



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO
REFORZADOS CON FIBRA DE ACERO EN EL ANÁLISIS
ESTRUCTURAL DE PLACAS EN EL PROYECTO DE
AMPLIACIÓN DEL CENTRO MÉDICO SAN CONRADO EN LOS
OLIVOS, LIMA - PERÚ**

PRESENTADA POR

DENNYS JENNY ÑAUPAS TENORIO

DARWIN MAXIMO SOSA SOTO

ASESOR

MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2019



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO
REFORZADO CON FIBRA DE ACERO EN EL ANÁLISIS
ESTRUCTURAL DE PLACAS EN EL PROYECTO DE
AMPLIACIÓN DEL CENTRO MÉDICO SAN CONRADO EN
LOS OLIVOS, LIMA – PERÚ**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

ÑAUPAS TENORIO, DENNYS JENNY

SOSA SOTO, DARWIN MAXIMO

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres, Brigida Tenorio y Anfiloquio Ñaupas, por apoyarme siempre a lo largo de mi vida y por el sacrificio que hicieron juntos para yo poder llegar a este punto de mi vida. A mi hermana Tania, por aconsejarme e impulsarme a entrar al mundo de la Ingeniería. A mi tía Epifania, a quien quiero como una madre y por siempre estar junto a mí para apoyarme. A mi compañero Jessy, por su apoyo emocional y estar siempre a mi lado en la etapa universitaria y hasta momento.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación principalmente a las personas que han influenciado directamente en mi vida, dándome los mejores consejos, guiándome y haciéndome una persona de bien, con todo mi amor y afecto se los dedico a mis padres Máximo Sosa Casafranca y Rosalía Soto Ayala. A mis hermanos, Rosemary, Marvin y Ronny quienes fueron fuente de inspiración y apoyo para llegar a donde estoy ahora. A Milagros, por ser mi fuerza y paz en este largo proceso de formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Descripción de la situación problemática	2
1.3 Formulación del problema	3
1.4 Objetivos	3
1.5 Importancia de la investigación	4
1.6 Viabilidad de la investigación	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes de la Investigación	6
2.2 Bases teóricas	12
2.3 Definición de términos básicos	25
2.4 Marco Normativo	27
2.5 Hipótesis	28
CAPÍTULO III	29
METODOLOGÍA	29
3.1 Tipología de la Investigación	29
3.2 Variables	30
3.3 Población y muestra	32
3.4 Instrumentos de Recolección de datos	33

CAPÍTULO IV	35
DESARROLLO DEL PROYECTO	35
4.1 Ensayo de Materiales	35
4.2 Especificaciones del Cemento	54
4.3 Especificaciones de la Fibra de Acero	54
4.4 Especificaciones del aditivo plastificante Sika Plastiment HE-98	55
4.5 Diseño de la mezcla	57
4.6 Elaboración de probetas (NTP 339.034 – ASTM C31)	64
4.7 Ensayos de mezcla en estado fresco	68
4.8 Descripción del Proyecto	77
CAPÍTULO V	87
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	87
5.1 Resultado del ensayo de asentamiento	87
5.2 Resultado de peso unitario del concreto fresco	88
5.3 Resultado de la resistencia a la compresión	89
5.4 Resultado de la resistencia a la flexión	93
5.5 Análisis de módulo de elasticidad	94
5.6 Ductilidad del concreto	95
5.7 Resultado del Análisis Estático	95
CAPÍTULO VI	103
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	103
CONCLUSIONES	107
RECOMENDACIONES	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
INDICE DE ANEXOS	116

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Componentes del Concreto	13
Figura N° 2: Geometria de la Fibra	19
Figura N° 3: Curva Esfuerzo vs. Deformación	21
Figura N° 4: Curva Esfuerzo - Deformación	21
Figura N° 5: Mecanismo de control de propagación de las fisuras	22
Figura N° 6: Equipo cuarteador de Agregado Fino	36
Figura N° 7: Equipo cuarteador de Agregado Grueso	37
Figura N° 8: Lavado de Agregado Grueso	38
Figura N° 9: Tamices para Agregado Fino	39
Figura N° 10: Tamices para Agregado Grueso	39
Figura N° 11: Recipiente para peso unitario de Agregado Grueso	43
Figura N° 12: Recipiente para peso unitario de Agregado Fino	43
Figura N° 13: Enrase del Agregado Grueso	44
Figura N° 14: Peso de la muestra compactada del Agregado Grueso	45
Figura N° 15: Compactación de la segunda capa del Agregado Fino	45
Figura N° 16: Peso de la muestra compactada del Agregado Fino	46
Figura N° 17: Peso de la muestra suelta del Agregado Grueso	47
Figura N° 18: Peso de la muestra suelta del Agregado Fino	48
Figura N° 19: Balanza apoyada en los soportes para calcular el peso del agregado grueso saturado superficialmente seco sumergido	50
Figura N° 20: Horno Eléctrico	50
Figura N° 21: Picnómetro	51
Figura N° 22: Cocina eléctrica para hallar el peso superficialmente seco del agregado fino	52
Figura N° 23: Extracción de aire del picnómetro	53

Figura N° 24: Peso del agregado fino con agua destilada en el picnómetro	53
Figura N° 25: Cemento Sol	54
Figura N° 26: Detalle geométrico de las fibras de acero	54
Figura N° 27: Fibra de Acero encolada de 65/35	55
Figura N° 28: Aditivo Plastiment HE - 98	56
Figura N° 29: Peso del Aditivo Plastiment HE - 98	57
Figura N° 30: Incorporación del Aditivo en el agua	60
Figura N° 31: Mezcladora de concreto	64
Figura N° 32: Moldes prismáticos de 6" x 6" x 18" (madera)	65
Figura N° 33: Moldes cilíndricos de 4" x 8" (plástico)	65
Figura N° 34: Vaceado de la mezcla de concreto al molde prismático	67
Figura N° 35: Varillado del molde de madera para vigas	67
Figura N° 36: Varillado del molde de plástico para probetas	68
Figura N° 37: Mezcla del concreto con fibra de acero	68
Figura N° 38: Cono de Abrams	69
Figura N° 39: Varillado del Cono de Abrams	70
Figura N° 40: Medición del Slump del Cono de Abrams	70
Figura N° 41: Peso Específico del concreto	71
Figura N° 42: Prensa Hidráulica para compresión	72
Figura N° 43: Vernier digital	73
Figura N° 44: Rompimiento de probetas de concreto	74
Figura N° 45: Probeta de concreto de 60 kg/m ³ de fibra de acero	74
Figura N° 46: Probeta de concreto de 105 kg/m ³ de fibra de acero	75
Figura N° 47: Vigas sacadas del curado	76
Figura N° 48: Prensa Hidráulica para Flexión	76
Figura N° 49: Rompimiento de la viga patron por flexión	77
Figura N° 50: Grietas de las vigas con fibra de acero	77
Figura N° 51: Carga Muerta y Viva	79
Figura N° 52: Masa Sísmica	82
Figura N° 53: Fuerza Sísmica de cada nivel de la edificación	84
Figura N° 54: Periodo Fundamental de Vibración	85
Figura N° 55: Story Drift en X	86
Figura N° 56: Story Drift en Y	86
Figura N° 57: Medición del Slump	87
Figura N° 58: Modelamiento en Etabs	100
Figura N° 59: Reducción de Sección	102

Figura N° 60: Grietas de las vigas al centro	104
Figura N° 61: Rompimiento de las Vigas	104

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Componentes del Concreto	14
Tabla N° 2: Resistencia a la Compresión	15
Tabla N° 3: Tipos de Cemento	16
Tabla N° 4: Tipos de Aditivos	17
Tabla N° 5: Ventajas y Beneficios del concreto	23
Tabla N° 6: Variable Dependiente	31
Tabla N° 7: Variable Independiente	31
Tabla N° 8: Especímenes del Concreto	33
Tabla N° 9: Recolección de Datos	34
Tabla N° 10: Pesos de agregado grueso mínimo	36
Tabla N° 11: Granulometría para agregado fino	40
Tabla N° 12: Granulometría para agregado grueso	41
Tabla N° 13: Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino	46
Tabla N° 14: Cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso	47
Tabla N° 15: Cálculo del peso unitario suelto del agregado fino	48
Tabla N° 16: Cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso	48
Tabla N° 17: Características de la fibra de acero	55
Tabla N° 18: Cantidades aproximadas de agua de amasados para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire	58
Tabla N° 19: Relación a/c Vs. $f'c$	59
Tabla N° 20: Volúmenes Absolutos	61
Tabla N° 21: Pesos Absolutos	61
Tabla N° 22: Corrección por Humedad y Absorción	62
Tabla N° 23: Dosificación para concreto 210 kg/cm ²	62

Tabla N° 24: Dosificación para concreto 210 kg/cm ² con 60 kg/m ³ de fibra de acero	62
Tabla N° 25: Dosificación para concreto 210 kg/cm ² con 75 kg/m ³ de fibra de acero	63
Tabla N° 26: Dosificación para concreto 210 kg/cm ² con 90 kg/m ³ de fibra de acero	63
Tabla N° 27: Dosificación para concreto 210 kg/cm ² con 105 kg/m ³ de fibra de acero	63
Tabla N° 28: Factor de Zona	80
Tabla N° 29: Factor de Suelo	80
Tabla N° 30: Período T_p y T_L	81
Tabla N° 31: Sistemas Estructurales	81
Tabla N° 32: Peso Sísmico	83
Tabla N° 33: Fuerza Sísmica Horizontal	83
Tabla N° 34: Límites para la distorsión del entrepiso	86
Tabla N° 35: Resultados de ensayos de asentamiento	88
Tabla N° 36: Resultados de los pesos unitarios de la adición de fibra	89
Tabla N° 37: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibra de acero a 7 días	90
Tabla N° 38: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibra de acero a 14 días	91
Tabla N° 39: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibra de acero a 28 días	92
Tabla N° 40: Resultado de la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibra de acero a 28 días	93
Tabla N° 41: Módulo de elasticidad	94
Tabla N° 42: Ductilidad del concreto	95
Tabla N° 43: Desplazamientos en X del concreto patron	96
Tabla N° 44: Desplazamiento en Y del concreto patron	97
Tabla N° 45: Desplazamiento en X con CRFA	98
Tabla N° 46: Desplazamiento en Y con CRFA	99
Tabla N° 47: Irregularidades de la edificación	100
Tabla N° 48: Irregularidades por torsión del concreto patron	101
Tabla N° 49: Irregularidades por torsión del CRFA	101

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Analisis granulometrico para agregado fino	40
Gráfico N° 2: Analisis granulometrico para agregado grueso	42
Gráfico N° 3: Resultados de Slump Vs. Fibra de Acero	88
Gráfico N° 4: Resultados de Peso Unitario	89
Gráfico N° 5: Resistencia de compresión a 7 días del concreto reforzado con fibra de acero	90
Gráfico N° 6: Resistencia de compresión a 14 días del concreto reforzado con fibra de acero	91
Gráfico N° 7: Resistencia de compresión a 28 días del concreto reforzado con fibra de acero	92
Gráfico N° 8: Resistencia de flexión a 28 días del concreto reforzado con fibra de acero	93
Gráfico N° 9: Resultado de Modulo de Elasticidad	94
Gráfico N° 10: Desplazamiento en X del concreto patron	96
Gráfico N° 11: Desplazamiento en Y del concreto patron	97
Gráfico N° 12: Desplazamiento en X del CRFA	98
Gráfico N° 13: Desplazamiento en Y del CRFA	99
Gráfico N° 14: Resistencia de compresión a 7,14 y 28 días	103
Gráfico N° 15: Comparativa de dos modelados de concreto	105

RESUMEN

La presente investigación surgió del interés de determinar el comportamiento del concreto reforzado con fibra de acero en su trabajabilidad, resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión. Las inclusiones de fibra de acero que se usaron fueron de 60 Kg/m³, 75 Kg/m³, 90 Kg/m³ y 105 Kg/m³. Se diseñó un concreto con resistencia de 210 Kg/cm² según las normas técnicas peruana y sus equivalentes en la norma ASTM, incluyendo el método ACI 211. También se consideró para el diseño de concreto aditivo plastificante HE-98 para una mejor trabajabilidad de este.

Los resultados para los ensayos de compresión se obtuvieron para los 7, 14 y 28 días de curado arrojando una máxima compresión para un concreto con 90 kg/m³ de 265 Kg/cm², 267.72 Kg/cm² y 288.55 Kg/cm² respectivamente. Para los ensayos en flexión se obtuvo un módulo de rotura máximo de 79.39 Kg/cm², además se realizó ensayos de asentamiento teniendo como resultado un concreto consistente.

Estos resultados se usaron para el análisis estructural del proyecto de ampliación del centro médico San Conrado haciendo una comparativa entre una edificación que usa concreto convencional con otro que usa concreto reforzado con fibra de acero, teniendo la capacidad de distinguir la reducción de desplazamientos en los ejes X, Y, así también de reducir los metros lineales por placas, lo cual acarrea un impacto positivo en el ámbito económico.

Entonces se puede concluir que el uso de aditivo plastificante ayuda a mejorar la trabajabilidad para cantidades altas de fibra de acero, y en conjunto da como resultado estructuras más dúctiles, con mayor capacidad a los esfuerzos de compresión y flexión. Mejorando su comportamiento ante eventos sísmicos y conseguir una leve reducción de costos.

Palabras claves: Concreto, fibra de acero, comportamiento mecánico, resistencia a la flexión, resistencia a la compresión, tenacidad, elasticidad, trabajabilidad.

ABSTRACT

The present investigation arose from the interest to determine the behavior of concrete reinforced with steel fiber in its workability, resistance to bending and resistance to compression. The steel fiber inclusions that were used were 60 Kg / m³, 75 Kg / m³, 90 Kg / m³ and 105 Kg / m³. A concrete with resistance of 210 Kg / cm² was designed according to the Peruvian technical standards and its equivalents in the ASTM standard, including the ACI 211 method. It was also considered for the design of concrete additive plasticizer HE-98 for a better workability of this.

The results for the compression tests were obtained for the 7, 14 and 28 days of curing yielding a maximum compression for a concrete with 90 kg / m³ of 265 Kg / cm², 267.72 Kg / cm² and 288.55 Kg / cm² respectively. For the tests in flexion, a maximum breaking modulus of 79.39 Kg / cm² was obtained, in addition, settlement tests were carried out, resulting in a consistent concrete.

These results were used for the structural analysis of the expansion project of the San Conrado medical center making a comparison between a building that uses conventional concrete with another that uses concrete reinforced with steel fiber, having the ability to distinguish the reduction of displacements in the axes X, Y, so as to reduce the linear meters by plates, which has a positive impact in the economic sphere.

It can then be concluded that the use of plasticizer additive helps to improve workability for high amounts of steel fiber, and together results in

more ductile structures, with greater capacity to compression and bending stresses. Improving its behavior against seismic events and achieving a slight reduction in costs.

Keywords: Concrete, steel fiber, mechanical behavior, resistance to bending, resistance to compression, tenacity, elasticity, workability.

INTRODUCCIÓN

Con el pasar de los años el concreto ha sido un elemento primordial en la construcción, esencial para todo tipo de obra civil por lo que se busca mejorar sus características como durabilidad, elasticidad, resistencia, entre otros. Con este propósito se han usado fibras de origen vegetal, animal, y artificiales obteniendo resultados positivos; sin embargo, el uso de la fibra de acero se limita por la reducción de trabajabilidad, es ahí donde actúa el aditivo plastificante mitigando este efecto.

Este material, concreto con fibra de acero, se está incorporando al sector construcción y su aceptación es cada vez más progresivo. Tiene características que marcan diferencias por su firmeza a la compresión, la flexión y tracción, además, controla la propagación de fisuras; por ello, hoy en día es usado en muchos pisos industriales, carreteras y proyectos donde se requiera sobrellevar las acciones sísmicas, incrementar la ductilidad y durabilidad de las estructuras.

La presente investigación se aplicó en el proyecto de ampliación del centro médico San Conrado y se consideró como edificación esencial según la norma E 030, por ende, no debe poseer irregularidades estructurales.

Es así, que el objetivo de esta tesis fue determinar el comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de acero por medio de ensayos para establecer la adecuada dosificación de fibra de acero y usar estos resultados en el análisis estructural de placas, al aplicarlo a través del

software Etabs y así demostrar el cumplimiento de los parámetros establecidos por norma.

El presente estudio consta de seis capítulos: En el capítulo I se habla de la situación problemática, definición del problema, la formulación del problema, objetivo general y específicos, importancia, viabilidad y sus limitaciones. En el segundo, los antecedentes, las bases teóricas que muestran las teorías relacionadas con el estudio ejecutado, definición de los términos bases y las bases normativas nacionales e internacionales que apoyan a la investigación. En el tercero, la tipología, variables de la investigación, población y muestra, técnicas de investigación que se usan para realizar el proyecto e instrumento de recolección de datos. En el cuarto, el desarrollo de la investigación mediante ensayos realizados en el laboratorio de la Universidad. En el penúltimo, los resultados de lo realizado en el capítulo anterior. Finalmente, se discutirá los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

El término “concreto con fibra de acero” es usado con el objetivo de definir un concreto que controla la fisuración plástica por secado, esencialmente en secciones alargadas y proporcionadas como muros delgados; y también a las losas ya que estas son expuestas a la evaporación. La fibra de acero ayuda a que el concreto tenga una buena resistencia, incremento a la ductilidad y que las estructuras tengan buena durabilidad.

Sus antecedentes se remontan al año 1847, fecha en que se dio inicio a un estudio técnico donde se complementa al material de concreto la fibra de acero, yute y otros elementos de origen natural. Después se fue profundizando su uso y en el año 1960 se empezó a experimentar con la fibra de vidrio y de acero. Años más tarde, 1974 con un mejor conocimiento y experiencia en la construcción se consolidó la primera patente de la fibra de acero incorporado en el concreto, teniendo como base una piedra artificial que se le adicionaba un acero granular procedente de desechos para el refuerzo del concreto. (Cortés, 2006)

Al transcurrir el tiempo, la geometría de la fibra se va desarrollando y en las patentes se utilizan parámetros muy semejantes a los actuales para la fibra de acero. Según López Roman J. (2015) nos

menciona que “la patente de G. Constantinesco (1954, Estados Unidos) explica el uso de la fibra helicoidales y espirales para incrementar la resistencia a la fisuración y la absorción de energía en el concreto” (p.18).

El Instituto de Concreto Americano (ACI) en EE.UU funda el Comité 544 para la formación, observación y seguimiento del Concreto reforzado con fibra de acero. Según López Roman J. (2015), "en los años 90, en Europa, aparecen grupos de estudios donde analizan el comportamiento estructural en conglomerados reforzados con fibras y de trata de normalizar el empleo de los concretos reforzados con fibras de acero" (p.22).

1.2 Descripción de la situación problemática

Para plantear los posibles problemas en una estructura de concreto es necesario entender su situación actual. La aplicación del concreto es muy extensa en el sector construcción, por ser económico, muy trabajable y tener la capacidad de amoldarse a cualquier diseño, entre otras características; La industria de la construcción presenta grandes retos. Por tal motivo, es necesario desarrollar nuevas tecnologías en la elaboración de concretos de calidad superior, prolongada vida útil y resistencia permitiendo edificaciones que cumplan sus objetivos estructurales y arquitectónicos.

Las edificaciones como los centros médicos no deben poseer irregularidades de ningún tipo según lo estipulado en la norma E 030; sin embargo, no lo hace exento de los desplazamientos generados por los sismos, lo cual da lugar a fisuramientos por flexión y corte, además, de cizalle por agrietamiento en la estructura.

Así, empezaron a surgir nuevos materiales para la construcción, como las fibras, estas pueden ser orgánicas, minerales y metálicas. Este estudio toma en cuenta el uso de la fibra de acero y un aditivo plastificante los cuales actuando en conjunto mejoran positivamente las propiedades mecánicas del concreto.

1.3 Formulación del problema

La formulación del problema está conformada por el problema general y los problemas específicos, las cuales son:

1.3.1 Problema General

¿En qué medida influye el comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de acero en el análisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del Centro Médico de San Conrado en los Olivos?

1.3.2 Problemas Específicos

¿Cómo influye la fibra de acero y aditivo plastificante en la trabajabilidad del concreto para el análisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del Centro Médico de San Conrado - Los Olivos?

¿Cómo influye la fibra de acero en la resistencia a la compresión del concreto para el análisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del Centro Médico de San Conrado – Los Olivos?

¿Cómo influye la fibra de acero en la resistencia a la flexión del concreto para el análisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del Centro Médico de San Conrado – Los Olivos?

¿Cómo influye la fibra de acero en la elasticidad del concreto para el análisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del Centro Médico de San Conrado – Los Olivos?

1.4 Objetivos

Los objetivos están conformados por el objetivo general y los objetivos específicos, los cuales son:

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la influencia del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de acero en el análisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del Centro Médico de San Conrado en los Olivos.

1.4.2 Objetivos Específicos

Determinar la influencia de la fibra de acero y el aditivo plastificante en la trabajabilidad del concreto para el análisis estructural de placas.

Determinar la influencia de la fibra de acero en la resistencia a la compresión del concreto para el análisis estructural de placas.

Determinar la influencia de la fibra de acero en la resistencia a la flexión del concreto para el análisis estructural de placas.

Determinar la influencia de la fibra de acero en la elasticidad del concreto para el análisis estructural de placas.

1.5 Importancia de la investigación

Diseñar estructuras resistentes que posean una vida útil prolongada es el objetivo de todo ingeniero estructurista, por tal motivo, se busca mejorar las condiciones mecánicas de los materiales de construcción, en especial del concreto. Teniendo una alta resistencia a disposición beneficiara a las empresas constructoras.

