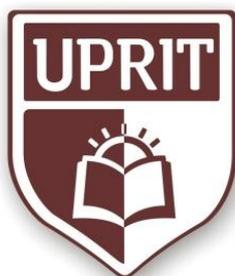


# **UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO EN LAS  
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO,  
TRUJILLO, 2018”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

**POLO HONORIO JOEL  
RISCO CARRANZA JONATHAN JESUS**

**ASESOR:**

**ING. ENRIQUE MANUEL DURAND BAZAN**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2018**

**TESIS:**

**“INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO EN LAS PROPIEDADES  
FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO, 2018”**

**AUTORES:**

Bach. POLO HONORIO JOEL

Bach. RISCO CARRANZA JONATHAN JESUS

**MIEMBROS DEL JURADO**

---

**PRESIDENTE**

---

**SECRETARIO**

---

**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

*A nuestros padres y hermanos:*

*Por el gran apoyo incondicional y saber guiarnos por el camino correcto del éxito, con el propósito de convertirnos en personas de buen provecho, nunca podremos pagar sus desvelos ni aun con las riquezas más grandes del mundo.*

## **AGRADECIMIENTO**

Brindamos nuestra gratitud a todos los docentes que nos acompañaron en estos cinco años de preparación y de manera especial a los ingenieros de la especialidad de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Trujillo, que como mediadores nos transmitieron sus conocimientos, apoyo y su colaboración en nuestra sólida formación profesional. Además, agradecer a todos nuestros familiares y amigos con los cuales ha sido gratificante haber compartido esta etapa de vida y con los cuales hemos tenido la oportunidad de vivir muchas aventuras y experiencias que permanecerán guardados en nuestras memorias.

## INDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DEL CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPITULO I: INTRODUCCION.....	1
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	4
1.3. JUSTIFICACION.....	4
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. Objetivo general:.....	5
1.4.2. Objetivos específicos:.....	5
1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.6. LIMITACIONES Y VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	7
2.1. ANTECEDENTES:.....	7
2.2. BASES TEORICAS:.....	12
2.2.1. CONCRETO.....	12
2.2.2. FIBRAS DE ACERO.....	16
2.2.2.1. Fibras:.....	16
2.2.2.2. Clasificación de las fibras:.....	17
2.2.2.2.1. Fibras de acero.....	17
2.2.2.2.1.1. Fibras CHO 65/35 NB.....	19
2.2.2.2.1.2. Fibras metálicas 3DIM.....	19
2.2.2.2.1.3. Fibras metálicas corrugadas.....	20
2.2.2.2.1.4. Fibras metálicas de gancho.....	22
2.2.2.2.1.5. Fibra Tabix.....	23
2.2.2.2.1.6. HE- Fibras de extremo en gancho.....	24
2.2.2.2.1.7. FE - de extremos planos.....	24
2.2.2.2.1.8. HFE – fibras en gancho y aplanados.....	25

2.2.2.2.2.	Fibras de vidrio .....	25
2.2.2.2.3.	Fibras sintéticas .....	26
2.2.2.2.4.	Fibras naturales .....	26
2.2.2.2.5.	Sistemas múltiples de fibras .....	27
<b>2.2.3.</b>	<b>PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS .....</b>	<b>27</b>
2.2.3.1.	<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO:.....</b>	<b>27</b>
2.2.3.1.1.	Trabajabilidad: .....	27
2.2.3.1.2.	Exudación. ....	28
2.2.3.1.3.	Segregación.....	28
2.2.3.1.4.	Compactibilidad .....	29
2.2.3.1.5.	Peso unitario .....	29
2.2.3.1.6.	Contenido de aire .....	29
2.2.3.2.	<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO: .....</b>	<b>30</b>
2.2.3.2.1.	Compresión.....	30
2.2.3.2.2.	Tracción.....	31
2.2.3.2.3.	Flexotracción .....	31
2.2.3.2.4.	Cortante .....	32
2.2.3.2.5.	Densidad .....	34
2.2.3.2.6.	Permeabilidad .....	35
2.2.3.2.7.	Módulo de Elasticidad.....	36
<b>2.3.</b>	<b>BASES NORMATIVAS:.....</b>	<b>38</b>
<b>2.4.</b>	<b>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS: .....</b>	<b>38</b>
2.4.1.	Acero .....	38
2.4.2.	Concreto .....	39
2.4.3.	Fibras .....	39
2.4.4.	Fibras de acero.....	39
2.4.5.	Físicas .....	39
2.4.7.	Mecánicas.....	39
2.4.8.	Propiedades.....	39
2.4.9.	Propiedades físicas.....	39
2.4.10.	Propiedades mecánicas .....	39
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>		<b>40</b>
<b>3.1.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS: .....</b>	<b>40</b>
<b>3.2.</b>	<b>TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>40</b>

3.2.1. Tipo de acuerdo al fin que persigue (Básica y Aplicada).....	40
3.2.2. Tipo de acuerdo al diseño (exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa) .....	40
3.2.3. Diseño de investigación (experimental, no experimental, cuasi experimental, etc.)	40
3.3. DEFINICIÓN DE VARIABLES .....	40
3.3.1. Unidad de estudios .....	40
3.3.2. Variable independiente .....	41
3.3.3. Variable dependiente .....	41
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	42
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	44
3.5.1. Población.....	44
3.5.2. Muestra. ....	44
3.6. TÉCNICAS, PROCEDIMIENTO E INSTRUMENTOS. ....	44
3.6.1. Para recolectar datos. ....	44
3.6.2. Para procesar datos .....	47
<b>CAPITULO 4: RESULTADOS</b> .....	47
4.1. ENSAYO DE LOS AGREGADOS .....	47
4.1.1. Granulometría .....	47
4.1.1.1. Agregado fino .....	47
4.1.1.2. Agregado grueso .....	48
4.1.2. Peso específico .....	55
4.1.2.1. Peso Específico del Agregado fino.....	55
4.1.2.2. Peso Específico del Agregado grueso .....	57
4.1.3. Absorción. ....	58
4.1.3.1. Absorción del Agregado fino .....	58
4.1.3.2. Absorción del Agregado grueso .....	59
4.1.4. Peso unitario del agregado fino y agregado grueso.....	59
4.1.5. Contenido de humedad .....	62
4.2. FIBRAS DE ACERO .....	63
4.2.1. SIKA FIBER CHO 65/35 NB .....	63
4.2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO .....	63
4.2.2. DATOS BÁSICOS .....	64
4.2.2.1. FORMA .....	64

4.2.2.2.	DATOS TÉCNICOS .....	64
4.2.3.	INFORMACIÓN DEL SISTEMA .....	65
4.2.3.1.	DETALLES DE APLICACIÓN .....	65
4.2.3.2.	MÉTODO DE APLICACIÓN .....	65
4.2.4.	INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD .....	66
4.2.4.1.	PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACION .....	66
4.2.4.2.	OBSERVACIONES .....	66
4.2.4.3.	NOTAS LEGALES .....	66
4.3.	DISEÑO DE MEZCLA PATRON .....	67
4.3.1.	DOSIFICACIÓN MÉTODO ACI .....	67
4.3.2.	DISEÑO .....	68
4.4.	RESULTADOS PARA LA ELECCION DEL DISEÑO DE MEZCLAS PATRON .....	74
4.4.1.	EN ESTADO FRESCO .....	74
4.4.2.	EN ESTADO ENDURECIDO .....	77
4.5.	DOSIFICACION DE MEZCLAS PARA ENSAYOS .....	82
4.5.1.	DISEÑO SIN FIFRAS .....	82
4.5.2.	DISEÑO CON FIBRAS DE ACERO 1.5% .....	83
4.5.3.	DISEÑO CON FIBRAS DE ACERO 3% .....	84
4.6.	RESULTADOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO .....	85
4.6.1.	TRABAJABILIDAD (SLUMP) .....	85
4.6.2.	EXUDACION .....	87
4.6.4.	COMPACTABILIDAD .....	89
4.6.5.	PESO UNITARIO .....	89
4.7.	RESULTADOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO .....	92
4.7.1.	VALIDACIÓN DE DATOS SEGÚN ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	92
4.7.2.	COMPRESION. ....	97
4.7.3.	TRACCION .....	105
4.7.4.	FLEXOTRACCIÓN .....	105
4.7.5.	CORTANTE .....	110
4.7.6.	DENSIDAD .....	110
4.7.7.	MODULO DE ELASTISIDAD .....	111
	<b>CAPITULO 5: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.</b> .....	113
5.1.	CON RESPECTO A LAS PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO .....	113
5.2.	CON RESPECTO A LAS PROPIEDADES AL ESTADO ENDURECIDO	115

<b>5.2.1. Resistencia a la compresión.</b> .....	115
<b>5.2.2. Resistencia a Flexotracción.</b> .....	118
<b>5.2.3. Peso unitario y Módulo de Elasticidad.</b> .....	119
<b>CAPITULO 6: CONCLUSIONES</b> .....	120
<b>CAPITULO 7: RECOMENDACIONES</b> .....	121
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b> .....	122
Bibliografía.....	122
<b>ANEXOS</b> .....	125

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de concreto.....	12
Figura 2. Presentación de cemento.....	14
Figura 3. Agregado fino .....	15
Figura 4. Agregado grueso .....	15
Figura 5. Agua .....	16
Figura 6. Fibra de acero CHO 65/35 NB.....	19
Figura 7. Fibra de acero 3DIM .....	20
Figura 8. Fibra de acero corrugada. ....	21
Figura 9. Fibra de acero con gancho .....	22
Figura 10. Fibra de acero tabix .....	23
Figura 11. HE- fibras de acero con ganchos en los extremos. ....	24
Figura 12. FE- fibra de acero con extremos planos.....	25
Figura 13.HFE- fibras de acero con ganchos planos en los extremos. ....	25
Figura 14. Tipos de fallas del esfuerzo a la compresión. ....	30
Figura 15. Ensayo a tracción método brasileño. ....	31
Figura 16. Esfuerzo cortante.....	34
Figura 17. Equipo para determinar la permeabilidad del concreto. ....	36
Figura 18. Grafica de esfuerzos y deformaciones. ....	37
Figura 19. Numero de tamices del agregado grueso .....	48
Figura 20. Numero de tamices del agregado grueso. ....	49
Figura 21. Tamaño de muestra de los agregados. ....	49
Figura 22. Curva granulométrica del agregado fino.....	52
Figura 23. Curva granulométrica del agregado grueso. ....	54
Figura 24. Ensayo para obtener el peso específico del agregado fino.....	56
Figura 25. Peso unitario del agregado fino.....	61
Figura 26. Llenado del agregado grueso a la olla .....	62
Figura 27. Trabajabilidad (Slump) inicial. ....	74
Figura 28. Trabajabilidad (slump) 30 minutos. ....	75
Figura 29. Trabajabilidad (slump) inicial. ....	76
Figura 30. Ensayo a compresión del Diseño N°1 .....	78
Figura 31. Ensayo a compresión del diseño2 .....	79
Figura 32. Ensayo a compresión del diseño3. ....	80
Figura 33. Comparación de los 3 diseños. ....	81
Figura 34. Relación agua cemento vs resistencia a la compresión. ....	81
Figura 35.Trabajabilidad del concreto (slump).....	86
Figura 36. Segregación del concreto. ....	88
Figura 37. Peso unitario del concreto fresco.....	90
Figura 38. Contenido de aire del concreto.....	91
Figura 39. Ensayo a compresión. ....	98
Figura 40. Resultados de ensayo a compresión del diseño sin fibras.....	100
Figura 41. Resultados de ensayo a compresión del diseño de 1.5% de fibras. ....	102
Figura 42. Resultados de ensayo a compresión del diseño de 3% de fibras.....	104
Figura 43. Ensayo de viga a resistencia a la flexotracción.....	106

Figura 44. Ensayo a flexión del diseño sin fibras. ....	107
Figura 45. Ensayo a flexión del diseño con 1.5% con fibras. ....	108
Figura 46. Ensayo a flexión del diseño con 3% con fibras. ....	109
Figura 47. Trabajabilidad (slump inicial). ....	113
Figura 48. Trabajabilidad (slump 30 minutos). ....	114
Figura 49. Trabajabilidad (slump 60 minutos). ....	115
Figura 50. Resistencia a la compresión de los tres diseños. ....	117
Figura 51. Resultados de resistencia a la flexotracción. ....	119

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 dimensiones de fibras acero 3DIM.....	20
Tabla 2 dimensiones de fibras acero corrugadas.....	21
Tabla 3. Dimensiones de fibra acero con gancho .....	23
Tabla 4. Trabajabilidad del concreto.....	28
Tabla 5. Cantidad de probetas.....	44
Tabla 6. Ensayo granulométrico del agregado fino.....	51
Tabla 7. Ensayo granulométrico del agregado grueso.....	53
Tabla 8. Absorción del agregado fino. ....	58
Tabla 9. Absorción del agregado grueso. ....	59
Tabla 10. Peso unitario del agregado fino. ....	60
Tabla 11. Peso unitario del agregado grueso .....	61
Tabla 12. Condiciones de diseño. ....	68
Tabla 13. Resistencia promedio requerida.....	68
Tabla 14. Contenido de aire atrapado.....	69
Tabla 15. Contenido de agua. ....	69
Tabla 16. Relación de agua cemento (A/C).....	70
Tabla 17. Calculo de dosificación de diseño 1. ....	71
Tabla 18. Calculo de dosificación de diseño 2. ....	72
Tabla 19. Calculo de dosificación de diseño 3. ....	73
Tabla 20. Trabajabilidad (Slump) del diseño 1;2;3.....	74
Tabla 21. Ensayo a compresión del Diseño N°1.....	77
Tabla 22. Ensayo a compresión del Diseño N°2.....	78
Tabla 23. Ensayo a compresión del diseño3.....	79
Tabla 24. Relación de agua cemento.....	81
Tabla 25. Calculo de dosificación de diseño patrón.....	82
Tabla 26. Dosificación con 1.5% fibras de acero CHO 65/35 NB.....	83
Tabla 27. Dosificación con 3% fibras de acero CHO 65/35 NB.....	84
Tabla 28. Trabajabilidad de los tres diseños (Slump). ....	86
Tabla 29. Exudación del concreto.....	88
Tabla 30. Peso unitario del concreto de cada diseño.....	90
Tabla 31. Contenido de aire en estado fresco. ....	91
Tabla 32. Resultados de ensayo a compresión del diseño sin fibras.....	99
Tabla 33. Resultados de ensayo a compresión del diseño de 1.5% de fibras. ....	101
Tabla 34. Resultados de ensayo a compresión del diseño de 3% de fibras. ....	103
Tabla 35. Ensayo a flexión del diseño sin fibras.....	107
Tabla 36. Ensayo a flexión del diseño con 1.5% con fibras.....	108
Tabla 37. Ensayo a flexión del diseño con 3% con fibras.....	109
Tabla 38. Trabajabilidad del Concreto en Estado Fresco.....	113
Tabla 39. Resultados del ensayo a compresión.....	116
Tabla 40. Resultados del ensayo a flexotracción.....	118
Tabla 41. Peso unitario del concreto.....	119

## **RESUMEN**

La presente tesis “INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO, 2018” tiene como finalidad de proporcionar la información de los resultados obtenidos de un estudio experimental, la influencia de las fibras de acero, como alternativas de mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Se usarán las fibras de acero CHO65/35 NB, este producto es comercializado por una empresa reconocida en aditivos llamado SIKA. En este proyecto de investigación se analizará las propiedades físicas y mecánicas del concreto tanto en estado fresco como estado endurecido, presentando tres diferentes diseños de mezcla, previo a ello se tiene que diseñar tres diseños de concreto simple según la Norma E.060 con el fin de seleccionar un diseño patrón que servirá para adicionar los porcentajes de fibra de acero.

Teniendo el diseño patrón se procederá adicionar el 1.5% y el 3% de fibras de acero al diseño patrón, donde se evaluará sus propiedades físicas y mecánicas en estado fresco y endurecido.

Y por último teniendo como mejores resultados en cuanto a su resistencia a la compresión es el diseño con 1.5% de fibra y en cuanto a su resistencia a la flexotracción el diseño con 3% de fibra es que tiene más resistencia.

## ABSTRACT

This thesis "INFLUENCE OF THE STEEL FIBERS IN THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE CONCRETE, TRUJILLO, 2018" has as purpose to provide the information of the results obtained from an experimental study, the influence of the steel fibers, as alternatives of improve the physical and mechanical properties of concrete.

The steel fibers CHO65 / 35 NB will be used, this product is marketed by a recognized company in additives called SIKA. In this research project will analyze the physical and mechanical properties of the concrete in both fresh and hardened state, presenting three different mix designs, prior to this it has to design three designs of simple concrete according to the E.060 Standard in order to select a pattern design that will serve to add the percentages of steel fiber.

Having the standard design will proceed to add the 1.5% and 3% of steel fibers to the standard design, where its physical and mechanical properties in fresh and hardened state will be evaluated.

And finally, having the best results in terms of its resistance to compression is the design with 1.5% fiber and in terms of its resistance to flexure, the design with 3% fiber is that it has more resistance.

## CAPITULO I: INTRODUCCION

### 1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Se sabe que, desde la antigüedad se viene utilizando las fibras naturales para el reforzamiento del concreto, sin embargo, no se ha logrado obtener un resultado convincente que brinde comodidad y seguridad a la población; para ello el hombre ha innovado las fibras de acero, remplazando a las fibras naturales, debido a que estas brindan mayor resistencia a cualquier tipo de esfuerzo que sea sometido a la estructura, así como las fuerzas sísmicas.

El concreto en general es el material de construcción más utilizado a nivel mundial y sobre todo en nuestro país. Al introducir las fibras de acero al concreto, de alguna forma se logra mejorar las propiedades físicas y mecánicas, la cual ayuda a controlar la fisuración y la rotura no sea brusca.

**En Bogotá-Colombia**, según (CARRILLO LEON, ALCOCER MARTÍNEZ DE CASTRO, & APERADOR CHAPARRO, 2012), “con el propósito de desarrollar ayudas de diseño que promuevan la utilización de diferentes tipos de concreto en la vivienda industrializada de bajo costo, se llevó a cabo un estudio experimental para caracterizar las propiedades mecánicas de los concretos de peso normal, peso ligero y autocompactable. El programa experimental incluyó el ensayo de 603 especímenes en forma de cilindros y vigas. En el estudio se determinaron las propiedades mecánicas de los tres tipos de concreto sometidos a esfuerzos de compresión, tensión y flexión. A partir de las tendencias de los resultados experimentales, se proponen correlaciones numéricas para estimar las propiedades mecánicas básicas de los concretos, tales como módulo de elasticidad, resistencia a tensión indirecta y resistencia a tensión por flexión”.

**En Chile**, según (VALDES & RAPIMAN, 2007) “difiere otro punto importante a considerar es la reducción de extracción de materiales pétreos de los entornos naturales, disminuyendo el impacto ambiental y el rápido agotamiento de las reservas naturales de áridos provenientes tanto de cauces como de canteras. El concreto como material de construcción requiere un volumen importante de recursos, especialmente agregados pétreos. En los últimos años, estudios nacionales e internacionales han demostrado que las propiedades físicas y mecánicas del concreto constituido por adiciones racionales de árido reciclado en

su mezcla garantizan la utilización adecuada de este material para lograr un concreto resistente”.

