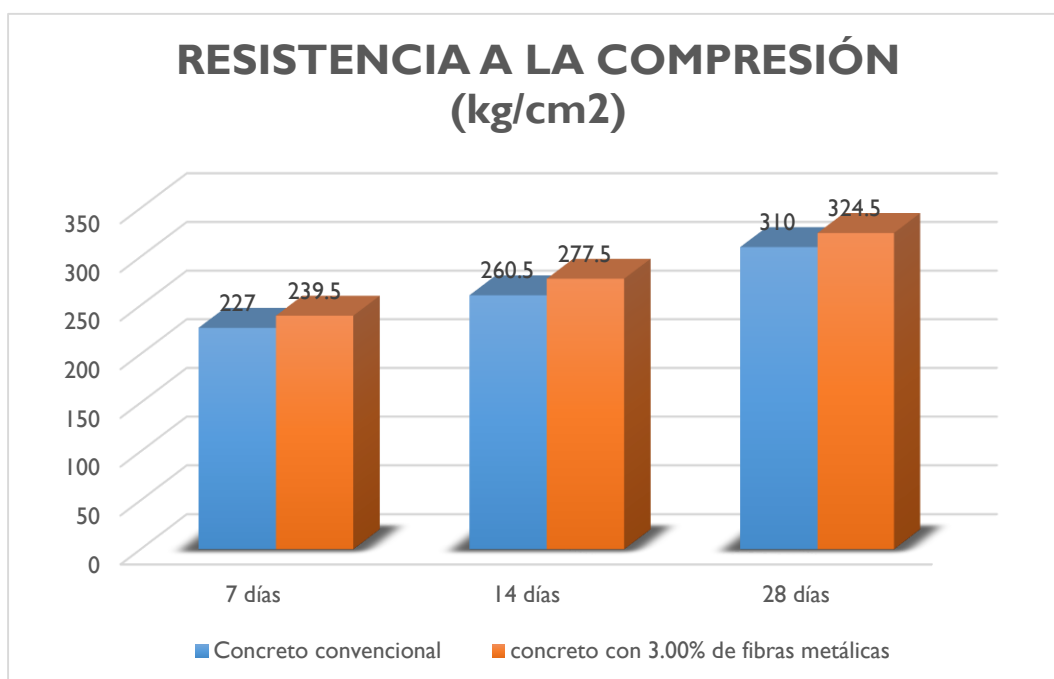


Figura 2 Variación de la resistencia a la compresión entre una mezcla de concreto convencional y un concreto reforzado con fibras metálicas en 3.00% con respecto al volumen de los agregados.

Fuente: *Elaboración propia*

Interpretación: En la figura 02 se realiza la comparación de la mezcla del concreto convencional vs el concreto reforzado con 3.00% de fibras metálicas, se puede observar que el concreto reforzado con fibras metálicas es más resistente que el concreto convencional, llegando así a tener un incremento de; 5.51% a los 7 días, 6.53% a los 14 días y un incremento de 4.68% a los 28 días. Como se puede verificar, el porcentaje en

todos los días de ensayo, los diseños con fibras metálicas son más resistentes que el concreto convencional.

3.4.3. Resistencia a la compresión (concreto convencional vs con fibras 5.00%)

Los ensayos de la resistencia a la compresión, se realizó en base a lo que indica la NTP.339.033. A continuación, se muestran los resultados obtenidos con el concreto convencional y con el concreto reforzado con 5.00% de fibras.

Tabla 33. Datos de la resistencia a la compresión del concreto convencional el concreto con 5.00% de fibras metálicas con respecto al volumen de los agregados.

	Concreto convencional	Concreto con 1.00% de fibras metálicas
7 días	227.00 kg/cm ²	240.00 kg/cm ²
14 días	260.50 kg/cm ²	275.50 kg/cm ²
28 días	310.00 kg/cm ²	324.5 kg/cm ²

Fuente: *Elaboración propia*

A continuación, se ilustra un gráfico, para que se tenga una mejor apreciación de los datos y su respectiva comparación

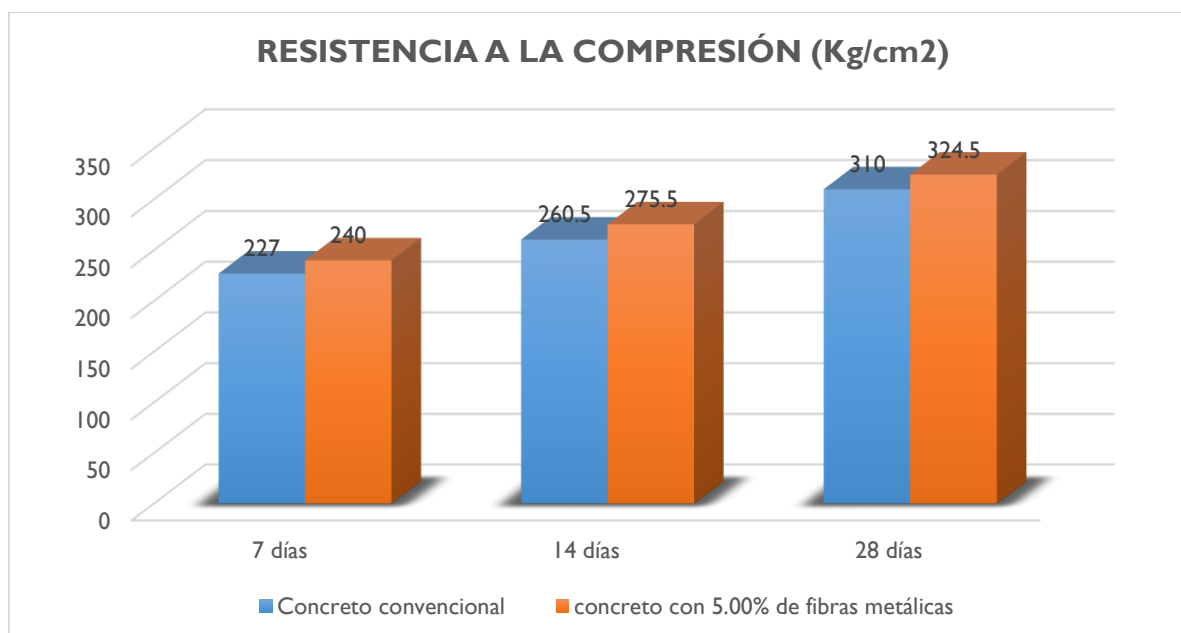


Figura 3. Variación de la resistencia a la compresión entre una mezcla de concreto convencional y un concreto reforzado con fibras metálicas en 3.00% con respecto al volumen de los agregados.

Fuente: *Elaboración propia*

Interpretación: En la figura 03 se realiza la comparación de la mezcla del concreto convencional vs el concreto reforzado con 5.00% de fibras metálicas, se puede observar que el concreto reforzado con fibras metálicas es más resistente que el concreto convencional, llegando así a tener un incremento de; 5.73% a los 7 días, 5.76% a los 14 días y un incremento de 4.68% a los 28 días. Como se puede verificar, el porcentaje en todos los días de ensayo, los diseños con fibras metálicas son más resistentes que el concreto convencional.

3.4.4. Cuadro comparativo (todas las dosificaciones)

A continuación, se muestra una tabla de resumen de todas las resistencias obtenidas con cada dosificación.

Tabla 34. *Evolución de la resistencia a la compresión del concreto convencional (sin fibras metálicas) y los diseños con distintas dosificaciones de fibras metálicas*

Número de días	Concreto convencional	Con fibras metálicas		
		1.00 %	3.00 %	5.00 %
7	227.00 kg/cm ²	231.50 kg/cm ²	239.50 kg/cm ²	240.00 kg/cm ²
14	260.50 kg/cm ²	267.50 kg/cm ²	277.50 kg/cm ²	277.50 kg/cm ²
28	310.00 kg/cm ²	317.00 kg/cm ²	324.50 kg/cm ²	324.50 kg/cm ²

Fuente: *Elaboración propia*

Para que sea más ilustrativo los datos de la tabla se representarán en un diagrama de barras, donde será más fácil su interpretación.