El concreto posee una gran importancia en el rubro de la construcción, se le han añadido un sinfín de materiales entre ellos la fibra de acero. Este otorga, principalmente, mayor tenacidad a la flexión y compresión viéndose beneficiado el sector de construcción.

Por último, la presente investigación determinará la adecuada cantidad de fibra de acero en kg/m^3 que es necesaria para

llegar al punto máximo de resistencia y útil como guía para diseños de concreto de alta resistencia.

1.6 Viabilidad de la investigación

Este estudio resulta viable porque en la actualidad hay empresas dedicadas a la venta de concreto reforzado con fibras, así también, disponibilidad de los recursos materiales, financieros, humanos y de información (como artículos científicos, libros, revistas, tesis pasadas) podrían ser cubiertos en su mayoría de forma directa sin que estos resulten un gran problema en el desarrollo de esta tesis

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Se revisará diversos estudios entre tesis y/o artículos que se realizaron acerca del tema, con la finalidad de darle mayor consistencia al proyecto de investigación.

2.1.1 Antecedentes Nacionales

Castañeda Muñoz, R. (2018), “Influencia de la adición de Fibra de Acero y Plastificante en la Resistencia a la Compresión del Concreto Convencional, Trujillo – 2018”.

La tesis mencionada se basa en la influencia que tiene la fibra de acero (FA) y el aditivo plastificante mediante la resistencia a la compresión de un concreto convencional de $f'c = 210$ kg/cm². De acuerdo a los análisis, se obtuvo 2 dosificaciones de las FA que se utilizarán las cuales son de 20 kg/m³ y 40 kg/m³.

De los resultados obtenidos, se determinó que el concreto se realizó en 3 edades: 7, 14 y 28 días. Según se iba adicionando la FA, la resistencia a la que se llegaba era ascendente (comenzando del concreto patrón, concreto con adición del 20 kg/m³ y 40kg/m³ de FA).

Al final se obtuvo un incremento que favoreció en resistencia a la compresión del concreto en un 4.63% con la adición de FA de 20kg/m³ y 8.39% con la adición de FA de 40 kg/m³, donde se pudo concluir que sí es factible y así poder evitar que el concreto tenga defectos en sus diferentes comportamientos mecánicos.

Esta tesis nos proporciona información realmente verdadera del predominio de la FA en variados porcentajes, tiempos de curado, diámetro de fibra, etc. Se aprecia que la FA mejora mucho sus propiedades mecánicas del concreto.

Montalvo Guevara, M. (2015), “Pavimentos Rígidos Reforzados con Fibras de Acero versus Pavimentos Tradicionales”.

La tesis mencionada afirma que el concreto reforzado con fibra de acero (FA) disminuye las fisuras en la contracción plástica en el concreto. También analizan los pavimentos de concreto simple, pavimentos con malla de acero y pavimentos de concreto reforzado con FA, para así comparar las diferentes metodologías de diseño que realizan en la mezcla.

Al realizar los procedimientos correspondientes, se obtuvo que las FA tienen una mayor ventaja con relación a las losas de concreto simple, dado que su aporte en espesor y a la repartición tridimensional de las fibras aporta al suelo una mejor durabilidad al momento de desempeñarse.

Así también se reducirá el tiempo y la mano de obra al usar un concreto reforzado con fibras en la colocación de losas, pisos y pavimentos donde se requiera tener una carga pesada.

Ortiz Barboza S. (2015), “Determinación de la Influencia de la Fibra de Acero en el esfuerzo a flexión del concreto para un $f'c=280$ kg/cm²”.

De la siguiente tesis se describe que en el Perú es muy limitado el concreto reforzado, ya que no hay información necesaria para investigar. En esta tesis implementaron 3 porcentajes de fibra de acero (FA) "Sika Fiber CHO 65/35 NB", en su capacidad resistente y elástica a flexión fundamentalmente, así también usaron un tipo de aditivo plastificante como Sikament 290N.

Se hizo 135 especímenes de concreto, y se realizó los ensayos a los 28 días tanto flexión como en compresión, según la normativa. En los resultados de laboratorio se obtuvo una reducción de la consistencia cuando se implementó la fibra y por lo tanto disminuyó a su vez la trabajabilidad a medida que se iba aumentando la FA. Pero con respecto a la resistencia de compresión se una mínima tendencia de aumento.

**Vásquez Gonzales, I (2015),
"Comportamiento mecánico del concreto con adición de fibra de
acero para una resistencia de 500 Kg/cm²".**

En esta tesis se brinda el tipo de influencia que se obtiene al adicionar distintas proporciones de la fibra de acero (FA) "Sika Fiber CHO 65/35 NB", con respecto a sus propiedades mecánicas del concreto donde utilizo materiales de los alrededores.

Se realizó ensayos donde se comparó entre el concreto patrón, concreto más Sikament 290N, concretos con una adición de FA de 20, 30 y 40 kg/m³ con Sikament 290N, se realizó 270 muestras, para una resistencia de 500 kg/cm², y rompimientos a 7, 14 y 28 días en flexión, tracción y compresión.

De estos resultados se obtuvo una reducción de la resistencia, además, su trabajabilidad disminuyó considerablemente en proporción al incremento de la fibra; en cuanto al peso unitario, se vio que estando en el estado fresco y endurecido aumenta ligeramente con la integración de Sikament 290N y con la adición de FA, pero sosteniéndose dentro de los parámetros de los concretos tradicionales.

Los resultados que se vio es que el Sikament 290N mejora la resistencia a la compresión; no obstante, se supo logra disminuirla ligeramente.

De la Cruz Mercado W., Quispe Ccahuin W. (2014), “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”.

El presente estudio tuvo como propósito analizar cómo influye la adición de Fibra de Acero (FA) en sus propiedades mecánicas. Se realizaron ensayos de concreto tradicional, para así poder analizarlos en pavimentos. Se determinaron la metodología de diseño donde se realizaron análisis de los diseños ya realizados y una investigación experimental para verificar los parámetros de diseño realizados en las variadas especificaciones técnicas, utilizando una resistencia de concreto de 210kg/cm² con promedio máximo nominal de agregado de 1” y un tipo de FA tanto en probetas cilíndricas y prismáticas para poder comprobar su comportamiento mecánico.

Al realizar el procedimiento correspondiente de la tesis, se obtuvo que la FA baja la trabajabilidad del concreto; sin embargo, aún se mantiene en el límite de la tolerancia, según la norma ASTM. Con respecto a la resistencia de compresión, se puede apreciar que la resistencia no tiende a aumentar mucho. A diferencia de la resistencia de flexión, donde se aprecia el incremento que tiene con la adición de la FA en su mezcla, por ello se puede determinar que la fibra ayuda a aumentar su comportamiento mecánico.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

Mendieta Higuera L. (2017), “Aplicación de Concreto Reforzado con Fibras de Acero en Losas de Contrapiso para viviendas de interés social”.

La presente tesis afirma que la diversidad de necesidades constructivas que se requieren para el concreto y así poder mejorar la matriz del concreto cuando se realizan los esfuerzos de

compresión, flexión y tracción. Así, también, de ofrecer una mejor rapidez en la realización de obra y reducir costos. Se ha demostrado que la fibra de acero mejora las características mecánicas del concreto, ya que presenta un adecuado comportamiento que un refuerzo convencional.

La tesis se realizó con 43 especímenes de concreto entre prismáticas, cilíndricas y losas con 3 diferentes adiciones de fibra de acero tipo Dramix (5kg/m³, 9kg/m³ y 18kg/m³) con una $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para poder determinar su comportamiento mecánico del concreto.

En los ensayos que se hicieron se obtuvo que no hubo mejoras con respecto a las propiedades físicas, asimismo, no aumentó la resistencia a la compresión. Lo que sí se logró notar es que no hubo desprendimiento de material debido a que se mantuvieron unidos a través de las fisuras por medio de las mismas fibras, a lo que con el concreto simple sí lo hubo.

A. Orbe, E. Rojí, J. Cuadrado, R. Losada (2015), “Estudio para la optimización de la composición de un HACFRA (hormigón autocompactante reforzado con fibras de acero) estructural”.

El principal interés que motivó el siguiente trabajo de investigación, radica en el aumento de capacidad a la resistencia que se obtiene por medio de la relación del hormigón y reducción de la fisuración por medio de la fibra de acero.

El artículo estudia cómo influye cada componente que integran el material autocompactante reforzado con fibras de acero, lo cual propone una adecuada elección de los mismos, señalados tanto al esquema granular como a los distintos tipos y proporciones de fibras de acero, en base a la adquisición de sus características y de un comportamiento estructural adecuado.

Caroline, M. & Bomfim, F (2015), “Concreto Reforzado con Fibras de Acero”.

La finalidad de este artículo es mostrar los beneficios del concreto con fibra de acero, que aun estando presente en la construcción civil desde 1960 y todavía no es muy conocida; sus ventajas en relación al concreto convencional, que entre las principales está el aumento es la resistencia mecánica de tracción y en el control de una de las mayores patologías de ese material.

El estudio apuntó que la diferencia del costo entre el concreto tradicional y con fibras no es tan diferible, ya que la mezcla, el transporte y el lanzamiento del concreto no cambia con la incorporación de fibras y el grosor de una losa de concreto reforzado con fibra de acero proyectada para un producto dado una carga.

Sin embargo, se concluyó que este satisfactorio costo-beneficio sólo es posible en obras de gran porte como: concreto proyectado para túneles, pavimentos, tubos de desagüe y otros. Del presente artículo se pudo rescatar las normas, artículos de investigación referenciada y las principales ventajas y desventajas de su uso en el concreto.

Isla Calderón F. (2014), “Modelo para Hormigones Reforzados con Fibras de Acero”.

El principal interés que motivó la siguiente tesis son las propiedades de los concretos reforzados con fibras de acero (CRFA), ya que ellos actúan interceptando las fisuras y retardando su propagación.

En esta tesis se realizan ensayos para componentes donde se puede conjeturar el CRFA. Acá se modelan las mezclas de concreto para poder formular, realizar y ver si el diseño propuesto es el adecuado y puedan realizarse ensayos con las fibras de acero teniendo en cuenta las propiedades que esta tiene.

Silva Tipantasig, L (2014),
“Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero y su influencia en sus propiedades mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua”.

La tesis analizó, estudió y evaluó el dominio que tiene al incorporarse las fibras de acero (FA) en el concreto. Obtuvo como resultados finales de todos los ensayos de laboratorio, se contó con una suficiente información que pueda describir el real comportamiento que presenta el concreto reforzado con diversas concentraciones de la FA, utilizando en su elaboración los agregados propios del medio local.

Culminado los estudios pertinentes de los diferentes porcentajes de la FA se obtuvo una proporción óptima para el diseño de la mezcla de concreto, la cual al adicionar un porcentaje más a la mezcla se pudo notar que disminuye la resistencia del concreto, ya que se llega a formar una mezcla con menor trabajabilidad y a su vez llega a tener un mayor contenido de aire, la cual hace que afecte y baje el comportamiento mecánico del concreto.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Comportamiento Mecánico del Concreto

a) Definición de Concreto

Se refiere a una parte de la Ingeniería que comprende los conocimientos que aportaron en el manejo técnico, práctico y eficaz de la construcción a lo largo del tiempo.

Según De la Cruz & Quispe (2014), “En el Perú hacia finales del Siglo XIX se importaba cemento en barriles de madera y las obras en concreto eran ejecutadas empíricamente siendo encargadas a Ingenieros extranjeros o algunos Ingenieros peruanos con formación en Europa”.

Es un material de la construcción, la cual está conformada por la combinación de diferentes proporciones de cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y aditivo (dependiendo el uso al que se dé la mezcla). El concreto al realizarse tiende a tener una mezcla en estado fresco,

donde es trabajable y moldeable; y el estado endurecido, que adquiere una mezcla con mayor resistencia e ideal para la obra que se desee realizar.

Figura N° 1: Componentes del Concreto



Fuente: De la Cruz & Quispe (2014)

En la actualidad, nuestras Universidades, dictan por lo general durante la educación de la Carrera de Ingeniería Civil pocos cursos donde nos hablen de los materiales de construcción, a pesar de que el concreto tiene que ser más estudiado en el ámbito para la construcción.

Empero, se exige a los discentes temáticos inusuales en su formación debido a que le aplican un sistema de cálculo y diseño estructural complicados, que, si bien son indispensables, en muchas ocasiones pierden su eficiencia e importancia al realizar obras donde tienen fallos e imperfecciones por desconocimiento de los conceptos que se manejan referente al tema.

Otra realidad relevante es que el Perú cuenta con varias riquezas de la naturaleza, que la Ingeniería aún no lo explota, tal es el caso de la producción de cemento con mayor durabilidad en zonas como la Sierra, que tiene un clima diferente y que tiende a cambiar constantemente.

b) Tipos de Concreto

Según Sanchez de Guzman, D. (2005), "Como punto de partida, y teniendo en cuenta: las propiedades y características de los ingredientes usados, y las especificaciones y condiciones de servicio del concreto o mortero solicitados, se pueden considerar las siguientes clases de concretos". Por ello, podemos clasificarlos de la siguiente manera:

b.1) Según tamaño máximo del agregado

Se puede subclasificar como se indica en la Tabla N°1.

Tabla N° 1: Componentes del Concreto

TIPOS	TAMAÑO MAXIMO	USOS
Concreto de Grava Fina	4.76mm - 19.10mm	Columnas, paredes o elementos esbeltos
Concreto de Grava Común	19.10mm - 38.10mm	Estructuras convencionales
Concreto de Grava Gruesa	38.10mm - 152.40mm	Pavimentos y presas

Fuente: Sanchez de Guzman, D. (2005)

b.2) Según su consistencia

Según Sanchez de Guzman, D. (2005), refiere que “La consistencia del concreto en estado fresco, depende de: el tamaño de la sección que se va a construir, la cantidad y espaciamiento del acero de refuerzo, las condiciones de colocación de la mezcla, y el sistema de compactación”, las cuales se clasifican en:

- Muy seca: Su asentamiento es de 0-20 mm y se usa mayormente en prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación.
- Seca: Su asentamiento es de 20-35 mm y se usa en pavimentos.
- Semi-seca: Su asentamiento es de 35-50 mm y se usa en pavimentos, fundaciones en concreto simple.
- Media: Su asentamiento es de 50-100 mm y se emplea en pavimentos compactados o mano, losas, muros y vigas.
- Húmeda: Su asentamiento es de 100-150 mm y se emplea en elementos estructurales esbeltos.
- Muy húmeda: Su asentamiento es mayor a 150 mm, y se usa en elementos muy esbeltos, pilotes fundidos in situ.

b.3) Según tiempo de fraguado

Según Sanchez de Guzman, D. (2005), “El tipo de cemento empleado y el estado del tiempo en la obra, la determinación de los

tiempos de fraguado es importante para saber si es necesario utilizar aditivos que controlen la velocidad de fraguado”. Por ello se clasifican de la siguiente manera:

- Lento: Se usa un aditivo retardante y se retarda entre 1 a 3:30 horas después.
- Normal: Se utiliza un aditivo reductor de agua, y el tiempo que demora es no más temprano de 1:00, ni más de 1:30 hora.
- Rápido: Se usa un acelerante como aditivo y fragua entre 1:00 a 3:30 horas antes.

b.4) Según resistencia a la compresión

A continuación, sus detalles, según el diseño del concreto y el uso.

Tabla N° 2: Resistencia a la Compresión

TIPOS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
Normal	70 - 420 kg/cm ²
Alta Resistencia	420 - 1000 kg/cm ²
Ultra Alta Resistencia	Mayor a 1000 kg/cm ²

Fuente: Sanchez de Guzman, D. (2005)

c) Componentes del concreto

Según Mamlouk & Zaniewski (2009), manifiesta que los componen el cemento, agregados, agua para la mezcla y aditivo.

c.1) Cemento

Es un tipo de conglomerante que está formado por la mezcla de arcilla calcinadas y caliza. Es el elemento esencial del concreto y ocupa entre el 7% y el 15% del volumen de la mezcla. Su presentación viene en bolsas de 42.5 kg que se usan la proporción a la cantidad de concreto que se va a realizar.

Existen cementos Tipo I, II, III, IV y V, las cuales se detallará en la Tabla N°3 según su aplicación y se usaran dependiendo el diseño que se

requiere. Presenta características de adherencia y cohesión, las mismas que contribuyen a que los fragmentos minerales se combinen entre sí, dando un resistente compacto y efectiva resistencia a la compresión y durabilidad.

Tabla N° 3: Tipos de Cemento

TIPO	APLICACIÓN
I	Adecuado para suelos, estructuras de hormigón reforzado, pavimentos, etc.
II	Es de resistencia moderada a los sulfatos, y tiene protección frente a una exposición moderada de sulfatos de 0.1% - 0.2% de peso de sulfatos solubles en agua.
III	Es de alta resistencia, utilizado para la construcción rápida cuando es necesario eliminar los encofrados lo más deprisa posible o cuando haya que poner en servicio la estructura lo antes posible.
IV	Es de bajo calor de hidratación, se utiliza cuando la masa de la estructura como en el caso de presas de gran tamaño, requiera un control cuidadoso del calor de hidratación.
V	Exposición severa de sulfatos, de entre 0.2% - 2% de peso de sulfatos solubles en agua para suelos, 0 de 1500 - 10800 ppm de sulfatos en agua.

Fuente: Mamlouk & Zaniewski (2009)

c.2) Agregados

Este componente ocupa la mayor parte del volumen de la mezcla. Existen dos tipos de agregados que se utilizan: el grueso y el fino. Estos son sacados de canteras naturales o artificiales para poder hacer el concreto. Se realizan tamices de los agregados para poder saber el uso de su granulometría y así poder saber que malla se utilizaran en la mezcla.

c.3) Agua para la mezcla

El tipo de agua que se utiliza para una mezcla es la potable, ya que es la más adecuada para realizar la mezcla del concreto; así también, hay tipos de agua no potables que son utilizados para el concreto.

Por lo general, la mayoría de las mezclas se realizan con agua no procesada por reducción de costos, pero esto puede afectar al momento de fraguado, a su resistencia y su durabilidad a largo plazo. Por ello, es

recomendable usar el agua potable para poder obtener mejor resultados al diseñar la mezcla.

c.4) Aditivos

Son un complemento utilizado en la mezcla de concreto para poder aumentar o mejorar propiedades del diseño. Existen diferentes tipos de aditivos dependiendo el uso al que se le quiera dar. Estas vienen en presentaciones líquidas o en forma de soluciones.

Según Mamlouk & Zaniewski (2009), “Si los aditivos no pueden añadirse en solución, se pesan o se miden su volumen, según recomiende el fabricante”.

En la Tabla N° 4 se mencionará la clasificación de los aditivos según la característica que se desee.

Tabla N° 4: Tipos de Aditivos

TIPOS DE ADITIVOS
1. Agentes aireantes
2. Reductores de agua
3. Aditivos de control de hidratación
4. Aceleradores
5. Aditivos especializados

Fuente: Mamlouk & Zaniewski (2009)

2.2.2. Fibras de Acero

a) Reseña Histórica

Según De la Cruz & Quispe (2014), la adición de material fibroso en los principales conglomerados usados en construcción se remonta muchos años atrás; desde los egipcios que introducían paja en la arcilla para la fabricación de ladrillos, dándole mayor resistencia. Como también los constructores griegos y romanos perfeccionaron sus materiales de construcción para obtener mejores resultados introduciendo pelos de caballo y otras fibras vegetales.

Portter (1910) y Ficklen (1914) fueron los primeros en dar una sugerencia sobre la adición de la fibra de acero en el concreto mejorando efectivamente su comportamiento mecánico; sin embargo, recién en 1963 cuando Romualdi y Batson postulan “el concreto de las fibras metálicas como elementos inhibidores del agrietamiento”.

Hoy existen muchas investigaciones sobre el concreto con fibra de acero, dando mayor entendimiento sobre sus ventajas, desventajas, dosificaciones según los requerimientos. La industria concretera ahora dispone de este tipo de fibras con el objeto de reforzar losas de pisos industriales, pavimentos rígidos, concreto lanzado, entre otros.

b) Definición de la Fibra de Acero

Se define como un conjunto de alambres de acero estirados en frío (tetrifilación), diseñados específicamente para el reforzamiento del concreto asegurando una resistencia superior a la tracción, flexión y compresión. Según sea su forma garantizara su anclaje al concreto reduciendo las fisuras en el mismo.

Según Antonio Gallovich et al. (2007) “Las fibras son filamentos discontinuos, producidos con una variada gama de formas, dimensiones y destinados específicamente para uso en concreto y argamasas. Tiene como finalidad principal inhibir el surgimiento de fisuras, así como su propagación en elementos estructurales.”

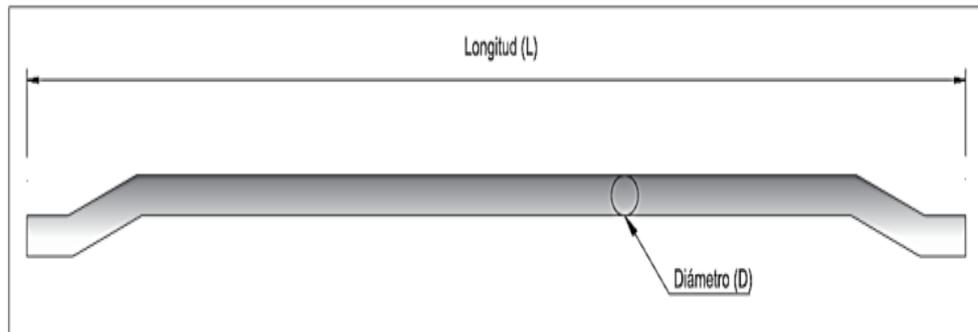
c) Clasificación de Fibra de Acero según sus características geométricas

Depende mucho de su fabricación, hay fibras de diferentes longitudes, secciones, superficie pareja o trabajada, y también de formas rectilínea o doblada. En esta clasificación se diferencian las fibras una de la otra según estos tres conceptos: Anclaje, resistencia a la tracción y relación de esbeltez del alambre.