**En ECUADOR**, según (Fernado, 2016), Desde la antigüedad los seres humanos trataron de resolver sus necesidades en base al ingenio, utilizando su conocimiento empírico, creando y mejorando sus materiales de tal manera que cumpliera con sus requerimientos. Una de las problemáticas dentro de la Ingeniería Civil se centra en mejorar las características de los materiales, buscando utilizarlos como alternativos a los ya conocidos. Desde la aparición del concreto hidráulico en el siglo XIX (harmesen, 2002), se presentó un desarrollo constructivo a gran escala, siendo el material de construcción que más se ha desarrollado. Pues bien, el hormigón presenta propiedades favorables como: ser moldeable en su etapa de preparación, tener gran resistencia ante esfuerzos de compresión y ser un material relativamente económico, pero como todo material también tiene sus desventajas, y la más desfavorable es que conserva una baja capacidad de resistir esfuerzos de tracción, por lo que esa fragilidad se convirtió en una de las razones para empezar a buscar métodos de reforzarlo.

Debido al gran desarrollo de la industria metal mecánica, originado por el aumento de la producción y al incremento de procesos mecanizados, se observa que esta industria genera residuos metálicos con formas laminares, llamados comúnmente “virutas”. Analizando un poco el origen de estos residuos se determina que estas virutas son obtenidas de aceros de gran resistencia, superando incluso al acero de refuerzo convencional. Con estos puntos de vista nace la idea de analizar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con fibras de acero reciclado.

Para validar el uso de las fibras metálicas recicladas como refuerzo en el concreto es necesario estudiar el comportamiento de las fibras en el proceso de mezclado y en el estado de cargas de servicio, comparando su comportamiento con las fibras comerciales para tener un punto de referencia del comportamiento de las fibras metálicas como material de refuerzo en el hormigón.

**En Perú**, Según (CABRERA, 2015) “Desde fines de la última década del ciclo XX el Perú vive un sostenido crecimiento de la industria de la construcción, impulsado sobre todo por el aumento de los ingresos económicos en los hogares, las mayores inversiones públicas y privadas, así mismo también por la mejora de

las condiciones de financiamiento para la adquisición de viviendas públicas. Se trata sin duda de un duradero crecimiento en el sector inmobiliario. El objetivo de la investigación es la clasificación del concreto producidos artesanalmente en las zonas de Manzanamayo y San José del distrito de los Baños del inca, además del análisis de sus propiedades físicas y mecánicas en cada una de las dosificaciones y su comportamiento de estas.”.

**En Trujillo**, según (CASTILLO EUSTAQUIO & VIERA DE JESUS, 2016)La presencia de plantas concretaras, realizan ensayo para verificar el control de calidad. Ya ha pasado suficiente tiempo desde que el Sur de nuestro país viene consecuentemente siendo afectado por sismos de regular magnitud, mientras en nuestra región no ha recibido ningún movimiento telúrico fuerte, este silencio sísmico debería alarmar en primera instancia al sector construcción, pero se observa que no se ha aprendido la lección, pues se sigue auto construyendo de manera empírica con los mismos materiales que nos han demostrado un mal comportamiento ante los eventos sísmicos aun siendo leves (menor a 4.2 grados a la escala de Richter). A la fecha no se ha realizado estudios que demuestren las propiedades mecánicas del concreto. Si se sabe el comportamiento del concreto se podrá entender cómo se comportaría una edificación.

(CIEZA, 2014) En este proyecto se dice que “A pesar de ser elaborada con una mezcla pobre en cemento, la resistencia que alcanzó la unidad fue mayor a la mínima exigida por la Norma E.070; teniendo un valor de  $f'_b = 9.21$  MPa aproximadamente. Dentro de las características adicionales del cemento, esta su elevado peso (20 kilos aprox.), lo cual lo hace muy rígido y difícil de transportar, más aún con los alveolos llenos.”

(LAO ODICIO, 2007) Los extremos de las fibras de acero llevan una deformación que proporciona un anclaje óptimo de las fibras en el concreto, transformando la naturaleza del concreto simple, de quebradizo a tenaz, haciendo posible tomar en cuenta una resistencia adicional, mejorando sus propiedades físicas y mecánicas del concreto.

(GONZALEZ, 2016) Una vez realizado las probetas, fue necesario evaluar aspectos tan importantes como la resistencia a la compresión, entre otros factores.

Es necesario mencionar que, si bien no se obtuvo la resistencia deseada, fue por el tiempo de fraguado ya que solo tenían 07 días de fabricados, otro factor influyente en el mismo fue el tamaño de la probeta, siendo proporcional el aumento de superficie de contacto con el esfuerzo soportado. Desde que se ha venido utilizando el concreto, en sus diferentes formas, siempre se ha querido obtener la mayor resistencia posible a un costo menor y también que sea ligero y maleable. El concreto se viene usando desde mucho tiempo atrás y como tal se requiere mejorar sus propiedades mecánicas, que sean lo suficientemente resistentes ante cualquier movimiento sísmico.

Además, este proyecto busca beneficiar a la ciudadanía en la construcción de sus viviendas, así como también brindar un material de buena calidad, brindando seguridad y confianza en los propietarios, y no vivir con el temor de que sus viviendas colapsen durante cualquier fenómeno natural tal como podemos apreciar tanto en los países vecinos, así como también en nuestro país.

## **1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Cuáles es la influencia de las fibras de acero para el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto?

## **1.3. JUSTIFICACION**

El proyecto tiene como finalidad la elaboración de concreto, adicionando fibras de acero, estas tienen propiedades resistentes a la flexotracción y además sirven como suturas dentro del concreto impidiendo la propagación de las fisuras, logrando así mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, con la finalidad de otorgar mayor rigidez a la estructura y brindar seguridad y confiabilidad a la población.

Los materiales a partir de morteros y concretos de cemento portland con atractivos para usarlos como material de construcción por que resultan baratos, durables y tiene resistencia y rigidez para usos estructurales. Adicionalmente en estado fresco, son fácilmente moldeables, de manera que puedan adoptar formas tan caprichosas y complejas como se quiera. Su deficiencia estriba en su fragilidad (baja resistencia a tensión e impacto), su permeabilidad y su

inestabilidad en el cambio de volumen, siendo esta fuente de importantes problemas patológicos.

El refuerzo con fibras de acero puede constituir un método conveniente, práctico y económico de superar estas deficiencias, particularmente en aplicaciones donde el refuerzo convencional con barras de acero se requiere con cambios del concreto. Más aun, disponer de refuerzo de pequeñas dimensiones como parte integral del concreto puede tener ventajas adicionales en la fabricación de productos y componentes con este material.

El concreto reforzado con fibras de acero constituye una de las innovaciones más relevantes en el campo de los concretos especiales, el uso de este tipo de concreto está avanzando a gran velocidad debido a las nuevas tendencias constructivas, al diseño y a la fabricación de nuevas fibras que ofrecen a los proyectos beneficios tanto técnicos como económicos.

Al realizar este proyecto de investigación, dará a conocer a los futuros egresados un poco más del problema que genera la autoconstrucción y el uso inadecuado de los materiales, pues la mejor alternativa un concreto con fibras metálicas de acero que trae consigo el beneficio de la población y sobre todo la seguridad necesaria ante cualquier fenómeno sísmico ya que gracias a las fibras de acero el concreto logrará aumentar sus propiedades físicas y mecánicas, además el tamaño de la unidad será manipulable con una sola mano con la finalidad que en el proceso constructivo sea el más adecuado y permita avance con el trabajo de los maestros constructores.

#### **1.4. OBJETIVOS**

##### **1.4.1. Objetivo general:**

Determinar la influencia de las fibras de acero para el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto, Trujillo 2018

##### **1.4.2. Objetivos específicos:**

- i. Diseñar mezcla de concreto para alcanzar la resistencia a la compresión  $f^c=280\text{kg/cm}^2$  sin fibras.

- ii. Determinar las propiedades físicas en estado fresco del concreto con 1.5% y 3% de fibras de acero.
- iii. Determinar las propiedades físicas en estado endurecido del concreto con 1.5% y 3% de fibras de acero.
- iv. Determinar las propiedades mecánicas del concreto a flexión y compresión con 1.5% y 3% de fibras de acero.
- v. Establecer el porcentaje óptimo de fibras para los esfuerzos de compresión, flexión y módulo de elasticidad.

### 1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.

La línea de investigación para la tesis es: Gestión, innovación en tecnología en infraestructura y sistemas constructivos. Por qué genera nuevos productos aplicando los principios científicos de cálculo, ensayos mecánicos y entre otros. Utilizando materiales tradicionales y nuevos materiales para generar una productividad en la construcción.

### 1.6. LIMITACIONES Y VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.

Obstáculos	Solución
Uno de los obstáculos es la obtención de las fibras de acero ya que en la ciudad de Trujillo es difícil de conseguir ya que no es utilizado en esta ciudad.	A través de una empresa distribuidora de aditivos en caso “Sika” se hará un pedido especial para la obtención de las fibras.
Para realizar los diferentes ensayos no se cuenta con el laboratorio disponible.	Pedir servicios a empresas o instituciones particulares.

La presente investigación es viable porque se ha logrado superar las limitaciones y se cuenta con el financiamiento del investigador.

## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

### **2.1. ANTECEDENTES:**

**Título: “ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS CORTAS DE ACERO Y MACROFIBRAS DE POLIPROPILENO: INFLUENCIA DEL TIPO Y CONSUMO DE FIBRA ADICIONADO.”**

Según (JORGE, 2015), El motivo de esta investigación basada en un estudio experimental es presentar de forma muy amplia la caracterización de diversas propiedades del concreto reforzado con fibras de acero que difícilmente se encuentran en otros estudios que se han realizado; dentro de estas propiedades se encuentran resistencia al agrietamiento por contracción plástica, abrasión, resistencia al cortante, permeabilidad al agua y flujo plástico (CREEP). A las mezclas de concreto en estado fresco se les determinó el revenimiento, contenido de aire atrapado, peso volumétrico y tiempo de escurrimiento en cono invertido, además, a cada mezcla se le determinó el índice de agrietamiento por contracción plástica. Para las fibras cortas de acero los porcentajes de incremento en el desempeño son positivos aunque no proporcionales al consumo de la fibra, para cualquiera de los consumos se reduce el coeficiente de flujo plástico último, en cambio, el desempeño de las macrofibras de polipropileno es favorable hasta para porcentajes volumétricos de fibra de 0.51%; para porcentajes mayores se tiene una baja en el desempeño de la fibra, reduciendo su desempeño un 3 y 22% para consumos de fibra de 0.76 y 1.02%, respectivamente, en comparación con el mismo concreto pero sin fibra. Se cumplió con los objetivos planteados al inicio de la investigación, el programa experimental permitió determinar a cada una de las mezclas sus propiedades en estado fresco; revenimiento, masa volumétrica, contenido de aire atrapado, tiempo de desplazamiento en el cono invertido y el índice de grieta por contracción plástica. Además, en estado endurecido se determinó: resistencia a compresión, tensión, cortante, impacto, abrasión, módulo elástico, contracción por secado, tenacidad, permeabilidad al agua y flujo plástico.

Este proyecto de investigación tiene como finalidad enseñar y dar a conocer las ventajas y desventajas de un concreto que contiene fibras de acero, el cual ha logrado mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, gracias al conocimiento empírico el concreto es conocido como un material universal.

**Título: “COMPORTAMIENTO DE HORMIGONES REFORZADOS CON Y SIN FIBRAS”**

Según (ROSAS RODRIGUEZ, AGUIRRE TORRICO, & CADIMA PINO, 2005), este proyecto busca evaluar la comparación del hormigón con y sin fibras. La utilización de hormigones reforzados con fibras (HRF) para la construcción de pavimentos rígidos, requiere tener un previo conocimiento de las propiedades del hormigón a ser usado. Para esto se recurrirá a ensayos de acuerdo con los métodos y procedimientos dados en la norma ASTM. Con respecto a someterse a la prueba de resistencia a la compresión, las características físicas de los cilindros de hormigón sin fibra y con fibras metálicas después de la rotura. En el caso de los hormigones de mayor resistencia sin fibras, la rotura es casi explosiva, como no ocurre en los hormigones con fibra, las cuales evitan este tipo de rotura. Las fibras convierten al hormigón en un material dúctil, cociendo sus fibras. Para los hormigones sin fibras, en los ensayos de rotura de probetas se verifica una rotura brusca y explosiva después del inicio de la figuración. Por tanto, la presencia de fibras controla la fisuración y permite un crecimiento significativo en su resistencia a la compresión.

Podemos comprobar una vez más que el uso de las fibras metálicas en el concreto o en este caso hormigón, estas proporcionan una gran ventaja y sobre todo influyen en el mejoramiento de sus propiedades físicas y mecánicas del concreto, además habla que las fibras controlan la fisuración y el agrietamiento.

**Título: “IMPLEMENTACION DE MACRO FIBRAS SINTETICAS COMO REFUERZO EN HORMIGÓN PROYECTADO Y MOLDEADO EN REEMPLAZO DE FIBRAS METÁLICAS A TRAVES DE UN COMPORTAMIENTO MECANICO”.**

Según (QUIGUIRI QUIGUIRI, 2016), Implementar el uso macro fibras sintéticas como refuerzo en hormigón proyectado y moldeado en reemplazo de fibras metálicas a través de un comportamiento mecánico. Se empleará un método científico investigativo, el cual consiste en la recopilación de datos procurando obtener información relevante y digna, sobre nuevas tecnologías de reforzamiento en macro fibras sintéticas para hormigones. También se empleará del método de análisis del comportamiento mecánico para probetas de hormigón reforzadas con macro fibras sintéticas, el cual permitirá comprobar mediante ensayos de panel que se alcance los requerimientos del proyecto en Absorción de

energía. Buscado comprobar que la fibra sintética alcanza y pueden superar la capacidad de disipación de energía de las metálicas, específicamente en altas deformaciones mejorando resultados en la sustitución de fibras metálica por fibra sintética. Los resultados técnicos obtenidos nos sirvieron de ayuda para elegir el modelo más conveniente como opción constructiva, mediante una tabla que especificó resistencia y porcentaje en resultados de los ensayos. Mediante una tabla de valores de trazabilidad en la placa pudimos interpretar los valores del ensayo a carga flecha. Para el ensayo a Deformación se presentó el informe de alcance de carga aplicada a la probeta antes de llevarla a capacidad de adsorción de energía. Encontrando que en las fibras metálicas la carga - deformación a la primera fisura es de 38,08 KN, llegando a la máxima carga 65,41 KN a diferente de la fibra sintética que presenta su primera fisura 23,56 KN llegando a su máxima carga de 28,89 KN siendo las fibras de material sintética menor resistente que los materiales metálicos; es igual condición es que los valores dados en la gráfica energía – deformación.

En este proyecto da a entender una vez más que las fibras metálicas aportan una gran resistencia al concreto, además soportan una gran cantidad de carga, que a su vez esto permitirá dar una confiabilidad a los habitantes siendo así, esto evitará desastres y colapsos de las estructuras hechas de concreto con fibras, que en su debido momento soportaran las diferentes cargas laterales generadas por los sismos.

**Título: “EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ADICIONADO CON FIBRA DE ESTOPA DE COCO”**

Según (VELA REQUEJO & YOVERA LEON, 2016). Elaborar un concreto convencional de resistencia a la compresión ( $f'c$ ) de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, utilizando cemento portland Tipo I, arena gruesa, agua y piedra chancada  $\frac{3}{4}$ ”, en condición curado de laboratorio para la totalidad de las muestras. La prueba de flexión se realizará tan pronto como sea posible, luego de retirar la viga de la cámara de curado. Las vigas con superficie seca arrojan resultados menores en mediciones del módulo de rotura. La resistencia a flexión final a los 28 días de este concreto alcanzó una resistencia  $M_r=32.70$  kg/cm<sup>2</sup>, esta resistencia es prácticamente la resistencia de diseño del concreto convencional. Se concluye diciendo que la adición de la fibra de estopa de coco hace que el concreto

incremente su resistencia en compresión en tracción por compresión diametral y en flexión.

Desde la antigüedad se ha venido tratando de mejorar la resistencia del concreto empleando variedades de fibras naturales, en este caso se ha empleado la fibra de coco, el cual ayuda a mejorar las propiedades tanto físicas y mecánicas del concreto así mismo este producto sea de bajo costo.

**Título: “DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA FIBRA DE ACERO EN EL ESFUERZO A FLEXIÓN DEL CONCRETO PARA UN  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ”**

según (BARBOZA, 2015), Determinar la influencia de la fibra de acero en el esfuerzo flexión del concreto, para un  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , Se elaboraron probetas de concreto simple y reforzado con fibra de acero Sika® Fiber CHO 65/35 NB, que cumplan con la norma ASTM A 820 tipo 1 en 3 dosis para evaluar la resistencia mecánica a la flexión en estado endurecido a los 28 días de edad, de modo que los resultados sean representativos y el aditivo superplastificante Sikament 290 N con el fin de reducir el agua de mezcla y darle mayor trabajabilidad que por el uso de fibras disminuye. Se hicieron 30 especímenes por cada dosificación de concreto con fibra y al final se compararon con una muestra patrón de 10 unidades sin fibras, en lo concerniente a la resistencia a la flexión de las muestras elaboradas, los resultados obtenidos indican que a 28 días de edad, la mezcla con la que se obtuvo mejores resultados es la que contiene  $70 \text{ kg/m}^3$  de fibra de acero, con la cual se obtuvo una resistencia promedio a los 28 días de  $90.28 \text{ kg/cm}^2$ , seguida de la mezcla con 82 adición de  $50 \text{ kg/m}^3$  de fibra de acero con una resistencia de  $77.78 \text{ kg/cm}^2$ , los especímenes con  $30 \text{ kg/m}^3$  de fibra de acero con una resistencia a la flexión de  $61.11 \text{ kg/cm}^2$ , todos ellos superando ampliamente a los especímenes de concreto sin fibra de acero que se ha obtenido una resistencia a flexión de  $41.40 \text{ kg/cm}^2$ . La adición de fibra de acero al concreto para un  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , en la resistencia a flexión le genera un aumento considerable a medida que se incrementa el porcentaje de fibra de: 47.61%, 87.86%, y 118.07%, para  $30 \text{ kg/m}^3$ ,  $50 \text{ kg/m}^3$  y  $70 \text{ kg/m}^3$ , de fibra de acero y 0.9% del peso de cemento de Sikament 290N, respectivamente.

Esta tesis da un gran aporte a este proyecto y una vez más se comprueba que al agregar una fibra, que en este caso es de acero, le da un gran aporte al concreto en la mejora de sus propiedades mecánicas y una de ellas es a la flexión, como bien sabemos el concreto es una de los materiales de construcción que tiene el más

alto nivel de resistencia a la compresión y para compensar la falta de resistencia a la flexión, es por ello que se agrega las fibras de acero.

**Título: “ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO PROVENIENTES DE PLÁSTICOS RECICLADOS EN CONCRETOS DE F'C=210 KG/CM2 EN EL DISTRITO DE LIRCAY, PROVINCIA DE ANGARAES, REGIÓN HUANCAMELICA”**

Según (VILLANUEVA CAMPOS & YARANGA HUATARONGO, 2015), Determinar la influencia al incorporar las fibras de polipropileno provenientes de plásticos reciclados en la resistencia a la compresión en concretos de  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, que ofrezca una mejor respuesta en diferentes tipos de construcción en el Distrito de Lircay, Provincia de Angaraes. La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, llamada también diseño de mezcla, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en estado no endurecido tenga las propiedades, especialmente trabajabilidad y consistencia, deseadas, y que en estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y especificaciones de obra. Conforme al porcentaje de fibras se incrementa en la mezcla la trabajabilidad de la misma se reduce, esto se aprecia en la mezcla CF2, donde la trabajabilidad fue de 3cm. De igual manera para la mezcla CF3, continua la reducción en la trabajabilidad donde el asentamiento fue de 2.5 cm, finalmente estos datos se agruparon en la tabla. A comparación entre los resultados obtenidos en los Ensayos de resistencia a compresión de las Muestras con Fibra de polipropileno y las Muestras sin Fibra de polipropileno, arrojan como resultado que las Muestras con Fibra de polipropileno incide en una ganancia del 13.94% en la resistencia a compresión, y la dosificación más apta y para llegar a la resistencia más alta es adicionando el 10% de fibra de polipropileno.