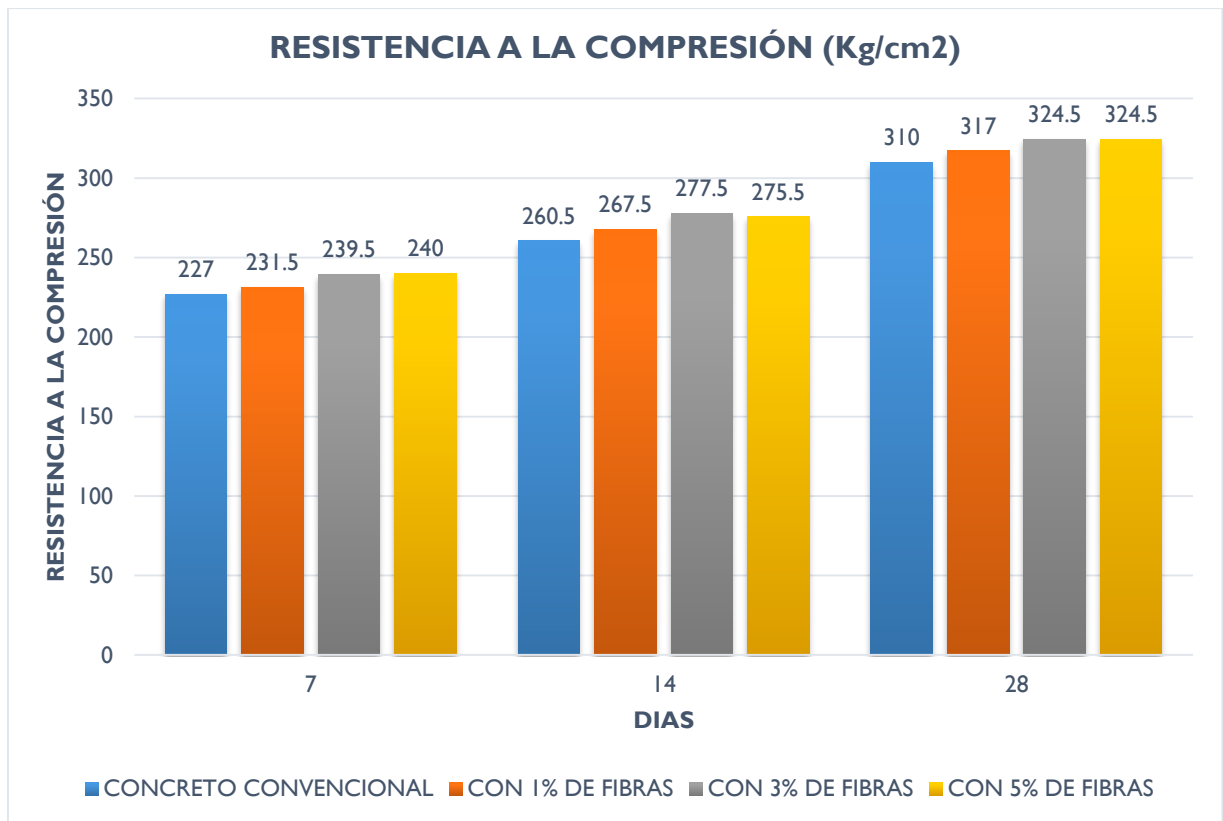


Figura 4. Evolución de la resistencia a la compresión del concreto convencional (sin fibras metálicas) y los diseños con distintas dosificaciones de fibras metálicas.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico se puede observar claramente que la resistencia a la compresión tiene una variación e incremento considerable.

Se puede visualizar que a los siete días la resistencia del concreto convencional, a los 7, 14 y 28 días, es inferior a la resistencia del concreto de las demás dosificaciones, también cabe mencionar que el concreto con 3 y 5% de fibras, tienen valores muy similares, siendo el concreto con 5% de fibras el que tiene un comportamiento poco común, ya que a los 7 días su valor es el más elevado, a los 14 días obteniendo un valor inferior al concreto con 3% de fibras y a los 28 días termina con una resistencia igual a la del concreto con 3% de fibras, con una resistencia de 324.5 kg/cm², 4.68% más que la resistencia del concreto convencional.

3.4.5. Esfuerzo a la flexión (cuadro comparativo, todas las dosificaciones)

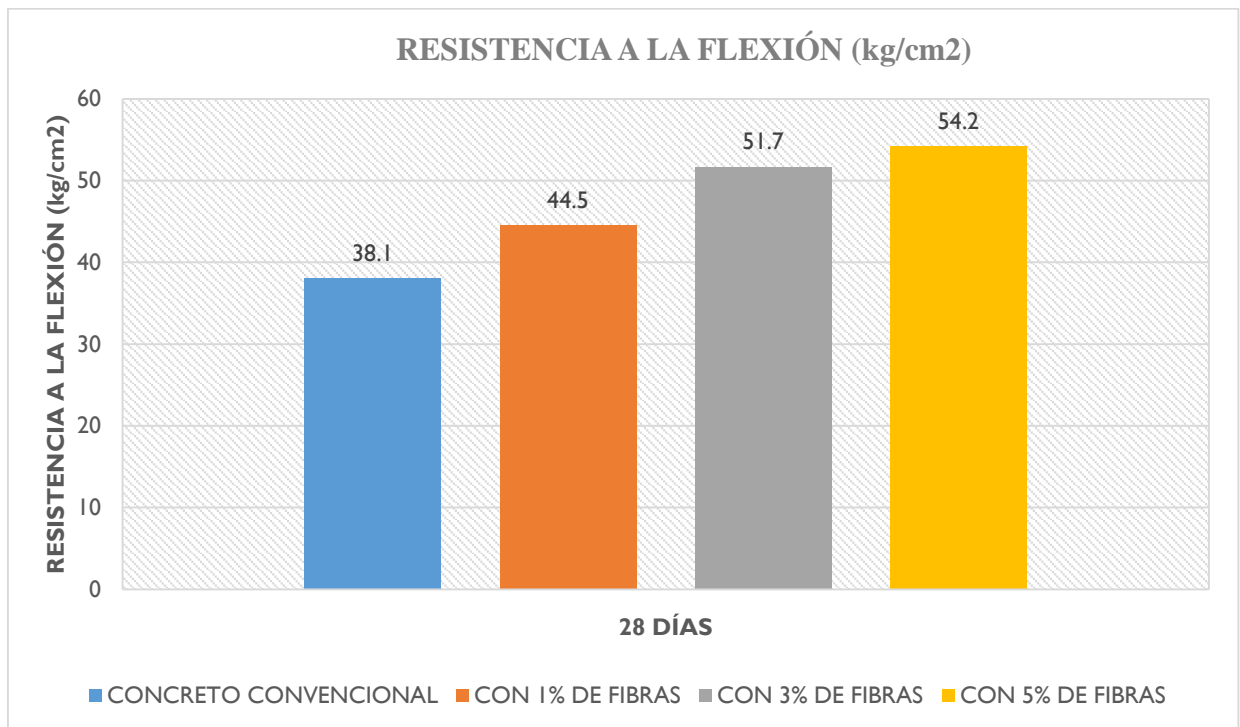


Figura 5. Evolución de la resistencia a la flexión del concreto con las distintas dosificaciones

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Tanto como en el ensayo a la compresión del concreto, donde las fibras modificaban de manera significativa tal propiedad, aquí se puede verificar algo similar, donde las fibras alteran de manea notoria la resistencia a la flexión. Se puede verificar que existe un incremento de la resistencia a la flexión de: para el concreto reforzado con 1.00% fibras metálicas, se verificó un incremente de 16.80% con respecto a la resistencia a la flexión del concreto convencional, para el concreto reforzado con 3.00% de fibras metálicas, se obtuvo un incremento de 35.70% con relación al concreto convencional y por ultimo tenemos la resistencia a la flexión del concreto reforzado con 5.00% de fibras metálicas con un incremento de 42.26% con respecto a la resistencia del concreto convencional.

3.4.6. Espesor de losa para las distintas dosificaciones.

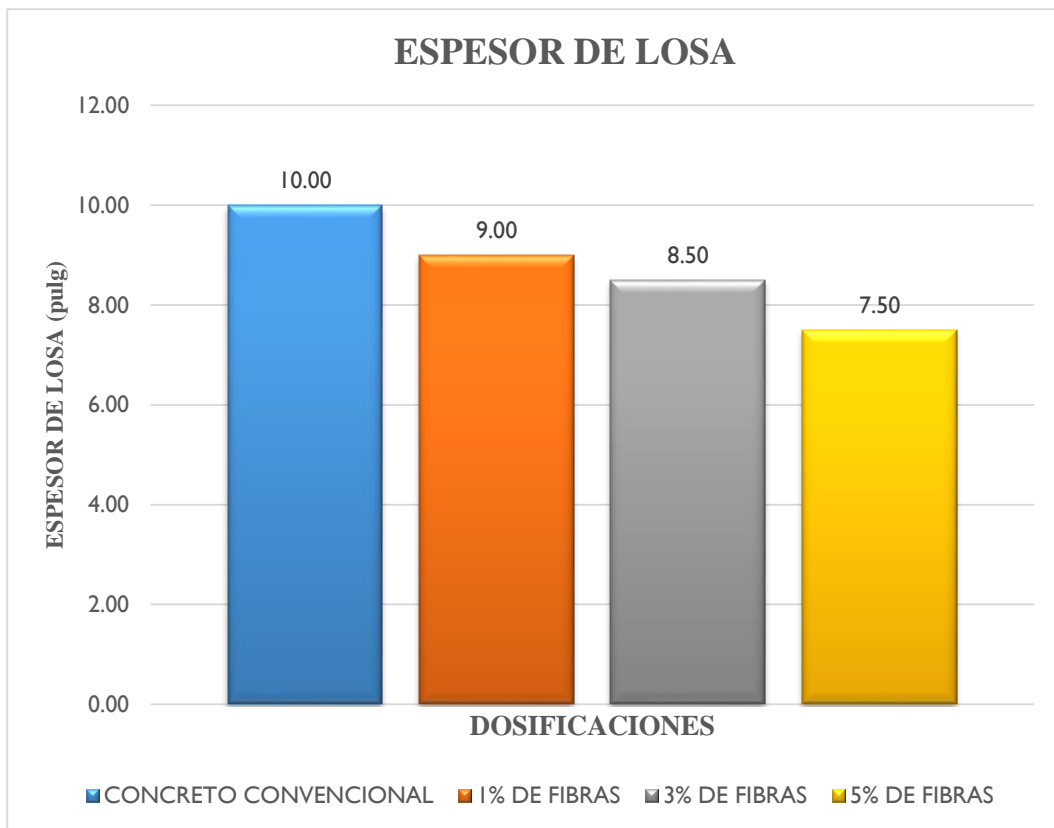


Figura 6. Variación del espesor de losa del pavimento para las distintas dosificaciones

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 06 se puede observar como varía el espesor de losa para con el uso de cada dosificación. Usando un concreto convencional, sin fibras, se puede apreciar que, para este diseño, se tiene un espesor de losa de 10.00 pulg, luego tenemos un espesor de losa de 9.00 pulg, usando concreto reforzado con 1.00% de fibras metálicas con respecto al volumen de los agregados, de esta manera se verifica que, reforzando el concreto con 1.00% de fibras metálicas, se logra disminuir el espesor de losa un 10% con respecto al espesor de losa usando concreto convencional. La siguiente barra muestra el espesor de losa de 8.50 pulg, usando concreto reforzado con 3.00% de fibras metálicas, logrando así disminuir el espesor de losa en 15% con respecto al espesor de losa usando concreto convencional. En la última barra se puede observar un espesor de losa de 7.50 pulg, esto se logró reforzando el concreto con 5.00% de fibras metálicas, teniendo así una reducción del espesor de losa de 25% con respecto al espesor de losa usando concreto convencional.