La norma ASTM 820 considera la siguiente simbología:

A = Área de la sección transversal
 D = Diámetro
 L = Longitud
 λ = Relación de aspecto = Longitud/Diámetro Equivalente

Figura N°2: Geometría de la Fibra



Fuente: Manual Técnico, Maccaferri (2009)

La esbeltez está dada por la longitud de la fibra versus el diámetro en milímetros de su sección transversal. Entonces si tenemos una fibra con mayor longitud y menor diámetro como resultado tendremos una mayor esbeltez.

Clasificación según el método de fabricación de la fibra, norma ASTM A 820:

Tipo I Alambre estirado en frío

Tipo II Láminas cortadas

Tipo III Fundido y Tipo IV Otras fibras

d) Fibra de acero en el concreto

Se adiciona al concreto con el propósito de reforzar sus características mecánicas, esta se configura dentro de la matriz de manera dispersa y uniforme. Actuando directamente cuando se originan fisuras y transfiriendo las tensiones a lo largo de estas, consiguiendo una mayor energía de rotura y ductilidad en la estructura

Como lo menciona Antonio Gallovich et al. (2007) “Las fibras con una adecuada resistencia mecánica a la tracción constituyen una micro armadura la cual se muestra extremadamente eficaz para contrastar el fenómeno de la fisuración por retracción”.

e) Características y Aportes de la fibra de acero en el concreto

Con lo mencionado anteriormente se puede afirmar que la fibra de acero aporta muchas mejoras en el concreto, durante los últimos años se han estudiado las ventajas y desventajas que este ofrece y se pueden estructurar de la siguiente manera:

e.1) Estado fresco

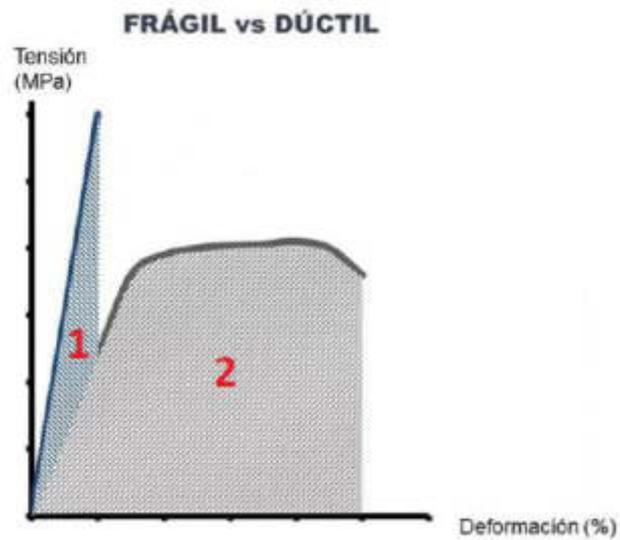
La Trabajabilidad, es una característica importante en el concreto en estado fresco a la hora de ser mezclado, trabajado, movilizado y puesto en obra. Por medio de ensayos se puede demostrar que existe una relación entre la consistencia y la cantidad de fibra de acero añadido al concreto. En otras palabras, a mayor porcentaje de fibra de acero obtendremos una menor trabajabilidad del concreto.

e.2) Estado endurecido

La Resistencia a la Compresión, mejora levemente en relación con la cantidad de fibra de acero por metro cubico de concreto.

En la Ductilidad, el concreto deja de ser un material frágil y obtiene la capacidad de absorber energía post agrietamiento a causa del anclaje de la fibra de acero en el concreto. Como se muestra en la Figura N° 3 de curva de esfuerzo vs deformación donde se representan los materiales 1 y 2, podemos apreciar un material frágil 1 con mayor resistencia a la tensión a diferencia del material 2 que tiene mayor capacidad de absorber energía, pero menor resistencia, esta energía es representada en el grafico como el área por debajo de la curva de esfuerzo deformación.

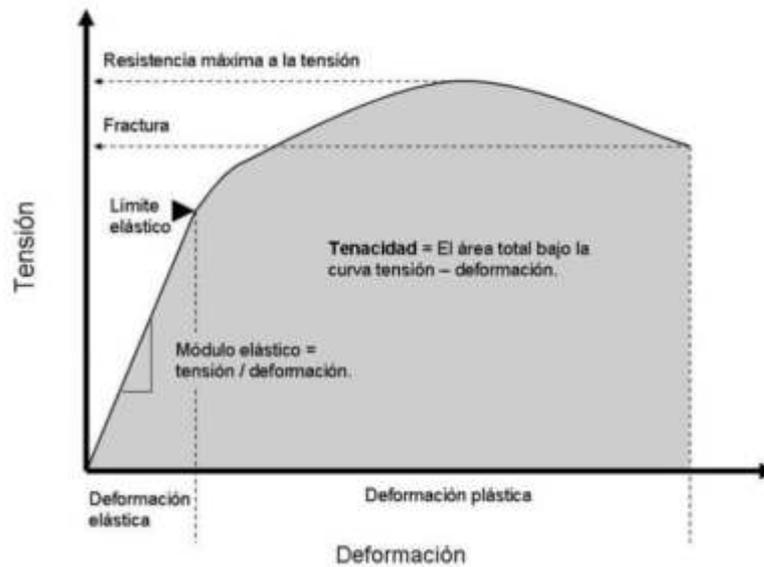
Figura N° 3: Curva Esfuerzo vs. Deformación



Fuente: Vílchez Ulloa, F. (2017).

En la Tenacidad, la capacidad de absorber energía aumenta, energía que se consume durante la deformación plástica hasta lograr la fractura del concreto.

Figura N° 4.- Curva Esfuerzo - Deformación.

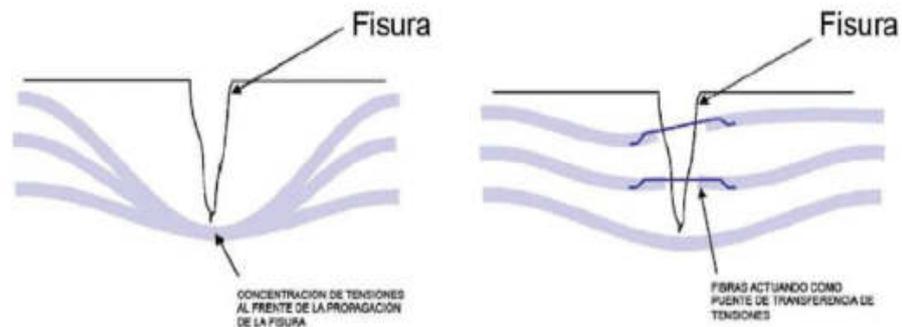


Fuente: Ing. Francisco Rodríguez Lezama. (2013). Resistencia de Materiales I.

En la Resistencia al Corte y Torsión, la distribución dispersa y uniforme de la fibra de acero dentro del molde de concreto contribuye al

control de fisuras en cualquier dirección incluidas las diagonales que se presentan debido a las fuerzas cortantes.

Figura N° 5: Mecanismo de control de propagación de las fisuras



Fuente: Fibras Wirand y Fibromac

Otros: “Otras propiedades que aportan las fibras de acero son la mejora en el comportamiento en ciclos de fatiga, control de permeabilidad, aumento de la capacidad de carga y control de penetración de agentes oxidantes” (ZEGARRA & SOTIL, 2015, p.25).

2.2.3. Aditivo Plastificante

a) Concepto del Aditivo Plastificante

Según Rivera G. (2015), se dice que “En la época Romana se utilizaron aditivos, adicionándolos al hormigón de cal y puzolanas. Hay quienes dicen que los primeros aditivos para los concretos fueron la sangre y la clara de huevo”.

El plastificante se adecua al tipo de mezcla que se va a realizar, ayuda a la trabajabilidad del concreto y a reducir el agua de la mezcla. Por ello, el concreto llega a tener propiedades adecuadas para la construcción, ya que optimiza al concreto simple de su comportamiento mecánico.

b) Uso del Aditivo Plastificante

Según Sika Perú (2015), “el plastificante es un tipo de aditivo que ayuda a poder reducir la cantidad de agua para poder obtener un mejor diseño de concreto, a su vez poder tener un concreto más trabajable”.

Su uso ayuda a las propiedades mecánicas del concreto, ya que ayuda a mejorar las resistencias de compresión, flexión, tracción y su trabajabilidad. Esto se da ya que el aditivo ayuda a la reducción en la cantidad de agua requerido para un diseño de mezcla.

c) El aditivo plastificante en el concreto

El aditivo plastificante cumple una función indispensable en el concreto, ya que ayuda a mejorar las propiedades de una mezcla. El producto inmediato de el aditivo sobre la mezcla del cemento con el agua es reducir la viscosidad de la misma, así también hace que esta pasta sea más líquida y ayude en la trabajabilidad al concreto.

Según Sika Perú (2015), “Lo logra recubriendo las partículas de cemento y provocando una repulsión entre estas. Cuando estas se repelen entre sí, existe menos resistencia al flujo del conjunto, lo que permite la liberación y mejor distribución del agua”.

d) Ventajas y beneficios

Para Mendoza, Vásquez & Villa Archila M. (2012), “las ventajas y beneficios que se obtienen al utilizar los aditivos plastificantes en el concreto fresco y endurecido” son:

Tabla N°5: Ventajas y Beneficios del concreto

CONCRETO FRESCO	CONCRETO ENDURECIDO
Mejoran la trabajabilidad en el tiempo	Mejoran la apariencia final de los terminados
Mejora las características del terminado	Pueden aumentar la resistencia
Menor energía de compactación	reducen la permeabilidad y durabilidad del concreto
	Disminuyen los agrietamientos
	Ayuda a reducir la formación de cangrejas
	Pueden desarrollar mayores resistencias tempranas y finales
	Mayor adherencia al acero

Fuente: Mendoza, Vásquez & Villa Archila M (2012).

2.2.2. Placas de Concreto Armado

a) Definición

Llamados también placas, son muros armados de concreto caracterizados por su esbeltez. Generalmente usado para edificaciones

sismorresistentes por su aporte elevando a la rigidez y ductilidad de la edificación frente a cargas laterales causadas por efectos naturales.

También hay autores que señalan que:

“El uso de muros de cortante se hace imperativo en edificios altos con el fin de poder controlar las edificaciones de entrepisos reduciendo las distorsiones provocados por las fuerzas laterales proporcionando seguridad estructural adecuada en caso de sismos severos (...) (Medroa, 1995, p. 8).

b) Clasificación de Placas

- Según su sección: los muros generalmente son de sección rectangular sin embargo también es usado los muros con alas.
- Según su ubicación: se refiere si se encuentran en el interior de la estructura o en la parte exterior.
- Según su geometría: A la relación de la altura entre la longitud de la base se la denomina relación de aspecto, a menor rigidez mayor rigidez.

muros bajos : $H/L < 2$
muros intermedios : $2 \leq H/L \leq 5$
muros altos : $H/L \geq 5$

c) Modos de falla en muros de concreto armado

Se pueden reconocer las fallas por flexión, fuerzas cortantes, deslizamiento y pandeo. Además, es necesario mencionar que durante un sismo se produce una combinación de cargas actuantes que en su mayoría afectan la primera planta, estas son producidas por el momento flector, cargas axiales y la fuerza cortante.

Las fallas se presentan como, rompimientos por tracción del acero, cuando se aplastan el concreto en la zona de compresión, pandeo lateral de la zona de compresión, resbalamiento, aplastamiento de alma y pandeo general.

c.1) Falla por Flexión

Ocurre cuando la resistencia a la fuerza cortante supera a la de flexión, se caracteriza por el movimiento horizontal paralelo a la cara de la placa generando una sobre carga en uno de los extremos, fisurando uno de los lados por tracción y el otro por compresión causando un pandeo interno de los refuerzos verticales que tratarán de desprenderse de la estructura y con ello el desprendimiento de concreto. Razón por el cual se debe colocar refuerzos de confinamiento.

c.2) Falla por corte

Ocurre cuando la resistencia a la fuerza cortante es inferior a la de flexión, similar a la falla por flexión y se representan por la aparición de grietas diagonales.

c.3) Falla por deslizamiento

Se genera particularmente de la unión de dos grietas generadas por flexión, ello produce libertad de movimiento en uno de los lados de la placa. El desplazamiento en conjunto con la losa desarrolla una concentración de momentos en el borde afectado formando una falla por cizalle, pandeo de los refuerzos verticales por efectos de compresión

2.3 Definición de términos básicos

Acero: “Aleación de hierro y carbono, en diferentes proporciones, que, según su tratamiento, adquiere especial elasticidad, dureza o resistencia.” (RAE, 2011, p.95)

Aditivo: “Un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto.” (ASTM C-494)

Aditivo plastificante: “También llamados plastificadores, son aditivos que suavizan los materiales de las mezclas de concreto.” (ASTM C-494)

Agregado: Material usado en la construcción como grueso y fino, que forma una mezcla de concreto con el cemento y el agua.

Concreto: Conjunto de materiales, compuesto principalmente por cemento, agregados, agua y aditivos según la especificación requerida.

Compactación: Reducción de los vacíos de la masa de concreto cuando se hacen los varillados.

Fibras: “Filamentos delgados discontinuos, provenientes de un proceso industrial, como acero, vidrio, carbón y polímero o de carácter natural como asbesto, celulosa y otro.” (NTP 339.047-2006)

Fibra de acero: Filamento metálico con un diámetro y longitud determinada, hecho de acero estirado en frío para asegurar una alta resistencia a la tracción.

Fibras encoladas: “Fibras empaquetadas y adheridas unas a las otras a partir de medios químicos o mecánicos. Durante el proceso de mezclado, las fibras son soltadas y se convierten en fibras individuales.” (ASTM A 820)

Fisura: Grieta que aparece cuando existe fuerzas externas e internas que superen su capacidad.

Flexión: “Encorvamiento transitorio que experimenta un sólido elástico por la acción de una fuerza que lo deforma.” (RAE, 2011, p. 3879)

Fraguar: “Dicho de la cal, del yeso o de otras masas: trabar y endurecerse consistentemente en la obra fabricada con ellos.” (RAE, 2011, p. 3938)

Granulometría: “Dicho de la cal, del yeso o de otras masas: trabar y endurecerse consistentemente en la obra fabricada con ellos.” (NTP 400.011-2008)

Mezcla de Concreto: Combinación de agregados y cemento según el huso que se determine del diseño del concreto.

Peso unitario: “Se lo define como el peso (masa) por unidad de volumen de la masa material del agregado, en que el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre partículas, expresado en kg/m³.” (NTP 400.017 - 2011)

Resistencia: “Acción y efecto de resistir o resistirse. Causa que se opone a la acción de una fuerza; fuerza que se opone al movimiento de una máquina y ha de ser vencida por la potencia.” (RAE, 2011, p. 7067)

Tamizar: Es la malla por donde se pasan los agregados para poder determinar el huso que se necesita para el diseño del concreto.

2.4 Marco Normativo

Se mencionará en el marco normativo nacional las Normas Técnicas Peruana (NTP) y en las internacionales la American Concrete Institute (ACI)

2.4.1 Nacionales

NTP 339.034 – “Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto”.

NTP 339.078 – “Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo”.

NTP 339.079 – “Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo”.

NTP 400.043 – “Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo”.

NTP 339.185 – “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”.

NTP 400.012 – “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”.

NTP 350.001 – “Tamices de ensayo”

NTP 400.017 – “Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado”.

NTP 400.021 – “Método de ensayo normalizado para el peso específico y absorción del agregado grueso”.

2.4.2 Internacionales

ACI 211.1 – “Práctica Estándar para seleccionar el proporcionamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo”.

ACI 544.3R – “Guía para especificar, proporcionar, mezclar, colocar y acabar el concreto reforzado con fibra de acero”.

2.5 Hipótesis

Las hipótesis están correlacionadas con los objetivos y están conformadas por la hipótesis general y las hipótesis específicas, los cuales son:

2.5.1 Hipótesis General

Se determina la influencia del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de acero en el análisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del Centro Médico de San Conrado en los Olivos.

2.5.2 Hipótesis Específicos

Incorporando la fibra de acero y el aditivo plastificante se optimiza la trabajabilidad del concreto.

Incorporando la fibra de acero se optimiza la resistencia a la compresión de 25 – 35% del concreto.

Incorporando la fibra de acero se optimiza la resistencia a la flexión de 65 – 85 % del concreto.

Incorporando la fibra de acero se optimiza la elasticidad de 15 – 25 % del concreto.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipología de la Investigación

En este punto se hablará del tipo, nivel y diseño al cual está enfocada la presente investigación.

3.1.1 Tipo de investigación

El estudio es cuantitativo, porque los datos obtenidos de los ensayos realizados en diversas adiciones de fibra de acero se representaron en forma de resistencias obtenidas, para luego ser representados estadísticamente mediante el uso de diagramas, tablas y gráficos.

Tipo descriptiva, porque describe las propiedades, procedimientos y las características de los fenómenos que se está estudiando en el proyecto. Se realizaron en el laboratorio de concreto para la obtención de los resultados con respecto a las diferentes adiciones de fibra de acero.

3.1.2. Nivel de la investigación

Descriptiva, se obtendrá los resultados de la resistencia para luego ser analizado y estudiado, así también, se hará el uso de diferentes métodos para medir la resistencia de compresión, flexión y la trabajabilidad de las probetas. Estos datos se obtendrán con

ensayos realizados en laboratorio con la ayuda de un técnico especializado para poder obtener un material de una alta calidad.

3.1.3. Diseño de investigación

Experimental, se evidenció la manipulación de la variable resistencia de un análisis estructural de placas de concreto con fibra de acero observando su disminución o aumento de esta a través de ensayos experimentales controlados.

Longitudinal, Porque la variable de estudio es medida en más de una ocasión en un único momento temporal, debido a que se realiza diversas pruebas y ensayos para determinar la resistencia del concreto con fibra de acero. También puede abarcar grupos o subgrupos de información o datos con respecto a los ensayos realizados.

Prospectivo, debido a que el estudio es experimental, además, el fenómeno a estudiarse en este caso la variable independiente será medido en el laboratorio y así poder observar su posible comportamiento en un análisis estructural de placas.

3.2 Variables

La variable dependiente del proyecto es el comportamiento mecánico del concreto, y la variable independiente es la fibra de acero, debido a que se puede variar los parámetros del diseño.

3.2.1. Operacionalización de Variables

a) Operacionalización de Variables – Variable Dependiente

Es el comportamiento mecánico del concreto la cual se detallará en la Tabla N° 6 según su indicador, medición e instrumento.

Tabla N° 6: Variable Dependiente

VARIABLE	INDICADORES	MEDICIÓN	INSTRUMENTO
COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO	Resistencia a la compresión	Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto (NTP 339.034)	Fichas Técnicas
	Resistencia a la flexión	Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga en el centro del tramo (NTP 339.079)	Fichas Técnicas
	Trabajabilidad	Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams (NTP 339.035)	Fichas Técnicas
	Elasticidad	Norma E.060 del concreto	Fichas Técnicas

Fuente: Propia

b) Operacionalización de Variables – Variable Independiente

Es la fibra de acero la cual se detallará en la Tabla N° 7 según su indicador, medición e instrumento.

Tabla N° 7: Variable Independiente

VARIABLE	INDICADORES	MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Fibra de acero	Cantidad de fibra de acero	Proporción del peso total de la mezcla	Fichas Técnicas
	Diámetro de la fibra de acero	Vernier digital	Fichas Técnicas
	Largo de la fibra de acero	Vernier digital	Fichas Técnicas

Fuente: Propia

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Estuvo conformada por el número total de especímenes a realizar, las cuales brindaran datos fundamentales para el éxito de la tesis.

Se elaboraron probetas cilíndricas de 4" x 8" y prismas de 6" x 6" x 18" con diferentes contenidos de fibras de acero por metro cubico de concreto; Además, se les agregó un porcentaje de aditivo plastificante. De tal manera que los resultados se puedan graficar en curvas que indiquen un valor "óptimo" definido. Se prepararon 6 especímenes de concreto entre cilíndricos y prismáticos.

Se obtuvo un ensayo de laboratorio con 5 diferentes cantidades por metro cubico de fibra de acero, se toma en cuenta las cantidades de 60, 75, 90 y 105 kg/m³; además, del concreto patrón para la presente tesis; en total se tuvo 45 probetas cilíndricas y 15 probetas prismáticas.

3.3.2 Unidad de Análisis

Es la resistencia a la compresión, flexión y la trabajabilidad del concreto en estado endurecido y fresco respectivamente, cuantificar esta variable a través de ensayos fue fundamental para el desarrollo de la presente tesis.

3.3.3 Unidad de Observación

Son los especímenes de concreto entre cilíndricos y prismáticos para los ensayos los cuales tendrán una variación en su contenido de fibra de acero.

3.3.4 Muestra

En la presente tesis se tuvo una población de 60 probetas entre cilíndricas y prismáticas de 4 variaciones en su contenido de fibra de acero, estos son 60, 75, 90 y 105 kg/m³; además,

de un concreto patrón de 210 Kg/cm² para hacer la comparativa. Se realizaron 12 especímenes de concreto.

La muestra es probabilística y finita ya que cuenta con menos de 100 mil unidades de especímenes de concreto, se plantea realizar una cantidad de 60 especímenes de concreto para los ensayos mencionados en el párrafo anterior.