En este proyecto de investigación podemos comprobar que al agregar las fibras de polipropileno de da una mayor resistencia a la compresión y mucho tiene que ver la proporción o la dosificación más apta para lograr el objetivo. Por tanto, se comprueba que, al agregar fibras al concreto, siempre ayudara a mejorar sus propiedades mecánicas, pero la dosificación de fibras juega un papel muy

importante ya que con esto se determina su trabajabilidad y muchos de sus procedimientos.

## 2.2. BASES TEORICAS:

### 2.2.1. CONCRETO

El concreto es un material creado por el ser humano con características físicas y mecánicas de gran importancia dentro de construcción civil. Según (LARA, 2016) considera al concreto como una piedra artificial; formada al mezclar apropiadamente cuatro componentes básicos: agregados (finos y gruesos), cemento, agua e involuntariamente se introduce aire. Las propiedades del concreto dependen en gran medida de la calidad y proporciones de sus componentes en la mezcla.

La principal característica estructural del hormigón es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, teniendo en cambio muy poca resistencia a esfuerzos de tracción, flexión y cortante, por este motivo es habitual usarlo asociado al acero como parte complementaria para absorber esfuerzos en los cuales el hormigón no trabaja adecuadamente

De acuerdo a muchos historiadores se dice que al mismo tiempo que el hombre domino el fuego también descubrió el concreto. Se cree que gracias al fuego que utilizaban los primitivos dentro de sus cavernas de piedras calcáreas, yeso y arcilla, se generaban altas temperaturas que transformaban la piedra en polvo. Luego, las piedras encontradas en el suelo, el polvo y el agua proveniente de lluvia se unirían formando una masa sólidamente cementada.



Figura 1. Componentes de concreto

### 2.2.1.1. COMPOSICION DEL CONCRETO CONVENCIONAL

Debido a que el concreto es una mezcla de diversos elementos, su adecuada dosificación es indispensable para poder preparar una mezcla con las normas de calidad requeridas en cada país. Los principales componentes del concreto son cemento, agregados (fino y grueso) agua y aditivos.

#### a. Cemento

Se denomina cemento a un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecer al contacto con el agua. Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, denominada hormigón (en España, parte de Sudamérica y el Caribe hispano) o concreto (en México parte de Sudamérica). Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil.

Tipos de cementos

- Tipo I: es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de Clinker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.
- Tipo II: de moderada resistencia al ataque a los sulfatos, se recomienda usar en ambientes agresivos. Los sulfatos son sustancias que aparecen en las aguas subterráneas o en los suelos, que cuando entran en contacto con el concreto, lo deterioran.
- Tipo III: De desarrollo rápido de resistencia. Se recomienda usar cuando se quiera adelantar el desencofrado. Al fraguar, produce alto calor, por lo que es aplicable en climas fríos.
- Tipo IV: Al fraguar produce bajo calor, recomendable para vaciados de grandes masas de concreto. Por ejemplo, en presas de concreto.
- Tipo V: De muy alta resistencia al ataque de sales, recomendable cuando el elemento de concreto esté en contacto con agua o ambientes salinos.

Los cementos tipo III y IV no son fabricados en nuestro país.

- **Cemento Qhuna:** Material de construcción compuesto de una sustancia en polvo que, mezclada con agua u otra sustancia, forma una pasta blanda que se endurece en contacto con el agua o el aire; se emplea para tapar o rellenar huecos y como componente aglutinante en bloques de hormigón y en argamasa. Concretará ken utiliza el cemento Qhuna como ingrediente principal del concreto premezclado. Ya sea en sacos o a granel, cemento Qhuna ofrece a sus clientes cemento de alta calidad para sus necesidades de construcción.

Para nuestro diseño de mezcla se ha utilizado el cemento Qhuna de tipo ms, así mismos para el diseño con fibras de acero al 1.5% y 3%



*Figura 2. Presentación de cemento*

#### **b. Agregados.**

Se definen como materiales que constituyen entre el 60 y el 80% del volumen total del concreto y se usan con un medio cementante como la lechada, para formar mortero o concreto. Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta al cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

Debido a esto, tienen gran influencia tanto en el costo económico como en las propiedades del concreto, fresco o endurecido. Se clasifican en:

- Agregado fino: Se define como las partículas de agregado menores de 4.75 mm, pero mayores de 75  $\mu$ m, o también como la porción de material que pasa la malla N°. 4 (4.75 mm) y es retenido en la malla N°. 200 (0.075 mm).



*Figura 3. Agregado fino*

Fuente: Autor

- Agregado grueso: Se define como las partículas de agregado mayores de 4.75mm. El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del mismo.



*Figura 4. Agregado grueso*

Fuente: Autor

**c. Agua:**

El agua cumple con dos funciones vitales en el desarrollo del concreto, como agua de mezclado y como agua de curado. Para la primera, casi cualquier agua natural potable, sin tener un sabor u olor notable, puede servir para el mezclado, pues el agua cuando funciona como un ingrediente en la fabricación de la mezcla ocupa entre 10% - 25% de cada m<sup>3</sup> producido. Se debe evitar a toda costa que esté contaminada de sulfatos pues estos son agresivos al cemento. Si no se tiene cuidado en eliminar las impurezas excesivas contenidas en el agua de mezcla, estas pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y la consistencia de volumen, sino que a su vez pueden producir eflorescencia o corrosión del refuerzo.



*Figura 5. Agua*

Fuente: Autor

**2.2.2. FIBRAS DE ACERO**

**FIBRAS**

**2.2.2.1. Fibras:**

Según (PIQUERAS, 2017), Las son filamentos de pequeñas dimensiones, estas pueden ser metálicas o plásticas, al dispersarse quedan plasmadas en todas las direcciones, dando como un producto resistente a la tracción, flexión, impacto, fatiga y fisuración. Las fibras se mezclan en la masa y fluyen sin problema por el cañón de

lanzamiento. Se trata de una solución de gran interés en el caso de la fisuración que permite sustituir las soluciones clásicas de mallas electro soldadas y telas de gallinero (Pág.01).

“Las fibras se adicionan al concreto normalmente en bajos volúmenes (frecuentemente menos del 1%) y han mostrado eficiencia en el control de la fisuración por contracción. Las fibras no alteran considerablemente la contracción libre de concreto y, si son empleadas en cantidades adecuadas, pueden aumentar la resistencia al agrietamiento y disminuir la abertura de las fisuras”. (SILVA, 2016).

#### **2.2.2.2. Clasificación de las fibras:**

##### **2.2.2.2.1. Fibras de acero**

Las fibras de acero según (SILVA, 2016) son pequeños pedazos discontinuos de acero con un aspecto o esbeltez (relación entre longitud y diámetro) que varía entre 20 y 100 y con muchas secciones transversales. Algunas fibras de acero tienen extremos conformados para mejorar la resistencia al arrancamiento de la matriz a base de cemento. Presentan módulo de elasticidad relativamente alto y se puede aumentar su adherencia o unión con la matriz de cemento a través del anclaje mecánico o de la rugosidad superficial. Las fibras de acero se usan comúnmente en pavimentos de aeropuertos y en las capas de revestimiento de las pistas. También se usan en los tableros de puentes, pisos industriales y pavimentos de autopistas.

El concreto con fibras de acero en estructuras sometidas al agua en alta velocidad ha mostrado que pueden durar hasta tres veces más que las alternativas en concreto convencionales. El concreto reforzado con fibras de acero se emplea además en prefabricados de concreto donde sea necesario el aumento de la resistencia al impacto o a la tenacidad. Las fibras de acero también se usan ampliamente en el concreto lanzado en aplicaciones de capas delgadas, especialmente en la estabilización de la inclinación de taludes y revestimiento de túneles.

Además (CONSTRUCTALIA, 2017) por las propiedades que confieren al hormigón, las fibras de acero constituyen una armadura muy efectiva en la

realización de pavimentos, losas y en muchas de las aplicaciones del hormigón proyectado.

Fabricadas a partir de alambre trefilado, de acero bajo en carbono y caracterizadas por su elevado límite elástico (800-1500 Mpa), permiten habitualmente sustituir por completo el armado tradicional del hormigón a base de mallas y acero corrugado.

El concreto con Fibras de Acero (HRFA) es un material compuesto con unas ventajas y propiedades específicas de las que se podrá beneficiar notablemente en comparación con los métodos tradicionales de armado.

En ARCELORMITTAL les podemos asesorar sobre el tipo de fibra de acero más adecuado a su proyecto, proporcionándoles soluciones adecuadas a sus necesidades, que den lugar a construcciones más duraderas y económicas.

Según (SALAZAR, 2010), las fibras metálicas son elementos de acero de corta dimensión y con una sección pequeña, estas se le adhieren al concreto en la fase de preparación con el fin de lograr un mezclado uniforme y homogéneo. Las fibras metálicas presentan propiedades como, una resistencia a tracción significativamente mayor que la del hormigón, presenta una adherencia igual o mayor a la tracción de una matriz y también poseen una elasticidad mayor que la del concreto.

“El anejo 14 de la instrucción EHE 2008 clasifica las fibras de manera general en estructurales y no estructurales, en función de la capacidad de aumentar la resistencia del hormigón. Las fibras serán estructurales si la contribución de la misma puede ser considerada en el cálculo de la respuesta de la sección de hormigón. Las fibras serán no estructurales en caso contrario.” (Pág. 18).

Las fibras tienen propiedades como el control de la fisuración por retracción y el incremento en la resistencia al fuego, abrasión e impacto, etc.

En México (HOP & TATNAL, 2003), el uso de las fibras metálicas como refuerzo para el concreto cada vez es más continuo. Las fibras vienen siendo utilizadas en pisos industriales, comerciales y pistas de aeropuertos, así como también en túneles, en la estabilización de taludes a través de concreto hidráulico.

#### **2.2.2.2.1.1. Fibras CHO 65/35 NB**

Según (SIKA, 2015) las fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto tradicional y concreto proyectado (shotcrete) especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Sika Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (l/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.

Sika Fiber CHO 65/35 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones y especialmente concreto proyectado (shotcrete) reduciendo tiempo y costos asociados al tradicional reforzamiento con mallas de acero; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto.

En concretos pre-fabricados reforzados; en losas de pisos industriales (tráfico alto, medio y ligero) en losas y cimientos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puertos, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc.



*Figura 6. Fibra de acero CHO 65/35 NB*

Fuente: Autor

#### **2.2.2.2.1.2. Fibras metálicas 3DIM**

Las fibras 3 DIM les ofrecen rendimientos de última generación, debido a una combinación única con un gancho en forma perfecta, un hilo de alta ductilidad y resistencia a tracción extrema. Los rendimientos especiales de las fibras 3 DIM en el hormigón los convierten en la solución perfecta para aplicaciones estructurales, incluso placas de asiento, corchos e incluso estructuras suspendidas. En caso de utilizar las fibras 3 DIM, el rendimiento resiste incluso a lo largo de los años –

incluso dentro de las más solicitadas aplicaciones y en las más difíciles circunstancias. La durabilidad de este tipo de fibra es la más alta.

Debido a sus características únicas y capacidad, la serie 3 DIM puja los límites de lo que se pensó ser posible, con fibras de acero de armado. De esta forma, las posibilidades de diseño llegan a ser infinitas.

La fibra de tipo 3 DIM está estructurada para formar un ancla perfecta – el mecanismo de arrancado se reemplaza por fibra de alargamiento. Como consecuencia del diseño de la “ancla perfecta”, la fibra no se puede tirar fuera y no se mueve del hormigón. Pero el hilo es alargado, ofreciendo la ductilidad según el mismo principio del acero para armado clásico. Esto sólo es posible con una calidad superior y excepcional del hilo de acero dúctil.

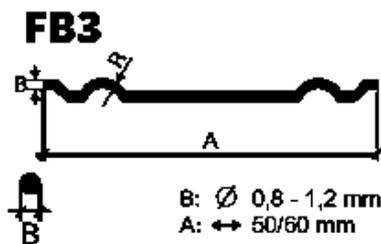


Figura 7. Fibra de acero 3DIM

Las fibras metálicas 3DIM se pueden utilizar con las siguientes dimensiones:

Tabla 1 dimensiones de fibras acero 3DIM

Surtido diametral	0.5 mm – 1.2 mm
Longitudes	30, 50, 60 mm (más a menudo)
Resistencia	1100 entre 2700 N/mm <sup>2</sup>

### 2.2.2.1.3. Fibras metálicas corrugadas

Las fibras metálicas corrugadas, utilizadas para el armado disperso del hormigón se fabrican de alambre de acero estirada en frío, con un contenido bajo de carbón.

Las fibras corrugadas ofrecen un armado mayor del hormigón, con un aumento significativo en la toma de energía y la amortiguación de las vibraciones, en comparación con el armado realizado con malla soldada. Las repetidas pruebas demostraron que la forma corrugada representa el factor principal que lleva a un anclaje óptimo en la matriz de hormigón, confiriendo de esta forma un control automático de la deformación por contracción.

Por eso, al elegir el tipo de fibra metálica adecuado para su proyecto, debe conocer la forma en la cual se comporta la misma dentro del proceso de homogenización y tras el vertido, para obtener una calidad del cemento, con máximo de:

- ❖ Resistencia a carga de estirado circular por pandeo
- ❖ Resistencia a cizallamiento
- ❖ Resistencia a torsión
- ❖ Control de las deformaciones posteriores
- ❖ Éxito en eliminar las grietas por contracciones
- ❖ Las fibras metálicas corrugadas pueden utilizarse en las siguientes dimensiones:

Figura 8. Fibra de acero corrugada.

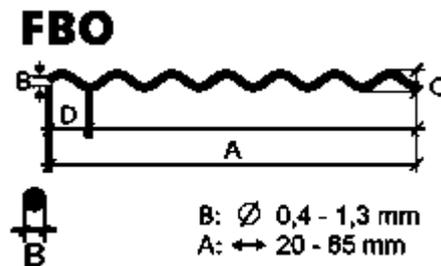


Tabla 2 dimensiones de fibras acero corrugadas.

Surtido diametral	0.5 mm – 1.2 mm
Longitudes	30, 50, 60 mm (más frecuentes)
Resistencia	<sup>1100</sup> re 2700 N/mm <sup>2</sup>

#### 2.2.2.2.1.4. Fibras metálicas de gancho

Las fibras metálicas para el armado disperso del hormigón se fabrican de alambre de acero estirada en frío, con un contenido bajo de carbón.

A pesar de que uno de los sectores principales de uso de la fibra metálica es la construcción de pavimentos, la misma se utiliza en otros muchos proyectos constructivos, desde consolidación – de los pilares estructurales, de las vertientes, de los túneles, hasta la construcción de las pistas de avión o fabricación de los elementos prefabricados.

La longitud y la geometría en general de las fibras metálicas utilizadas para el armado del hormigón indican y aseguran un rendimiento mayor del concreto en caso de las micro-fisuras e incluso tras la aparición de las mismas.

El aspecto de las fibras influye significativamente el potencial de flexibilidad (eliminar la malla soldada), de amortiguación de las vibraciones y de resistencia a carga dinámica del hormigón vertido.

Las fibras metálicas de ganchos fueran creadas para aumentar el aglutinante entre armado/fibra y cemento, siendo los “ganchos” la mejor forma que aumenta la resistencia a fisuras, micro-fisuras y cizallamiento.

Las fibras metálicas corrugadas pueden utilizarse en las siguientes dimensiones:

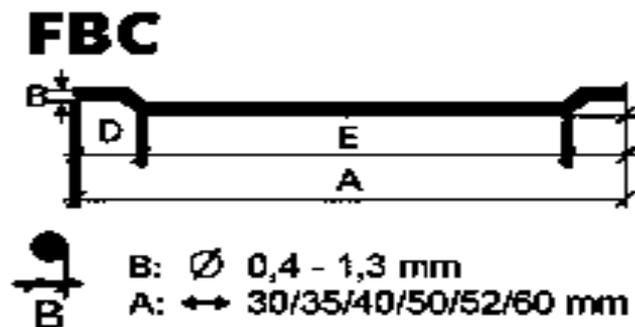


Figura 9. Fibra de acero con gancho

Tabla 3. Dimensiones de fibra acero con gancho

Surtido diametral	0.5 mm – 1.2 mm
Longitudes	30, 50, 60 mm (más frecuentes)
Resistencia	1100 entre 2700 N/mm <sup>2</sup>

#### 2.2.2.2.1.5. Fibra Tabix

La geometría ondulada de las fibras TABIX fue una de las primeras adoptadas en el desarrollo del hormigón reforzado con fibra de acero.

TABIX son especialmente adecuadas para pavimentos industriales sin juntas y para aplicaciones estructurales. Las fibras TABIX necesitan un hormigón bien compactado de resistencia media o alta para desarrollar plenamente sus prestaciones.

- ❖ Excelente control de la retracción.
- ❖ Pérdida de capacidad de carga más lenta, después de la primera fisura, que con la mayoría del resto de tipos de fibra en el mercado
- ❖ Mayor resistencia al desprendimiento de la matriz de hormigón

Longitudes: 35 - 60 mm

Diámetros: 0.9 - 1.3 mm

Resistencias a tracción: 900 a 1450 Mpa

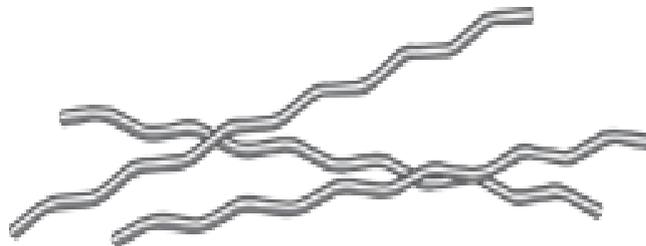


Figura 10. Fibra de acero tabix

#### 2.2.2.1.6. HE- Fibras de extremo en gancho

Con más de 25 años en el mercado, las fibras HE es la geometría más conocida en la historia del hormigón reforzado con fibra de acero (HRFA). Pueden ser utilizadas en prácticamente todas las aplicaciones de HRFA. Las fibras HE 55/35 y HE 75/35 de ArcelorMittal, por ejemplo, fueron inicialmente utilizadas en aplicaciones de hormigón proyectado.

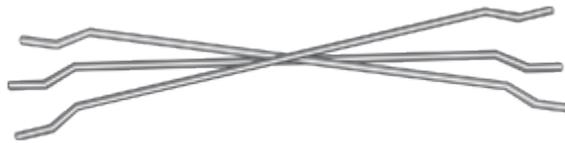
Aunque estas fibras no controlan la retracción de forma tan eficiente como las fibras onduladas, su trabajabilidad es excelente cuando su esbeltez es inferior a 60. Para esbelteces superiores a 60, incluyendo las de 80, la trabajabilidad es satisfactoria.

Las fibras HE pueden utilizarse con cualquier tipo de hormigón, siendo los hormigones de alta resistencia más adecuados para fibras onduladas o de extremos planos.