3.5. Contrastación de hipótesis

H: Diseñar un concreto reforzado con fibras metálicas, hace que este material compuesto necesite de menos espesor en el diseño de un pavimento rígido.

H₀: Diseñar un concreto reforzado con fibras metálicas, no hace que este material compuesto necesite de menos espesor en el diseño de un pavimento rígido.

Como se puede observar en la *figura 6*, el espesor de losa del pavimento disminuye conforme se incrementa la cantidad de fibras en el concreto, teniendo así como mejor resultado un espesor de losa de 7.50 pulg, 25% menos con respecto al espesor de losa diseñado con concreto convencional (sin fibras). Esto verifica que reforzar el concreto con fibras metálicas ayuda a disminuir el espesor de losa de un pavimento rígido. Teniendo estos resultados verificados, se acepta la hipótesis principal y por consiguiente se rechaza la hipótesis nula.

H: Reforzar el concreto con fibras metálicas, hace que este material compuesto sea más resistente al esfuerzo de compresión

H₀: Reforzar el concreto con fibras metálicas, no hace que este material compuesto sea más resistente al esfuerzo de compresión.

Las fibras metálicas tienen la capacidad de alterar de manera beneficiosa las propiedades mecánicas del concreto, tal y como se puede observar en la *figura 4*, el concreto aumenta su resistencia a la compresión conforme se incrementa la cantidad de fibras, teniendo así que, para un concreto reforzado con 5% de fibras metálicas y ensayado a los 28 días, una resistencia a la compresión de 324.5 kg/cm², 4.68% más que la resistencia a la compresión de un concreto convencional ensayado también a los 28 días. Teniendo estos datos verificados, se acepta la hipótesis principal y por ende se rechaza la hipótesis nula.

H: Reforzar el concreto con fibras metálicas, hace que este material compuesto sea más resistente al esfuerzo de flexión.

H₀: Reforzar el concreto con fibras metálicas, no hace que este material compuesto sea más resistente al esfuerzo de flexión.

Se verificó que las fibras metálicas aportan ductilidad al concreto, haciendo que este material compuesto sea más resistente al esfuerzo de flexión, tal y como se muestra en la *figura 5*, el concreto reforzado con fibras metálicas es mucho más resistente al esfuerzo de flexión comparado con el concreto convencional, llegando a tener una resistencia de 54.2 kg/cm², 42.26% más con respecto a la resistencia del concreto convencional. Teniendo estos datos verificados, se acepta la hipótesis principal y en efecto se rechaza la hipótesis nula

IV. DISCUSIÓN

H1: “Diseñar un concreto reforzado con fibras metálicas, hace que este material compuesto, necesite de menos espesor en el diseño de un pavimento rígido”

Debido a que no se ha encontrado antecedentes con respecto a esta hipótesis, el presente trabajo de investigación tiene el compromiso de brindar los primeros resultados y por ende los primeros antecedentes.

Más allá de mejorar las propiedades mecánicas del concreto, en el presente trabajo de investigación se buscó como objetivo principal reducir el espesor de losa del pavimento rígido. Después de haber obtenido los resultados de los ensayos a compresión y flexión del concreto, se tuvo que diseñar el pavimento, para verificar la variación del espesor de losa. En la figura 06 se puede observar como varía el espesor de la losa por cada dosificación, siendo así el concreto reforzado con 5.00% de fibras metálicas como el mejor resultado, con un espesor de losa de 7.50 pulg, 25% menos que el espesor de losa usando concreto convencional.

H2: “Reforzar el concreto con fibras metálicas hace que este material compuesto sea más resistente al esfuerzo de compresión”

En la investigación de García. “Efecto de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Puno $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ” (2017). García realizó dosificaciones con porcentajes de 0.025%, 0.075% y 0.125% de fibras de vidrio con respecto al volumen total del concreto, García llegó a la conclusión que la resistencia a la compresión es mayor a la del concreto normal, en todos los grupos de control y el costo de producción disminuye. Para el presente trabajo de investigación se logró verificar que la resistencia a la compresión incrementa cada vez que se incrementa la cantidad de fibras, teniendo como dato particular, la resistencia a la compresión con las dosificaciones de 3.00 y 5.00% son muy similares, llegando así a los 28 días con una resistencia promedio igualada en 324.50 kg/cm^2 , 4.68% más que la resistencia a la compresión del concreto convencional.

H3: “Reforzar el concreto con fibras metálicas hace que este material compuesto sea más resistente al esfuerzo de flexión”

Según la investigación de Chapañan y Quispe, “Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el a A.A.H.H. Villa María - nuevo Chimbote” (2017). En relación a las pruebas a flexión Chapañan y Quispe concluyeron que, para conseguir resultados óptimos se debe usar el 100% de la cantidad recomendada por el fabricante (2% de fibras con respecto al volumen total del concreto), contribuyendo los valores más elevados en el ensayo de módulo de rotura, no obstante, para los ensayos donde se empleó el 115% del porcentaje de fibra recomendada, se verificó que también es posible su utilización, ya que cumple con los requisitos de diseño. En el presente trabajo de investigación en relación a los ensayos de flexión, se tuvo un claro incremento usando un concreto reforzado con fibras metálicas vs un concreto convencional, alcanzando el valor más elevado el concreto reforzado con 5.00% de fibras metálicas con una resistencia de 54.20 kg/cm² , 42.26% más que la resistencia a la flexión del concreto convencional.

V. CONCLUSIONES

Los aspectos más relevantes que se desprenden de esta investigación, son la comprobación que las fibras metálicas tienen la capacidad de modificar las propiedades mecánicas del concreto.

A continuación, se presenta las principales conclusiones obtenidas en el presente trabajo de investigación.

- Se verificó que las fibras metálicas tienen la capacidad de modificar las propiedades mecánicas del concreto. En la figura 06 se puede observar la variación del espesor de losa del pavimento, esta disminuye a la vez que se incrementa la cantidad de fibras metálicas, el espesor de losa disminuye debido a que se incrementa la resistencia a la compresión y sobre todo se debe al incremento de la resistencia a la flexión. Concluyendo así que reforzar el concreto con fibras metálicas se logra disminuir el espesor de la losa de un pavimento rígido.
- En el esfuerzo a la compresión, las fibras metálicas tienen la propiedad de aportar consistencia al concreto, incrementado así de manera notoria dicha resistencia. En la figura 04 donde se puede observar la resistencia a la compresión del concreto convencional y de las demás dosificaciones, se puede decir de forma certera que la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibras metálicas es mayor que la del concreto convencional.
- Se sabe que el concreto convencional tiene una resistencia muy baja al esfuerzo de flexión. En el presente trabajo de investigación se logró verificar que las fibras metálicas aportan ductilidad al concreto, haciendo a este material compuesto más resistente al esfuerzo de flexión, en la figura 05 donde se muestra la resistencia a la flexión de todas las dosificaciones, se puede afirmar que el concreto reforzado con fibras metálicas es mucho más resistente a dicho esfuerzo, siendo el concreto reforzado con 5.00% de fibras metálicas con una resistencia de 54.20 kg/cm², 42.26% más que la resistencia a la flexión del concreto convencional.

VI. RECOMENDACIONES

Después de haber realizado las pruebas en el laboratorio y nuestro diseño de pavimento con todas nuestras dosificaciones de fibras metálicas, se recomienda lo siguiente:

- Si solo desea mejorar la resistencia a la compresión del concreto, se recomienda utilizar una dosificación de 3% de fibras metálicas con respecto al volumen de los agregados. Ver figura 04.
- No se debe utilizar dosificaciones superiores al 5% de fibras metálicas con respecto al volumen de los agregados, excepto casos muy particulares, ya que la fibra disminuye de manera notoria la trabajabilidad del concreto.
- En el caso de la resistencia a la flexión, para futuras investigaciones se debe analizar también con dosificaciones superiores a las utilizadas en el presente trabajo de investigación, ya que las dosificaciones tomadas en cuenta en el presente proyecto, siempre se obtuvo una resistencia a la flexión cada vez superior.
- El concreto reforzado no solo debería ser utilizado para los pavimentos rígidos, sino también en otra clase de obras, como en túneles o hasta en edificaciones.
- Tomar en cuenta el presente trabajo de investigación para futuras construcciones de carreteras con pavimentos rígidos, ya que se logró disminuir el espesor de la losa del pavimento y eso implica a tener que utilizar menos concreto y por consiguiente, menos costo.

REFERENCIAS

- CHAPOÑAN, José y QUISPE, Joel. Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A. H.H. Villa María - Nuevo Chimbote. Tesis (Licenciado en Ingeniería). Perú: Universidad Nacional del Santa, 2017. 197 pp.
- CHÁVEZ, Dennis. Conceptos y técnicas de recolección de datos en la investigación jurídica social. [en línea] [fecha de consulta: 12 de mayo del 2018]
- CÓRDOVA Claudia, CUÉLLAR Liseth, GUIZADO Mayra. Comparación de la resistencia equivalente a la flexión entre las fibras de acero Wirand producidas en Italia y las producidas en Perú. Tesis (grado de ingeniero civil). Lima: Universidad peruana de ciencias aplicadas, 2012.
- DE LA CRUZ, Wilmer y QUISPE, Walter. Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pista en la provincia de Huamanga – Ayacucho. Tesis (Licencia en ingeniería). Perú: Universidad Nacional de Huancavelica, 2014. 117 pp.
- ESPINOZA, Marlon. Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar. Tesis (Magister en Ingeniería). Ecuador: Universidad de Cuenca, 2015. 170 pp.
- GALLARDO Yolanda, MORENO Adonay. (1987). Aprender a investigar. Santa Fe de Bogotá, D.C. Colombia: Arfo editores LTDA.
- GARCÍA, Bleger. Efecto de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Puno. Tesis (Licenciado en Ingeniería). Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2017. 103 pp.
- GUEVARA, Jimmy. Análisis comparativo del comportamiento del concreto simple con el concreto reforzado con fibras de acero Wirand. Tesis (Licenciado en Ingeniería). Perú: Universidad Ricardo Palma, 2008. 514 pp.
- Guía para el diseño de estructuras de pavimentos AASTHO (edición 1993).
- JUÁREZ, César. Concretos base cemento portland reforzados con fibras naturales (agave lechuguilla), como materiales para construcción en México. Tesis (Doctor en Ingeniería). MÉXICO: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2002. 158 pp.
- LÓPEZ, Jorge. Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra

adicionado. Tesis (Magister en Ingeniería). MÉXICO: Universidad Nacional Autónoma de México, 2015. 142 pp.