Tabla N° 8: Especímenes de Concreto

FIBRA/M3	PROBETA	DIAS			TOTAL (Und.)
		7	14	28	
PATRON	Cilindrica	3	3	3	9
	Prismatica	0	0	3	3
60 Kg.	Cilindrica	3	3	3	9
	Prismatica	0	0	3	3
75 Kg.	Cilindrica	3	3	3	9
	Prismatica	0	0	3	3
90 Kg.	Cilindrica	3	3	3	9
	Prismatica	0	0	3	3
105 Kg.	Cilindrica	3	3	3	9
	Prismatica	0	0	3	3
TOTAL					60

Fuente: Propia

3.3.5 Técnicas de investigación

Para la presente tesis se empleó la estadística aplicada para el análisis de los datos obtenidos durante las pruebas destructivas de los especímenes de concreto esperando un aumento progresivo según el avance de los días de curado, en cada uno de los diseños de concreto con fibra de acero.

Luego se comparó con el programa Microsoft Excel con la elaboración de tablas y gráficos, para un mayor entendimiento de los resultados.

3.4 Instrumentos de Recolección de datos

Se tomaron como base la información recogida través de los diferentes experimentos requeridos como se presenta en la

Tabla N° 9, basándose en la norma técnica peruana, ACI 544.3R y el ASTM.

Tabla N° 9: Recolección de Datos

ENSAYOS DE AGREGADOS
Contenido de Humedad
Análisis Granulométrico
Densidad, Densidad Relativa (Peso Específico) y Absorción del Agregado Grueso
Densidad, Densidad Relativa (Peso Específico) y Absorción del Agregado Fino
Peso Unitario y Porcentaje de Vacíos del Agregado
ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO
Asentamiento de Concreto Fresco con el Cono de Abrams
Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto
ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO
Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto
Ensayo de Resistencia a la Flexión del Concreto
Elasticidad del Concreto

Fuente: Propia

Estos ensayos serán registrados en formatos de Microsoft Excel para el mejor control de los resultados.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 Ensayo de Materiales

En este punto se tratará del procedimiento que se hizo de los agregados para hacer los ensayos del concreto.

4.1.1 Muestreo de agregado fino y grueso (NTP 400.43 – ASTM C 702)

Es la extracción, la muestra específica de agregado según los requerimientos de la NTP 400.043

a) Para el agregado fino

Deberá utilizarse como mínimo 300 gr. de arena seca para poder pasarlo por un equipo cuarteador que esta acondicionado con dos receptáculos que dividen el material en partes iguales, donde una de las medias partes se ingresa nuevamente en el cuarteador.

Se realizó este proceso 4 veces hasta obtener el peso requerido y así poder realizar los siguientes ensayos.

Figura N° 6: Equipo cuarteador de Agregado Fino



Fuente: Propia

b) Para el agregado grueso

Para el muestreo, se detalla seguidamente:

Tabla N° 10: Pesos de agregado grueso mínimos.

Tamaño nominal máximo aberturas cuadradas		Masa mínima de la muestra de Ensayo	
mm	pulg.	kg	Lb
9.5	3/8	1	2
12.5	1/2	2	4
19	3/4	5	11
25	1	10	22
37.5	1 1/2	15	33
50	2	20	44
63	2 1/2	35	77
75	3	60	130
90	3 1/2	100	220
100	4	150	330
125	5	300	660

Fuente: Propia

Se utiliza un equipo cuarteador iguales, que está acondicionado con dos receptáculos que dividen el insumo equitativamente donde una de las medias partes se ingresa nuevamente en el cuarteador, se realizó este proceso hasta obtener la masa requerida.

Figura N° 7: Equipo cuarteador de Agregado Grueso



Fuente: Propia

4.1.2 Contenido de Humedad de los agregados (ASTM C 566) (NTP 339.185)

Según la ASTM C 566 “Este método se utiliza para determinar el porcentaje de humedad evaporable en una muestra de áridos, por el método del secado, tanto de la humedad contenida en la superficie como en los poros de los áridos”.

Materiales de laboratorio usados para el ensayo:

- Balanzas con aproximación de 0.1 g para agregado fino y 0.5 para agregado grueso.
- Horno de medidas adecuadas que mantenga una temperatura uniforme de 110° C +/- 5° C.
- Envases para el muestreo.

Se obtiene del material a ensayar, esta muestra se debe proteger para evitar pérdida de humedad, se pesa y registra en la hoja de cálculo, después se lleva a secar al horno, finalmente se pesa esta muestra seca y se calcula el contenido de humedad según:

$$p = (w - D)/D$$

Donde:

p = porcentaje de humedad en la muestra

w= masa natural de la muestra de agregado

D= masa seca de la muestra de agregado

Figura N° 8: Lavado del Agregado Grueso



Fuente: Propia

4.1.3 Análisis Granulométrico (ASTM C 136) (NTP 400.012)

Según la NTP 400.012, “el método se resume en una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de partículas”.

Materiales usados en el experimento:

- Balanzas con aproximación de 0.1 g para agregado fino y 0.5 para agregado grueso
- Tamices que cumplan con la NTP 350.001
- Horno de medidas adecuadas que mantenga una temperatura equivalente de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Equipo cuarteador

Figura N° 9: Tamices para Agregado Fino



Fuente: Propia

Figura N° 10: Tamices para Agregado Grueso



Fuente: Propia

a) Agregado fino

Se lleva a que seque la masa constante a una temperatura de 110 °C ± 5 °C (230 °F ± 9 °F) por 24 horas.

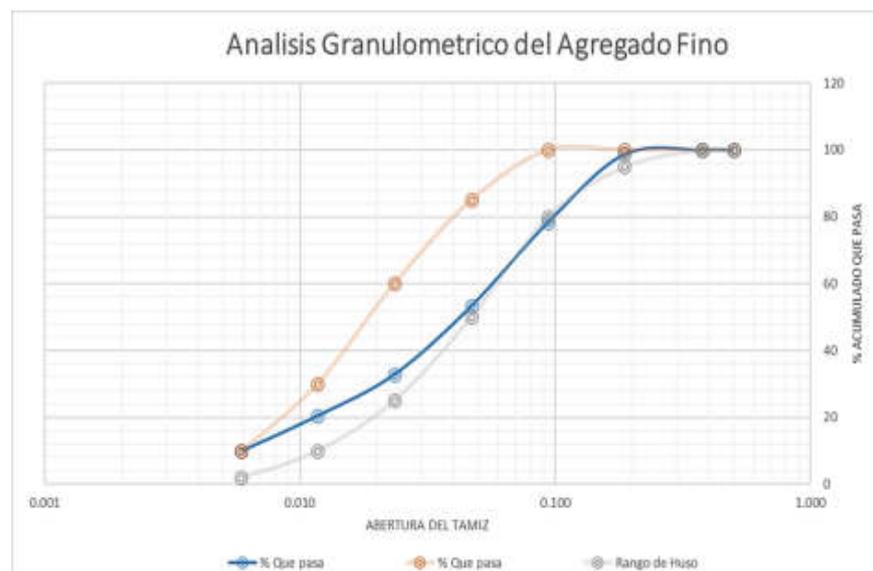
Se preparan los tamices que tengan la abertura adecuada de manera descendente conformando un bloque sólido que no permita desperdiciar el material a la hora de agitarlo. Durante el proceso las partículas del agregado irán pasando hasta ser retenidas por la malla según sea su tamaño, estas cantidades retenidas se pesarán en una balanza digital para después ser ingresados en la tabla y constatar que se encuentre dentro del rango de huso.

Tabla N° 11: Granulometría para agregado fino

Malla	Abertura (Pulg.)	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Rango de Huso 67
1/2"	0.500	0	0.00	0.00	100.00	100 - 100
3/8"	0.375	0	0.00	0.00	100.00	100 - 100
N°4	0.187	6.5	1.30	1.30	98.70	100 - 95
N°8	0.094	101.7	20.34	21.64	78.36	100 - 80
N°16	0.047	125.5	25.10	46.74	53.26	85 - 50
N°30	0.023	102.5	20.50	67.24	32.76	60 - 25
N°50	0.012	61.8	12.36	79.60	20.40	30 - 10
N°100	0.006	52.6	10.52	90.12	9.88	10 - 2
Fondo		49.4	9.88	100.00	0.00	
TOTAL		500				

Fuente: Propia

Grafica N° 1: Análisis granulométrico para agregado fino



Fuente: Propia

De estos resultados también se obtiene el módulo de finura 3.07 de la arena que se desarrolla en la siguiente fórmula:

$$M.F. = \left(\Sigma \% Ret. \frac{acum(N^{\circ}100, N^{\circ}50, N^{\circ}30, N^{\circ}16, N^{\circ}8, N^{\circ}4)}{100} \right)$$

b) Agregado grueso (ASTM C 136)

La muestra es llevada para que se seque a masa constante a una temperatura de 110 °C ± 5 °C (230 °F ± 9 °F) por 24 horas.

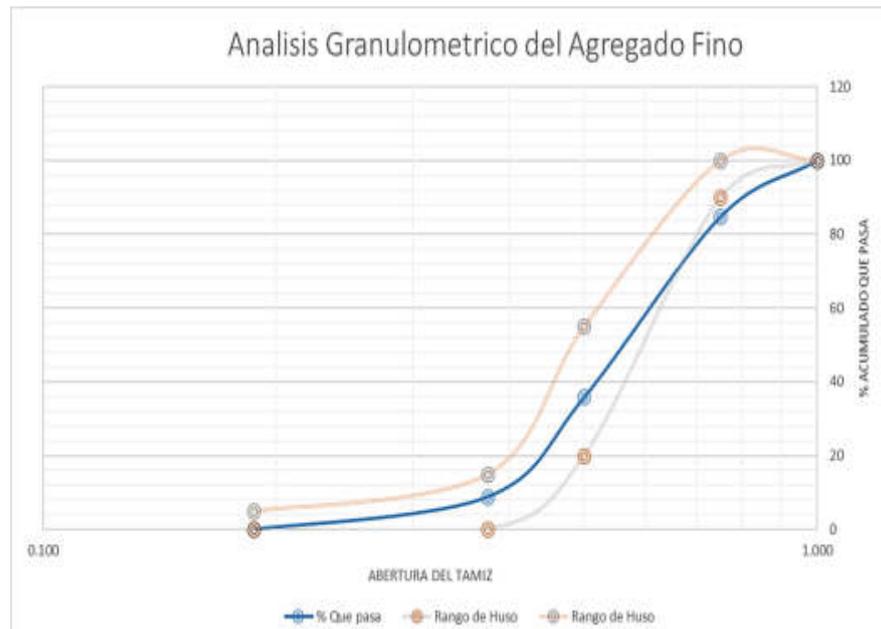
Usando la norma ASTM C33 del cuadro de Husos, se obtiene según el tamaño máximo nominal del agregado grueso de ¾ y tamaño máximo de 1" el número de Huso con la medida de los tamices que se usaron para el agregado. Se preparan los tamices que tengan la abertura adecuada de manera descendente conformando un bloque sólido que no permita desperdiciar el material a la hora de agitarlo. Durante el proceso las partículas del agregado irán pasando hasta ser retenidas por la malla según sea su tamaño, estas cantidades retenidas se pesarán en una balanza digital para después ser ingresados en la tabla y constatar que se encuentre dentro del rango de huso.

Tabla N° 12: Granulometría del agregado grueso

Malla	Abertura (Pulg.)	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Rango de Huso
1"	1.000	0	0.00	0.00	100.00	100 - 100
¾"	0.750	456.8	15.23	15.23	84.77	90 - 100
½"	0.500	1468.3	48.94	64.17	35.83	20 - 55
⅜"	0.375	809.5	26.98	91.15	8.85	0 - 15
N°4	0.187	263.7	8.79	99.94	0.06	0 - 5
Fondo		1.7	0.06	100.00	0.00	0 - 0
TOTAL		3000				

Fuente: Propia

Grafica N° 2: Análisis granulométrico del agregado grueso



Fuente: Propia

De estos resultados también se obtiene el módulo de finura 7.07 de piedra que se desarrolla en la siguiente fórmula:

$$M.G. = (\Sigma \% Ret. (1, 3/4, 1/2, 3/8, N^{\circ}4) + 500) / 100$$

4.1.4 Peso Unitario del agregado (ASTM C 29)

Según la NTP 400.017(1999), “determina el peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Este método se aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm”.

Para este procedimiento se debe tener una muestra secada en horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($230\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 9\text{ }^{\circ}\text{F}$) por 24 horas.

Materiales de laboratorio:

- Balanza con aproximación a 0.05 Kg
- Varilla de acero recta lisa de (16 mm diámetro y 60 cm de longitud)

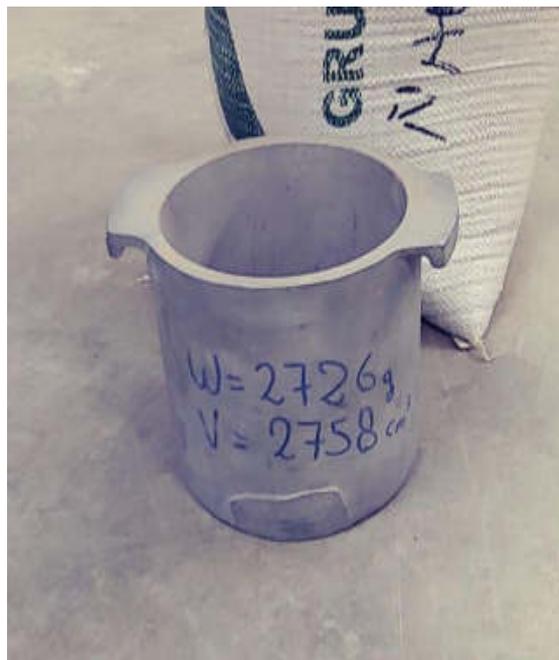
- Envase de dimensiones precisas y de paredes rígidas, con una altura aproximadamente igual al diámetro.
- Cucharon de mano

Figura N° 11: Recipiente para peso unitario de Agregado Grueso



Fuente: Propia

Figura N° 12: Recipiente para peso unitario de Agregado Fino



Fuente: Propia

Cálculos:

$$P_u = \frac{W_{a+r} - W_r}{V_r}$$

Donde:

P_u = peso unitario del agregado

W_{a+r} = Peso de la muestra de agregado + peso del recipiente

W_r = Peso del recipiente

V_r = Volumen del recipiente

a) Peso unitario compactado

El agregado seco se ira agregando a un recipiente, de volumen interno y masa conocidos, en tres partes iguales, varillando 25 veces en forma helicoidal en cada capa de arena; además le daremos 12 golpes con un martillo de goma a manera de vibrado reduciendo así los vacíos. Repetir los pasos hasta la tercera capa donde se enrasará con la ayuda de la varilla para finalmente pesarlo en la balanza.

Figura N° 13: Enrase del Agregado Grueso



Fuente: Propia

Figura N° 14: Peso de la muestra compactada del Agregado Grueso



Fuente: Propia

Figura N° 15: Compactación de la segunda capa del Agregado Fino



Fuente: Propia

Figura N° 16: Peso de la muestra compactada del Agregado Fino



Fuente: Propia

Este procedimiento será el mismo para los agregados fino (A.F.) y grueso (A.G.) obteniendo los siguientes resultados respectivamente:

Tabla N°13: Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino

Descripción de la Muestra A.F. - Peso Unitario Compactado		
Peso de la tara (gr.)	:	2726.00
Volumen de la tara (cm ³)	:	2758.00
Peso de la tara (kg.)	:	2.726
Volumen de la tara (m ³)	:	0.002758
Peso de la tara + Arena (kg.)	:	6.68
Peso Unitario del Arena (kg./m ³)	:	1433.65

Fuente: Propia

Tabla N° 14: Cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso

Descripción de la Muestra A.G. - Peso Unitario Compactado		
Peso de la tara (gr.)	:	7245.00
Volumen de la tara (cm ³)	:	9358.00
Peso de la tara (kg.)	:	7.245
Volumen de la tara (m ³)	:	0.009358
Peso de la tara + Piedra (kg.)	:	21.72
Peso Unitario de piedra (kg./m ³)	:	1546.80

Fuente: Propia

b) Peso unitario suelto

El material seco se ira agregando a un recipiente, de volumen interno y masa conocidos, se llenará del agregado con ayuda de un cucharon hasta llenarlo y se enrazaará con la ayuda de la varilla para finalmente pesarlo en la balanza.

Figura N° 17: Peso de la muestra suelta del Agregado Grueso



Fuente: Propia

Figura N° 18: Peso de la muestra suelta del Agregado Fino



Fuente: Propia

Este procedimiento será el mismo obteniendo los siguientes resultados respectivamente:

Tabla N° 15: Cálculo del peso unitario suelto del agregado fino

Descripción de la Muestra A.F. - Peso Unitario Suelto		
Peso de la tara (gr.)	:	2726.00
Volumen de la tara (cm ³)	:	2758.00
Peso de la tara (kg.)	:	2.726
Volumen de la tara (m ³)	:	0.002758
Peso de la tara + Arena (kg.)	:	5.90
Peso Unitario de la arena (kg./m ³)	:	1150.83

Fuente: Propia

Tabla N° 16: Cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso

Descripción de la Muestra A.G. - Peso Unitario Suelto		
Peso de la tara (gr.)	:	7245.00
Volumen de la tara (cm ³)	:	9358.00
Peso de la tara (kg.)	:	7.245
Volumen de la tara (m ³)	:	0.009358
Peso de la tara + Piedra (kg.)	:	20.52
Peso Unitario de piedra (kg./m ³)	:	1418.57

Fuente: Propia

4.1.5 Ensayo de densidad, densidad relativa y porcentaje de absorción de los agregados

Con este método podemos hallar tres tipos de peso específico y porcentaje de absorción.

a) Agregado grueso (ASTM C 127 – NTP 400.021)

Materiales de laboratorio:

- Balanzas con aproximación de 0.5 para agregado grueso
- Horno de medidas adecuadas que mantenga una temperatura uniforme de 110° C +/- 5° C.
- Equipo cuarteador
- Soporte de madera
- Recipiente o balde grande
- Cesta de malla

Procedimiento:

- La muestra se sumerge en agua durante 24 horas para saturarlo, pasado el tiempo se retira el agua y se seca con la ayuda de una franela, para después pesarlo. A este peso se le llama peso superficialmente seco.
- Ahora se requiere del balde lleno de agua y se arma un apoyo para poner sobre eso una balanza, que irá conectada a un gancho que soportará la cesta de malla sumergida en el balde.
- Progresivamente se ingresa el agregado superficialmente seco en la cesta sumergida y se le denomina peso de la muestra sumergida.

Figura N° 19: Balanza apoyada en los soportes para calcular el peso del agregado grueso saturado superficialmente seco sumergido



Fuente: Propia

- Esta muestra al secarse en el horno a una temperatura uniforme de 110° C +/- 5° C durante 24 horas y posterior pesado. Con esto ya se tiene el último dato que es el peso seco de la muestra.

Figura N° 20: Horno Eléctrico



Fuente: Propia

Cálculos:

- Densidad

$$Densidad = \frac{W_s}{W_{SSS} - W_w} * 1000$$

- Densidad Relativa

$$Densidad\ Relativa = \frac{W_s}{W_{SSS} - W_w} * 1000$$

- % Absorción

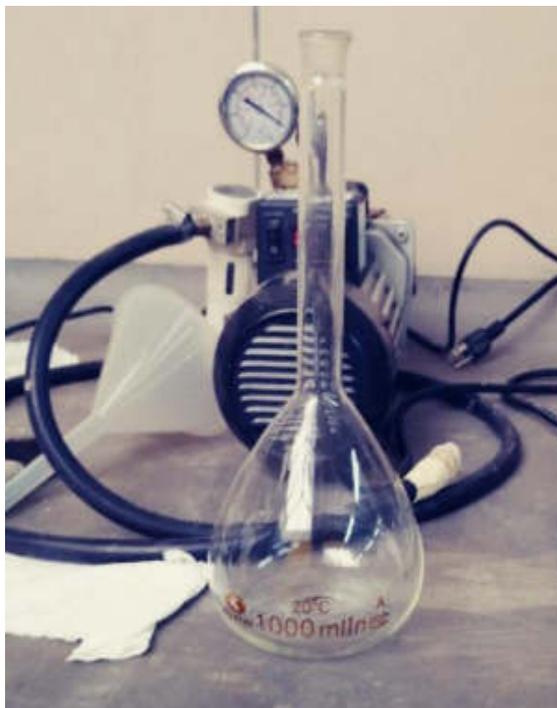
$$\% Absorción = \frac{W_{SSS} - W_s}{W_s} * 100$$

b) Agregado fino (ASTM C 128 – NTP 400.022)

Materiales de laboratorio:

- Balanzas con aproximación de 0.1 para agregado fino
- Horno de medidas adecuadas que mantenga una T^a uniforme de 110° C +/- 5° C.
- Equipo cuarteador
- Picnómetro
- Cocina eléctrica
- Extractor de vacíos

Figura N° 21: Picnómetro



Fuente: Propia

Procedimiento:

- La muestra se sumerge en agua durante 24 horas para saturarlo, pasado el tiempo se seca con la ayuda de una cocina eléctrica, para después pesarlo. A este peso se le llama peso superficialmente seco.