Longitudes: 35 - 60 mm

Diámetros: 0.55 - 1.00 mm

Rango de tensiones a tracción: 1100 - 1900 Mpa



*Figura 11. HE- fibras de acero con ganchos en los extremos.*

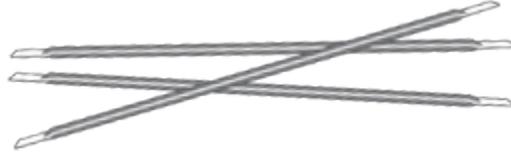
#### 2.2.2.1.7. FE - de extremos planos

Se trata de una fibra recta con extremos planos (con forma de cola de pez), lo cual conlleva un grado de anclaje muy superior al que se obtendría con una fibra únicamente recta, en cuyo caso la unión se produciría sólo por la fricción entre el acero y el hormigón.

Estas fibras se utilizan casi exclusivamente en aplicaciones de hormigón proyectado por su reducido índice de rebote. Sin embargo, también pueden ser utilizadas en otras aplicaciones como en elementos prefabricados.

La trabajabilidad de estas fibras es excelente con una esbeltez inferior a 80. No son fibras adecuadas para aplicaciones en las que el control de la

retracción sea lo primordial. Es necesario utilizar hormigones con altos contenidos de finos y resistencias determinadas (mínimo HA30) para que los extremos planos de la fibra consigan el grado de anclaje deseado.



*Figura 12. FE- fibra de acero con extremos planos*

#### **2.2.2.1.8. HFE – fibras en gancho y aplanados**

Las fibras de extremos conformados y planos son una combinación de las fibras HE (hooked end) y las fibras FE (flat end) y son aptos para todas las aplicaciones. El hecho de aplanar los extremos de las fibras con extremos conformadas, hace que su capacidad de anclaje mejore, especialmente cuando las tensiones son bajas (retracción plástica).

La trabajabilidad de estas fibras es excelente para ratios de esbeltez de hasta 80 y dosificaciones de hasta 80 kg/m<sup>3</sup>. El rendimiento y control de la retracción que muestran tanto en hormigones frescos como una vez que el hormigón comienza a fraguar son excelentes. Al igual que ocurre con la fibra HE, puede ser utilizada con hormigones de diferentes resistencias.



*Figura 13.HFE- fibras de acero con ganchos planos en los extremos.*

#### **2.2.2.2. Fibras de vidrio**

Según (SILVA, 2016), difiere que los materiales compuestos generados por las fibras de vidrio, son conocidos con el nombre de GRC (Glass Fiber Reinforced Cement), su matriz resistente es un mortero de cemento

hidráulico armado con fibras de vidrio. Están especialmente diseñadas para ser compatibles con el ambiente alcalino de la matriz del concreto.

Este tipo de fibras aumenta la durabilidad abarcando a su vez revestimientos químicos, formulados para ayudar en el combate de la rigidez inducida por la hidratación y en el uso de una lechada con humo de sílice para rellenar los vacíos entre las fibras, reduciendo la capacidad de infiltración del hidróxido de calcio. La mayor aplicación del concreto reforzado con fibras de vidrio es la producción de paneles de fachada.

#### **2.2.2.2.3. Fibras sintéticas**

De la misma manera en la que (SILVA, 2016) define las fibras de acero, pues así también hace mención en su blog sobre las fibras sintéticas, en donde dice que estas son las que se fabrican por el hombre y son resultado de la investigación y el desarrollo de las industrias petroquímicas y textiles. Los tipos de fibras usadas en concreto son: acrílicas, aramida, carbón, nylon, poliéster, polietileno y polipropileno.

Las fibras sintéticas pueden reducir la contracción plástica y, consecuentemente, la fisuración; además pueden ayudar al concreto después que se fisura. Se producen como monofilamentos cilíndricos continuos que se pueden cortar en longitudes específicas o como filmes y cintas. Estas fibras se componen de finas fibrillas de sección transversal rectangular.

Las fibras sintéticas son generalmente utilizadas en: tablonos de cemento, la producción de tejas, mortero, concreto pretensado, entre otros. Una aplicación importante de las fibras sintéticas es, además, el Whitetopping ultra delgado, para retardar el desarrollo de baches en esta estructura de pavimento.

#### **2.2.2.2.4. Fibras naturales**

Las fibras naturales se han usado como una forma de refuerzo desde mucho tiempo antes de la llegada de la armadura convencional de concreto. Los ladrillos de barro reforzados con paja y morteros reforzados con crin de caballo son unos pocos ejemplos de cómo las fibras naturales se usaron como una forma de refuerzo. Muchos materiales de refuerzo natural se pueden obtener con bajos niveles de costos de energía, usando la mano de obra y la

pericia disponibles en la región. Estas fibras se usan en la producción de concretos con bajo contenido de fibras.

#### **2.2.2.2.5. Sistemas múltiples de fibras**

En un sistema múltiple (mixto) de fibras, se mezclan dos o más tipos de fibras. El concreto con fibras híbridas combina macro y micro fibras de acero. El uso de una mezcla de macro fibras y el recientemente desarrollado micro fibras de acero, las cuales tienen menos de 10 mm de longitud y menos de 100 micrómetros de diámetro, conduce a un menor espaciamiento entre las fibras, lo que puede reducir la microfisuración y aumentar la resistencia a tensión del concreto. La combinación permite mejorar la tenacidad y la resistencia al impacto del concreto reforzado con fibras de acero, con la reducción de la fisuración por contracción plástica de los concretos con fibras de polipropileno.

### **2.2.3. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS**

Las propiedades físicas y mecánicas son características o cualidades que presenta el concreto y se puede dividir en dos etapas:

- ❖ Concreto fresco
- ❖ Concreto endurecido

#### **2.2.3.1. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO:**

Al principio el concreto parece una masa blanda que puede ser trabajado o moldeado de diferentes formas como sea conveniente. Las propiedades más importantes del concreto fresco son:

##### **2.2.3.1.1. Trabajabilidad:**

Es la cantidad de trabajo interno útil que se necesita para producir una compactación completa de la mezcla de concreto. Se habla de trabajo útil porque parte de la energía que se gasta en vibrar los encofrados, capas de concreto ya compactadas o endurecidas. También es la calidad o el conjunto de cualidades que hace al concreto más o menos fácil de ser colocado a una estructura la cual es destinada.

Tabla 4. Trabajabilidad del concreto

<b>CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO</b>		
<b>Consistencia</b>	Asiento en cono de Abrams (cm)	Compactación
<b>Seca</b>	0-2	Vibrado
<b>Plástica</b>	3-5	Vibrado
<b>Blanda</b>	6-9	Picado con barra
<b>Fluida</b>	10-15	Picado con barra
<b>Líquida</b>	16-20	Picado con barra

Fuente: (GAMARRA, 2018)

#### 2.2.3.1.2. Exudación.

Propiedad por la cual una parte del agua de la mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan en la masa plástica. El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes de que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades.

La prueba estándar para medir la exudación está definida por la norma ASTM C-232 necesitándose solo una pipeta como equipo adicional de las balanzas, moldes, y probetas graduadas que constituyen lo normal en laboratorio.

#### 2.2.3.1.3. Segregación

Es la separación de los contribuyentes de una mezcla heterogénea de modo que la distribución de tamaños de las partículas componentes deja de ser uniforme. Las diferencias en tamaño y densidad de las partículas son las causas principales de la segregación, pero su magnitud puede disminuirse con la selección de una granulometría adecuada y su manejo cuidadoso del material. Existen dos tipos de segregación:

- ❖ **Segregación interna:** en este caso las partículas grandes tienden a separarse, (por asentamiento o por cohesión) o la pasta se separa de los agregados.
- ❖ **Segregación externa:** las fuerzas exteriores que actúan sobre el concreto fresco superan las fuerzas internas de cohesión. Esto ocurre durante el transporte, colocación y vibrado.

#### **2.2.3.1.4. Compactibilidad**

Es la medida de factibilidad con que puede compactarse el concreto fresco. Existen varios métodos que establecen el denominado “factor de compactación”, que evalúa el factor de trabajo que se necesita para la compactación total, y que consiste en el cociente entre la densidad suelta del concreto en la prueba, dividido entre las densidades del concreto compactado. Cuando la mezcla es vibrada se hace más fluida y puede así distribuirse más uniformemente, envolviendo bien las armaduras y ocupando todas las unidades del encofrado. Esta es la propiedad que se conoce como tixotropía y es la característica que permite la compactibilidad de la mezcla y su adaptación al molde.

#### **2.2.3.1.5. Peso unitario**

El peso unitario es el peso varillado expresado en kilos por metro cubico ( $\text{kg/m}^3$ ), de una muestra representativa del concreto. Cuando las mezclas de concreto experimentan incremento de aire, disminuye el peso unitario. La mayor compactación incrementa el peso unitario. Pero las modificaciones del peso unitario son debidas al tipo de agregado empleado.

$$\text{Peso Unitario del Concreto} = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso de Molde}}{\text{Volumen del Molde}}$$

#### **2.2.3.1.6. Contenido de aire**

Esta prueba determina la cantidad de aire que puede contener el concreto recién mezclado excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados. Por esta razón este ensayo es aplicado para concretos con agregados relativamente densos y que requiera la determinación del factor de corrección de agregados.

Esta prueba no es aplicable al concreto de agregados ligeros, escorias de fundición enfriadas por aire o agregados con alta porosidad; en este caso el ensayo correspondiente seria de acuerdo a la norma ASTM C-173. Lo cual son utilizados comúnmente en las unidades de albañilería.

## 2.2.3.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO:

### 2.2.3.2.1. Compresión

La resistencia a la compresión, el concreto colocado en la estructura alcanzara la resistencia especificada, pero eso no ocurre siempre. Son varios los factores (forma de preparación, cantidad de materiales utilizados, calidad de los agregados, etc.) afectan positiva o negativamente esta importante propiedad del concreto ha sido considerada como uno de los máximos exponentes de la resistencia mecánica general de un material refractario. Sin embargo, hoy en día no se considera tan importante porque las roturas a compresión representan una pequeña proporción de los problemas que aparecen en la construcción de hornos. De cualquier forma, resulta útil como comprobación indirecta de otras propiedades y porque puede poner de relieve defectos de fabricación.

En la figura (13) se muestra los tipos de fallas que existente en las probetas destinados para el ensayo a compresión.

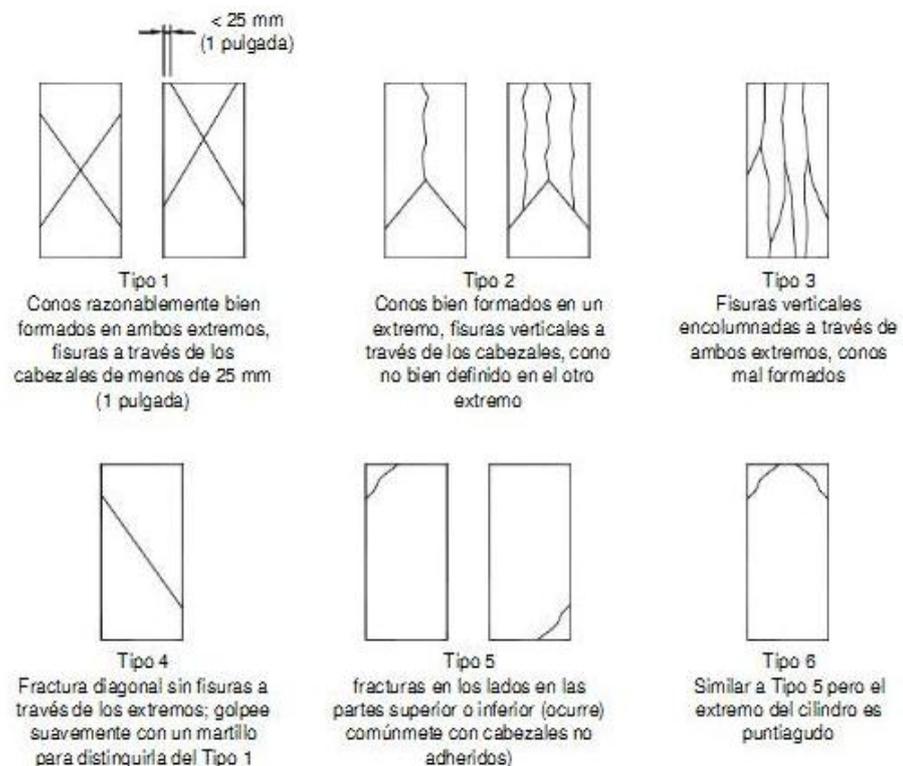


Figura 14. Tipos de fallas del esfuerzo a la compresión.

#### 2.2.3.2.2. Tracción

Generalmente no se toma en cuenta la resistencia a tracción del concreto para efectos estructurales, al no ser un material dúctil, no soporta esfuerzos a tracción, pero juega un papel importante en ciertos fenómenos como el análisis de fisuras, tensiones cortantes y problemas torsionales.

La determinación de la resistencia a la tracción pura es muy difícil de llevar a cabo debido a las tensiones secundarias que se suelen introducir en los ensayos. Se puede determinar de forma indirecta la resistencia a la tracción del concreto usando probetas cilíndricas que se someten a rotura por compresión diametral, este ensayo es conocido como ensayo brasileño y permite determinar el valor de la tracción indirecta.



*Figura 15. Ensayo a tracción método brasileño.*

El ensayo se realiza mediante la norma ASTM C-496M y el esfuerzo de tracción ( $F_t$ ) se determina con la siguiente expresión:

$$f'c = \frac{P}{AC}$$

$F_t$  = Esfuerzo a tracción.

$P$  = Carga aplicada.

$H_c$  = Longitud del cilindro.

$D$  = Diámetro del cilindro.

#### 2.2.3.2.3. Flexotracción

La resistencia a flexotracción del hormigón es una medida indirecta de la resistencia a la tracción, el parámetro que refleja este estado de carga se conoce como módulo de ruptura, se determina mediante ensayos a vigas prismáticas de concreto simplemente apoyadas, aplicando cargas en los

tercios de su claro de apoyo (ASTM C78) o carga en el punto medio (ASTM C293).

Para determinar el valor numérico del módulo de ruptura se tendrá que analizar la posición de la falla, es así que si la fractura se inicia en la superficie de tensión dentro del tercio medio de la luz o longitud de separación entre los apoyos se calcula el módulo de ruptura con:

$$Mr = \frac{P * L}{Bv * Hv^2}$$

Mr= Módulo de ruptura.

P = Carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo.

L= Longitud de separación entre los apoyos.

Bv= Base o ancho promedio de la viga.

Hv= Altura o espesor promedio de viga.

Si la fractura ocurre en la sección de tensión fuera del tercio medio de la luz o longitud de separación entre apoyos por no más de 5% de la luz, calcular el módulo de ruptura con:

$$Mr = \frac{3P * L}{Bv * Hv^2}$$

Mr= Módulo de ruptura.

P = Carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo.

a= Distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano medido en la superficie de tensión de la viga.

Bv= Base o ancho promedio de la viga.

Hv= Altura o espesor promedio de viga.

#### **2.2.3.2.4. Cortante**

En la actualidad no existe un método de prueba normalizado para determinar la resistencia a cortante del concreto reforzado con fibras. Por este motivo diversos investigadores han propuesto diferentes tipos de probetas y ensayos que tienen por objetivo producir esfuerzos de corte en un plano de falla inducido (normalmente cortando las probetas), empleando barras y cargas de compresión. Actualmente existe un gran interés en determinar la respuesta del concreto reforzado con fibras frente a esas condiciones de carga.

Para llevar a cabo las pruebas y determinar la resistencia a cortante de las mezclas en estudio de concreto reforzado con fibra, se diseñó un molde que permitiera obtener el espécimen como se requería para la prueba sin necesidad de realizar algún tipo de habilitado o corte, el resultado fue un espécimen prismático rectangular de 200 x 440 x 100 mm con los detalles tal y como lo muestra la Figura 5.10. Los especímenes prismáticos se moldearon en dos capas, el compactado se realizó por medio de vibración externa, empleando una mesa vibradora durante aproximadamente 10 segundos. Es preferible usar una vibración externa, ya que un vibrador interno puede influir en la distribución aleatoria y la alineación de las fibras de acero. (ROMAN, 2015).

Los especímenes son desmoldados después de 24 horas de colado, y colocados en una cámara de curado con humedad y temperatura controladas, donde permanecen hasta la edad de prueba de 28 días. Los prismas son retirados en los días de prueba, medidos en todas sus dimensiones y pesados, para posteriormente ser marcado para poderlos centrar al momento del ensaye.

En los especímenes prismáticos, es muy importante el acondicionamiento de las superficies de las cabezas, a través de las cuales se transmiten las cargas de compresión, este acondicionamiento se logra colocando un triplay (material compresible) de 3 mm de espesor en ambas caras, con esto se trata de eliminar defectos que puedan producir concentraciones de esfuerzos en el espécimen que lo hicieran fallar de manera irregular. Una vez preparado el espécimen prismático, se coloca en la maquina universal, sin “rotula”, para aplicar una carga axial de compresión creciente hasta su ruptura; la carga máxima que se alcanza dividida entre el área de la sección crítica de corte (Figura 16) del espécimen corresponde al esfuerzo máximo aplicado que se define como la resistencia al corte del concreto. Para realizar este ensaye se aplicó los esfuerzos de compresión a una velocidad de 0.416 kg/cm<sup>2</sup>/s, lo cual representa una velocidad de aplicación de carga de 5 t/min, empleando una prensa universal modelo SATEC con capacidad de hasta 250 t. En la Figura 16 se puede apreciar que el espécimen está diseñado de acuerdo con su geometría y dimensiones de tal manera que cuando se le aplique una carga axial de compresión la sección crítica de corte se deslice y se presente el

fenómeno de cortante. Para asegurar que la carga de compresión sea uniformemente distribuida se usó en la parte superior una placa de acero de 1" de espesor.

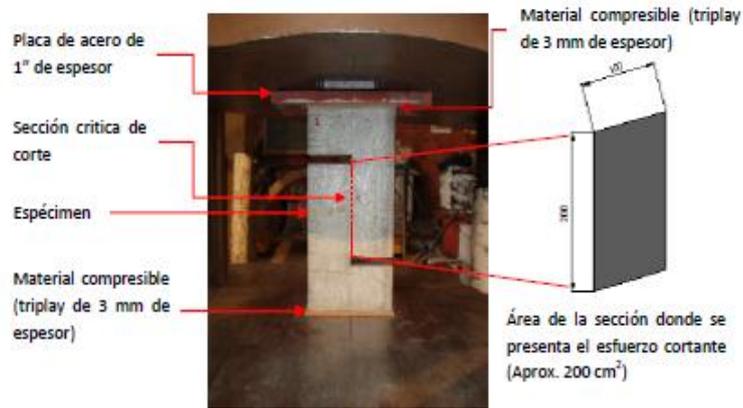


Figura 16. Esfuerzo cortante.

#### 2.2.3.2.5. Densidad

La densidad del concreto se define como el peso por unidad de volumen. Depende de la densidad real y de la proporción en que participan cada uno de los diferentes materiales constituyentes del concreto.

La densidad sufre pequeñas variaciones con el pasar del tiempo debido a que el agua se evapora teniendo una variación de hasta un 7% de su densidad inicial.

- ✓ Concreto liviano: se obtiene por medio de la incorporación de aire, ya sea directamente en la masa del concreto o incorporada en los agregados livianos. Se utiliza principalmente cuando se desea obtener aislación térmica y acústica mayores a la del concreto convencional.
- ✓ Concreto pesado: se obtiene mediante el uso de los agregados mineralizados, cuya densidad real es mayor que la de los agregados normales, se utiliza principalmente cuando se desea obtener aislación contra partículas radioactivas.