- MÁRMOL, Patricia. Hormigones con fibras de acero características mecánicas. Tesis (Magister en Ingeniería). España: Universidad Politécnica de Madrid, 2010. 81 pp.
- Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos (Perú). RD N° 05-2013-MTC. Lima: MTC, 2013.
- MONTALVO, Marco. Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales. Tesis (Licenciado en Ingeniería). Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015. 101 pp.
- Norma técnica peruana de concreto armado E 0.60. Reglamento nacional de edificaciones. Lima: Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2009. 26pp.
- PLACERES Rosa, BALDERAS Irma, BARRIENTOS Hobart. (2009). *Manual para la elaboración de tesis y trabajos de investigación*. 1° edición. México: Academia de investigación.
- RODRIGUEZ, Adolfo. Concreto en climas fríos, con uso de fibras de polipropileno e incorporador de aire. Tesis (Licenciado en Ingeniería). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2009. 173 pp.
- VALERO, Jhoner. influencia de las fibras de polipropileno en la fisuración asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto, Huancayo 2014. Tesis (Magister en Ingeniería). Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015. 156 pp.

ANEXOS

Anexo 1. *Matriz de consistencia*

<u>MATRIZ DE CONSISTENCIA</u>					
TÍTULO: “Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas, para reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima”					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE E INDICADORES		TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿Cómo se puede mejorar las propiedades mecánicas del concreto, con la finalidad de reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS: ¿Cómo mejorar las propiedades mecánicas del concreto, haciendo que este sea más resistente al esfuerzo de compresión?</p> <p>¿Cómo mejorar las propiedades mecánicas del concreto, haciendo que este sea más resistente al esfuerzo de flexión?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Diseñar un concreto reforzado con fibras metálicas que permita reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Diseñar un concreto de alta resistencia al esfuerzo de compresión, reforzado con fibras metálicas, con la finalidad de reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias.</p> <p>Diseñar un concreto de alta resistencia al esfuerzo de flexión, reforzado con fibras metálicas, con la finalidad de reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL: El diseño del concreto reforzado con fibras metálicas, permite reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias – Lima</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: Reforzando el concreto con fibras metálicas, se logra incrementar su resistencia al esfuerzo de compresión.</p> <p>Reforzando el concreto con fibras metálicas, se logra incrementar su resistencia al esfuerzo de flexión.</p>	VARIABLE N°1: Fibras metálicas.		<p>DISEÑO: La investigación es de diseño experimental.</p> <p>TIPO: La presente investigación es de tipo aplicada, debido a que se usarán diversos conocimientos para ser aplicados en distintos casos en beneficio de la sociedad.</p> <p>NIVEL: Es de nivel explicativo.</p> <p>POBLACIÓN: Av. Miguel Iglesias, San Juan de Miraflores – Lima.</p> <p>MUESTRA: Comprende 10 calles de 100 metros cada una de la Av. Miguel Iglesias, San Juan de Miraflores – Lima.</p>
			DIMENSIONES	INDICADORES	
			Dosificación de las fibras metálicas	1% de fibras	
				3% de fibras	
				5% de fibras	
VARIABLE N° 2: Reducir el espesor de losa del pavimento rígido.		DIMENSIONES	INDICADORES		
Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión				
	Resistencia a la flexión				

Anexo 2. Ensayo granulométrico del agregado grueso.

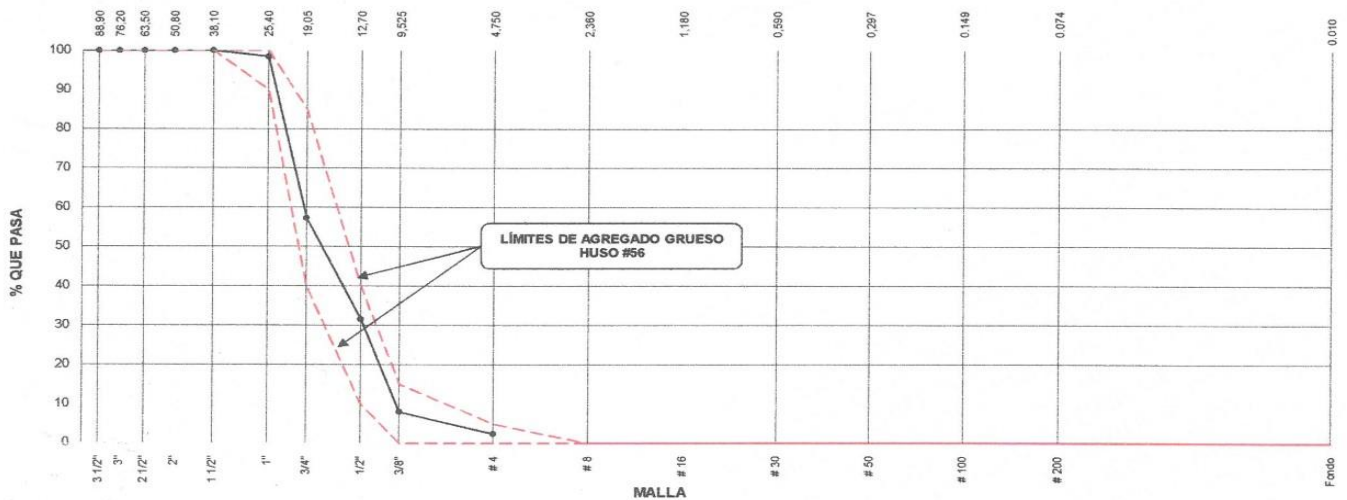
	FORMATO	Código	AE-FO-150
	ENSAYOS FÍSICOS EN AGREGADOS	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas, para disminuir la altura del pavimento Rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima	Registro N°:	IGC18-LEM-503-02
Solicitante	: Willy Calderón Villoslada	Muestreado por :	N. Pizarro
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	N. Pizarro
Ubicación de Proyecto	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	Fecha de Ensayo:	9/10/2018
Material	: Agregado grueso	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: ---		
Lote	: Cantera Gambeta		
N° de Muestra	: ---		
Progresiva	: ---		

AGREGADO GRUESO ASTM C33 HUSO # 56							
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	70.0	1.69	1.69	98.31	90.00	100.00
3/4"	19.05 mm	1702.0	41.05	42.73	57.27	40.00	85.00
1/2"	12.70 mm	1065.0	25.68	68.42	31.58	10.00	40.00
3/8"	9.53 mm	980.0	23.63	92.05	7.95	0.00	15.00
# 4	4.75 mm	231.2	5.58	97.63	2.37	0.00	5.00
# 8	2.36 mm		0.00	97.63	2.37	0.00	0.00
# 16	1.18 mm		0.00	97.63	2.37	0.00	0.00
# 30	0.59 mm		0.00	97.63	2.37	0.00	0.00
# 50	0.30 mm		0.00	97.63	2.37	0.00	0.00
# 100	0.15 mm		0.00	97.63	2.37	0.00	0.00
# 200	0.07 mm		0.00	97.63	2.37	0.00	0.00
Fondo	0.01 mm	98.3	2.37	100.00	0.00	0.00	0.00


CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seco (gr/cm ³)	2.633
P. Especif. de Masa SSS (gr/cm ³)	2.653
P. Especif. de Masa Aparente (gr/cm ³)	2.687
P Unitario Compactado (kg/m ³)	1701
P Unitario Suelto (kg/m ³)	1569
Humedad de absorción (%)	0.75
Tamaño Máximo	1 "
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Módulo de Fineza	7.21
% < Malla N° 200 (0.75 μm)	0.62

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Naomi C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CQC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Anexo 3. Ensayo granulométrico del agregado grueso.