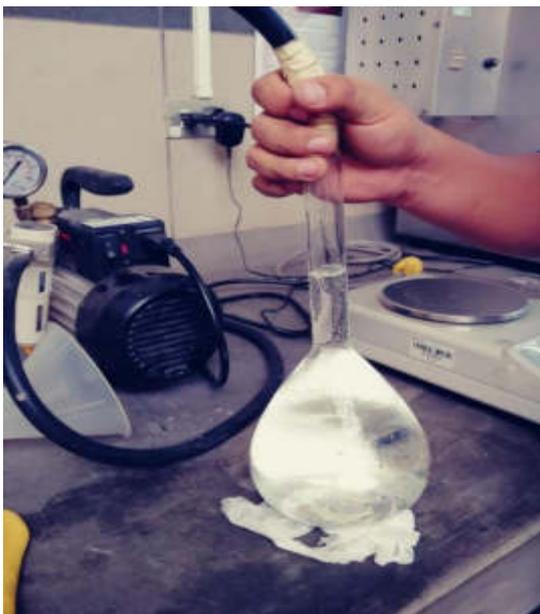
Figura N° 22: Cocina eléctrica para hallar el peso superficialmente seco del agregado fino



Fuente: Propia

- Ahora en un picnómetro llenamos agua destilada hasta el borde señalado en el instrumento.
- Con la ayuda de la manguera del extractor de vacíos sacamos el aire del picnómetro y así poder sacar el peso neto del agua destilada que es 1209.37g.

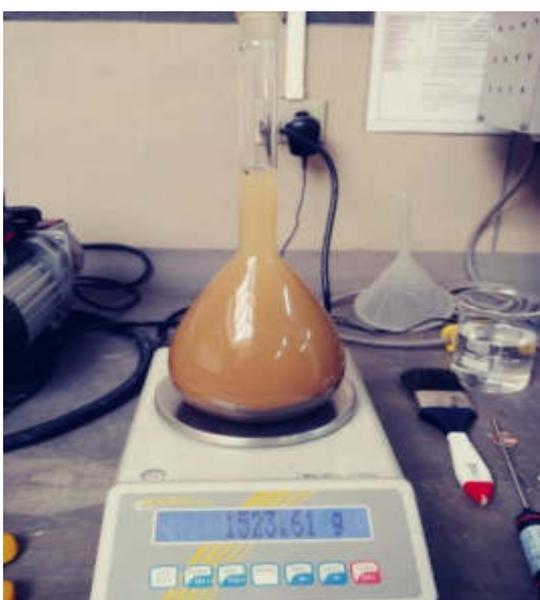
Figura N° 23: Extracción de aire del picnómetro



Fuente: Propia

- Se separa una porción del agua destilada para introducir el agregado fino superficialmente seco.
- Ahora se introduce la porción del agregado fino en una porción de 500g al picnómetro con agua destilada y con el extractor de vacíos se saca el aire y se obtiene un peso de 1523.61g.

Figura N° 24: Peso del agregado fino con agua destilada en el picnómetro



Fuente: Propia

4.2 Especificaciones del Cemento

Se utilizó cemento Sol portland tipo 1, con una densidad de 3.12 g/ml. Para el diseño de un concreto con $f'c$ 210 Kg/cm².

Figura N° 25: Cemento Sol



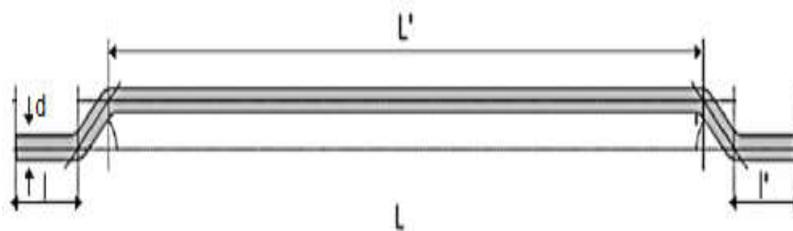
Fuente: Propia

4.3 Especificaciones de la Fibra de Acero

Se usó fibra de acero 65/35 encolada marca Formin por tener la ventaja de alta absorción de energía bajo cargas estáticas y dinámicas. Además, estas fibras por su forma geométrica tienen una mayor resistencia al arrancamiento de ruptura de 1200 Mpa.

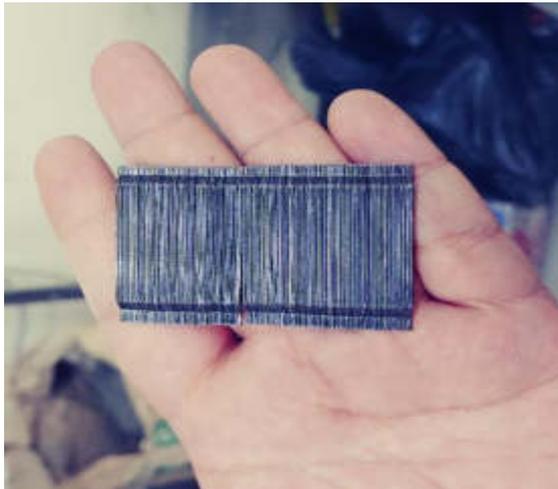
Se determinaron las cantidades de 60 kg/m³, 75 kg/m³, 90 kg/m³ y 105 kg/m³ en base a los antecedentes mencionados.

Figura N° 26: Detalle geométrico de las fibras de acero



Fuente: Propia

Figura N° 27: Fibra de Acero encolada de 65/35



Fuente: Propia

Tabla N° 17: Características de la fibra de acero

Esbeltez (L/d)	Longitud (L)	Diametro (d)
65	35 mm	0.55 mm
ASTM A820		

Fuente: Propia

4.4 Especificaciones del aditivo plastificante Sika Plastiment HE-98

La hoja de datos del producto Sika (2015), lo define como “un aditivo plastificante e impermeabilizante libre de cloruros que produce en el concreto un aumento en su trabajabilidad logrando una reducción en la relación agua / cemento”.

El aditivo plastificante se usa para coadyuvar a mejorar la trabajabilidad del concreto, ya que se usa cantidades significativas de fibra de acero las cuales reducirán la trabajabilidad en el concreto en estado fresco. Este tipo de aditivo ayuda a que se pueda lograr un diseño mejorado de mezcla de concreto, esto se logra porque recubre las migas de cemento y provoca una repulsión entre estas.

Sika indica usar entre 0.4% a 1% del peso del cemento, en el presente se utiliza 1 % para todos los diseños, ya que dosificaciones mayores a este podrían ocasionar incorporación de aire. Para la dosificación a la hora del mezclado se diluirá en la última parte de agua que se le agregará al amasado de concreto, dado que al mezclarse se formen bolones de concreto y al no aplicar el aditivo plastificante en el mezclado se hubiera obtenido un concreto con slump 0.

El aditivo plastificante no solo ayuda en el concreto fresco, sino también en el concreto endurecido, ya que este aditivo mejora la apariencia final de los terminados, disminuye el agrietamiento, ayuda a reducir la permeabilidad y durabilidad del concreto al largo tiempo.

Densidad = 1.17 +/- .002 Kg/L

Figura N° 28: Aditivo Plastiment HE 98



Fuente: Sika (2015)

Figura N° 29: Peso del Aditivo Plastiment HE 98



Fuente: Propia

4.5 Diseño de la mezcla

Se realiza basado en el método ACI 211.1 el cual nos describe los procedimientos para proporcionar los materiales para la masa de concreto. A continuación, se describen cada uno de estos pasos.

4.5.1 Cantidad de agua/m³ y porcentaje de aire atrapado

Definimos el slump según la estructura a donde irá destinado el concreto, para este caso se usará 3”

Según los ensayos de granulometría presentados en el punto 4.1.3.b se tiene un tamaño máximo nominal del agregado grueso de ¾” y tamaño máximo de 1”.

Estos datos se ubicarán en la tabla para hallar la cantidad de agua necesaria por metro cubico y su porcentaje de aire respectivo.

Tabla N° 18: Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/08"	1/02"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con Aire Incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-
% de Aire Incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderada	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: ACI 211.1

Entonces se obtiene que el agua será 193 Lt/m³ con un porcentaje de aire atrapado de 1.5%.

4.5.2 Relación agua/cemento

Para la presente tesis se requiere un diseño de 210 Kg/cm², en casos de diseño siempre se debe tomar un margen de error con la Desviación Estándar a partir de ensayos anteriores, sin embargo, cuando se desconoce el Ds ya que no existen ensayos previos, se debe sumar a la resistencia requerida un factor de seguridad de 84 Kg/cm².

Entonces se tiene un f'_{cr} de 294 Kg/cm² con el cual se realizará el diseño.

Tabla N° 19: Relación a/c vs f'c

f'c a 28 Días (Kg/cm ²)	Relación Agua/Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.42	-
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.6
150	0.79	0.7

Fuente: ACI 211.1

Con este valor vamos a la tabla de relación a/c vs F'c, donde se deberá hacer una interpolación lineal:

$$\text{Relación agua/cemento} = 0.548$$

4.5.3 Cemento en peso y Volumen absoluto

Despejando el peso de cemento de la relación agua/cemento:

$$\text{Peso del cemento en Kg} = \frac{\text{Peso del agua en Kg}}{\text{Relacion a/c}}$$

$$\text{Volumen del cemento en Kg} = \frac{\text{Peso del cemento en Kg}}{\text{peso especifico del cemento en Kg/m}^3}$$

Como resultado se tiene:

$$\text{Peso del cemento} = 351.93 \text{ Kg}$$

$$\text{Volumen del cemento} = 0.113 \text{ m}^3$$

4.5.4 Aditivo plastificante en peso y volumen absoluto

Como se menciona en el punto 4.4 usaremos 1% de aditivo del peso de cemento para los diseños con inclusiones de fibra, entonces se tiene:

Peso del aditivo = 3.5193 kg

Volumen del aditivo = 0.030 Lt.

Figura N° 30: Incorporación del Aditivo en el agua



Fuente: Propia

Además, según la ficha técnica de Sika se puede retirar hasta un 10 % de agua del diseño de mezcla; sin embargo, para este caso solo retiraremos un volumen de agua igual al del aditivo, esto se realiza para tener una mayor trabajabilidad.

4.5.5 Balance de agregados en peso y volumen

El volumen del agregado se obtendrá ubicando en la tabla el tamaño máximo del agregado 1" y el módulo de fineza de la arena 3.07. Como solo tenemos módulos de fineza hasta 3 se debe interpolar obteniendo un volumen de 0.645 m³, entonces:

$$V_{Ag} = \frac{V_{Agcs} - Pu_{Cs}}{Pe_s}$$

$$V_{Ag} = 0.374 \text{ m}^3$$

Donde:

V_{Ag} = Volumen de agregado grueso.

V_{Agcs} = V agregado grueso compactado seco.

Pu_{CS} = peso unitario compactado seco.

Pe_s = Peso específico seco.

Haciendo un balance de volúmenes absolutos de lo calculado tenemos que:

Tabla N° 20: Volúmenes Absolutos

Volumen de Agua	0.193 m3
Volumen de Cemento	0.113 m3
Volumen del Agregado Grueso	0.374 m3
Volumen del Aire	0.015 m3
TOTAL:	0.694 m3

Fuente: Propia

$$\text{Volumen de arena} = 1 - 0.694 = 0.306 \text{ m}^3$$

Entonces nuestros pesos absolutos en relación con los volúmenes absolutos serán:

Tabla N° 21: Pesos Absolutos

Elemento	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso
Agua	0.193 m3	1000 kg/m3	193.000 kg.
Cemento	0.113 m3	3120 kg/m3	351.933 kg.
Piedra (seca)	0.374 m3	2691 kg/m3	1005.420 kg.
Arena (seca)	0.306 m3	2619 kg/m3	800.308 kg.
Aire	0.015 m3	0 kg/m3	0 kg.
TOTALES	1.000 m3		2350.661 kg.

Fuente: Propia

Se hace una corrección por la absorción y humedad de los agregados los cuales restan agua por lo que se debe agregar esta diferencia.

Tabla N° 22: Corrección por Humedad y Absorción

CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION				
	Humedad	Pesará	Balance de agua	Contribucion de agua
Piedra Humeda	0.06%	1006.023252 kg.	-0.0044	-4.4265 kg
Arena Humeda	0.25%	802.309046077625 kg.	-0.0191	-15.3241 kg

Fuente: Propia

Finalmente, tenemos las dosificaciones finales para 1 m³ de concreto de:

- $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (concreto patrón).

Tabla N° 23: Dosificación para concreto 210Kg/cm².

ELEMENTO	Pesos (Kg)	Volumen (m ³)	Dosificacion (K)
AGUA	212.75	0.21	1.9
CEMENTO	351.93	0.11	1.0
PIEDRA	1006.02	0.65	5.8
ARENA	802.31	0.31	2.7
TOTAL	2373.02	1.28	

Fuente: Propia

- $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, 60 Kg de fibra de acero por m³ de mezcla.

Tabla N° 24: Dosificación para concreto 210Kg/cm² con 60 Kg/m³ de fibra de acero.

ELEMENTO	Peso (Kg)	Volumen (m ³)	Dosificacion (K)
AGUA	210.3	0.210	1.9
CEMENTO	351.9	0.113	1.0
PIEDRA	1005.4	0.650	5.8
PLASTIFICANTE	3.5	0.003	0.0
FIBRA DE ACERO	60.0	0.008	0.1
ARENA	780.3	0.298	2.6
TOTAL	2411.4	1.282	

Fuente: Propia

- $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, 75 Kg de fibra de acero por m^3 de mezcla.

Tabla N° 25: Dosificación para concreto 210Kg/cm^2
con 75 Kg/m^3 de fibra de acero.

ELEMENTO	Peso (Kg)	Volumen (m^3)	Dosificacion (K)
AGUA	209.264	0.209	1.9
CEMENTO	351.933	0.113	1.0
PIEDRA	1005.420	0.650	5.8
PLASTIFICANTE	3.519	0.003	0.0
FIBRA DE ACERO	75.000	0.010	0.1
ARENA	775.286	0.296	2.6
TOTAL	2420.422	1.281	

Fuente: Propia

- $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, 90 Kg de fibra de acero por m^3 de mezcla.

Tabla N° 26: Dosificación para concreto 210Kg/cm^2
con 75 Kg/m^3 de fibra de acero.

ELEMENTO	Peso (Kg)	Volumen (m^3)	Dosificacion (K)
AGUA	209.168	0.209	1.9
CEMENTO	351.933	0.113	1.0
PIEDRA	1005.420	0.650	5.8
PLASTIFICANTE	3.519	0.003	0.0
FIBRA DE ACERO	90.000	0.011	0.1
ARENA	770.282	0.294	2.6
TOTAL	2430.321	1.281	

Fuente: Propia

- $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, 105 Kg de fibra de acero por m^3 de mezcla.

Tabla N° 27: Dosificación para concreto 210Kg/cm^2
con 105 Kg/m^3 de fibra de acero.

ELEMENTO	Peso (Kg)	Volumen (m^3)	Dosificacion (K)
AGUA	209.072	0.209	1.9
CEMENTO	351.933	0.113	1.0
PIEDRA	1005.420	0.650	5.8
PLASTIFICANTE	3.519	0.003	0.0
FIBRA DE ACERO	105.000	0.013	0.1
ARENA	765.277	0.292	2.6
TOTAL	2440.221	1.280	

Fuente: Propia

4.6 Elaboración de probetas (NTP 339.034 – ASTM C31)

Los especímenes de concreto son elaborados y curados siguiendo un método estándar como se indica en la Norma Técnica Peruana y su antecedente ASTM C 31.

Equipos y Herramientas de laboratorio:

- Moldes cilíndricos de 4" x 8" (plástico)
- Moldes prismáticos de 6" x 6" x 18" (madera)
- Recipiente de muestreo (batea)
- Balanza con aproximación a 0.05 Kg
- Varilla de acero recta lisa de (16 mm diámetro y 60 cm de longitud)
- Pala y Cucharón.
- Mazo, con cabeza de caucho cuya masa puede ser de 0.6 ± 0.2 kg.
- Mezcladora con una capacidad aprox. de 0.1 m³

Figura N° 31: Mezcladora de concreto



Fuente: Propia

Figura N° 32: Moldes prismáticos de 6" x 6" x 18" (madera)



Fuente: Propia

Figura N° 33: Moldes cilíndricos de 4" x 8" (plástico)



Fuente: Propia

Procedimiento:

- Se debe verificar que todos los equipos y herramientas estén libres de impurezas.
- Se deben preparar todos los materiales y herramientas de la siguiente manera:
- Los moldes cilíndricos de plástico se deben recubrir con petróleo para un fácil desencofrado del molde.
- Los moldes de madera para vigas se deben recubrir primero de una capa de permeabilizante para encofrados de madera y después se debe recubrir con petróleo.

- Se debe verificar que todos los equipos y herramientas estén libres de impurezas.
- Pesar todos los materiales según el diseño del concreto a realizar, después se ingresarán los agregados dentro de la mezcladora con una parte de agua, mezclar hasta que formen una masa homogénea, el agua ayudara a controlar los niveles de polvo.
- En el caso de concretos con inclusión de fibra también se deberá agregar la fibra en colada para asegurar un esparcimiento uniforme en toda la masa.
- Con el trompo en funcionamiento se agrega el cemento, el agua restante se mezclará con el aditivo plastificante y se añadirá a la mezcla, mezclar hasta tener una masa homogénea.
- Se vuelca la mezcla sobre un recipiente de acero, y se procede conformar los especímenes de concreto, llenando primero un tercio del molde, se chusea 25 veces en forma helicoidal con ayuda de una varilla y se golpea el molde 10 veces con el martillo de goma para disminuir los vacíos de la masa.
- Repetir el procedimiento con los otros dos tercios hasta llenar el molde, en este punto se debe enrazar y alisar con ayuda de una plancha de metal.
- Se debe esperar 24 horas para desmoldar los especímenes, después deben colocados en una poza de curado, esta debe estar con agua potable y cal. Deben cubrir completamente los especímenes, lo cuales serán retirados para ensayos según los días especificados.

Figura N° 34: Vaciado de la mezcla de concreto al molde prismático



Fuente: Propia

Figura N° 35: Varillado del molde de madera para vigas



Fuente: Propia

Figura N° 36: Varillado del molde de plástico para probetas



Fuente: Propia

Figura N° 37: Mezcla del concreto con fibra de acero



Fuente: Propia

4.7 Ensayos de mezcla en estado fresco

En este punto se hablará de los ensayos realizados.

4.7.1 Ensayos en estado fresco

a) Trabajabilidad (NTP 339.035 – ASTM C31)

La norma establece el procedimiento para la determinación de asentamientos del concreto.

Equipos y Herramientas de laboratorio:

- Cono de Abrams, molde de metal de espesor 1.5 mm en forma de tronco cónico abierto en sus extremos, sus medidas son de 20 cm la base inferior, 10 cm la base superior y 30cm de alto.
- Varilla de acero recta lisa de (16 mm diámetro y 60 cm de longitud)
- Cucharón.

Figura N° 38: Cono de Abrams



Fuente: Propia

Procedimientos del ensayo:

- Se debe cubrir el interior del cono con petróleo y unirlo con la base plana de metal ejerciendo presión en las dos aletas para fijarlo.
- Se introduce por la abertura de menor diámetro el concreto hasta llenar un tercio del volumen del molde.
- Se debe chusear 25 veces con la varilla en cada capa, y en la tercera capa se debe enrazar.
- Se levanta el molde de manera cuidadosa e inmediatamente después se mide el asentamiento determinado por la altura del molde y la del centro de la cara superior de la masa deformada.

Figura N° 39: Varillado del Cono de Abrams



Fuente: Propia

Figura N° 40: Medición del Slump del Cono de Abrams



Fuente: Propia

b) Peso Específico (NTP 339.046 – ASTM C 138)

Este ensayo determina la densidad del concreto.

Equipos y Herramientas de laboratorio:

- Balanza con precisión de 45g.
- Varilla de acero recta lisa de (16 mm diámetro y 60 cm de longitud)
- Envase de medidas conocidas
- Mazo de goma
- Cucharón del tamaño apropiado

Procedimientos de ensayo:

- Se debe llenar el recipiente hasta un tercio de su volumen con ayuda de un cucharón.
- Chusear 25 veces y golpear con el mazo de goma para eliminar vacíos.
- En la tercera capa se debe enrasar y pesar.
- Los datos recolectados en este procedimiento se procesan en la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa del espécimen}}{\text{Volumen del espécimen}}$$

Figura N° 41: Peso Específico del concreto



Fuente: Propia

4.7.2 Ensayos en estado endurecido

a) Resistencia a la Compresión (NTP 339.034 – ASTM C39)

Los ensayos para la presente tesis se realizaron a los 7, 14 y 28 días de curado en todos los diseños realizados.

Equipos y Herramientas de laboratorio:

- Prensa Hidráulica Digital, Marca “Orion” de capacidad máxima de resistencia de 120 toneladas.
- Platos de Retención, con almohadillas de neopreno.
- Vernier digital.

Figura N° 42: Prensa Hidráulica para compresión



Fuente: Propia

Figura N° 43: Vernier digital



Fuente: Propia

Procedimiento:

- Retirar las probetas de la poza de curación y dejarla secar por un lapso de 2 a 24 horas.
- Se deben medir los diámetros de las probetas tres veces con ayuda del vernier, estos datos se promedian para ser usado más adelante.
- Se enumeran cada probeta y se arman con los platos de retención, este conjunto se ubica en la prensa hidráulica bien centrada.
- Se verifica que la lectura de la prensa esté en cero, luego se aplica la carga continua y uniforme de 3.5 Kg/cm²/seg.
- La prensa se detendrá en la carga ultima soportada por la probeta sin romperse, este dato se divide en el área de la aplicación de la carga para obtener el f'c.

$$F'c = \frac{\text{Carga ultima}}{\text{Area de aplicacion de carga}}$$

Figura N° 44: Rompimiento de probetas de concreto



Fuente: Propia

Figura N° 45: Probeta de concreto de 60 kg/m³ de fibra de acero de acero



Fuente: Propia

Figura N° 46: Probeta de concreto de 105 kg/m³ de fibra de acero



Fuente: Propia

b) Resistencia a la Flexión (NTP 339.079 – ASTM C293)

Este ensayo tiene el objeto de determinar la resistencia a la flexión de las vigas simplemente apoyadas. Los ensayos se realizarán a 28 días de curado de todos los diseños realizados.