#### **2.2.3.2.6. Permeabilidad**

De acuerdo con el ACI-522R, el concreto permeable es un material de estructura abierta con revenimiento cero, compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de finos, aditivos y agua. La combinación de estos ingredientes produce un material endurecido con poros interconectados, cuyo tamaño varía de 2 a 8 mm lo que permite el paso de agua. El contenido de vacíos puede variar de un 18 a un 35 por ciento, con resistencias a compresión típicas de 2.8 a 28 MPa. Su velocidad de drenaje depende del tamaño del agregado y de la densidad de la mezcla, pero generalmente varía en el rango de 81 a 730 L/min/m<sup>2</sup>. (AIRE, 2011)

Además, la permeabilidad se refiere a la cantidad de agua que pasa a través del concreto cuando el agua se encuentra a presión, o a la capacidad del concreto de resistir la penetración de otras sustancias, como sulfatos o cloruros.

Generalmente las mismas propiedades que convierten al concreto menos permeable también lo vuelven más resistente. La permeabilidad total del concreto al agua está en función de la permeabilidad de la pasta, de las características de los agregados, y de la proporción relativa de la masa de pasta con respecto a la de los agregados. La permeabilidad de la pasta depende de una baja relación agua/cemento, del grado de hidratación del cemento y de la duración del curado.

Para determinar la permeabilidad al agua, los ensayos se realizaron con un equipo GWT-4000 fabricado por Germann Instruments A/S el cual permite determinar el flujo de agua en la superficie de la muestra de concreto cuando se aplica una presión constante. Los ensayos se realizaron a una presión de 3 BARES, a una edad del concreto de 28 y 90 días, en la Figura 5.15 se observa el dispositivo y el espécimen empleado en la prueba. Para realizar esta prueba se colaron y moldearon cilindros de 150 x 300 mm, mismo que posteriormente se cortaron a la mitad, cuya cara de corte fue la sometida a la prueba.

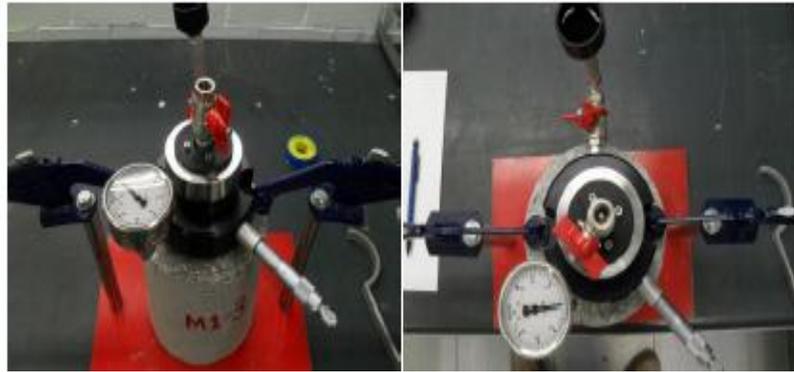


Figura 17. Equipo para determinar la permeabilidad del concreto.

La expresión empleada para calcular el flujo de agua fue:

$$q = \frac{B(g_1 - g_2)}{A \times t} = \frac{78.6(g_1 - g_2)}{3018t} = \frac{1.126(g_1 - g_2)}{t} \left( \frac{mm}{seg} \right)$$

Dónde:

$q$  = flujo de agua en mm/seg.

$B$  = es el área del tornillo micrométrico que presiona el agua de la cámara, 78.6 mm<sup>2</sup> para un diámetro de tornillo de 10 mm.

$g_1$  y  $g_2$  = lecturas del medidor micrométrico en mm al inicio y al final del ensaye.

$A$  = área de la superficie en que se tiene el agua a presión de ensaye, 3018 mm<sup>2</sup>, para un diámetro interior de la cámara de 62 mm.

$t$  = tiempo durante el cual se realiza el ensaye, en segundos.

#### 2.2.3.2.7. Módulo de Elasticidad

Según (OSORIO, 2011) El módulo de elasticidad de un material es la relación entre un esfuerzo al que está sometido un material y su deformación unitaria. Representa la rigidez del material ante una carga impuesta sobre el mismo.

Cuando la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria a que está sometido el material es lineal, constante y los esfuerzos aplicados no alcanzan el límite de proporcionalidad, el material tiene un comportamiento elástico que cumple con la Ley de Hooke.

El módulo de elasticidad del concreto representa la rigidez de este material ante una carga impuesta sobre el mismo. Es ensayo para la determinación del

módulo de elasticidad, tiene como antecedente la norma ASTM C 469 y tiene como principio la aplicación de carga estática y de la correspondiente deformación unitaria producida.

La primera fase es la zona elástica, donde el esfuerzo y la deformación unitaria pueden extenderse aproximadamente entre 0% al 40% y 45% de la resistencia a la compresión del concreto.

Una segunda fase, representa una línea curva como consecuencia de una microfisuración que se produce en el concreto al recibir una carga, estas fisuras se ubican en la interface agregado- pasta y está comprendida entre el 45% y 98% de la resistencia del concreto.

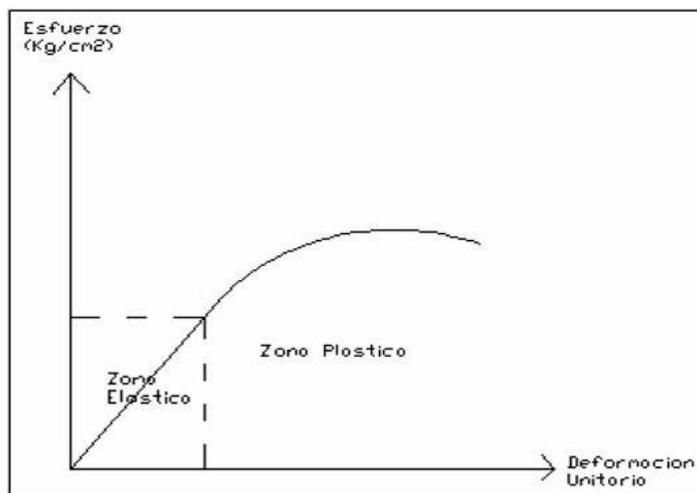


Figura 18. Grafica de esfuerzos y deformaciones.

Formula:

$$PUC = \frac{\text{peso total} - \text{peso del recipiente}}{\text{volumen del recipiente}}$$

### **2.3. BASES NORMATIVAS:**

Las normas que serán utilizadas es:

#### **Para los Agregados**

- Granulometría, Módulo de Finura y Tamaño Máximo: NTP 400.012-2013 y ASTM C136/C33.
- Peso específico y Absorción
  - Agregado Grueso NTP 400.021-2002 y ASTM C127.
  - Agregado Fino NTP 400.022-2002 y ASTM C128.
- Peso unitario
  - Agregado Grueso NTP 400.017-2011 y ASTM C29.
  - Agregado Fino NTP 400.017-2011 y ASTM C29.

#### **Para el Concreto**

- Contenido de humedad
  - Agregado Grueso NTP 339.185-2002 y ASTM C566-97.
  - Agregado Fino NTP 339.185-2002 y ASTM C566-97.
- Curado del concreto: E.060 RNE, NTP 339.183-2013 y ASTM C31/C31M.
- Asentamiento (SLUMP) NTP 339.045-2015 y ASTM C134.
- Contenido de aire. NTP 339.083 y ASTM C231.
- Compresión. NTP 339.034 y ASTM C039.
- Tracción. NTP 339.084 y ASTM C496-96.
- Flexión NTP 339.078 y ASTM C78
- Densidad NTP 339.230-2010 y ASTM C567-05
- Módulo de elasticidad ASTM 469-94

### **2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS:**

#### **INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO, 2018.**

##### **2.4.1. Acero**

El acero es una aleación de hierro y carbono, se caracteriza por su alta resistencia y es moldeado en su estado líquido. Para esta tesis se utilizará el acero trefilado en dimensiones pequeñas.

#### **2.4.2. Concreto**

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción compuesto por una mezcla de agregados (arena gruesa y piedra chancada), aglomerantes y agua. Su dosificación está en relación agua /cemento y su resistencia depende de ella.

#### **2.4.3. Fibras**

Son filamentos de pequeñas dimensiones, estas pueden ser metálicas o plásticas, estas quedan expandidas en todas direcciones cuando se mezclan con el aglomerante, dando como un producto resistente a la tracción, cortante, flexión, impacto, fatiga y figuración.

#### **2.4.4. Fibras de acero**

Las fibras de acero son aquellos filamentos metálicos que proporcionan mayor resistencia al concreto en sus diferentes propiedades mecánicas que posee, además éstas varían de forma y tamaños permitiendo usar la más adecuada para cada infraestructura.

#### **2.4.5. Físicas**

Propiedad de todo material que se puede percibir con los sentidos.

#### **2.4.6. Influencia**

Viene a ser el efecto, consecuencia o cambio que las fibras metálicas van a producir en el concreto para la elaboración de los ladrillos, siendo positivas o negativas estos cambios.

#### **2.4.7. Mecánicas**

Viene a ser el comportamiento de los materiales que son sometidos a diferentes esfuerzos.

#### **2.4.8. Propiedades**

Son las características inherentes de los materiales.

#### **2.4.9. Propiedades físicas**

Es la propiedad medible de un material determinado, que sufre cambios y se transforman o evolucionan en un periodo temporal, no depende del tamaño de la extensión de la materia.

#### **2.4.10. Propiedades mecánicas**

Las propiedades mecánicas de un material son características propias de su composición, que permiten diferenciar uno del otro. También hay que tener en cuenta el comportamiento que puede tener un material en los diferentes procesos de mecanización.

## **CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS:**

Al adicionar mayor porcentaje de fibras de acero mejores serán sus resultados en sus propiedades físicas: trabajabilidad, peso unitario, contenido de aire y en sus propiedades mecánicas mejorar la resistencia a la compresión y flexión.

### **3.2. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.2.1. Tipo de acuerdo al fin que persigue (Básica y Aplicada)**

Este proyecto es de tipo de investigación que persigue es **básica y aplicada** porque al principio se va indagar o investigar teorías para luego realizar nuevos diseños, con el fin de obtener mejores resultados.

#### **3.2.2. Tipo de acuerdo al diseño (exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa)**

Este proyecto es correlacional porque consta de dos variables (VI: fibras de acero VD: propiedades físicas y mecánicas del concreto) y entre ellas hay una relación, en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas.

#### **3.2.3. Diseño de investigación (experimental, no experimental, cuasi experimental, etc.)**

Este proyecto de investigación es experimental porque el grado de control de la variable independiente se tendrá el control total y además la equivalencia estadística de los sujetos participantes.

### **3.3. DEFINICIÓN DE VARIABLES**

#### **3.3.1. Unidad de estudios**

**El concreto.** - El concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción compuesto por una mezcla de agregados (arena gruesa y piedra chancada), aglomerantes y agua. Su dosificación está en relación agua /cemento y su resistencia depende de ella.

### **3.3.2. Variable independiente**

**Fibras de acero.** - Las fibras de acero son aquellos filamentos metálicos que proporcionan mayor resistencia al concreto en sus diferentes propiedades mecánicas que posee, además éstas varían de forma y tamaños permitiendo usar la más adecuada para cada infraestructura.

### **3.3.3. Variable dependiente**

#### **Propiedades físicas y mecánicas**

**Propiedades físicas.** - Es la propiedad medible de un material determinado, que sufre cambios y se transforman o evolucionan en un periodo temporal, no depende del tamaño de la extensión de la materia.

**Propiedades mecánicas.** - Las propiedades mecánicas de un material son características propias de su composición, que permiten diferenciar uno del otro. También hay que tener en cuenta el comportamiento que puede tener un material en los diferentes procesos de mecanización.

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VIARIABLE	DEFINICION CONCEPTAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Fibras de acero	Las fibras de acero. Es un material compuesto con unas ventajas y propiedades específicas las que se podrá beneficiar notablemente en comparación con los métodos tradicionales.	Se usará el 1.50% y 3% de fibras de acero.	Longitud	CHO 65/35 NB	mm
			Resistencia	Flexotracción	Kg/cm <sup>2</sup>
			Marca	Sika	Sacos
Propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c= 280$ kg/cm <sup>2</sup> con 1.5% de fibras de acero.	Las propiedades del concreto se obtienen resultados en estado fresco y endurecido. En este caso adicionado con el 1.5% adicionado fibras de acero se obtendrán alteraciones en cuanto a sus propiedades.	Se harán 9 probetas para ensayo a compresión y 3 para ensayo a flexión.	Concreto Fresco	Trabajabilidad (slump)	Pulgadas
				Peso unitario	Kg/m <sup>3</sup>
				Contenido de aire	%
			Concreto Endurecido	Compresión	Mpa
				Flexotracción	Mpa
				Densidad	Kg/m <sup>3</sup>
				Módulo de elasticidad	Kg/cm <sup>2</sup>

Propiedades físicas mecánicas del concreto $f'c= 280$ kg/cm <sup>2</sup> con 3% de fibras de acero.	Las propiedades del concreto se obtienen resultados en estado fresco y endurecido. En este caso adicionado con el 3% de fibras de acero se obtendrán alteraciones en cuanto a sus propiedades.	Se harán 9 probetas para ensayo a compresión y 3 para ensayo a flexión.	Concreto Fresco	Trabajabilidad	Pulgadas
				Compactibilidad	Pulgadas
				Peso unitario	Kg/m <sup>3</sup>
				Contenido de aire	%
			Concreto Endurecido	Compresión	Mpa
				Flexotracción	Mpa
				Módulo de elasticidad	Kg/cm <sup>2</sup>
Propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c= 280$ kg/cm <sup>2</sup> sin fibras de acero.	Las propiedades mecánicas de un material son características propias de su composición, que permiten diferenciar un del de otro. También hay que tener en cuenta el comportamiento que puede tener un material en los diferentes procesos de mecanización que pueda tener.	Se harán 9 probetas para ensayo a compresión y 3 para ensayo a flexión.	Concreto Fresco	Trabajabilidad (slump)	Pulgadas
				Compactibilidad	Pulgadas
				Peso unitario	Kg/m <sup>3</sup>
				Contenido de aire	%
			Concreto Endurecido	Compresión	Mpa
				tracción	Mpa
				Flexotracción	Mpa
				Módulo de elasticidad	Kg/cm <sup>2</sup>

### 3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.5.1. Población

Para este proyecto se utilizará los agregados de la cantera “BOUNER” del Distrito de Laredo Provincia de Trujillo y el cemento “Qhuna tipo MS” y esta aplicado en esta ciudad de Trujillo.

#### 3.5.2. Muestra.

*Tabla 5. Cantidad de probetas.*

<b>PROBETAS</b>	<b>COMPRESION</b>	<b>FLEXOTRACCIÓN</b>
Concreto sin fibra	9	3
Concreto con 1.5% de fibras de acero.	9	3
Concreto 3% de fibras de acero.	9	3
<b>TOTAL</b>	27	9

Se elaborará un diseño de mezcla de un concreto simple en relación agua cemento, la cual se realizará 9 probetas para el ensayo a compresión y 3 probetas a flexotracción en las edades de 7, 14 y 28 días. De la misma manera se realizará para el concreto con 1.5% y 3% de fibras de acero (CHO 65/35 NB)

### 3.6. TÉCNICAS, PROCEDIMIENTO E INSTRUMENTOS.

#### 3.6.1. Para recolectar datos.

La presente investigación utilizará la técnica de observación porque podemos analizar la situación real que está pasando con la experimentación, la clase de observación según la forma de registrar la conducta encontramos el tipo de observación directa porque habrá contacto directo con el hecho o fenómeno a

investigar. La presente investigación utiliza la técnica de Observación y por tanto se utilizará como instrumento la guía de observación porque se basa en una lista de indicadores que pueden redactarse ya sea como afirmaciones o bien como preguntas orientando el trabajo de observación dentro de la investigación, señalando los aspectos que son relevantes al observar.

- **Formato para hallar el peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.**

<b>AGREGADO FINO (NORMA ASTM C128)</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>	<b>PROMEDIO</b>
A. PESO MAT. SAT. SUP. SECO AL AIRE ( $P_{sss}$ ) (gr)				
B. PESO DE FIOLA (gr)				
C. PESO DE FIOLA + AGUA (gr)				
D. PESO DE FIOLA + AGUA + MATERIAL INTRODUCIDO A FIOLA (gr)				
E. PESO FIOLA + AGUA + $P_{sss}$ (C+A)				
F. PESO DE MATERIAL SECADO AL HORNO EN AIRE (gr)				
PESO ESPECIFICO (base sss) $((A/(E-D))$				
PESO ESPECIFICO (base seca) $((F/(E-D))$				
% ABSORCION $((A-F)/F)*100$				

- **Formato para hallar el peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.**

<b>AGREGADO GRUESO( NORMA ASTM C 127)</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>	<b>PROMEDIO</b>
A. PESO MAT. SAT. SUP. SECO AL AIRE (SSS) (gr)				
B. PESO DE LA CESTA				
C. PESO DE LA CESTA SUMERGIDA EL AGUA (gr)				
D. PESO DEL CESTO + MATERIAL SUMERGIDO EN AGUA (gr)				
E. PESO APARENTE DEL MATERIAL SUMERGIDO EN AGUA (gr) (D-C)				
F. PESO DE MATERIAL SECADO EN HORNO (gr)				
PESO ESPECIFICO (base seca) $(F/(A-E))$				
PESO ESPECIFICO (base sss) $(A/(A-E))$				
PESO ESPECIFICO APARENTE (base seca) $(F/(F-E))$				
% ABSORCION $((A-F)/F)*100$				

- Formato para hallar el peso unitario suelto y peso compactado del agregado fino y agregado grueso.

<b>VOLUMEN DE MOLDE CILINDRICO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>	<b>PROMEDIO</b>
1.PESO DEL MOLDE (Kg)				
2.PESO DEL MOLDE + AGUA (Kg)				
3.PESO DEL AGUA (Kg)				
4.FACTOR DE CALIBRACION DEL AGUA (Kg/m <sup>3</sup> )				
5.VOLUMEN DEL MOLDE (m <sup>3</sup> )				
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>	<b>PROMEDIO</b>
1.PESO MATERIAL + MOLDE (Kg)				
2.PESO DEL MOLDE (Kg)				
3.PESO DEL MATERIAL (Kg)(1-2)				
4.VOLUMEN DEL MOLDE				
5.PESO UNITARIO MATERIAL (Kg/m <sup>3</sup> )(3/4)				
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>	<b>PROMEDIO</b>
1.PESO MATERIAL + MOLDE (Kg)				
2.PESO DEL MOLDE (Kg)				
3.PESO DEL MATERIAL(Kg)(1-2)				
4.VOLUMEN DEL MOLDE				
5.PESO UNITARIO DE MATERIAL (Kg/m <sup>3</sup> ) (3/4)				

- En el Anexo N°1 se presenta el formato para calcular la granulometría del agregado fino.
- En el Anexo N°2 se presenta el formato para la representación de la curva granulométrica del agregado fino.
- En el Anexo N°3 se presenta el formato para calcular la granulometría del agregado grueso.
- En el Anexo N°4 se presenta el formato para la representación de la curva granulométrica del agregado grueso.
- En el Anexo N°5 se presenta el formato para calcular los diseños de mezclas (sin fibra, con 1.5% de fibra y con 3% de fibra).

### **3.6.2. Para procesar datos**

Laptop, Excel, calculadora, lapiceros.

Equipos de Ensayos de materiales: Prensa hidráulica para compresión, prensa hidráulica para flexión, balanza, olla de Washington.

## **CAPITULO 4: RESULTADOS**

### **4.1. ENSAYO DE LOS AGREGADOS**

#### **4.1.1. Granulometría**

Es una propiedad que influye directamente en el diseño de mezclas de concreto y consiste en el análisis de la distribución de tamaños de las partículas de una muestra, se realiza de acuerdo a la NTP 400.012:2001 (ASTM-C33), misma que establece el método de ensayo para agregados gruesos y finos.