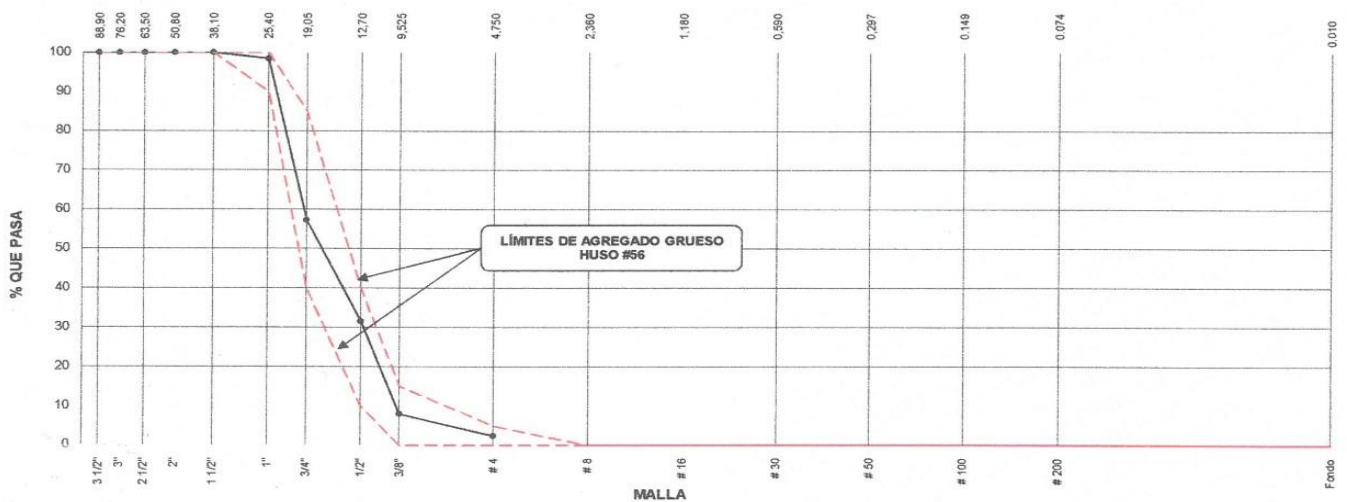
	FORMATO	Código	AE-FO-150
	ENSAYOS FÍSICOS EN AGREGADOS	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas, para disminuir la altura del pavimento Rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima	Registro N°:	IGC18-LEM-503-02
Solicitante	: Willy Calderón Villoslada	Muestreado por :	N. Pizarro
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	N. Pizarro
Ubicación de Proyecto	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	Fecha de Ensayo:	9/10/2018
Material	: Agregado grueso	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: ---		
Lote	: Cantera Gambeta		
N° de Muestra	: ---		
Progresiva	: ---		

Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	70.0	1.69	1.69	98.31	90.00
3/4"	19.05 mm	1702.0	41.05	42.73	57.27	40.00
1/2"	12.70 mm	1065.0	25.68	68.42	31.58	10.00
3/8"	9.53 mm	980.0	23.63	92.05	7.95	0.00
# 4	4.75 mm	231.2	5.58	97.63	2.37	0.00
# 8	2.36 mm		0.00	97.63	2.37	0.00
# 16	1.18 mm		0.00	97.63	2.37	0.00
# 30	0.59 mm		0.00	97.63	2.37	0.00
# 50	0.30 mm		0.00	97.63	2.37	0.00
# 100	0.15 mm		0.00	97.63	2.37	0.00
# 200	0.07 mm		0.00	97.63	2.37	0.00
Fondo	0.01 mm	98.3	2.37	100.00	0.00	0.00


P. Especif. de Masa Seco (gr/cm ³)	2.633
P. Especif. de Masa SSS (gr/cm ³)	2.653
P. Especif. de Masa Aparente (gr/cm ³)	2.687
P Unitario Compactado (kg/m ³)	1701
P Unitario Suelto (kg/m ³)	1569
Humedad de absorción (%)	0.75
Tamaño Máximo	1 "
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Módulo de Fineza	7.21
% < Malla N° 200 (0.75 μm)	0.62

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM Nombre y firma: 	D:	JEFE LEM Nombre y firma:  Naomi C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	D:
	M:		M:
	A:		A:
		CQC - LEM Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	D:
			M:
			A:

Anexo 4. Ensayo granulométrico del agregado fino.

	FORMATO	Código	AE-FO-150
	ENSAYOS FÍSICOS EN AGREGADOS	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

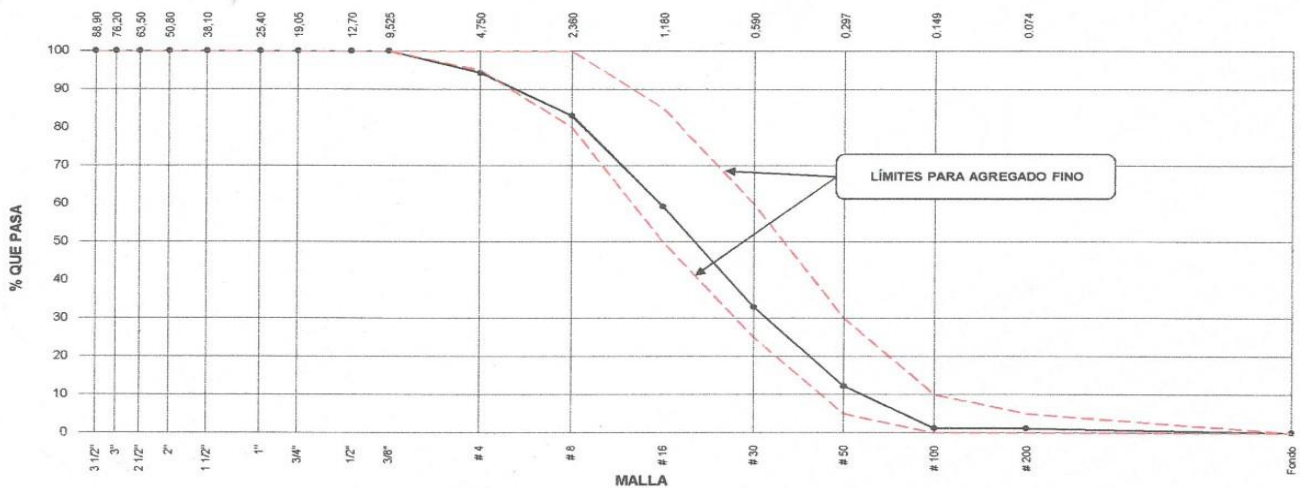
Proyecto	: Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas, para disminuir la altura del pavimento Rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima	Registro N°:	IGC18-LEM-503-01
Solicitante	: Willy Calderón Villoslada	Muestreado por :	N. Pizarro
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	N. Pizarro
Ubicación de Proyecto	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	Fecha de Ensayo:	9/10/2018
Material	: Agregado fino (Arena gruesa)	Turno:	Diurno

Código de Muestra : ---
 Lote : Cantera La Molina
 N° de Muestra : ---
 Progresiva : ---

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA							
Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"	
4"	101.60 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	65.2	5.75	5.75	94.25	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	126.9	11.19	16.94	83.06	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	269.4	23.76	40.70	59.30	50.00	85.00
# 30	0.59 mm	298.2	26.30	67.00	33.00	25.00	80.00
# 50	0.30 mm	236.4	20.85	87.84	12.16	5.00	30.00
# 100	0.15 mm	124.9	11.01	98.86	1.14	0.00	10.00
# 200	0.07 mm		0.00	98.86	1.14	0.00	5.00
Fondo	0.01 mm	13.0	1.14	100.00	0.00	0.00	0.00


CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seco (gr/cm ³)	2.615
P. Especif. de Masa SSS (gr/cm ³)	2.662
P. Especif. de Masa Aparente (gr/cm ³)	2.745
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1701
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1569
Humedad de absorción (%)	1.8
Tamaño Máximo	-
Tamaño Máximo Nominal	-
Módulo de Fineza	3.17
% < Malla N° 200 (0.75 µm)	4.29

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CQC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Anexo 6. Diseño de mezcla para concreto reforzado con 1% de fibras metálicas.

	FORMATO	Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO : Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas, para disminuir la altura del pavimento Rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima SOLICITANTE : Willy Calderón Villoslada CÓDIGO DE PROYECTO : --- UBICACIÓN DE PROYECTO : Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL FECHA DE EMISIÓN : 23/10/2018	REGISTRO N°: IGC18-LEM-533-04 REALIZADO POR : R. Leiva REVISADO POR : N. Sánchez FECHA DE VACIADO : 23/10/2018 TURNO : Diurno
Agregado : Ag. Grueso Cantera La Gloria / Ag. Fino Cantera La Molina Procedencia : Cantera La Gloria y Cantera La Molina Cemento : Sol tipo 1	F'c de diseño: 280 kg/cm2 Asentamiento: 3" - 4" Código de mezcla: FIBRA-10

- | | |
|---|--|
| 1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
$F'_{cr} = 364$ | 5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
Cemento = 433 kg |
| 2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
$R_{a/c} = 0.45$ | 6. FACTOR CEMENTO
Bolsas x m3 = 10.2 Bolsas |
| 3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 195 L | 7. ADICIÓN DE FIBRAS
10 kg x m3 |
| 4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 2.0% | |

8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO				
Cemento Sol tipo I	3110 kg/m3	0.1393 m3				
Agua	1000 kg/m3	0.1950 m3				
Aire	---	0.0200 m3				
---	---	0.0000 m3	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO
Agregado grueso	2659 kg/m3	---	0.40%	1.24%	6.71	1569
Agregado fino	2669 kg/m3	---	2.50%	1.87%	2.97	1582
Volumen de pasta		0.3543 m3				
Volumen de agregados		0.6457 m3				

9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso	48.0%	≈ 0.3099 m3	≈ 824 kg
Agregado fino	52.0%	≈ 0.3357 m3	≈ 896 kg

10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso	827 kg
Agregado fino	919 kg

11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agua	196 L
------	-------

12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.045 m3

Cemento Cemento tipo I	19.50 kg
Agua	8.83 L
Agregado grueso	37.2 kg
Agregado fino	41.3 kg
Fibra metálica	0.45 kg
Slump Obtenido	4 1/4"

13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA

CEM	A.F.	A.G.	FIB	AGUA
1	: 2.0	: 1.83	: 0.98	: 19.3 L / bolsa

OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma: 	M:	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	M:
	A:		A:
		 Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Anexo 7. Diseño de mezcla para concreto reforzado con 3% de fibras metálicas.