Equipos y Herramientas de laboratorio:

- Prensa Hidráulica Digital para Flexión

Procedimiento:

- Retirar las probetas de la poza de curación y dejarla secar por un lapso de 2 a 24 horas.
- Se debe medir y marcar las vigas a 15cm de los bordes, esta marca debe coincidir con los rodillos de la prensa hidráulica.
- Se debe centrar bien la viga procurando que los dos apoyos queden a la misma distancia del borde.
- Aplicar la carga constante hasta el punto de rotura, este dato será usado para halla el módulo de rotura según la siguiente formula:

$$M_r = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2}$$

Donde:

M_r = Módulo de rotura

P = Carga ultima

L = Longitud de luz entre apoyos

b = ancho promedio de la viga

h = altura promedio de la viga

Figura N° 47: Vigas sacadas del curado



Fuente: Propia

Figura N° 48: Prensa Hidráulica para Flexión



Fuente: Propia

Figura N° 49: Rompimiento de las Vigas Patrón por Flexión



Fuente: Propia

Figura N° 50: Grietas de las vigas con fibra de acero



Fuente: Propia

4.8 Descripción del Proyecto

En este punto se describirá el Proyecto de ampliación del centro médico San Conrado. El tipo de estructura para esta construcción se sustenta en un sistema de muros estructurales que comprenden columnas, vigas y muros de concreto armado.

La solución estructural de dicha edificación se sustenta en la certeza de su seguridad y economía. Se opta por una solución donde se controla el desplazamiento lateral debido a acciones sísmicas, está estructurado con muros de concreto armado, es de gran importancia evaluar y diseñar la estructura bajo acción de cargas dinámicas amplificadas para la interacción del suelo – edificio.

El análisis estructural se realizó con el software ETABS 2017 V.0.1 siguiendo las normas vigentes de construcción, RNE 2018.

4.8.1 Características de los materiales

a) Concreto Armado

Se alude al material que se caracteriza por el acero de refuerzo distribuido con el propósito de resistir ante cualquier situación natural o no. Son variados y ello depende de su necesidad por el cual es requerido.

El $f'c$ del concreto se diseñará según los resultados presentados en el siguiente capítulo, donde tendremos un concreto patrón y con inclusión de fibra de acero, para después ser comparados observando sus diferencias estructurales.

b) Acero de Refuerzo

Ante la poca resistencia de un concreto es prioridad colocarle acero para darle soporte, resistencia y corte a la estructura. El acero que se usa son barras de acero corrugado de Grado 60. Cumpliendo el área de acero mínimos de 1% de la sección transversal de la columna que estipula la norma E 060. Por propiedades principales tiene:

Límite de Fluencia: $F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

Límite de Fluencia: $F_s = 6,300 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad: $E_s = 2'000,000 \text{ kg/cm}^2$

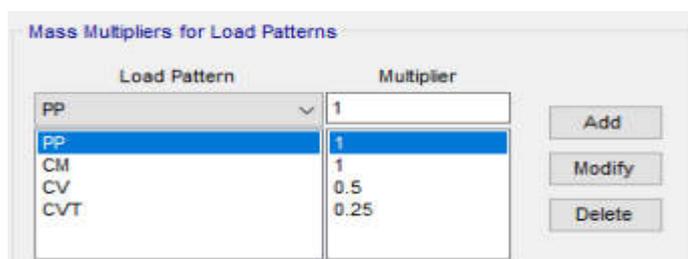
4.8.2 Estimación de Pesos

Es necesario manifestar el “Diseño por Resistencia”, se refiere a la aplicación de factores con amplificación a las cargas de servicio, y actores que reducen la resistencia nominal a la sección del elemento.

La primera está implícita en el artículo 10.2 de la norma E.060. Contiene 9 mezclas con características de aplicación al modelo realizado y que dependen del tipo de carga actuante: Carga Viva (CV), Carga Muerta (CM) y Carga de Sismo (CS).

Se va a tomar el peso propio y la carga muerta al 100%, y en la carga viva según el Artículo N°26 de la Norma E.030 que dice que para edificaciones de categoría A y B se va a tomar el 50% de la carga viva y el 25% en techos en general.

Figura N° 51: Carga Muerta y Viva



Load Pattern	Multiplier
PP	1
PP	1
CM	1
CV	0.5
CVT	0.25

Fuente: Propia

4.8.3 Análisis estático o de fuerza equivalentes

Este análisis se hace de acuerdo con la Norma de Diseño Sismo-Resistente E.030 dada por el RNE, este método se determina a través de un conjunto de fuerzas que interactúan en el centro de masas.

Se determinó que este método será suficiente para analizar la edificación porque según la norma E 0.30: “Se aplica para las estructuras clasificadas como regulares, art.19, de no más de 30 m de

altura. Los muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares”.

a) Parámetros para el diseño

De acuerdo con los requerimientos de la Norma E.030-2016 vigente se han considerado los siguientes parámetros para el diseño Sismorresistente:

- Factor de Zona $Z = 0.45$ (Zona 4)

Tabla N° 28: Factor de Zona

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma E 030

- Factor de Uso $U = 1.50$ (Categoría A1 - Edificaciones esenciales)
- Factor de Suelo $S_2 = 1.05$ Suelos intermedios.

Tabla N° 29: Factor de Suelo

FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA	SUELO			
	So	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Norma E 030

- Según el Artículo 13 de la Norma Técnica E.030 se le pone un factor al suelo dependiendo de la zona y el tipo de suelo como se muestra en la Tabla N° 29, y así se pueda hallar el periodo

T_p y T_L con la Tabla N° 30 para poder determinar el factor de Ampliación Sísmica (C).

- Periodo que define la Plataforma del Espectro $T_p = 0.60$, $T_L = 2.00$

Tabla N° 30: Períodos T_p y T_L

PERÍODOS " T_p " y " T_L "				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
T_p (s)	0.30	0.40	0.60	1.00
T_L (s)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: Norma E 030

- El Artículo 18.2 da el Coeficiente Básico de Reducción R_o , así como lo muestra la Tabla N° 31.

Tabla N° 31: Sistemas Estructurales

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	
	3
Madera	7 (**)

Fuente: Norma E 030

- Para la superposición de los modos se empleó la fórmula de la Combinación Cuadrática contemplando un 5% de amortiguamiento crítico.

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \times g$$

- Se debe sacar la masa de cada piso para poder realizar el análisis del modelamiento de 210 Kg/m³ con adición de fibra de acero.

Figura N° 52: Masa Sísmica

Story	UX tonf-s ² /m	UY tonf-s ² /m	UZ tonf-s ² /m
Story7	15.62629	15.62629	0
Story6	21.38556	21.38556	0
Story5	21.38556	21.38556	0
Story4	21.38556	21.38556	0
Story3	21.38556	21.38556	0
Story2	21.38556	21.38556	0
Story1	21.55729	21.55729	0
Base	3.60631	3.60631	0

Fuente: Propia

- Al tener las masas sísmicas de cada piso se multiplica por la gravedad 9.806 para obtener el peso sísmico por piso y así poder obtener la cortante basal.

$$Z = 0.45$$

$$U = 1.5$$

$$C = 2.50$$

$$S = 1.05$$

$$R = 6$$

Tabla N° 32: Peso Sísmico

PISO	mi	Pi
7	15,62629	153,23
6	21,38556	209,71
5	21,38556	209,71
4	21,38556	209,71
3	21,38556	209,71
2	21,38556	209,71
1	21,55729	211,39
		1413,16

Fuente: Propia

$$Cortante\ Vasal = 417.32\ T$$

- Para la distribución de fuerza sísmica horizontal de cada nivel se calcula con la siguiente formula:

$$F_i = \alpha_i * V$$

Tabla N° 33: Fuerza Sísmica Horizontal

PISO	mi	Pi	hi	Pi hi ^k	α_i	F _i
7	15,62629	153,23	21,15	2772,90	0,19018889	79,37
6	21,38556	209,71	18,15	3282,17	0,22511836	93,95
5	21,38556	209,71	15,15	2765,07	0,18965156	79,15
4	21,38556	209,71	12,15	2242,68	0,15382159	64,19
3	21,38556	209,71	9,15	1713,58	0,11753179	49,05
2	21,38556	209,71	6,15	1175,37	0,08061697	33,64
1	21,55729	211,39	3,15	627,96	0,04307084	17,97
		1413,16		14579,74		417,32

Fuente: Propia

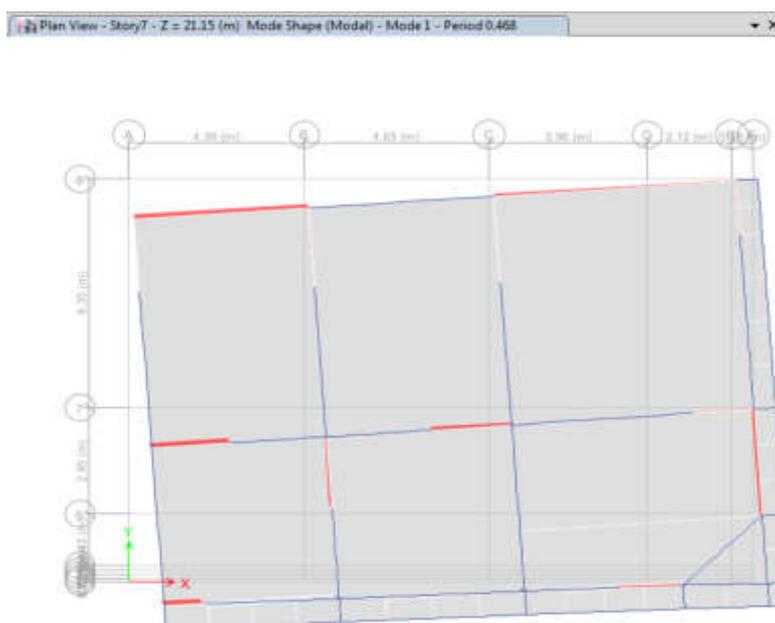
Figura N° 53: Fuerza Sísmica de cada nivel de la edificación



Fuente: Propia

- Se tiene que sacar el Periodo Fundamental de vibración con la Norma 28.4.2, así también se puede sacar en el mismo Etabs ingresando a display – deformed shape. El análisis no considera la rigidez de los elementos no estructurales, por ende, se tiene que aplicar 0.85 del valor obtenido del periodo.

Figura N° 54: Periodo Fundamental de Vibración



Fuente: Propia

$$\text{Periodo } (T) = 0.468 * 0.85$$

$$\text{Periodo } (T) = 0.40$$

- Se halla K donde actúa como un exponente relacionado con el periodo fundamental de vibración y según la Norma se calcula de acuerdo a:

a) Para T menor o igual a 0.5 segundos: $K=1$

b) Para T mayor que 0.5 segundos: $K=(0.75 + 0.5T) \leq 2$

$$K = 1$$

- Se considera que en X e Y se va a tener un periodo en una sola dirección dependiendo de cuál se tome y se le multiplicara por el 0.85. Al cambiar sus periodos cambiara.
- Como la edificación en análisis es de tipo A1 se requiere que no tenga irregularidades, por lo tanto, para este tipo de estructuras los desplazamientos laterales se calculan multiplicando 0.75R
- El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el Artículo 32, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso que se indica en la Tabla N° 32.

Tabla N° 34: Límites para la distorsión del entrepiso

Límites para la distorsión del entrepiso	
Material Predominante	(Δi hel)
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Mdera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

- Fuente: Norma E 030

Figura N° 55: Story Drift en X

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
Story7	SY estatico	Y	0.001272	17	0	5.19	21.15
Story6	SY estatico	Y	0.001383	17	0	9.19	18.15
Story5	SY estatico	Y	0.001474	17	0	9.19	15.15
Story4	SY estatico	Y	0.001487	17	0	9.19	12.15
Story3	SY estatico	Y	0.001368	17	0	9.19	9.15
Story2	SY estatico	Y	0.00106	17	0	9.19	6.15
Story1	SY estatico	Y	0.00047	17	0	9.19	3.15

Fuente: Propia

Figura N° 56: Story Drift en Y

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
Story7	SX estatico	X	0.00101	29	15.67	-0.6294	21.15
Story6	SX estatico	X	0.001175	29	15.67	-0.6294	18.15
Story5	SX estatico	X	0.001337	29	15.67	-0.6294	15.15
Story4	SX estatico	X	0.00143	29	15.67	-0.6294	12.15
Story3	SX estatico	X	0.001391	29	15.67	-0.6294	9.15
Story2	SX estatico	X	0.001149	29	15.67	-0.6294	6.15
Story1	SX estatico	X	0.000508	13	13	0.1	3.15

Fuente: Propia

CAPÍTULO V

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Resultado del ensayo de asentamiento

El ensayo se realizó en cada una de las mezclas en estado fresco obteniendo un Slump diferente en cada adición de la fibra de acero y se obtuvo los siguientes resultados:

Figura N° 57: Medición del Slump



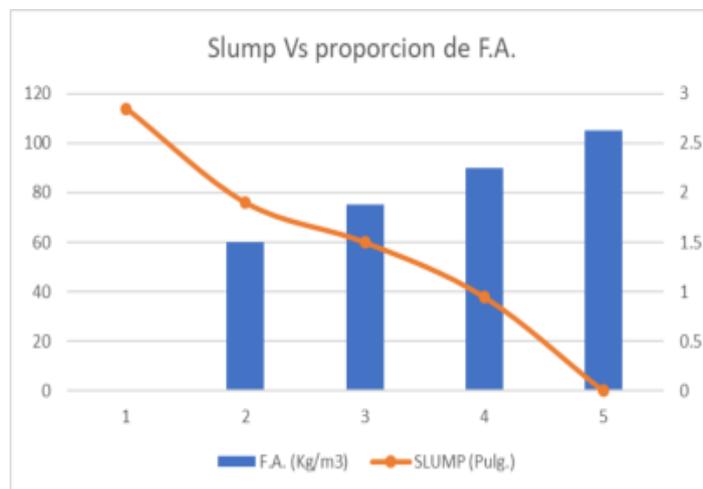
Fuente: Propia

Tabla N° 35: Resultados de ensayos de asentamiento

CONCRETO	SLUMP (Pulg.)
Patron	2.85
60 Kg/m ³	1.9
75 Kg/m ³	1.5
90 Kg/m ³	0.95
105 Kg/m ³	0

Fuente: Propia

Gráfico N° 3: Resultados de Slump Vs. Fibra de Acero



Fuente: Propia

En el Grafico N° 3 se puede apreciar como el asentamiento disminuye hasta llegar a cero según se aumenta las cantidades de fibra de acero por metro cubico de concreto, a pesar de que se le agrega el aditivo plastificante se puede apreciar cómo no contribuye en nada cuando son concretos con 105 Kg/m³ de inclusión de fibra. Para el caso del concreto con 90 Kg/m³ de inclusión de fibra se obtiene un 0.95” de asentamiento considerándose como un concreto consistente o seco.

5.2 Resultado de peso unitario del concreto fresco

En el Grafico N° 4 se aprecia un aumento del peso unitario conforme se ingresa mayor cantidad de fibra, esto sería causado por el remplazo de agregados por fibra los cuales tienen mayor densidad.

Además, la inclusión de fibras también aporta una cierta cantidad de aire atrapado.

Tabla N° 36: Resultados de los pesos unitarios de la adición de fibra

FIBRA/m ³	PESO (Kg)	VOLUMEN (m ³)	P.U. (Kg/m ³)
0 Kg/m ³	22.215	0.009358	2373.90
60 Kg/m ³	22.755	0.009358	2431.61
75 Kg/m ³	22.877	0.009358	2444.65
90 Kg/m ³	23.008	0.009358	2458.65
105 Kg/m ³	23.151	0.009358	2473.93

Fuente: Propia

Gráfico N° 4: Resultados de Peso Unitario



Fuente: Propia

5.3 Resultado de la resistencia a la compresión

Para cada diseño se realizaron 9 probetas para ser ensayados a tres edades distintas 7, 14 y 28 días de curado. Se realizó un diseño patrón, adiciones de fibra de acero de 60 kg/m³, 75 kg/m³, 90 kg/m³ y 105 kg/m³, teniendo un total de 45 probetas.

5.3.1 Resistencia a la compresión a 7 días

El diseño con mayor resistencia a la compresión a 7 días fue de 90 Kg/m³ de inclusión de fibra de acero como

se muestra en el Grafico N° 5, obteniendo un $f'c$ de 265 Kg/cm². Esto es un 47.1% mayor a la resistencia del concreto patrón.

Además, la inclusión de fibra de acero de 105 Kg/m³ disminuye la resistencia del espécimen. Por ende, se asume que nuestro diseño que responde mejor a nuestras hipótesis será el de 90 Kg/m³.

Tabla N° 37: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibra de acero a 7 días

FIBRA/M3	PROBETA	Ø cm.	AREA cm.	CARGA U. Kg.	F'c (Kg/cm ²) 7 DIAS	F'c (Kg/cm ²) PROMEDIO
0 Kg.	P1	9.908	77.106	14086	182.684	180.1
	P2	9.904	77.044	13753	178.509	
	P3	9.907	77.087	13806	179.096	
60 Kg.	P4	9.929	77.424	16121	208.218	215.1
	P5	9.917	77.237	16749	216.853	
	P6	9.920	77.282	17015	220.168	
75 Kg.	P7	9.935	77.522	18778	242.228	234.8
	P8	9.920	77.293	17762	229.800	
	P9	9.920	77.283	17957	232.354	
90 Kg.	P10	9.907	77.091	20554	266.620	265.0
	P11	9.917	77.236	20337	263.309	
	P12	9.912	77.164	20446	264.970	
105 Kg.	P13	10.223	82.087	18217	221.923	231.3
	P14	9.907	77.091	18572	240.910	
	P15	10.065	79.564	18395	231.197	

Fuente: Propia

Gráfico N° 5: Resistencia de compresión a 7 días del concreto reforzado con fibra de acero



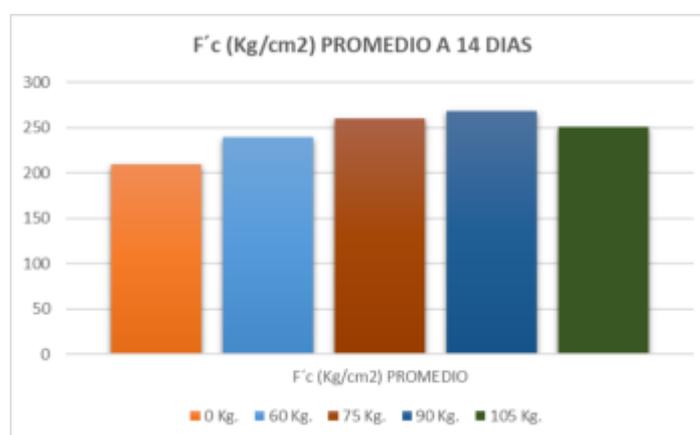
Fuente: Propia

5.3.2 Resistencia a la compresión a 14 días

El diseño con mayor resistencia a la compresión sigue siendo el de 90 Kg/m³ de inclusión de fibra de acero, como se muestra en el Grafico N° 6, obteniendo un f'c de 267.7 Kg/cm². Esto es un 28.1% mayor a la resistencia del concreto patrón.

Asimismo, con una inclusión de fibra de acero de 105 Kg/m³ disminuye la resistencia a la compresión, pero ahora es menos pronunciada que a los 7 días.

Grafico N° 6: Resistencia de compresión a 14 días del concreto reforzado con fibra de acero



Fuente: Propia

Tabla N° 38: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibra de acero a 14 días

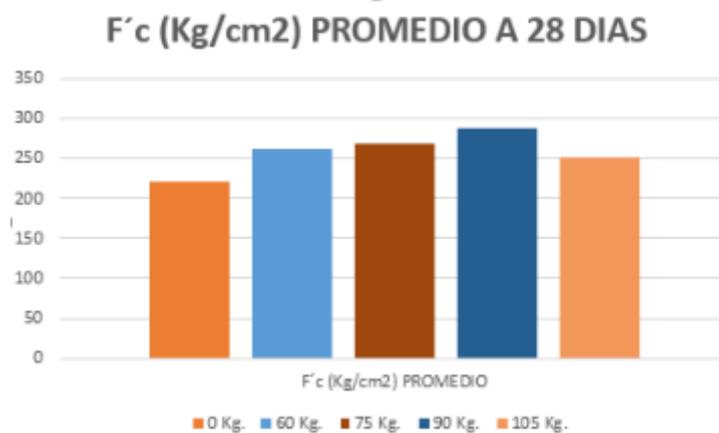
FIBRA/M3	PROBETA	Ø cm.	AREA cm.	CARGA U. Kg.	F'c (Kg/cm2) 14 DIAS	F'c (Kg/cm2) PROMEDIO
0 Kg.	P1	9.95	77.699	15319	197.158	208.99
	P2	9.93	77.507	17377	224.201	
	P3	9.94	77.611	15958	205.616	
60 Kg.	P4	9.92	77.273	16091	208.237	238.94
	P5	9.93	77.387	22200	286.870	
	P6	9.92	77.330	17146	221.724	
75 Kg.	P7	9.90	77.003	19707	255.926	259.81
	P8	9.92	77.262	20397	263.997	
	P9	9.92	77.267	20052	259.514	
90 Kg.	P10	9.94	77.600	20197	260.270	267.72
	P11	9.92	77.288	21268	275.178	
	P12	9.93	77.444	20733	267.716	
105 Kg.	P13	9.93	77.429	19474	251.509	250.24
	P14	9.92	77.247	19220	248.813	
	P15	9.92	77.267	19347	250.390	

Fuente: Propia

5.3.3 Resistencia a la compresión a 28 días

El diseño con mayor resistencia a la compresión se mantiene en 90 Kg/m³ de inclusión de fibra de acero, obteniendo un f'_c de 288.55 Kg/cm², la cual es un 31% mayor a la resistencia del concreto patrón. Asimismo, con una inclusión de fibra de acero de 60 Kg/m³, 75 Kg/m³ y 105 Kg/m³ aumenta con respecto al concreto patrón en 19%, 22% y 15% respectivamente, esta última inclusión decrece debido al exceso de la fibra de acero.