##### **➤ Curva granulométrica.**

Representa en forma gráfica la distribución de tamaños de los agregados, misma que se obtiene colocando en el eje de las ordenadas el porcentaje que pasa y en el eje de las abscisas las aberturas del tamiz. Esta forma de representar la variación de tamaños permite identificar rápidamente si tiene excesos de fracciones gruesas o finas.

#### **4.1.1.1. Agregado fino**

El agregado fino es una arena proveniente de la desintegración del suelo, producida por agentes físicos o mecánicos que forman arenas naturales, arenas trituradas o una combinación de ambas.

La NTP 400.012:2001 establece la gradación requerida para el agregado fino, la cual especifica un rango superior y un rango inferior dentro de la cual puede variar la curva granulométrica.

Figura 19. Numero de tamices del agregado grueso

Tamiz (astm c33)	Porcentaje que pasa
9.52mm (3/8)	100
4.75mm (N°4)	95 a 100
2.36mm(N°8)	80 a 100
1.18mm (N°16)	50 a 85
0.60mm (N°30)	25 a 60
0.30mm (N°50)	10 a 30
0.15mm (N° 100)	2 a 10

Fuente: NTP 400.012. Agregados para concreto.

#### **Tamaño de muestra.**

El tamaño de muestra es una cantidad representativa del agregado fino, los cuales deben ser obtenidos de acuerdo a la NTP 400.012:2001 (Reducción de muestras a tamaño de ensayo) que tiene el objetivo de minimizar las variaciones entre las características medidas en las muestras reducidas. La cantidad mínima de muestra representativa es 300gr para agregado fino.

#### **Módulo de finura.**

Este parámetro, da una idea del grosor o finura del agregado, se lo obtiene mediante la norma ASTM C-136, sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar y dividiendo la suma para 100. Este valor no debe ser menor que 2.3 ni mayor a 3.1 según las especificaciones.

$$MF = \frac{\sum \% \text{retenido acum} (3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

#### **4.1.1.2. Agregado grueso**

“El agregado grueso debe consistir en grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de altos hornos enfriadas al aire u hormigón de cemento hidráulico

triturado o una combinación de estos” NTP 400.012:2013 agregados. Análisis granulométrico en los agregados, fino y grueso).

La gradación del agregado grueso se determina dependiendo del tamaño nominal de la muestra, para esta investigación el tamaño nominal del agregado grueso es 1” y la NTP 400.012:2013 determina la gradación requerida para dicho tamaño nominal.

*Figura 20. Numero de tamices del agregado grueso.*

<b>Tamiz (NTP 400.012)</b>	<b>Porcentaje que pasa</b>
37.5mm (1 1/2”)	100
25mm (1”)	95 a 100
19mm(3/4”)	-
12.5mm(1/2”)	25 a 60
9.5mm (3/8”)	-
4.75mm (N°4)	0 a 10
2.36mm (N° 8)	0 a 5

Fuente: NTP 400.012:2013. Agregados para concreto. Requisitos, 2013).

➤ **Tamaño de muestra**

La cantidad especificada para árido grueso se determina en base al tamaño nominal de sus partículas, y se necesita mayor cantidad de muestra con respecto al árido fino debido al tamaño de sus partículas.

*Figura 21. Tamaño de muestra de los agregados.*

<b>Tamaño nominal máximo, Aberturas cuadradas, en (mm).</b>	<b>Tamaño de la muestra del ensayo mínimo (Kg)</b>
9.5	1
12.5	2
19.0	5
25.0	10
37.5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Fuente: NTP 400.012:2013 agregados. Análisis granulométrico en el agregado grueso).

➤ **Módulo de finura**

Se determina de forma similar al agregado fino, pero con una serie diferente de tamices, debido al tamaño de sus partículas.

$$MF = \frac{\sum \% \text{retenido acum (1 1/2" + 3/4 + 3/8 + N°4 + N°8 + N°16)}}{100}$$

➤ **Tamaño máximo nominal**

El tamaño máximo nominal es un parámetro que se deriva del análisis granulométrico y está definido como el siguiente tamiz que le sigue en abertura (mayor) a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. La mayoría de especificaciones para la fabricación de concreto se dan en función del tamaño nominal y para la elaboración de cilindros define el tamaño de las probetas estándar cilíndricas que se pueden emplear en la elaboración de muestras de prueba para ensayos a compresión y tracción.

Tabla 6. Ensayo granulométrico del agregado fino.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO FINO PARA CONCRETO ASTM C136 / C33**

<b>MATERIAL</b>		<i>Agregado fino</i>						
<b>PROCEDENCIA</b>		<i>Laredo</i>						
<b>FECHA DE ENSAYO</b>		<i>22/01/2018</i>						
<b>APLICACIÓN</b>		<i>Diseño de mezcla</i>						
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>							<b>Peso de la muestra</b>	<b>1977.0</b>
<b>Tamiz N°</b>	<b>Abertura(mm)</b>	<b>Peso retenido (g)</b>	<b>Retenido (%)</b>	<b>Retenido acumulado (%)</b>	<b>Pasante acumulado (%)</b>	<b>ASTM C33</b>	<b>% PASANTE MALLA N° 200 (ASTM C117)</b>	
							(A)Peso de la muestra seca (g)	495
3"	76.200						(B)Peso de la muestra lavada secada al horno (g)	484
2 1/2"	63.500						% pasante malla N°200 (A-B/A)*100	2.222
2"	50.800						<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM C566)</b>	
1 1/2"	38.100						(D)Peso húmedo de la muestra(g)	500
1"	25.400						(E)Peso seco de la muestra(g)	495
3/4"	19.050						% de humedad ((D-E)/E)*100	1.010
1/2"	12.700						<b>PROPIEDADES FÍSICAS DEL MATERIAL</b>	
3/8"	9.525	4.0	0.20	0.00	100.00	100 - 100	Módulo de fineza	2.88
#4	4.750	11.0	0.56	0.56	99.44	95 - 100	Tamaño máximo TM	3/8"
#8	2.360	157.0	7.94	8.50	91.50	80 - 100	Tamaño máximo nominal TMN	4.750
#16	1.180	384.0	19.42	27.92	72.08	50 - 85		
#30	0.600	733.0	37.08	65.00	35.00	25 - 60		
#50	0.300	468.0	23.67	88.67	11.33	10 - 30		
#100	0.150	165.0	8.35	97.02	2.98	0 - 10		
#200	0.075	38.0	1.92	98.94	1.06	0 - 5		
<b>FONDO</b>		17.0	0.86	99.80	0.20			
<b>TOTAL</b>		1977.0		<i>Mf</i>		<b>2.88</b>		

Fuente: Autor

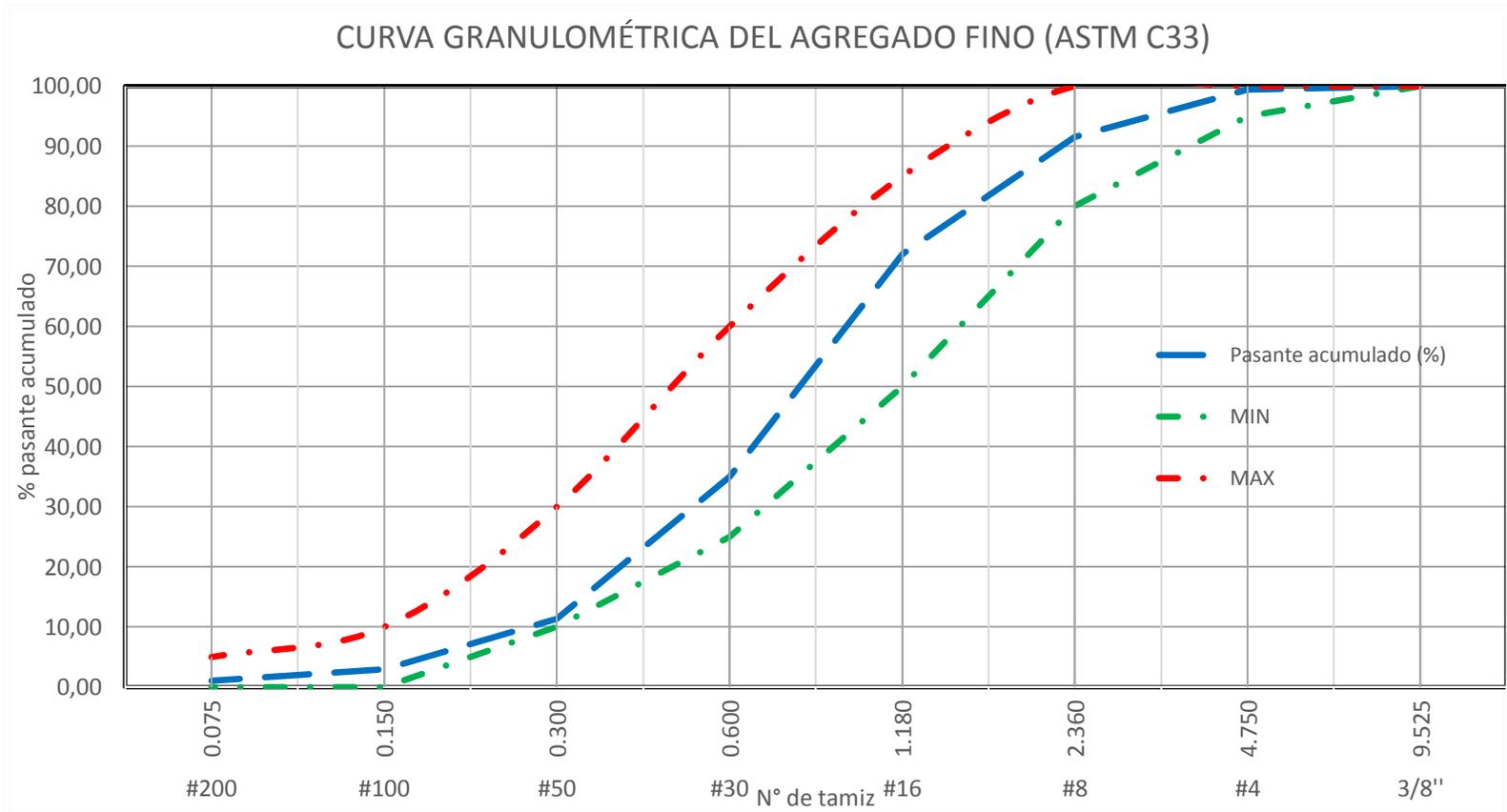


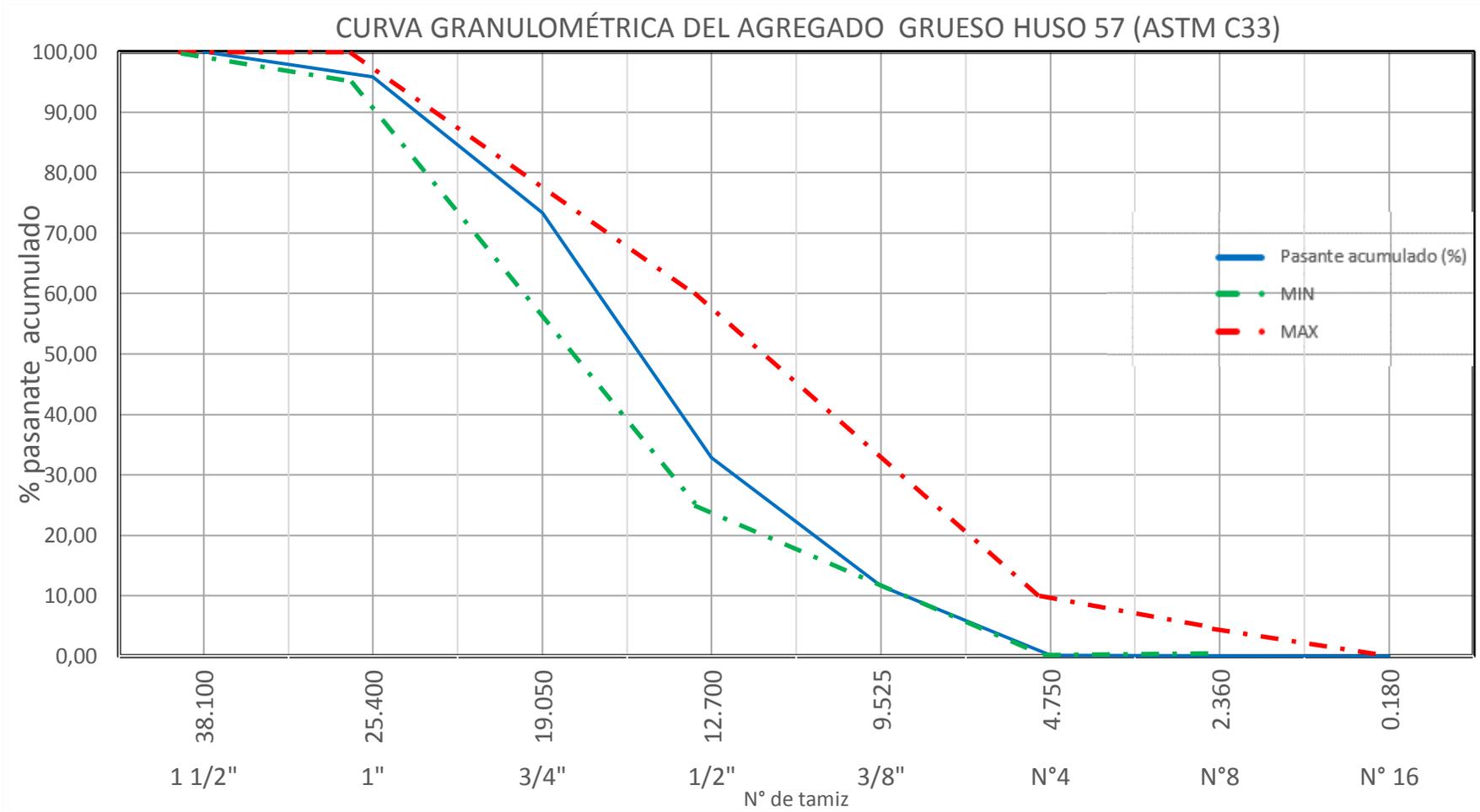
Figura 22. Curva granulométrica del agregado fino.

Fuente: Autor

Tabla 7. Ensayo granulométrico del agregado grueso.

		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO ASTM C136 / C33							
MATERIAL		HUSO 57							
PROCEDENCIA									
FECHA DE ENSAYO									
APLICACIÓN									
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO							Peso de la muestra	2000.0	
Tamiz N°	Abertura(mm)	Peso retenido (g)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante acumulado (%)	ASTM C33	% PASANTE MALLA N° 200 ( ASTM C117)		
							(A)Peso de la muestra seca (g)	3500	
5"	127.000						(B)Peso de la muestra lavada secada al horno (g)	3490	
4"	101.000						% pasante malla N°200 (A-B/A)*100	0.286	
3"	76.200						CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM C566)		
2 1/2"	63.500						(D)Peso húmedo de la muestra(g)	804	
2"	50.800						(E)Peso seco de la muestra(g)	798	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	100 - 100	% de humedad ((D-E)/E)*100	0.752	
1"	25.400	83.0	4.15	4.15	95.85	95 - 100	PROPIEDADES FÍSICAS DEL MATERIAL		
3/4"	19.050	450.0	22.50	26.65	73.35		Módulo de fineza	4.82	
1/2"	12.700	810.0	40.50	67.15	32.85	25 - 60	Tamaño máximo TM	1"	
3/8"	9.525	425.0	21.25	88.40	11.60		Tamaño máximo nominal TMN	1"	
N°4	4.750	229.0	11.45	99.85	0.15	0 - 10			
N°8	2.360	2.0	0.10	99.95	0.05	0-5			
<N°8	<b>FONDO</b>	1.0	0.05	100.00	0.00				
<b>TOTAL</b>		2000.0	100.00						

Fuente: Autor.



*Figura 23. Curva granulométrica del agregado grueso.*

Fuente: Autor

#### 4.1.2. **Peso específico**

La densidad es una propiedad física de los sólidos que relaciona la masa y el volumen, generalmente las partículas de agregado tienen poros tanto saturables como no saturables, parcialmente saturados o totalmente llenos de agua, se genera una serie de estados de humedad seca, húmedo al ambiente, saturado superficie seca, y sobre saturado.

- Densidad absoluta: es la relación entre la masa de los agregados y su volumen en estado seco, excluyendo vacíos entre sus partículas y poros permeables.
- Densidad aparente: Es la relación entre la masa de los agregados, incluyendo sus poros saturables y no saturables para el volumen que ocupan sus agregados.
- Densidad estado superficie seca (SSS): es la relación entre la masa de los agregados, incluyendo la masa del agua dentro de los poros saturables, pero sin incluir los vacíos entre las partículas.

Cada una de estas densidades representa una característica específica en cada uno de los estados, para el diseño de mezclas de concreto es necesario conocer la densidad real en la cual se consideran las porosidades y vacíos de las partículas.

##### 4.1.2.1. **Peso Específico del Agregado fino.**

Se determina en base a la NTP 400.022 (ASTM C-128), en la cual describe el procedimiento para hallar la densidad real de la porción sólida de una muestra de agregado fino.

Para el agregado fino la norma que se utiliza ASTM C-128, la cual define el procedimiento para determinar el peso específico utilizando un picnómetro con arena en estado SSS (partículas del agregado, saturado superficialmente seco) y la densidad se determina con principio de Arquímedes: “Todo cuerpo sumergido en un líquido recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del líquido desalojado”. El cálculo correspondiente se puede apreciar en la Tabla N°8.

Peso específico de masa (Pem)

$$Pem = \frac{W_o}{(V - Va)} \times 100$$

Donde:

Pem = Peso específico de la masa.

Wo = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, gramos.

V = Volumen de la Fiola en cm<sup>3</sup>

Va = peso en gramos o volumen en cm<sup>3</sup> añadida a la Fiola.

Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)

$$Pesss = \frac{500}{(V - Va)} \times 100$$

Peso específico aparente. (Pea)

$$Pea = \frac{Wo}{(V - Va) - (500 - Wo)} \times 100$$

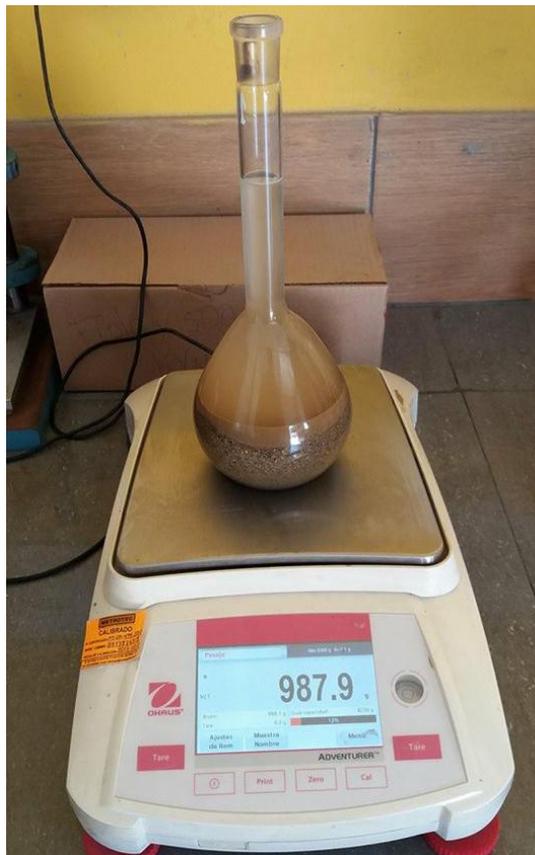


Figura 24. Ensayo para obtener el peso específico del agregado fino.