	FORMATO	Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas, para disminuir la altura del pavimento Rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-533-05
SOLICITANTE	: Willy Calderón Villoslada	REALIZADO POR :	R. Leiva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	N. Sánchez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	FECHA DE VACIADO :	23/10/2018
FECHA DE EMISIÓN	: 23/10/2018	TURNO :	Diurno
Agregado	: Ag. Grueso Cantera La Gloria / Ag. Fino Cantera La Molina	F'c de diseño:	280 kg/cm2
Procedencia	: Cantera La Gloria y Cantera La Molina	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento	: Sol tipo 1	Código de mezcla:	FIBRA-30

- | | |
|--|--|
| <p>1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
F'cr = 364</p> <p>2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
R a/c = 0.45</p> <p>3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 195 L</p> <p>4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 2.0%</p> | <p>5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
Cemento = 433 kg</p> <p>6. FACTOR CEMENTO
Bolsas x m3 = 10.2 Bolsas</p> <p>7. ADICIÓN DE FIBRAS
30 kg x m3</p> |
|--|--|

8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO				
Cemento Sol tipo I	3110 kg/m3	0.1393 m3				
Agua	1000 kg/m3	0.1950 m3				
Aire	---	0.0200 m3				
---	---	0.0000 m3	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO
Agregado grueso	2659 kg/m3	---	0.40%	1.24%	6.71	1569
Agregado fino	2669 kg/m3	---	2.50%	1.87%	2.97	1562
Volumen de pasta		0.3543 m3				
Volumen de agregados		0.6457 m3				

- | | |
|---|--|
| <p>9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS</p> <p>Agregado grueso 48.0% ≈ 0.3099 m3 ≈ 824 kg</p> <p>Agregado fino 52.0% ≈ 0.3357 m3 ≈ 896 kg</p> <p>10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD</p> <p>Agregado grueso 827 kg</p> <p>Agregado fino 919 kg</p> <p>11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD</p> <p>Agua 196 L</p> | <p>12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.045 m3</p> <p>Cemento Cemento tipo I 19.50 kg</p> <p>Agua 8.83 L</p> <p>Agregado grueso 37.2 kg</p> <p>Agregado fino 41.3 kg</p> <p>Fibra metálica 1.35 kg</p> <p>Slump Obtenido 3 1/2"</p> <p>13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA</p> <p>CEM A.F. A.G. FIB AGUA</p> <p>1 : 2.0 : 1.83 : 2.94 : 19.3 L / bolsa</p> |
|---|--|

OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC					
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	COC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemi C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:	 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Anexo 8. Diseño de concreto reforzado con 5% de fibras metálicas.

	FORMATO	Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas, para disminuir la altura del pavimento Rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-533-06
SOLICITANTE	: Willy Calderón Villoslada	REALIZADO POR :	R. Leiva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	N. Sánchez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGENIOCONTROL	FECHA DE VACIADO :	23/10/2018
FECHA DE EMISIÓN	: 23/10/2018	TURNO :	Diurno
Agregado	: Ag. Grueso Cantera La Gloria / Ag. Fino Cantera La Molina	F'c de diseño:	280 kg/cm2
Procedencia	: Cantera La Gloria y Cantera La Molina	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento	: Sol tipo 1	Código de mezcla:	FIBRA-50

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
F'cr = 364	Cemento = 433 kg
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO	6. FACTOR CEMENTO
R a/c = 0.45	Bolsas x m3 = 10.2 Bolsas
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA	7. ADICIÓN DE FIBRAS
Agua = 195 L	50 kg x m3
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO	
Aire = 2.0%	

8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO				
Cemento Sol tipo I	3110 kg/m3	0.1393 m3				
Agua	1000 kg/m3	0.1950 m3				
Aire	---	0.0200 m3				
---	---	0.0000 m3				
Agregado grueso	2659 kg/m3	---	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO
Agregado fino	2669 kg/m3	---	0.40%	1.24%	6.71	1569
			2.50%	1.87%	2.97	1582
	Volumen de pasta	0.3543 m3				
	Volumen de agregados	0.6457 m3				

9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso	48.0%	≈ 0.3099 m3	≈ 824 kg
Agregado fino	52.0%	≈ 0.3357 m3	≈ 896 kg

12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.045 m3

Cemento Cemento tipo I	19.50 kg
Agua	8.83 L
Agregado grueso	37.2 kg
Agregado fino	41.3 kg
Fibra metálica	2.25 kg
Slump Obtenido	3 1/2"

10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso	827 kg
Agregado fino	919 kg

13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA

CEM	A.F.	A.G.	FIB	AGUA
1	: 2.0	: 1.83	: 4.9	: 19.3 L / bolsa

11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD


Agua	196 L
------	-------

OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGENIOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CQC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Anexo 9. Ensayo de la resistencia a la compresión a los 7 días

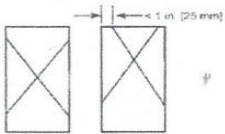
	FORMATO		Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1

PROYECTO	: Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas, para disminuir la altura del pavimento Rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-503-07
SOLICITANTE	: Willy Calderón Villoslada	REALIZADO POR :	R. Leiva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	FECHA DE ENSAYO :	30/10/2018
FECHA DE EMISIÓN	: 05/11/2018	TURNO :	Diurno

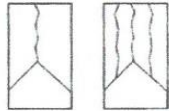
Tipo de muestra : Concreto endurecido
 Presentación : Especímenes cilíndricos 6" x 12"
 F_c de diseño : 280 kg/cm²

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F _c
PROBETA N° 01 DISEÑO PATRON F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	30/10/2018	7 días	1.99	226 kg/cm ²	80.7
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	30/10/2018	7 días	1.99	228 kg/cm ²	81.4
PROBETA N° 01 DISEÑO 10 KG FIBRA F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	30/10/2018	7 días	1.99	228 kg/cm ²	81.5
PROBETA N° 02 DISEÑO 10 KG FIBRA F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	30/10/2018	7 días	1.99	235 kg/cm ²	84.0
PROBETA N° 01 DISEÑO 30 KG FIBRA F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	30/10/2018	7 días	1.99	242 kg/cm ²	86.4
PROBETA N° 02 DISEÑO 30 KG FIBRA F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	30/10/2018	7 días	1.98	237 kg/cm ²	84.8
PROBETA N° 01 DISEÑO 50 KG FIBRA F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	30/10/2018	7 días	1.97	242 kg/cm ²	86.4
PROBETA N° 02 DISEÑO 50 KG FIBRA F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	30/10/2018	7 días	1.98	238 kg/cm ²	85.0



Type 1
Reasonably well-formed cones on both ends, less than 1 in. (25 mm) of cracking through caps



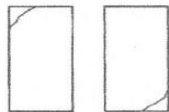
Type 2
Well-formed cone on one end, vertical cracks running through caps, no well-defined cone on other end



Type 3
Columnar vertical cracking through both ends, no well-formed cones



Type 4
Diagonal fracture with no cracking through ends, tap with hammer to distinguish from Type 1



Type 5
Side fractures at top or bottom (occur commonly with unbonded caps)



Type 6
Similar to Type 5 but end of cylinder is pointed

FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns

Fuente: ASTM C39

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation ^a	Acceptable Range ^a of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in. [150 by 300 mm]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
4 by 8 in. [100 by 200 mm]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %


Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC					
TECNICO LEM Nombre y firma: 	D:	JEFE LEM Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	D:	CQC - LEM Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	D:
M:	M:	A:	A:	M:	M:
A:	A:	A:	A:	A:	A:

Anexo 10. Ensayo de la resistencia a la compresión a los 14 días.

	FORMATO	Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO : Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas, para disminuir la altura del pavimento Rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima SOLICITANTE : Willy Calderón Villoslada CÓDIGO DE PROYECTO : --- UBICACIÓN DE PROYECTO : Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL FECHA DE EMISIÓN : 08/11/2018	REGISTRO N° : IGC18-LEM-503-08 REALIZADO POR : R. Leiva REVISADO POR : J. Gutiérrez FECHA DE ENSAYO : 6/11/2018 TURNO : Diurno
--	---

Tipo de muestra : Concreto endurecido Presentación : Especímenes cilíndricos 6" x 12" F'c de diseño : 280 kg/cm2	
---	--

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F'c
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON Fc = 280 kg/cm2	23/10/2018	6/11/2018	14 días	1.99	259 kg/cm2	92.3
PROBETA N° 04 DISEÑO PATRON Fc = 280 kg/cm2	23/10/2018	6/11/2018	14 días	1.99	262 kg/cm2	93.5
PROBETA N° 03 DISEÑO 10 KG FIBRA Fc = 280 kg/cm2	23/10/2018	6/11/2018	14 días	1.99	266 kg/cm2	94.9
PROBETA N° 04 DISEÑO 10 KG FIBRA Fc = 280 kg/cm2	23/10/2018	6/11/2018	14 días	1.99	269 kg/cm2	96.2
PROBETA N° 03 DISEÑO 30 KG FIBRA Fc = 280 kg/cm2	23/10/2018	6/11/2018	14 días	1.99	279 kg/cm2	99.5
PROBETA N° 04 DISEÑO 30 KG FIBRA Fc = 280 kg/cm2	23/10/2018	6/11/2018	14 días	1.98	276 kg/cm2	98.7
PROBETA N° 03 DISEÑO 50 KG FIBRA Fc = 280 kg/cm2	23/10/2018	6/11/2018	14 días	1.97	275 kg/cm2	98.4
PROBETA N° 04 DISEÑO 50 KG FIBRA Fc = 280 kg/cm2	23/10/2018	6/11/2018	14 días	1.98	276 kg/cm2	98.7

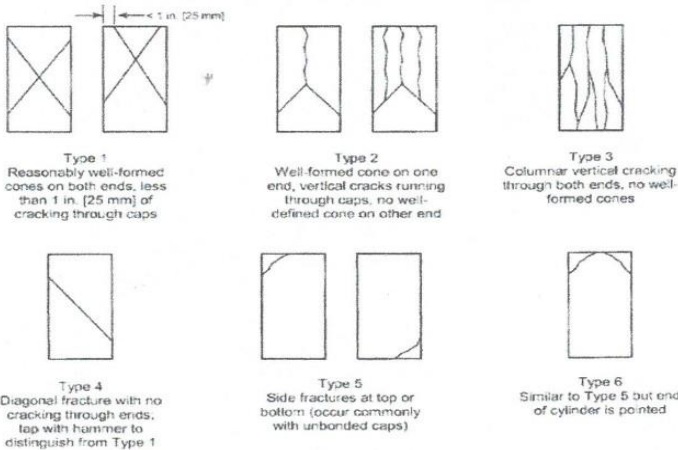


FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns

Fuente: ASTM C39

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table **Note 11**:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