Grafico N° 7: Resistencia de compresión a 28 días del concreto reforzado con fibra de acero



Fuente: Propia

Tabla N° 39: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibra de acero a 28 días

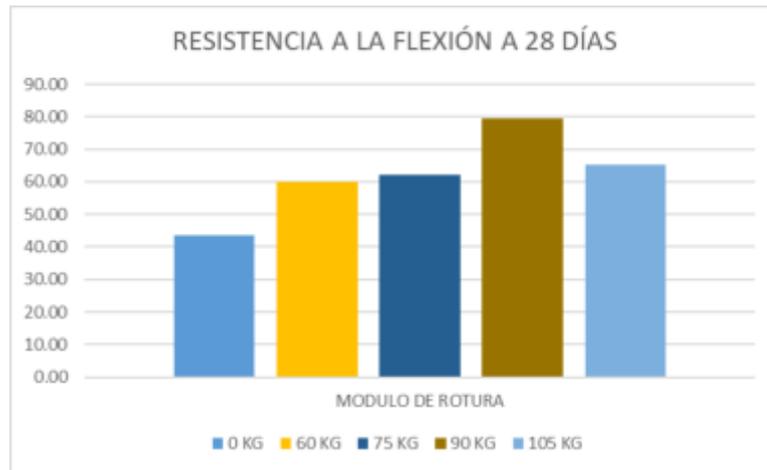
FIBRA/M3	PROBETA	Ø cm.	AREA cm.	CARGA U. Kg.	F'c (Kg/cm ²) 28 DIAS	F'c (Kg/cm ²) PROMEDIO
0 Kg.	P1	9,92	77,325	15815	204,527	220,40
	P2	9,91	77,205	18293	236,940	
	P3	9,94	77,616	17054	219,723	
60 Kg.	P4	10,17	81,180	18700	230,353	261,53
	P5	10,22	82,071	23332	284,290	
	P6	10,19	81,553	22016	269,960	
75 Kg.	P7	9,92	77,319	19966	258,228	268,77
	P8	9,95	77,689	20073	258,377	
	P9	9,94	77,600	20152	259,690	
90 Kg.	P10	9,93	77,455	23463	302,926	288,55
	P11	9,92	77,304	21267	275,109	
	P12	9,95	77,756	22365	287,629	
105 Kg.	P13	9,90	77,049	18080	234,654	252,36
	P14	9,91	77,086	20881	270,880	
	P15	9,93	77,444	19480	251,536	

Fuente: Propia

5.4 Resultado de la resistencia a la flexión

Para cada diseño se realizó 9 especímenes prismáticos para ser ensayados a 28 días de curado. Teniendo un total de 15 vigas.

Grafico N° 8: Resistencia de flexión a 28 días del concreto reforzado con fibra de acero



Fuente: Propia

Tabla N° 40: Resultado de la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibra de acero a 28 días

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A 28 DÍAS							
FIBRA / M3	VIGA	P	L	b	d	MODULO DE ROTURA	PROMEDIO
0 KG	VIGA 1	2374	33	15	15	23.21	43.69
	VIGA 2	5194	33	15	15	50.79	
	VIGA 3	5836	33	15	15	57.06	
60 KG	VIGA 1	4993	33	15	15	48.82	59.89
	VIGA 2	6751	33	15	15	66.01	
	VIGA 3	6630	33	15	15	64.83	
75 KG	VIGA 1	5641	33	15	15	55.16	62.21
	VIGA 2	6690	33	15	15	65.41	
	VIGA 3	6757	33	15	15	66.07	
90 KG	VIGA 1	8331	33	15	15	81.46	79.39
	VIGA 2	9071	33	15	15	88.69	
	VIGA 3	6956	33	15	15	68.01	
105 KG	VIGA 1	6618	33	15	15	64.71	65.34
	VIGA 2	6698	33	15	15	65.49	
	VIGA 3	6730	33	15	15	65.80	

Fuente: Propia

En el Grafico N° 8 se demuestra que la adición de fibras de acero de 90 Kg/m³ aporta a la resistencia a la flexión hasta en un 81% más a comparación del concreto patrón. En 60 Kg/m³ y 75 Kg/m³

se observa que aumentan en un 37 % y en 105 Kg/m³ aumenta un 50 % respecto al concreto patrón, sin embargo, sin embargo, disminuye en un 22% a diferencia de la mezcla con 90 Kg/m³.

5.5 Análisis de módulo de elasticidad

Según la norma E-060 para el cálculo del módulo de elasticidad se procede:

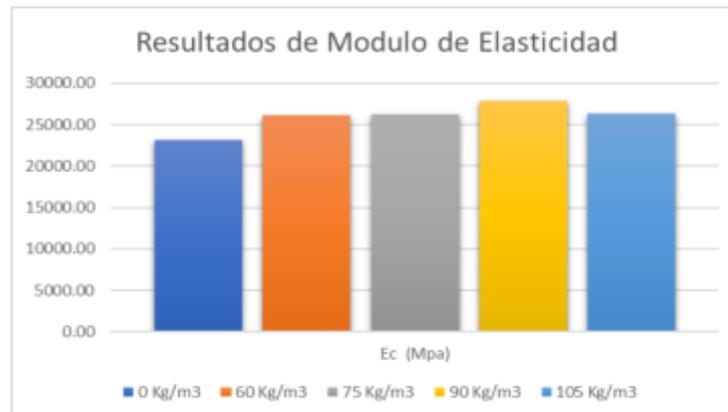
para concreto con P.U. Wc comprendido entre 1450 y 2500 Kg/m ³	$E_c = (w_c)^{1.5} + 0.043\sqrt{f'_c}$
para concretos de P.U. normal (Wc=2300 Kg/m ³)	$E_c = 4700 + \sqrt{f'_c}$

Tabla N° 41: Módulo de elasticidad

FIBRA/m ³	F'c (Mpa)	P.U. (Kg/m ³)	Ec (Mpa)
0 Kg/m ³	21.61	2373.90	23122.22
60 Kg/m ³	25.65	2431.61	26111.64
75 Kg/m ³	25.38	2444.65	26182.17
90 Kg/m ³	28.30	2458.65	27886.04
105 Kg/m ³	24.75	2473.93	26321.85

Fuente: Propia

Grafico N° 9: Resultado de Modulo de Elasticidad



Fuente: Propia

El grafico nos muestra los módulos de elasticidad según la cantidad de fibra de acero, para una dosificación de 60 Kg/m³

tenemos un aumento de 13%, para una dosificación de 75 Kg/m³ y 90 Kg/m³ aumenta en un 13% y 20 % respectivamente a comparación del concreto patrón. Por último, para una dosificación de 105 Kg/m³ decrece la elasticidad con un 14%.

5.6 Ductilidad del concreto

Se obtuvo la ductilidad mediante la medición de fisuras en vigas resultantes de los ensayos a flexión:

Tabla N° 42: Ductilidad del concreto

FIBRA/m ³	FISURAS (mm)
0 Kg/m ³	-
60 Kg/m ³	5.1
75 Kg/m ³	4
90 Kg/m ³	3.4
105 Kg/m ³	2.7

Fuente: Propia

Se observa una disminución considerable de fisuras con respecto al concreto patrón que van desde los 5.1 mm hasta 2.7 mm de espesor. Cabe mencionar que el concreto patrón reventó con la primera fisura por lo que no se pudo tomar ninguna medida.

5.7 Resultado del Análisis Estático

Para determinar los desplazamientos laterales de la edificación, la norma nos dice que se debe multiplicar por 0.75 R los resultados obtenidos mediante el análisis realizado en el software, como se mencionó en el capítulo anterior los desplazamientos no deben superar el 0.007 de distorsión.

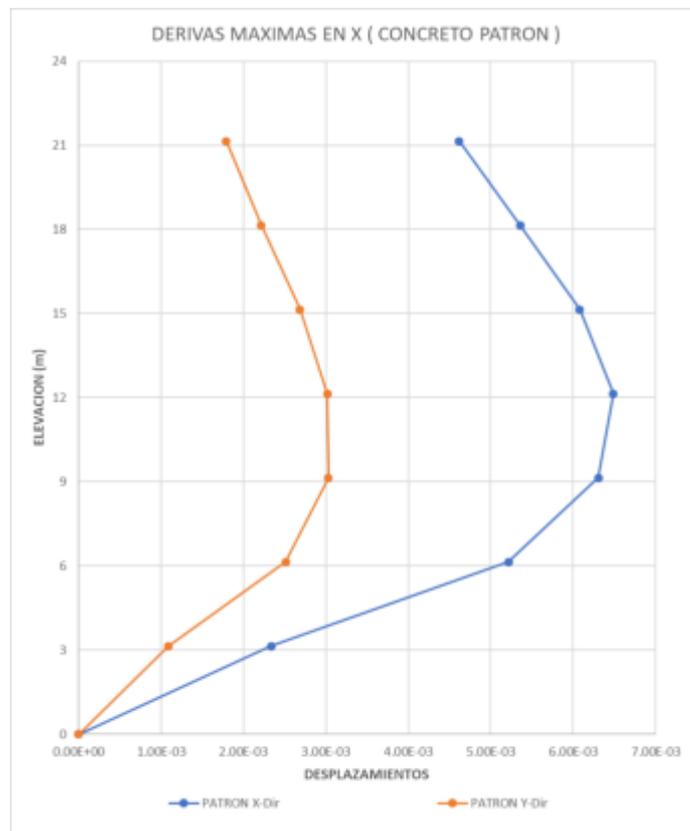
En suma, el software expresa los siguientes resultados en los ejes X, Y:

Tabla N° 43: Desplazamientos en X del concreto patrón

Story Response		210 X		0.75*R*DPLZ	
Story	Elevation m	PATRON X-Dir	PATRON Y-Dir	PATRON X-Dir	PATRON Y-Dir
Story7	21.15	1.03E-03	3.98E-04	4.62E-03	1.79E-03
Story6	18.15	1.19E-03	4.92E-04	5.36E-03	2.21E-03
Story5	15.15	1.35E-03	5.97E-04	6.08E-03	2.69E-03
Story4	12.15	1.44E-03	6.70E-04	6.49E-03	3.02E-03
Story3	9.15	1.40E-03	6.73E-04	6.30E-03	3.03E-03
Story2	6.15	1.16E-03	5.58E-04	5.22E-03	2.51E-03
Story1	3.15	5.19E-04	2.42E-04	2.34E-03	1.09E-03
Base	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Fuente: Propia

Gráfico N° 10: Desplazamientos en X del concreto patrón



Fuente: Propia

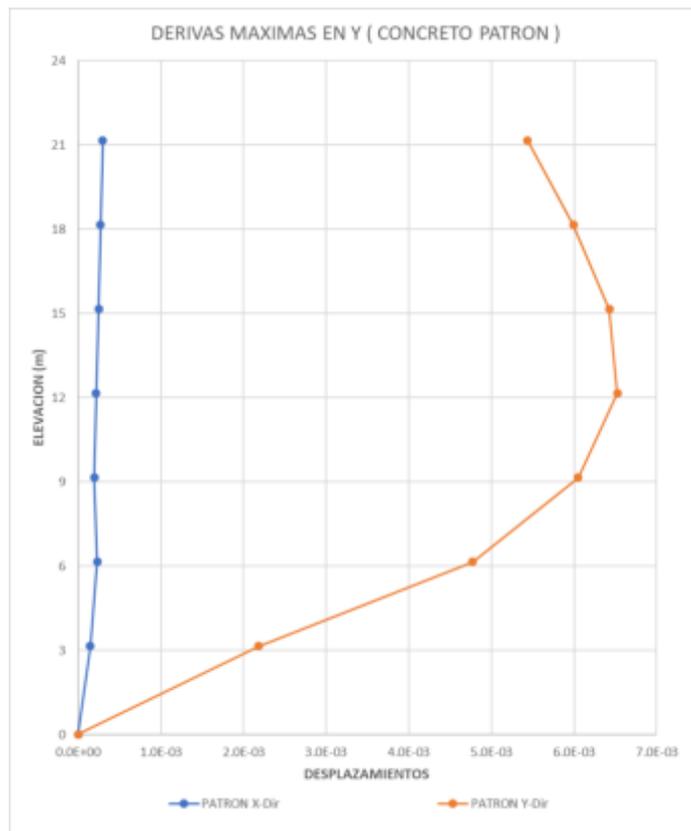
La deriva máxima para la edificación con concreto convencional es 0.00649 del piso 4 en la dirección X, con lo que se demuestra que sí cumple con los estándares establecidos por la norma E 030.

Tabla N° 44: Desplazamientos en Y del concreto patrón

Story Response		210 EN Y		0.75*R*DPLZ	
Story	Elevation m	PATRON X-Dir	PATRON Y-Dir	PATRON X-Dir	PATRON Y-Dir
Story7	21.15	6.6E-05	1.2E-03	3.0E-04	5.4E-03
Story6	18.15	6.0E-05	1.3E-03	2.7E-04	6.0E-03
Story5	15.15	5.5E-05	1.4E-03	2.5E-04	6.4E-03
Story4	12.15	4.8E-05	1.5E-03	2.2E-04	6.5E-03
Story3	9.15	4.3E-05	1.3E-03	1.9E-04	6.0E-03
Story2	6.15	5.1E-05	1.1E-03	2.3E-04	4.8E-03
Story1	3.15	3.3E-05	4.9E-04	1.5E-04	2.2E-03
Base	0	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

Fuente: Propia

Gráfico N° 11: Desplazamientos en Y del concreto patrón



Fuente: Propia

La deriva máxima para la edificación con concreto convencional es 0.00653 del piso 4 en la dirección Y, con lo que se demuestra que si cumple con los márgenes establecidos por la norma E 030.

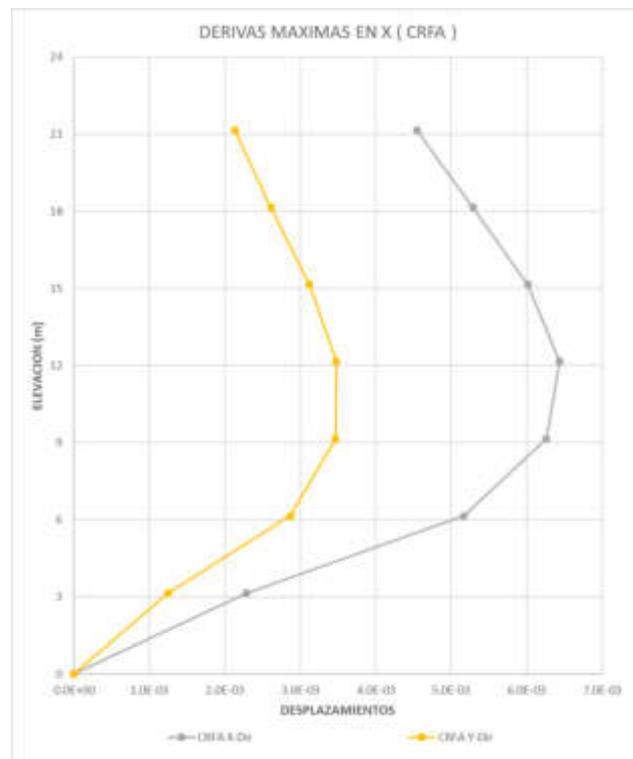
Para el análisis de la edificación con concreto reforzado con fibra de acero en 90 Kg/m³ se utilizó un $f'c$ de 280 Kg/cm² en representación a los resultados por ser más comercial, el software expresa los siguientes resultados en los ejes X, Y:

Tabla N° 45: Desplazamientos en X con CRFA

Story Response		280 X		0.75*R*DPLZ	
Story	Elevation m	CRFA X- Dir	CRFA Y- Dir	CRFA X- Dir	CRFA Y- Dir
Story7	21.15	1.0E-03	4.7E-04	4.5E-03	2.1E-03
Story6	18.15	1.2E-03	5.8E-04	5.3E-03	2.6E-03
Story5	15.15	1.3E-03	6.9E-04	6.0E-03	3.1E-03
Story4	12.15	1.4E-03	7.7E-04	6.4E-03	3.5E-03
Story3	9.15	1.4E-03	7.7E-04	6.3E-03	3.5E-03
Story2	6.15	1.1E-03	6.4E-04	5.2E-03	2.9E-03
Story1	3.15	5.1E-04	2.8E-04	2.3E-03	1.2E-03
Base	0	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

Fuente: Propia

Gráfico N° 12: Desplazamientos en X con CRFA



Fuente: Propia

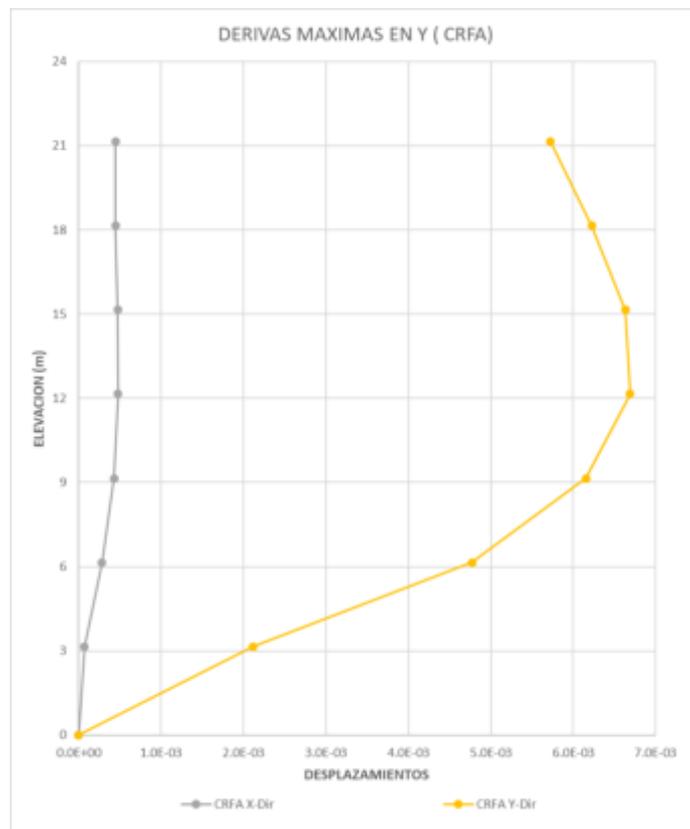
La deriva máxima para la edificación con concreto convencional es 0.00644 del piso 4 en la dirección X, con lo que se demuestra que si cumple con los márgenes establecidos por la norma E 030.

Tabla N° 46: Desplazamientos en Y con CRFA

Story Response		280 EN Y		0.75*R*DPLZ	
Story	Elevation m	X-Dir	Y-Dir	CRFA X-Dir	CRFA Y-Dir
Story7	21.15	9.9E-05	1.3E-03	4.5E-04	5.7E-03
Story6	18.15	9.9E-05	1.4E-03	4.5E-04	6.2E-03
Story5	15.15	1.1E-04	1.5E-03	4.7E-04	6.6E-03
Story4	12.15	1.1E-04	1.5E-03	4.8E-04	6.7E-03
Story3	9.15	9.5E-05	1.4E-03	4.3E-04	6.2E-03
Story2	6.15	6.3E-05	1.1E-03	2.8E-04	4.8E-03
Story1	3.15	1.5E-05	4.7E-04	6.8E-05	2.1E-03
Base	0	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

Fuente: Propia

Tabla N° 13: Desplazamientos en Y con CRFA



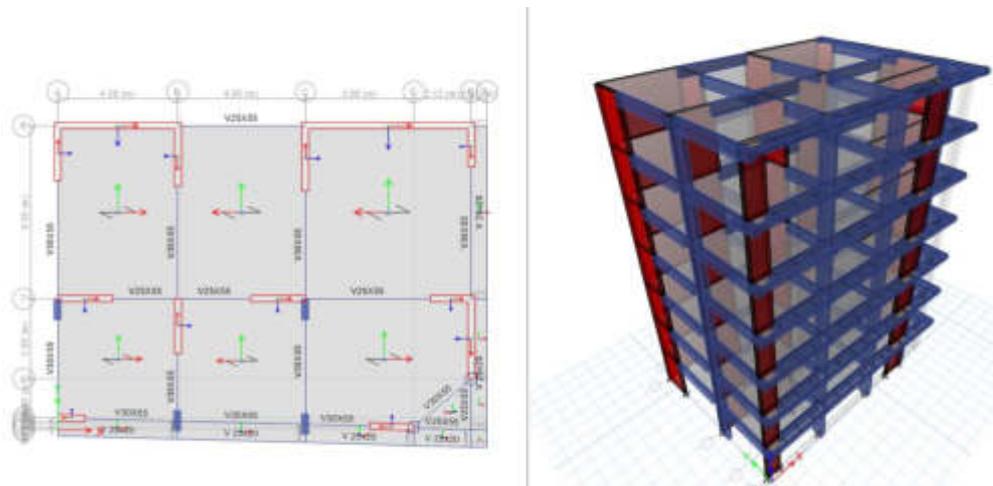
Fuente: Propia

La deriva máxima para la edificación con concreto convencional es 0.00669 del piso 4 en la dirección Y, con lo que se demuestra que sí cumple con lo normado E 030.