Fuente: Autor

#### 4.1.2.2. **Peso Específico del Agregado grueso**

Se determina en base a la NTP 400.021 (ASTM C-127), en la cual describe el procedimiento para hallar la densidad real de la porción sólida de una muestra de agregado fino.

Para el agregado grueso la norma que se utiliza es ASTM C-127. La muestra de agregado es inmersa en agua por  $24 \pm 4$  h para esencialmente llenar los poros. Entonces es removida del agua, y el agua secada de la superficie de las partículas y la masa determinada. Subsecuentemente, el volumen de la muestra es determinado por el método de desplazamiento de agua. Finalmente, la muestra es secada al horno y determinada la masa. Usando entonces los valores de masa obtenidos y las formulas en este método de ensayo, es posible calcular la densidad, densidad relativa (gravedad específica). La diferencia entre la masa al aire y la masa cuando la muestra es sumergida en agua igual a la masa de agua desplazada por la muestra. El contenedor puede ser inmerso a una profundidad suficiente para cubrirlo y la muestra de ensayo, determinando la masa aparente en agua. El alambre del cual se suspende el contenedor debe ser del tamaño más pequeño posible para minimizar cualquier efecto posible de una longitud de inmersión variable.

##### Peso específico de masa (Pem)

$$Pem = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

Donde:

Pem = Peso específico de la masa.

A = Peso de la muestra seca en el aire.

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en aire, gramos.

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

##### Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)

$$Pesss = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

Peso específico aparente. (Pea)

$$Pea = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

#### 4.1.3. Absorción.

Son parámetros que se utilizan en el diseño de mezclas (dosificación), y se determinan en base a la NTP 400.022: 2013 (ASTM C-128).

La capacidad de absorción se determina hallando la masa del agregado bajo condición saturada y seca, las diferencias de dichas masas son multiplicadas por 100 y da como resultado la capacidad de absorción. El mismo principio se aplica para agregados grueso y fino.

$$\text{coeficiente de absorcion} = \frac{\text{masa en estado sss} - \text{masa seca}}{\text{masa seca}} \times 100$$

#### 4.1.3.1. Absorción del Agregado fino

Según la norma técnica peruana 400.022. Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso seco. El agregado se considera “seco” cuando este ha sido mantenido a una temperatura de 110 °C +- 5 °C por tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar.

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

Tabla 8. Absorción del agregado fino.

<b>AGREGADO FINO (NORMA ASTM C128)</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>	<b>PROMEDIO</b>
A. PESO MAT. SAT. SUP. SECO AL AIRE (P <sub>sss</sub> ) (gr)	508	511		
B. PESO DE FIOLA (gr)	169	166		
C. PESO DE FIOLA + AGUA (gr)	667	664		
D. PESO DE FIOLA + AGUA + MATERIAL INTRODUCIDO A FIOLA (gr)	984	983		
E. PESO FIOLA + AGUA + P <sub>sss</sub> (C+A)	1175	1175		
F. PESO DE MATERIAL SECADO AL HORNO EN AIRE (gr)	503	506		
PESO ESPECIFICO (base sss) ((A/(E-D)))	2.66	2.66		2.66
PESO ESPECIFICO (base seca)((F/(E-D)))	2.63	2.64		2.635
% ABSORCION ((A-F)/F)*100	0.99	0.99		0.99

Fuente: Autor.

#### 4.1.3.2. Absorción del Agregado grueso

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso seco. El agregado se considera “seco” cuando este ha sido mantenido a una temperatura de 110 °C +- 5 °C por tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar.

$$Ab = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Tabla 9. Absorción del agregado grueso.

<b>AGREGADO GRUESO( NORMA ASTM C 127)</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>	<b>PROMEDIO</b>
A. PESO MAT. SAT. SUP. SECO AL AIRE (SSS) (gr)	2149.7	2667.0		
B. PESO DE LA CESTA	1029.3	1029.3		
C. PESO DE LA CESTA SUMERGIDA EL AGUA (gr)	899.2	899.2		
D. PESO DEL CESTO + MATERIAL SUMERGIDO EN AGUA (gr)	2262.9	2608.8		
E. PESO APARENTE DEL MATERIAL SUMERGIDO EN AGUA (gr) (D-C)	1363.7	1709.6		
F. PESO DE MATERIAL SECADO EN HORNO (gr)	2120	2628		
PESO ESPECIFICO ( base seca) (F/(A-E))	2.697	2.745		<b>2.721</b>
PESO ESPECIFICO (base sss) (A/(A-E))	2.735	2.786		<b>2.760</b>
PESO ESPECIFICO APARENTE ( base seca) (F/(F-E))	2.803	2.861		<b>2.832</b>
% ABSORCION ((A-F)/F)*100	1.40	1.48		<b>1.442</b>

Fuente: autor.

#### 4.1.4. Peso unitario del agregado fino y agregado grueso

Es el peso de la masa por unidad de volumen (este término es obsoleto, es preferible usar el término densidad de masa) según la NTP 400.017:2011.

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad bulk (“peso unitario”) del agregado en una condición compactada o suelta, y calcula los vacíos entre las partículas en el agregado fino, grueso o una mezcla de ellos, basado en la misma determinación. Este método de ensayo es aplicable a agregados que no excedan las 5 pulg. (125 mm) de tamaño máximo nominal. La norma ASTM C-29 indica que el Peso Unitario es la terminología tradicional usada para describir la propiedad determinada por este método de ensayo, el cual es peso por unidad de volumen (más correctamente masa por unidad de volumen o densidad).

Calculo:

$$M = (G - T)/V \quad \text{O} \quad M = (G - T) \times F$$

Donde:

Donde:

M = Densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg. /m<sup>3</sup>)

G = Masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = Masa del recipiente, lb (Kg.)

V = Volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)

Tabla 10. Peso unitario del agregado fino.

<b>VOLUMEN DE MOLDE CILINDRICO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>	<b>PROMEDIO</b>
1.PESO DEL MOLDE (Kg)	3.392	3.392	3.392	
2.PESO DEL MOLDE + AGUA (Kg)	10.432	10.432	10.432	
3.PESO DEL AGUA (Kg)	7.04	7.04	7.04	
4.FACTOR DE CALIBRACION DEL AGUA (Kg/m <sup>3</sup> )	1000	1000	1000	
5.VOLUMEN DEL MOLDE (m <sup>3</sup> )	0.00704	0.00704	0.00704	<b>0.00704</b>
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>	<b>PROMEDIO</b>
1.PESO MATERIAL + MOLDE (Kg)	14.160	14.040	14.250	
2.PESO DEL MOLDE (Kg)	3.392	3.392	3.392	
3.PESO DEL MATERIAL (Kg)(1-2)	10.768	10.648	10.858	
4.VOLUMEN DEL MOLDE	0.00704	0.00704	0.00704	
5.PESO UNITARIO MATERIAL (Kg/m <sup>3</sup> )(3/4)	1530	1513	1542	<b>1528</b>
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>	<b>PROMEDIO</b>
1.PESO MATERIAL + MOLDE (Kg)	15.120	15.090	15.150	
2.PESO DEL MOLDE (Kg)	3.392	3.392	3.392	
3.PESO DEL MATERIAL (Kg)(1-2)	11.728	11.698	11.758	
4.VOLUMEN DEL MOLDE	0.00704	0.00704	0.00704	
5.PESO UNITARIO DE MATERIAL (Kg/m <sup>3</sup> ) (3/4)	1666	1662	1670	<b>1666</b>

Fuente: Autor



Figura 25. Peso unitario del agregado fino

Fuente: Autor

Tabla 11. Peso unitario del agregado grueso

<b>VOLUMEN DE MOLDE CILINDRICO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>	<b>PROMEDIO</b>
1.PESO DEL MOLDE (Kg)	5.896	5.896	5.896	
2.PESO DEL MOLDE + AGUA (Kg)	19.897	19.897	19.897	
3.PESO DEL AGUA (Kg)	14.001	14.001	14.001	
4.FACTOR DE CALIBRACION DEL AGUA (Kg/m <sup>3</sup> )	1000	1000	1000	
5.VOLUMEN DEL MOLDE (m <sup>3</sup> )	0.01400	0.01400	0.01400	<b>0.01400</b>
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>	<b>PROMEDIO</b>
1.PESO MATERIAL + MOLDE (Kg)	25.600	25.420	25.320	
2.PESO DEL MOLDE (Kg)	5.896	5.896	5.896	
3.PESO DEL MATERIAL (Kg)(1-2)	19.704	19.524	19.424	
4.VOLUMEN DEL MOLDE	0.01400	0.01400	0.01400	
5.PESO UNITARIO MATERIAL (Kg/m <sup>3</sup> )(3/4)	1407	1394	1387	<b>1396</b>
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>	<b>PROMEDIO</b>
1.PESO MATERIAL + MOLDE (Kg)	26.680	26.770	26.770	
2.PESO DEL MOLDE (Kg)	5.896	5.896	5.896	
3.PESO DEL MATERIAL (Kg)(1-2)	20.784	20.874	20.874	
4.VOLUMEN DEL MOLDE	0.01400	0.01400	0.01400	
5.PESO UNITARIO DE MATERIAL (Kg/m <sup>3</sup> ) (3/4)	1484	1491	1491	<b>1489</b>

Fuente: Autor



*Figura 26. Llenado del agregado grueso a la olla*

Fuente: Autor

#### **4.1.5. Contenido de humedad**

Según la norma técnica peruana 339.185 -2002 establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o agregado grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los materiales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método.

La norma ASTM C 566 – 97 indica que este método de ensayo cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado, la humedad superficial y la humedad en los poros del agregado. Algunos agregados pueden contener agua que está químicamente combinada con los minerales en el agregado. Dicha agua no es evaporable y no está incluida en el porcentaje determinado por este método de ensayo.

Este método de ensayo es suficientemente exacto para propósitos usuales, tales como ajuste en peso de las cantidades de materiales en una revoltura de concreto. Este

generalmente mide la humedad en la muestra de ensayo más confiablemente que la muestra hecha para representar el agregado suministrado. En casos donde el agregado es alterado por calor o donde se requieren medidas más refinadas, el ensayo puede ser dirigido usando un horno de temperatura controlada, ventilado.

Partículas grandes de agregado grueso, especialmente aquellos más grandes que 50 mm (2 pulg.), requerirán mayor tiempo para que la humedad viaje del interior de la partícula a la superficie. El uso de este método de ensayo será determinado por tentativas, si métodos de secado rápido proporcionan suficiente exactitud para el uso pretendido, cuando se secan partículas de tamaño grande.

Calculo del contenido de humedad:

$$P = \frac{W - D}{D} \times 100$$

Donde:

p = Contenido de humedad de la muestra, (%)

W = Masa de la muestra original, (g)

D = Masa de la muestra seca, (g)

## **4.2. FIBRAS DE ACERO**

### **4.2.1. SIKA FIBER CHO 65/35 NB**

#### **4.2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**

Son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto tradicional y concreto proyectado (shotcrete) especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Sika Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (l/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.

#### **USOS**

Sika Fiber CHO 65/35 NB, otorga una alta capacidad de soporte al **concreto** en un amplio rango de aplicaciones y especialmente concreto proyectado (shotcrete) reduciendo tiempo y costos asociados al tradicional reforzamiento con mallas de acero; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto.

En concretos pre-fabricados reforzados; en losas de pisos industriales (tráfico alto, medio y ligero) en losas y cimientos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puertos, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc.

#### **CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS**

- Incrementa la resistencia del concreto al impacto, fatiga y a la fisuración.
- Incrementar la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión).
- Reducción de la fisuración por retracción.
- No afecta los tiempos de fraguado.
- Su condición de encolada (pegada) asegura una distribución uniforme en el concreto y shotcrete vía húmeda.
- Relación longitud / diámetro igual a 65 para un máximo rendimiento.
- Extremos conformados para obtener máximo anclaje mecánico en el concreto.

#### **4.2.2. DATOS BÁSICOS**

##### **4.2.2.1. FORMA**

COLORES: Negro

ASPECTO: Fibras de Acero pegadas

PRESENTACIÓN: Sacos de papel x 20 kg.

##### **4.2.2.2. DATOS TÉCNICOS**

LONGITUD: 35 mm con extremos conformados.

DIÁMETRO DE LA FILA: 0.54 mm

RELACIÓN LONGITUD/ DIÁMETRO: 65

RESISTENCIA A TRACCIÓN: 1350 MPa +/- 7.5%

ELONGACIÓN DE ROTURA: 4% máx.

NORMAS: Sika Fiber CHO 65/35 NB cumple con las normas ASTM A 820 “Steel

Fibers for Reinforced Concrete” Tipo I y DIN 17140-D9 para acero de bajo contenido de carbono.

### **4.2.3. INFORMACIÓN DEL SISTEMA**

#### **4.2.3.1. DETALLES DE APLICACIÓN**

##### **CONSUMO / DOSIS**

Normalmente entre 20 y 50 kg. de Sika Fiber CHO 65/35 NB por m<sup>3</sup> de concreto. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la cantidad exacta de fibra de acero a utilizar de acuerdo a los índices de tenacidad o energía absorbida especificada del concreto.

#### **4.2.3.2. MÉTODO DE APLICACIÓN**

Sika Fiber CHO 65/35 NB se puede agregar en la tolva de pesado de la dosificadora de concreto, en la correa de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada caso:

- En la tolva de pesado de la dosificadora, abra las bolsas y vacíe las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras mientras el mixer de concreto está rotando a alta velocidad (12 rpm o más). Vaciar un máximo de 60 kg. De fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras, mezclar 5 minutos adicionales y chequear visualmente su distribución; mezclar 30 segundos adicionales si la distribución no es uniforme.
- En la mezcladora de concreto, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras y mezclar por 30 segundos por cada pie cúbico a menos que se observe una distribución homogénea en menor tiempo.

##### **OBSERVACIONES TÉCNICAS**

No agregue Sika® Fiber CHO 65/35 NB al mezclador antes de los áridos. Las bolsas con papel hidrosolubles pueden agregarse directamente al concreto.

#### **4.2.4. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

##### **4.2.4.1. PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACION**

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

##### **4.2.4.2. OBSERVACIONES**

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

##### **4.2.4.3. NOTAS LEGALES**

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que, de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe).

### **4.3. DISEÑO DE MEZCLA PATRON**

Según la norma E.060 del reglamento nacional de edificaciones (RNE) en el capítulo 5 (calidad del concreto, mezclado y colocación), menciona que, para la dosificación de mezcla de prueba, se requiere tres diseños de mezcla con diferente relación agua-cemento.

#### **4.3.1. DOSIFICACIÓN MÉTODO ACI.**

Dosificar, consiste en encontrar las proporciones adecuadas de los elementos constitutivos para formar una mezcla de concreto con propiedades físicas y mecánicas esperadas.

Existen muchas investigaciones relacionadas con los aspectos teóricos del diseño de mezclas, en buena parte como un procedimiento empírico. Y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño, están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión a los 28 días de edad.

En general existen dos métodos de dosificación que se usan comúnmente, el método propuesto por el ACI. De este es el que arroja mejores resultados es el método ACI, debido a que se basa en encontrar la proporción óptima para llenar todos los vacíos de la mezcla.

Bajo este concepto, la aplicación del método de diseño de mezclas basado en la ACI de los agregados cobra importancia, debido a la gran variedad de agregados que se dispone en nuestro país, los cuales muchas veces no cumplen las normas establecidas para ser usados en el método ACI. El fundamento de éste método de diseño de mezclas es el de utilizar la cantidad de pasta mínima necesaria para obtener un concreto de buena calidad, para lo cual es necesario obtener una combinación de agregados que deje el menor porcentaje de vacíos posible.

Para la investigación se usará el método de dosificación del ACI. Basándose en la norma E.060 de concreto armado cumpliendo el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE).

### 4.3.2. DISEÑO

El diseño de mezclas permite comprobar si la dosificación planteada logra cumplir los requerimientos de diseño, esto permite corregir (aumentando o disminuyendo) los elementos constitutivos de la mezcla antes de realizar las mezclas definitivas.

#### ➤ CONDICIONES DE DISEÑO

Tabla 12. Condiciones de diseño.

$f'c =$	280	Kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia característica
A/C =	0.465	-	Relación de agua cemento
Slump=	6 a 7	cm	Asentamiento
Tipo de cemento	Cemento QHUNA tipo MS		
Tipo de agua	Agua potable (agua de grifo)		

#### 1. Cálculo

$f'cr$  (Resistencia Promedio Requerida)

$$f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$$

Según: Tabla 5.3: Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.

Tabla 13. Resistencia promedio requerida.

Resistencia especificada a la compresión. MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7.0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8.5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1.1f'c + 5.0$

$$f'c=280+8.5$$

$$f'c=365 \text{ Kg/cm}^2$$

2. Contenido de aire atrapado

Haciendo el huso de la Tabla 2 del ACI se obtiene el Tamaño Máximo Nominal

Tabla 14. Contenido de aire atrapado.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado (%)
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Aire atrapado es 2%

3. Contenido de agua

Slump 6" – 7"

Tabla 15. Contenido de agua.

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

Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Agua=216 Lt.

4. Relación agua/cemento (A/C)

Tabla 16. Relación de agua cemento (A/C).

f ' c (kg/cm <sup>2</sup> )	Relacion agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	incorporado concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Interpolando

$$350 \rightarrow 0.48$$

$$365 \rightarrow X$$

$$400 \rightarrow 0.43$$

$$X = 0.43 - \frac{(400 - 365)(0.43 - 0.48)}{400 - 350}$$

$$X = 0.465$$

5. Contenido de cemento

$$\frac{216}{C} = 0.465$$

$$C = 464.516$$

$$Factor C = \frac{464.516}{42.5} = 10.93 \cong 11 \text{ bolsas}$$

### 4.3.3. Diseño N°1

Tabla 17. Calculo de dosificación de diseño 1.

<b>CALCULO DE DOSIFICACION</b>														
<b>I. PROPIEDADES FÍSICAS Y FORMULACIÓN DEL DISEÑO</b>			<b>Factor de tanda</b>							<b>1.00</b>				
<b>N</b>	<b>Material</b>		<b>Procedencia</b>	<b>Propiedades Físicas del Agregado, Cemento y Aditivo</b>						<b>Formulación del Concreto</b>				
				<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Absorción (%)</b>	<b>MF</b>	<b>Peso Unitario Suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso Unitario Compactado (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Malla &gt; 200</b>	<b>Peso sss (kg)</b>	<b>Volumen absoluto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso corregido por humedad (kg)</b>	<b>Peso de la tanda (kg)</b>
1	Cemento Tipo MS		QHUNA	3160							465	0.1470	465	464.52
2	Agua		Premezclados	1000							216	0.2160	222	221.71
3	Arena Gruesa	100.00 %	CANTERA LAREDO	2635	0.99	2.88	1528	1666	1.01	2.22	849	0.3223	849	849.48
4	Piedra chancada TMN 3/4" - 1/2"	100.00 %	CANTERA BAUNER	2760	1.44	4.82	1396	1489	0.75	0.29	855	0.3097	849	848.84
5	% Aire Atrapado											0.0150		
<b>Peso Total (kg.)</b>											<b>2384.55</b>	<b>1.0100</b>	<b>2384.55</b>	<b>2384.55</b>

Fuente: Autor.

#### 4.3.4. Diseño N°2

Tabla 18. Calculo de dosificación de diseño 2.