	Coefficient of Variation ^a	Acceptable Range ^a of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in. [150 by 300 mm]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
4 by 8 in. [100 by 200 mm]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %


Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC					
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:	 Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

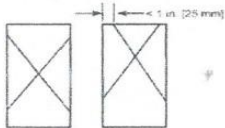
Anexo 11. Ensayo de la resistencia a la compresión a los 28 días

	FORMATO		Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1

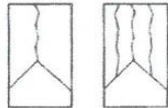
PROYECTO	: Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas, para disminuir la altura del pavimento Rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-503-09
SOLICITANTE	: Willy Calderón Villoslada	REALIZADO POR :	R. Leiva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	FECHA DE ENSAYO :	20/11/2018
FECHA DE EMISIÓN	: 20/11/2018	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 6" x 12"		
F_c de diseño	: 280 kg/cm ²		

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F _c
PROBETA N° 05 DISEÑO PATRON F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	20/11/2018	28 días	1.99	313 kg/cm ²	111.9
PROBETA N° 06 DISEÑO PATRON F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	20/11/2018	28 días	1.99	307 kg/cm ²	109.5
PROBETA N° 05 DISEÑO 10 KG FIBRA F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	20/11/2018	28 días	1.99	315 kg/cm ²	112.6
PROBETA N° 06 DISEÑO 10 KG FIBRA F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	20/11/2018	28 días	1.99	319 kg/cm ²	113.8
PROBETA N° 05 DISEÑO 30 KG FIBRA F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	20/11/2018	28 días	1.99	325 kg/cm ²	116.1
PROBETA N° 06 DISEÑO 30 KG FIBRA F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	20/11/2018	28 días	1.98	324 kg/cm ²	115.8
PROBETA N° 05 DISEÑO 50 KG FIBRA F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	20/11/2018	28 días	1.97	325 kg/cm ²	116.1
PROBETA N° 06 DISEÑO 50 KG FIBRA F _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	20/11/2018	28 días	1.98	324 kg/cm ²	115.6



Type 1
Reasonably well-formed cones on both ends, less than 1 in. [25 mm] of cracking through caps



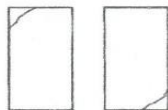
Type 2
Well-formed cone on one end, vertical cracks running through caps, no well-defined cone on other end



Type 3
Columnar vertical cracking through both ends, no well-formed cones



Type 4
Diagonal fracture with no cracking through ends, tap with hammer to distinguish from Type 1



Type 5
Side fractures at top or bottom (occur commonly with unbonded caps)



Type 6
Similar to Type 5 but end of cylinder is pointed

FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns

Fuente: ASTM C39

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation ⁴	Acceptable Range ⁴ of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in. [150 by 300 mm]			
Laboratory conditions	2.4%	6.6%	7.8%
Field conditions	2.9%	8.0%	9.5%
4 by 8 in. [100 by 200 mm]			
Laboratory conditions	3.2%	9.0%	10.6%


Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

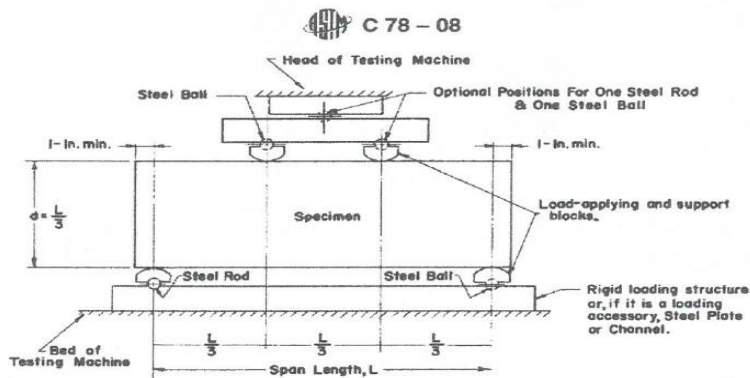
INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D.	JEFE LEM	D.
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemi C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		Nombre y firma:	M:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Anexo 12. Ensayo de la resistencia a la flexión a los 28 días

	FORMATO		Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas, para disminuir la altura del pavimento Rígido de la Av. Miguel Iglesias - Lima		REGISTRO N°: IGC18-LEM-503-10	
SOLICITANTE	: Willy Calderón Villoslada		REALIZADO POR :	R. Leiva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---		REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL		FECHA DE ENSAYO :	20/11/2018
FECHA DE EMISIÓN	: 20/11/2018		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Especímenes prismáticos			
Fc de diseño	: 280 kg/cm2			

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
VIGA N° 01 DISEÑO PATRÓN f _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	20/11/2018	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	38.1 kg/cm ²
VIGA N° 01 DISEÑO 10 KG FIBRA f _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	20/11/2018	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	44.5 kg/cm ²
VIGA N° 01 DISEÑO 30 KG FIBRA f _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	20/11/2018	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	51.7 kg/cm ²
VIGA N° 01 DISEÑO 50 KG FIBRA f _c = 280 kg/cm ²	23/10/2018	20/11/2018	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	54.2 kg/cm ²



Fuente: ASTM C78

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC					
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemi C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:	 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Anexo 13. *Certificado de calibración (Balanza 3kg x 0.1g)*



PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LM - 069 - 2018**

*Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

1. Expediente	695-2018
2. Solicitante	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.
3. Dirección	Calle 16 Mz. G2 Lote 11 Urb. Pop. Asoc.Viv. San Francisco De Cayran - San Martin De Porres - Lima - LIMA
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	3000 g
División de escala (d)	0.1 g
Div. de verificación (e)	0.1 g
Clase de exactitud	II
Marca	OHAUS
Modelo	SE3001F
Número de Serie	8346750775
Capacidad mínima	2.00 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	LM - 069
5. Fecha de Calibración	2018-08-20

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

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

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión
2018-08-21

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES





PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN **PT - LM - 069 - 2018**

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Calle 16 Mz. G2 Lote 11 Urb. Pop. Asoc. Viv. San Francisco De Cayran - San Martín De Porres - Lima - LIMA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.6 °C	21.9 °C
Humedad Relativa	56%	56%

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	JUEGO DE PESAS 1 g a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	METROIL M-0842-2018

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima

Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque

Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224

E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 069 - 2018

Área de Metrología

Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura Inicial Final
21.6 °C 21.6 °C

Medición N°	Carga L1 = 1,500.00 g			Carga L2 = 3,000.00 g			
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	1,500.00	50	0	3,000.00	50	0	
2	1,500.00	30	20	3,000.00	50	0	
3	1,500.10	50	100	3,000.00	60	-10	
4	1,500.00	40	10	3,000.00	50	0	
5	1,500.00	40	10	3,000.00	20	30	
6	1,499.90	20	-70	2,999.90	40	-90	
7	1,500.00	50	0	3,000.00	60	-10	
8	1,500.00	40	10	3,000.00	50	0	
9	1,500.00	40	10	2,999.90	30	-80	
10	1,499.90	30	-80	3,000.00	50	0	
Diferencia Máxima			180	Diferencia Máxima			120
Error Máximo Permisible			± 200	Error Máximo Permisible			± 300



ENSAYO DE EXCENRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición
de las
cargas

Temperatura Inicial Final
21.6 °C 21.7 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		1.00	50	0		1,000.00	50	0	0
2		1.00	50	0		1,000.00	50	0	0
3	1.00 g	1.00	50	0	2500.00	999.90	30	-80	-80
4		1.00	50	0		1,000.00	50	0	0
5		1.00	50	0		1,000.00	60	-10	-10
* Valor entre 0 y 10e					Error máximo permisible ± 200				



PERUTEST S.A.C
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LM - 069 - 2018

Área de Metrología

Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	21.8 °C	21.9 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1.00	1.00	60	-10						
2.00	2.00	50	0	10	2.00	60	-10	0	100
10.00	10.00	40	10	20	10.00	50	0	10	100
100.00	100.00	50	0	10	100.00	50	0	10	100
500.00	500.00	60	-10	0	500.00	50	0	10	200
800.00	800.00	50	0	10	800.00	60	-10	0	200
1,000.00	1,000.00	30	20	30	1,000.00	50	0	10	200
1,500.00	1,500.00	50	0	10	1,500.00	50	0	10	200
2,000.00	2,000.00	60	-10	0	2,000.00	40	10	20	300
2,500.00	2,499.90	30	-80	-70	2,499.90	30	-80	-70	300
3,000.00	2,999.90	20	-70	-60	2,999.90	20	-70	-60	300

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.0041544 \text{ g}^2 + 0.00000000060 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.0000150 \text{ R}$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima

Sucursal: Calle Sinchi Rocá Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque

Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224

E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



Anexo 14. *Certificado de calibración (Horno)*



PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 039 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente	696-2018
2. Solicitante	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.
3. Dirección	Calle 16 Mz. G2 Lote 11 Urb. Pop. Asoc.Viv. San Francisco De Cayran - San Martin De Porres - Lima - LIMA
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	300 °C
Marca	PERUTEST
Modelo	PT-H
Número de Serie	0105
Procedencia	PERÚ
Identificación	NO INDICA
Ubicación	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

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

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2018-08-20

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2018-08-21

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES





PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN **PT - LT - 039 - 2018**

Área de Metrología

Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.