5.7.1 Verificación de irregularidades

La edificación posee 7 pisos típicos y posee una forma geométrica regular, por tal motivo se puede descartar ciertas irregularidades solo con observar la forma del edificio.

Figura N° 58: Modelamiento en Etabs



Fuente: Propia

Tabla N° 47: Irregularidades de la edificación

IRREGULARIDADES EN PLANTA	EXISTE
Irregularidad torsional	NO
Irregularidad torsional extrema	NO
Esquinas entrantes	NO
Descontinuidad del diafragma	NO
Sistemas no paralelos	NO
IRREGULARIDADES EN ALTURA	EXISTE
Irregularidad de rigidez - piso blando	NO
Irregularidad de resistencia - piso debil	NO
Irregularidades extrema de rigidez	NO
Irregularidad de masa o peso	NO
Irregularidad geometrica vertical	NO
Discontinuidad en los sistemas resistentes	NO

Fuente: Propia

La irregularidad por torsión se verifica con el software la cual según norma se da cuando el máximo desplazamiento relativo es mayor a 1.3

Tabla N° 48: Irregularidad por torsión del concreto patrón

PATRON				
Story	Max Drift X	Ratio X	Max Drift Y	Ratio Y
Story7	0.0010	1.1190	0.0012	1.0420
Story6	0.0012	1.1620	0.0013	1.0430
Story5	0.0014	1.2080	0.0014	1.0420
Story4	0.0014	1.2480	0.0015	1.0400
Story3	0.0014	1.2790	0.0013	1.0400
Story2	0.0012	1.2980	0.0011	1.0450
Story1	0.0005	1.2490	0.0005	1.0590

Fuente: Propia

El máximo desplazamiento relativo en el eje X, Y fue 1.2980 y 1.0590 respectivamente por cual se demuestra que no existe irregularidad torsional para la edificación con concreto convencional.

Tabla N° 49: Irregularidad por torsión del CRFA

CRFA				
Story	Max Drift X	Ratio X	Max Drift Y	Ratio Y
Story7	0.0010	1.1630	0.0013	1.0200
Story6	0.0012	1.2060	0.0014	1.0200
Story5	0.0013	1.2510	0.0015	1.0230
Story4	0.0014	1.2900	0.0015	1.0250
Story3	0.0014	1.3000	0.0014	1.0270
Story2	0.0011	1.2380	0.0011	1.0240
Story1	0.0005	1.2920	0.0005	1.0090

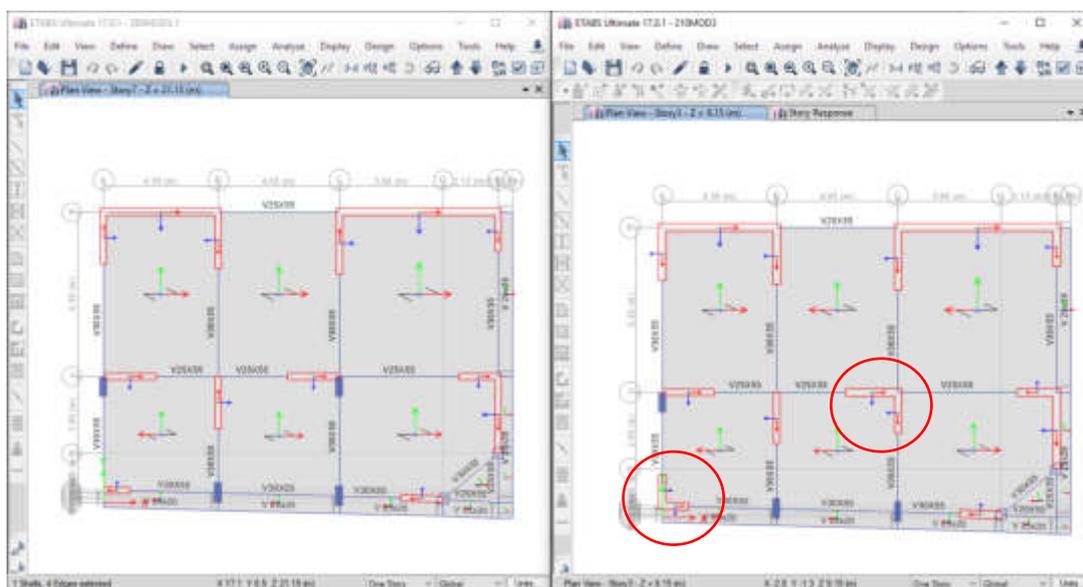
Fuente: Propia

El máximo desplazamiento relativo en el eje X, Y fue 1.3 y 1.0270 respectivamente por cual se demuestra que no existe irregularidad torsional para la edificación con concreto reforzado con fibra de acero.

5.7.2 Reducción de secciones de placa

En el modelado de la edificación con un concreto convencional se usaron placas de 30 cm. De espesor y 34.42 metros lineales de placas.

Figura N° 59: Reducción de sección



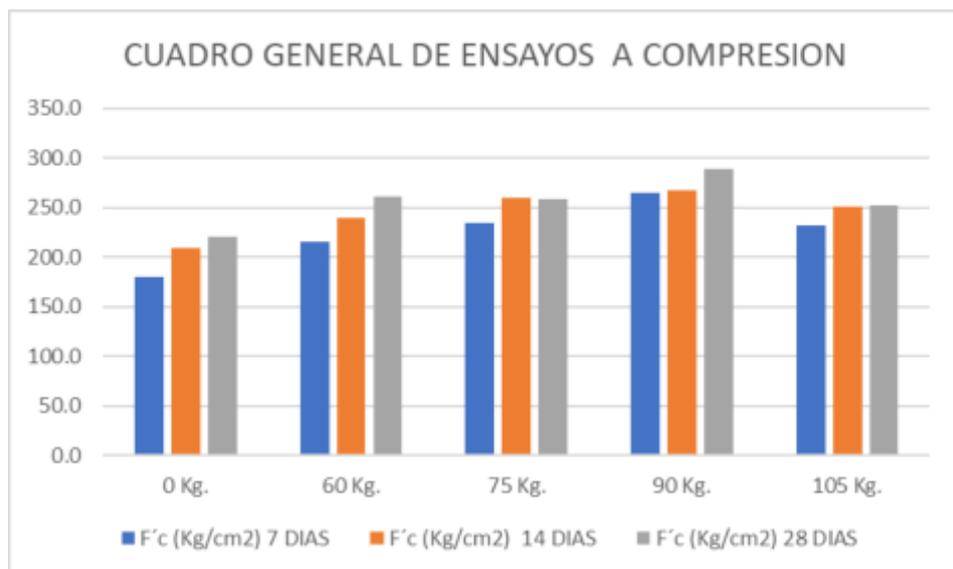
Fuente: Propia

En el modelado se usaron placas de 25 cm. De espesor y 31.62 metros lineales de placas.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Grafico N° 14: Resistencia de compresión a 7,14 y 28 días.



Fuente: Propia

En este cuadro general se puede apreciar mejor los resultados, pudiendo observar que el diseño a fin de los objetivos es el de 90 kg/m³, obteniendo así un 31% mayor resistencia a la compresión, esto quiere decir que para un diseño de 210 Kg/cm² aumentara hasta 288 Kg/cm² su resistencia.

Además del concreto ensayado se puede observar la disminución de desprendimiento de concreto al momento de ceder por las cargas

efectuadas por la prensa hidráulica, entonces tenemos un material que aportará en el confinamiento de refuerzos verticales y horizontales

Figura N° 60: Grietas de las vigas al centro



Fuente: Propia

Figura N° 61: Rompimiento de las Vigas



Fuente: Propia

En los ensayos a flexión del concreto a 28 días, tenemos que el módulo de rotura de las vigas con inclusión fibra en 90 Kg/m³ aumenta en un 80% con respecto al patrón.

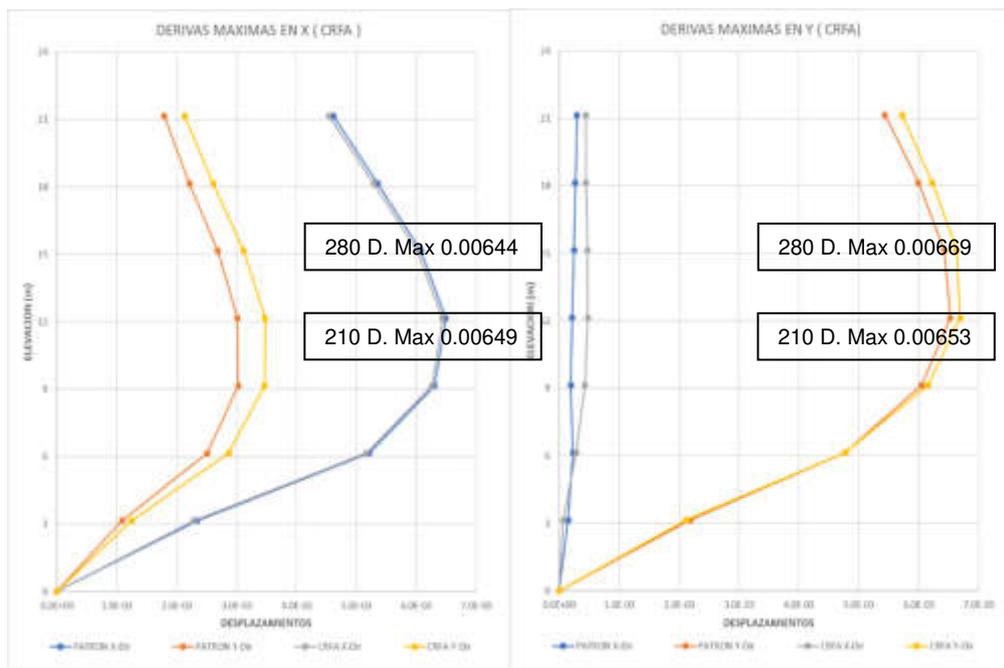
Además, se puede observar un aumento de la ductilidad del concreto ya que después de su punto de rotura aún tiene la capacidad de soportar

carga sin romperse como se aprecia en la figura N° 60, la viga se agrieta al llegar a la resistencia máxima del concreto en este punto es donde actúa la capacidad a la tracción de la fibra que es 1200 Mpa.

El módulo de elasticidad está directamente relacionada al peso unitario y a la resistencia a la compresión del concreto, según la norma E 060, por tal motivo, al agregar fibra siempre se obtendrá un mayor módulo de elasticidad con un aumento de hasta 20%, es decir, que obtenemos un concreto con mayor capacidad de deformarse antes de fisurarse.

La ductilidad del concreto se ve favorecida por la fibra de acero, ya que en el momento que ocurren las fisuras, son limitadas por las fibras de acero actuando como una costura, esto comprueba que con la fibra de acero en el concreto obtenemos una estructura con mayor capacidad de soportar cargas después de llegar al punto de rotura.

Gráfico N° 15: Comparativa de dos modelados de concreto



Fuente: Propia

Se compararon los resultados obtenidos de dos modelados del policlínico San Conrado donde se constató que usando el concreto reforzado con fibra de acero solo en las placas se obtiene una reducción de leve de los desplazamientos laterales de 0.00005 en el eje X de la edificación; sin

embargo, en el eje Y se observa que aumenta levemente en 0.00016, ambos cumpliendo los parámetros establecidos por la norma E 030.

La reducción de sección en placas fue de 5 cm en el espesor, también se reducen 2.8 metros lineales del mismo, en consecuencia, se tendrá una reducción de costos cumpliendo los márgenes establecidos por la norma E 030.

CONCLUSIONES

1) El concreto reforzado con fibra de acero en combinación con el aditivo plastificante ayuda parcialmente a la trabajabilidad; sin embargo, para inclusiones mayores de 90 Kg de fibra por metro cubico de concreto se pierde totalmente la trabajabilidad de este, generándose bolones de fibra que formaran cangrejas que en consecuencia harán que el concreto falle con una menor carga.

2) Se demuestra el aporte de la fibra de acero en el comportamiento del concreto frente a cargas axiales, aumentando su resistencia hasta en un 28.1% con una proporción de 90 Kg/m³ de concreto, además, para la presente investigación la considera como el límite de adición de fibra de acero, ya que en una mayor proporción genera una menor resistencia a la compresión. Lo que sí podemos apreciar en todos los casos es la disminución del desprendimiento de concreto por fisuramiento.

3) También queda demostrado que la resistencia por flexión aumenta hasta en un 80% para inclusiones de 90 Kg/m³ de concreto, asimismo, en el concreto con fibra se observó un significativo aumento de la ductilidad del concreto y en consecuencia una mayor tenacidad.

4) Un muro estructural está sometido a deflexiones de entrepisos provocados por fuerzas laterales generados por eventos sísmicos, formando fisuras, grietas, en algunos casos aplastamiento y trituración del

concreto en los bordes carentes de confinamiento. Entonces, si se tiene un material dúctil con la capacidad de absorber mayor energía post fisuramiento, con una capacidad mayor de resistencia a la compresión y flexión, se obtiene un mejor trabajo de las placas frente a las fallas de corte, flexión y cizallamiento.

5) Por medio del software Etabs 2017 se verifica los aportes significativos de la fibra de acero en conjunto con el aditivo plastificante, donde es posible reducir las secciones de placas conservando un comportamiento acorde a las normas E 030 de la estructura ante eventos sísmicos, cabe resaltar que al tener menos cantidad de placas también significa un menor costo de construcción.

RECOMENDACIONES

- 1) Realizar diseños de mezclas con superplastificante, para la mejora de trabajabilidad y determinar si se puede elevar la cantidad de fibra de acero sin que decaiga la resistencia a compresión.
- 2) Realizar un estudio más detallado sobre la capacidad de deformación del material concreto cuando está endurecido, con la elaboración de graficas de elasticidad resistencia - deformación.
- 3) Realizar ensayos con inclusiones de fibra entre 75 Kg/m³ y 90 Kg/m³ para determinar con más detalle en qué punto es que la fibra de acero ya no aporta en la resistencia del concreto.
- 4) Realizar ensayos a escala natural con fibra de acero y con aceros de refuerzo para poder comparar su comportamiento.
- 5) Realizar un estudio sobre reducción de los costos al usar las fibras de acero en el concreto, determinar si el costo que se mitiga con la reducción de placas es mayor al costo de los aditivos.
- 6) Determinar el aporte del aditivo plastificante en el comportamiento mecánico del concreto y hacer una comparativa con otro que contenga fibra de acero

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliográficas:

ASTM A 820. *Standard Specification for Steel Fibers for Fiber- Reinforced Concrete.*

ASTM C-1609 *Standard Test Method for Flexura Performance of FiberReinforced Concrete.*

NTP 334.009.2013. CEMENTOS. *Cementos Portland. Requisitos.* 5ta. Ed. R. 2013-CRT -INDECOPI.

NTP 339.034.2008 (revisada 2013). HORMIGÓN (CONCRETO). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.* 3ra. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.

NTP 339.079.2012 CONCRETO. *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo.* 3ra. Ed. R. 2012-CRT-INDECOPI.

NTP 339.084.2012 CONCRETO. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.* 3ra. Ed. R. 2012-CRTINDECOPI.

NTP 339.183.2013. HORMIGÓN. *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*. 2ra. Ed. R. 2013-CRTINDECOPI.

NTP 339.185.2013. AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable del agregado por secado*. 2ra. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.

NTP 400.010.2011 AGREGADOS. *Extracción y preparación de muestras*. 3ra. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.

NTP 400.011.2008 (revisada el 2013) AGREGADOS. *Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*. 2da. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.

NTP 400.012.2013 AGREGADOS. *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. 3ra. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.

NTP 400.017.2011 AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso unitario") y los vacíos en los agregados*. 3ra. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.

NTP 400.019.2002 AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores para abrasión e impacto en la máquina de los ángeles*. 2da. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.

NTP 400.021.2013 AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. 3ra. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.

NTP 400.022.2013 AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. 3ra. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.

NTP 400.037.2002 AGREGADOS. *Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)*. 2ra. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.

Electrónicas:

A. Orbe, E. Rojí, J. Cuadrado, R. Losada (2015), *Estudio para la optimización de la composición de un HACFRA (hormigón autocompactante reforzado con fibras de acero) estructural*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/275242331_Estudio_para_la_optimizacion_de_la_composicion_de_un_HACFRA_hormigon_autocompactante_reforzado_con_fibras_de_acero_estructural

Caroline, M. & Bomfim, F (2015)., *Concreto Reforzado con Fibras de Acero. Centro Universitario Tiradantes*. Recuperado de <https://periodicos.set.edu.br/index.php/fitsexatas/article/download/2638/1528>

Castañeda Muñoz, R. (2018), *Influencia De La Adición De Fibra De Acero Y Plastificante En La Resistencia A La Compresión Del Concreto Convencional, Trujillo – 2018*. Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13800?show=full>

De La Cruz, W., & Quispe, W. (2014). *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. Huancavelica*. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/239/TP%20%20UNH%20CIVIL%200023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gallovich Sarzalejo, Antonio et al. *Fibras Como Elemento Estructural Para El Refuerzo Del Hormigón - Manual Técnico. MACCAFERRI*. Recuperado de <https://www.maccaferri.com/br/es/download/tm-br-manual-de-fibras-sp-feb21/>

Isla Calderón F. (2014), *Modelo para Hormigones Reforzados con Fibras de Acero*. Recuperado de <https://www.facet.unt.edu.ar/iest/wp->

content/uploads/sites/22/2015/12/Facundo_Isla_2014_Modelo_para_hormigones_reforzados_con_fibras_de_acero.pdf

Mamlouk, M., & Zaniewski, J. (2009). *Materiales para ingeniería civil. España: Pearson educación.* Recuperado de https://www.academia.edu/32903208/Materiales_Para_Ingenier%C3%A9Da_Civil_Michael_S._Mamlouk_and_John_P._Zaniewski_2da_Edici%C3%B3n_

Mendieta Higuera L. (2017), *Aplicación de Concreto Reforzado con Fibras de Acero en Losas de Contrapiso para viviendas de interés social.* Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15913/MendietaHigueraLuisaFda2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mendoza Vargas J., Vasquez A., Villa Archila M.(2012). *Análisis del esfuerzo residual en concreto para pavimento rígido reforzado con fibras metálicas y sintéticas.* Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11320/MendozaVargasJuanIvan2013.pdf?sequence=1>

Montalvo Guevara, M. E. (2015). *Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales. Lima.* Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6117>

Ortiz Barboza S. (2015), *Determinación de la Influencia de la Fibra de Acero en el esfuerzo a flexión del concreto para un $f'c=280$ kg/cm².* Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/636>

Real Academia Española (2011). *Diccionario de la lengua española (v15.0).* Madrid, España Recuperado de <https://educalibre.info/diccionario-real-academia-descargar-pdf/>

Rivera Leon, C. R., & Medina Sanchez, M. D. (2016). *Influencia de la incorporación de cuatro niveles (1%, 2%, 3%, 4%) de cloruro de calcio en la resistencia mecánica de un material para afirmado. Cajamarca.* Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11196>

Rivera Lopez G. (2015). *Concreto simple. Aditivo Plastificante Capitulo XI pag.231*. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2013/08/28/libro-de-tecnologia-del-concreto-y-mortero-ing-gerardo-a-rivera-l/>

Rodríguez Lezama, F. (2013). *Resistencia de Materiales I y Mecánica de Materiales*. Recuperado de https://www.academia.edu/36128692/RESISTENCIA_DE_MATERIALES_I_ESIME

Santos Cortés L (2006), *Contribución de fibras PP provenientes de plásticos reciclados en el agrietamiento y resistencia del concreto en pavimentos portuarios de Veracruz*. Recuperado de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/1402/3/SantosCortezf.pdf>

Sika Perú (2015). *Aditivos Concreto*. Recuperado de https://per.sika.com/content/peru/main/es/solutions_products/mercados_sika/sika-aditivos-concreto/02a001/02a001sa01/02a001sa01105.html

Silva Tipantasig, L (2014), *Comportamiento Del Hormigón Reforzado Con Fibras De Acero Y Su Influencia En Sus Propiedades Mecánicas En El Cantón Ambato, Provincia De Tungurahua*. Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8337>

Vásquez Gonzales, I (2015), *Comportamiento Mecánico del concreto con adición de fibra de acero para una resistencia de 500 Kg/cm²*. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/639>

Vílchez Ulloa, F. (2017), *Influencia de la adición de las fibras de acero en la ductilidad de columnas de concreto reforzado*. Recuperado de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-RcSSt2UldlJ:repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3566/1/RE_ING.CIVIL_FRANK.VILCHEZ_ADICI%25C3%2593N.DE.LAS.FIBRAS.DE.ACERO_DATOS.PDF+&cd=12&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe

Zegarra, J. E., & Sotil, A. J. (2015). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero wirand ff3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand ff4*

aplicado a losas industriales de pavimento rígido. Lima. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/581616>

INDICE DE ANEXOS

- Anexo N° 1: Contenido de Humedad de arena
- Anexo N° 2: Contenido de Humedad de piedra
- Anexo N° 3: Granulometria Agregado Fino
- Anexo N° 4: Granulometria Agregado Grueso
- Anexo N° 5: Peso Unitario Agregado Fino
- Anexo N° 6: Peso Unitario Agregado Grueso
- Anexo N° 7: Densidad, Densidad Relativa y porcentaje de absorcio del agregado fino
- Anexo N° 8: Densidad, Densidad Relativa y porcentaje de absorcio del agregado grueso
- Anexo N° 9: Resistencia a la compresión
- Anexo N° 10: Resistencia a la Flexión