Calle 16 Mz. G2 Lote 11 Urb. Pop. Asoc. Viv. San Francisco De Cayran - San Martín De Porres - Lima - LIMA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22.5	22.5
Humedad Relativa	63 %	63 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
Patrones de referencia de INACAL LT-466-2017	Digitense de 10 Canales con incertidumbre de 0.09°C a 0.15°C	METRINDUST TH-0036-2017

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- (*) Código indicado en una etiqueta adherido al equipo.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 039 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 21 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteo en 110

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	106.9	107.1	111.0	115.1	112.4	104.2	109.0	112.4	115.9	109.7	110.4	11.7
02	110.0	107.3	107.1	109.7	115.7	113.0	104.0	108.6	113.0	115.5	109.7	110.4	11.7
04	110.0	107.0	106.9	111.3	115.4	112.6	104.2	108.6	112.6	116.1	109.6	110.4	11.9
06	110.0	107.4	107.0	110.5	115.3	112.6	104.0	108.6	112.4	115.7	109.7	110.3	11.7
08	110.0	106.9	107.1	111.0	115.1	112.4	104.0	109.0	113.0	115.9	109.7	110.4	11.9
10	110.0	107.3	107.0	109.7	115.7	113.0	104.1	108.6	112.6	115.5	109.6	110.3	11.6
12	110.0	107.0	107.1	111.0	115.4	112.6	104.0	108.6	112.6	116.1	109.7	110.4	12.1
14	110.0	107.4	106.9	109.7	115.3	112.6	104.1	109.0	113.0	115.7	109.7	110.3	11.6
16	110.0	106.9	107.0	111.3	115.1	112.4	104.2	108.6	112.6	115.9	109.6	110.4	11.7
18	110.0	107.3	107.1	110.5	115.7	113.0	104.0	109.0	113.0	115.5	109.7	110.5	11.7
20	110.0	107.0	107.1	111.3	115.4	112.6	104.2	108.6	112.6	116.1	109.7	110.5	11.9
22	110.0	107.4	107.1	110.5	115.1	112.6	104.0	108.6	112.6	115.9	109.6	110.3	11.9
24	110.0	106.9	106.9	111.0	115.7	112.6	104.2	108.6	113.0	115.5	109.7	110.4	11.5
26	110.0	107.3	107.0	109.7	115.4	112.4	104.0	108.6	112.4	116.1	109.7	110.3	12.1
28	110.0	106.9	106.9	111.3	115.3	113.0	104.2	108.6	113.0	115.7	109.6	110.4	11.5
30	110.0	107.3	107.0	110.5	115.4	112.4	104.0	109.0	112.4	115.5	109.7	110.3	11.5
32	110.0	107.0	107.1	111.0	115.3	113.0	104.0	108.6	113.0	115.9	109.7	110.5	11.9
34	110.0	107.4	107.0	109.7	115.1	112.6	104.0	109.0	112.6	115.5	109.6	110.2	11.5
36	110.0	107.4	107.1	111.3	115.7	112.6	104.2	108.6	112.6	116.1	109.7	110.5	11.9
38	110.0	106.9	107.1	110.5	115.1	113.0	104.0	108.6	113.0	115.7	109.7	110.4	11.7
40	110.0	107.3	106.9	111.0	115.7	112.6	104.0	109.0	112.6	115.5	109.6	110.4	11.7
42	110.0	107.0	107.0	109.7	115.4	112.4	104.2	108.6	112.6	116.1	109.7	110.3	11.9
44	110.0	107.4	107.0	111.0	115.3	113.0	104.0	108.6	112.4	115.7	109.7	110.4	11.7
46	110.0	106.9	107.1	109.7	115.1	112.6	104.2	108.6	113.0	115.9	109.6	110.3	11.7
48	110.0	107.3	107.1	111.3	115.7	112.6	104.1	109.0	112.6	115.5	109.7	110.5	11.6
50	110.0	106.9	106.9	110.5	115.4	112.4	104.2	108.6	113.0	116.1	109.7	110.4	11.9
52	110.0	107.0	107.0	111.3	115.3	113.0	104.0	108.6	112.6	115.7	109.6	110.4	11.7
54	110.0	107.4	107.1	111.0	115.1	112.6	104.0	108.6	113.0	115.9	109.6	110.4	11.9
56	110.0	106.9	107.1	109.7	115.7	112.6	104.0	108.6	112.6	115.5	109.7	110.2	11.7
58	110.0	107.3	106.9	111.3	115.4	113.0	104.2	109.0	112.6	116.1	109.7	110.5	11.9
60	110.0	106.9	107.0	110.5	115.3	112.6	104.0	108.6	113.0	115.7	109.6	110.3	11.7
T.PROM	110.0	107.1	107.0	110.6	115.4	112.7	104.1	108.7	112.7	115.8	109.7	110.4	
T.MAX	110.0	107.4	107.1	111.3	115.7	113.0	104.2	109.0	113.0	116.1	109.7		
T.MIN	110.0	106.9	106.9	109.7	115.1	112.4	104.0	108.6	112.4	115.5	109.6		
DTT	0.0	0.5	0.2	1.6	0.6	0.6	0.2	0.4	0.6	0.6	0.1		



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 039 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 5

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	116.1	8.3
Mínima Temperatura Medida	104.0	0.0
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.6	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	11.7	7.5
Estabilidad Medida (±)	0.8	0.04
Uniformidad Medida	12.1	7.5

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isothermo : 0.06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isoterma SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.

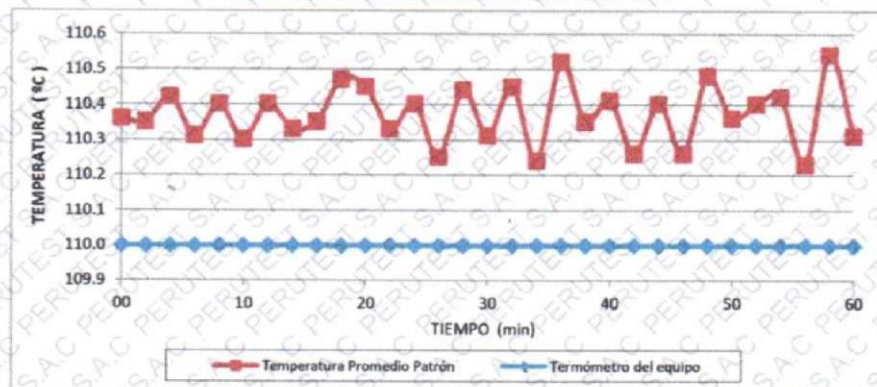


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 039 - 2018

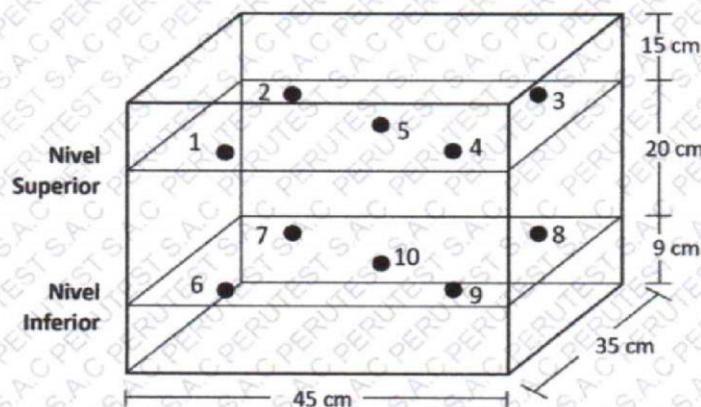
Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 5

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$



DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 9 cm de las paredes laterales y a 9 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento



Anexo 15. *Certificado de calibración (Prensa compresión ELE)*



LABORATORIO ACREDITADO N° LC-016
NTP ISO / IEC 17025:2006

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LF-0265-2018

OT : 1743-2565 Fecha de emisión : 2018 - 08 - 15 Página : 1 de 2

1. SOLICITANTE : INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.
DIRECCIÓN : Calle 16 Mz. G2 Lote 11 As. San Francisco de Cayrán 3era etapa - SMP - Lima
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA
 Marca : ELE Capacidad Máxima : 120000 kgf
 Modelo : ADR TOUCH División de Escala, d : 0,1 kgf
 N° Serie : 1887-1-00074 Procedencia : No Indica
 Código de Ident. : NO INDICA Ubicación : Laboratorio

- 3.- FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN.
La calibración se realizó el día 14 de agosto del 2018 en las instalaciones de INGEOCONTROL S.A.C.

4. MÉTODO.
La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 " Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga".

5. PATRÓN.

INSTRUMENTO	ALCANCE DE INDICACIÓN	CLASE DE EXACTITUD	CERTIFICADO	ENTIDAD
Manómetro Digital	0 bar a 700 bar	0.05%	LFP-C-150-2017	DM - INACAL

6. CONDICIONES AMBIENTALES.

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	19,1 °C	19,3 °C
HUMEDAD RELATIVA	71,5 %	69,9 %

7. OBSERVACIONES.

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
 La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura $k=2$, para un nivel de confianza de 95%
 Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde sobre el equipo
 Verificar la indicación de cero del instrumento antes de cada medición
 La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
 Se deja a criterio del usuario el adecuado uso del equipo de acuerdo a los resultados adjuntos.

Nicolas Ramos Paucar
 Lic. Nicolás Ramos Paucar
 Gerente Técnico
 CFP:0316



RESULTADOS				
INDICACIÓN DEL EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN		VALOR CONVENCIONALMENTE VERDADERO	CORRECCIÓN	INCERTIDUMBRE
kgf	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²
102,1	0,62	0,61	-0,01	0,02
200,1	1,11	1,11	0,00	0,02
500,4	2,73	2,68	-0,05	0,02
800,3	4,34	4,26	-0,08	0,02
1000,2	5,40	5,30	-0,10	0,02
5000,7	26,78	26,26	-0,52	0,02
10000,4	53,47	52,44	-1,03	0,03
20000,8	107,18	105,12	-2,06	0,05
50000,6	266,49	261,35	-5,14	0,07
80002,5	423,47	415,30	-8,17	0,09

Valor Convencionalmente Verdadero = Indicación del Equipo a calibrar + Corrección

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