#### CALCULO DE DOSIFICACION

I. PROPIEDADES FÍSICAS Y FORMULACIÓN DEL DISEÑO			Factor de tanda							1.00				
N	Material		Procedencia	Propiedades Físicas del Agregado, Cemento y Aditivo						Formulación del Concreto				
				Peso Especifico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)	MF	Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	Humedad (%)	Malla > 200	Peso sss (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso corregido por humedad (kg)	Peso de la tanda (kg)
1	Cemento Tipo MS		QHUNA	3160							460	0.1454	460	459.57
2	Agua		Premezclados	1000							216	0.2160	222	221.72
3	Arena Gruesa	100.00%	CANTERA LAREDO	2635	0.99	2.88	1528	1666	1.01	2.22	851	0.3231	852	23.84
4	Piedra chancada TMN 3/4" - 1/2"	100.00%	CANTERA BAUNER	2760	1.44	4.82	1396	1489	0.75	0.29	857	0.3104	851	23.83
5	% Aire Atrapado	1.50%										0.0150		
<b>Peso Total (kg.)</b>											<b>2383.82</b>	<b>1.0100</b>	<b>2383.82</b>	<b>2383.82</b>

Fuente: Autor.

### 4.3.5. Diseño N°3

Tabla 19. Calculo de dosificación de diseño 3.

#### CALCULO DE DOSIFICACION

I. PROPIEDADES FÍSICAS Y FORMULACIÓN DEL DISEÑO			Factor de tanda							1.00				
N°	Material		Procedencia	Propiedades Físicas del Agregado, Cemento y Aditivo						Formulación del Concreto				
				Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)	MF	Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	Humedad (%)	Malla > 200	Peso sss (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso corregido por humedad (kg)	Peso de la tanda (kg)
1	Cemento Tipo MS		QHUNA	3160							455	0.1439	455	454.74
2	Agua		Premezclados	1000							216	0.2160	222	221.74
3	Arena Gruesa	100.00%	CANTERA LAREDO	2635	0.99	2.88	1528	1666	1.01	2.22	853	0.3239	854	853.64
4	Piedra chancada TMN 3/4" - 1/2"	100.00%	CANTERA BAUNER	2760	1.44	4.82	1396	1489	0.75	0.29	859	0.3112	853	852.99
5	% Aire Atrapado	1.50%										0.0150		
<b>Peso Total (kg.)</b>											<b>2383.11</b>	<b>1.0100</b>	<b>2383.11</b>	<b>2383.11</b>

Fuente: Autor.

#### 4.4. RESULTADOS PARA LA ELECCION DEL DISEÑO DE MEZCLAS PATRON

##### 4.4.1. EN ESTADO FRESCO

Para determinar el asentamiento adecuado del diseño patrón, se realizó un ensayo al término de cada preparación de tanda y se repitió el mismo proceso a cada 30 minutos con la finalidad de ver de cuán trabajable es el concreto a medida que pase el tiempo, tal como se muestra los resultados en la tabla (N° 19) asimismo se aprecia los detalles en las figuras (27; 28 y 29).

Tabla 20. Trabajabilidad (Slump) del diseño 1;2;3

Diseño de mezcla	Slump (pulg.)		
	Inicial	A 30 min	A 60 min
diseño N° 1	7"	5"	4"
diseño N° 2	7 1/4"	6"	3 1/2"
diseño N° 3	7"	4"	2"

Fuente: Autor

En la figura (27) se muestra como varían los asentamientos iniciales por cada diseño de mezcla. El Diseño N°2 tiene un asentamiento de 7.25 pulgadas a comparación del diseño N°1 y N°3 que tienen un asentamiento de 7 pulgadas.

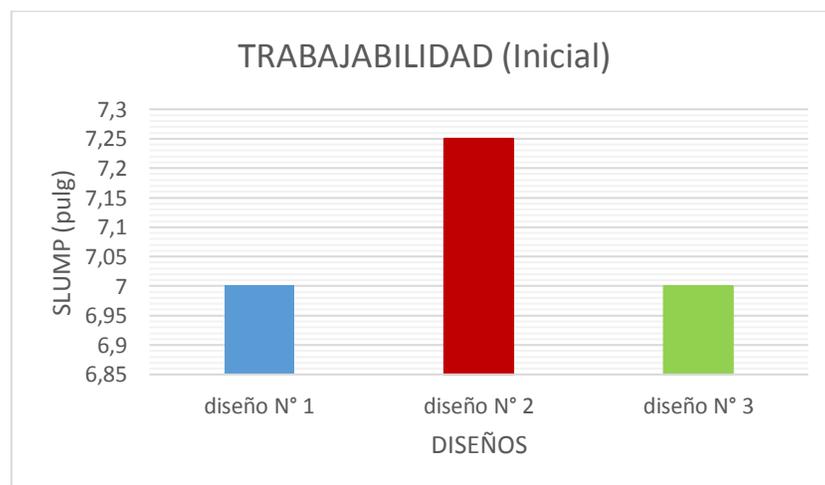
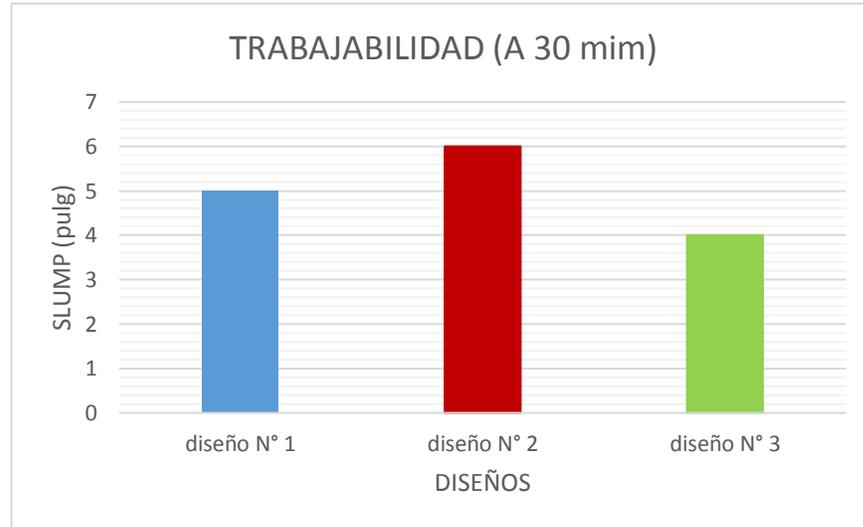


Figura 27. Trabajabilidad (Slump) inicial.

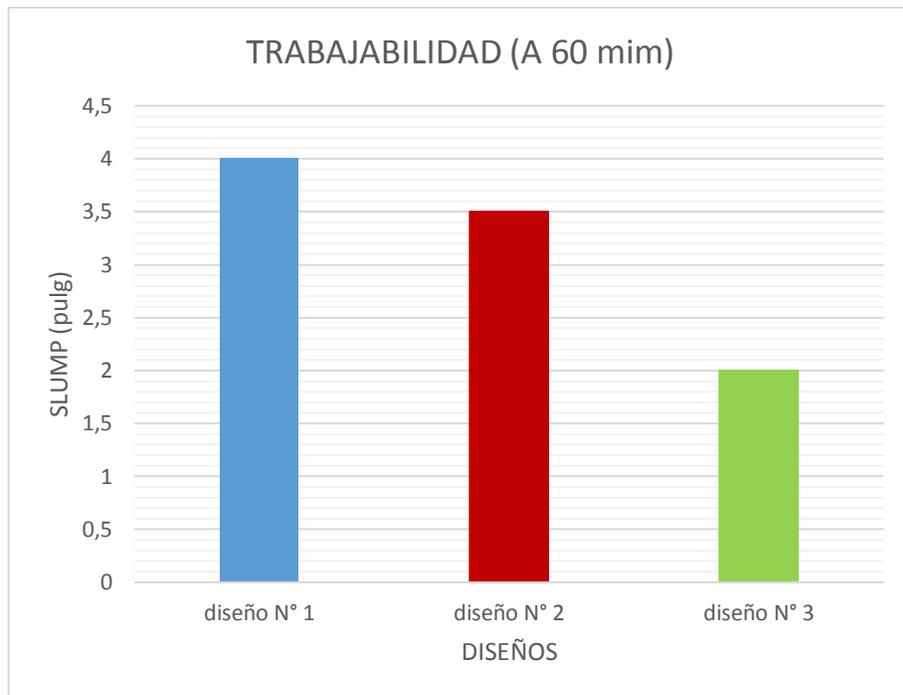
Fuente: Autor

En la figura (N°28) se muestra los asentamientos a 30 minutos transcurridos desde el ensayo inicial, observando que el Diseño N°1 ha disminuido 2 pulgadas, el Diseño N°2 ha disminuido 1.25 pulgadas y el Diseño N°3 ha descendido 3 pulgadas.



*Figura 28. Trabajabilidad (slump) 30 minutos.*  
Fuente: Autor

En la figura (N°29) se parecía los diseños de mezcla que ya habiendo transcurrido una hora desde el ensayo inicial se observa la variación de asentamientos en cada uno de ellos, donde el Diseño N°1 aún tiene una alta trabajabilidad con 4 pulgadas de slump en comparación de los demás diseños, en el Diseño N°2 su asentamiento es 3.5 pulgadas y el Diseño N°3 ha disminuido a 2 pulgadas luego del segundo ensayo, lo cual lleva a concluir que su duración de trabajabilidad des estos diseños no es conveniente para trabajar en obra.



*Figura 29. Trabajabilidad (slump) inicial.*

Fuente: Autor

#### 4.4.2. EN ESTADO ENDURECIDO

Luego de la elaboración de las probetas cilíndricas se procede a realizar los ensayos a compresión en sus edades correspondientes de 7; 14 y 28 días de curado en las pozas tal como indica la NTP 339.034 así como también la norma ASTM C39.

Tabla 21. Ensayo a compresión del Diseño N°1.

Nombre del cilindro		fecha de elaboración	Número de días	D	Hc	Ac	V	Mc	Dc	Carga	Esfuerzo cal.	PROMEDIO	PORCENTAJE
				cm	cm	cm2	cm3	g	g/cm3	Kg	Kg/cm2	Kg/cm2	%
Cilindros de Prueba	D1 - 280 MS	20/01/2018	7	10	20	78.5	1570	3780	2.41	23798	303	307	109.64
				10	20	78.5	1570	3790	2.41	24209	308		
				10	20	78.5	1570	3785	2.41	24335	310		
	D1 - 280 MS	21/01/2018	14	10	20	78.5	1570	3780	2.41	29351	374	394	140.71
				10	20	78.5	1570	3780	2.41	31486	401		
				10	20	78.5	1570	3790	2.41	31936	407		
	D1 - 280 MS	22/01/2018	28	10	20	78.5	1570	3790	2.41	33063	421	423	151.07
				10	20	78.5	1570	3785	2.41	33958	433		
				10	20	78.5	1570	3788	2.41	32685	416		

Fuente: Autor

En la figura (30) se muestra la curva de la resistencia del concreto en sus diferentes edades.

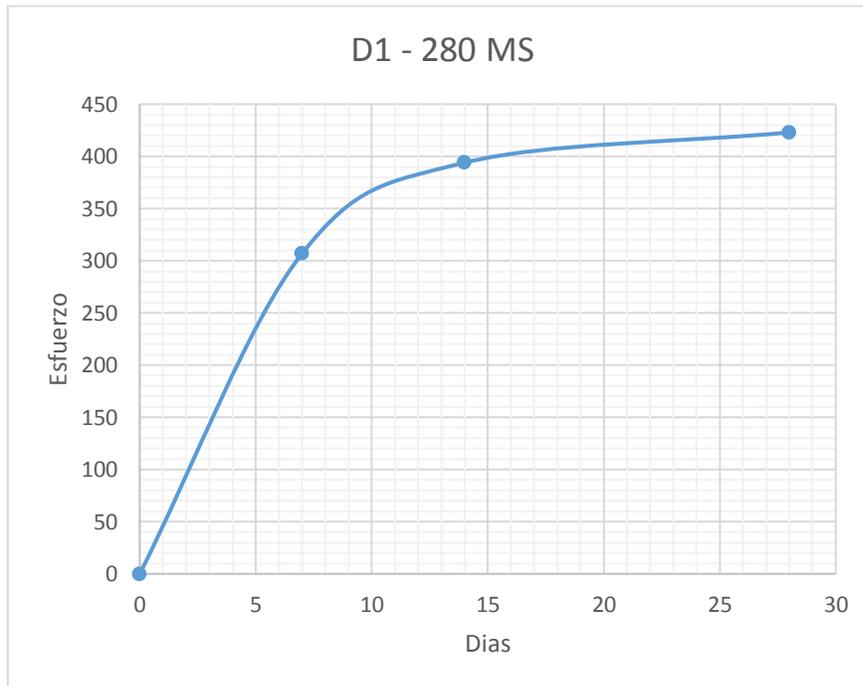


Figura 30. Ensayo a compresión del Diseño N°1

Fuente: Autor

En la tabla N°22 se muestra los resultados de la resistencia a la compresión del Diseño N°2 en sus tres periodos de curado que son a 7; 14 y 28 días.

Tabla 22. Ensayo a compresión del Diseño N°2.

Nombre del cilindro	fecha de elaboración	Número de días	D	Hc	Ac	V	Mc	Dc	Carga	Esfuerzo	PROMEDIO	PORCENTAJE	
			cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	g	g/cm <sup>3</sup>	Kgf	Kgf/cm <sup>2</sup>			Kgf/cm <sup>2</sup>
Cilindros de Prueba	D2 - 280 MS	20/01/2018	7	10	20	78.5	1570	3780	2.41	22204	283	291	103.93
				10	20	78.5	1570	3790	2.41	22843	291		
				10	20	78.5	1570	3785	2.41	23514	300		
	D2 - 280 MS	21/01/2018	14	10	20	78.5	1570	3780	2.41	29299	373	372	132.86
				10	20	78.5	1570	3780	2.41	28946	369		
				10	20	78.5	1570	3790	2.41	29380	374		
	D2 - 280 MS	22/01/2018	28	10	20	78.5	1570	3790	2.41	32372	412	404	144.29
				10	20	78.5	1570	3785	2.41	32621	416		
				10	20	78.5	1570	3788	2.41	30234	385		

Fuente: Autor

En la figura (31) se muestra la curva de la resistencia del concreto en sus diferentes edades.

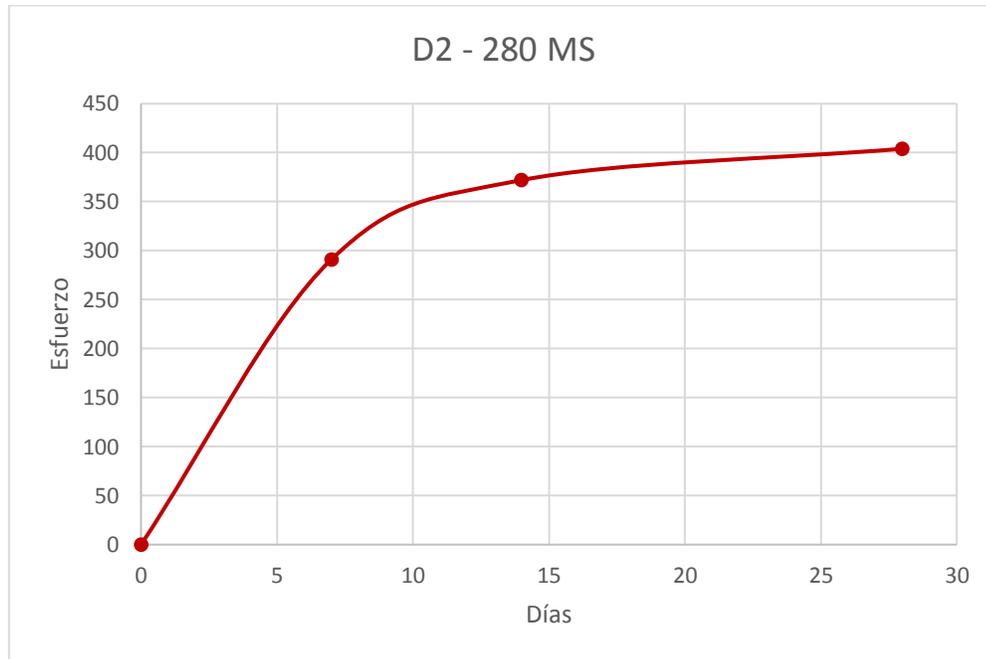


Figura 31. Ensayo a compresión del diseño2

Fuente: Autor

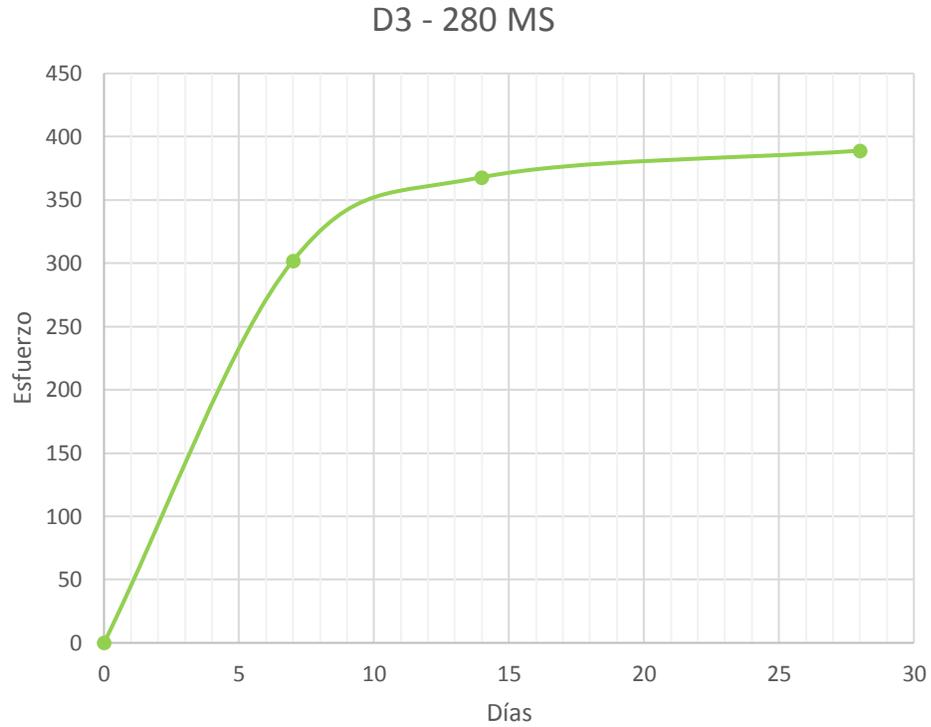
En la Tabla (N°23) se muestra los resultados de los ensayos a compresión de 7; 14 y 28 días de curados en las pozas.

Tabla 23. Ensayo a compresión del diseño3

Nombre del cilindro	fecha de elaboración	Número de días	D	Hc	Ac	V	Mc	Dc	Carga	Esfuerzo	PROMEDIO	PORCENTAJE	
			cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	g	g/cm <sup>3</sup>	Kgf	Kgf/cm <sup>2</sup>			Kgf/cm <sup>2</sup>
Cilindros de Prueba	D3 - 280 MS	20/01/2018	7	10	20	78.5	1570	3780	2.41	23798	303	302	107.86
				10	20	78.5	1570	3790	2.41	23841	304		
				10	20	78.5	1570	3785	2.41	23489	299		
	D3 - 280 MS	21/01/2018	14	10	20	78.5	1570	3780	2.41	27933	356	368	131.43
				10	20	78.5	1570	3780	2.41	30294	386		
				10	20	78.5	1570	3790	2.41	28505	363		
	D3 - 280 MS	22/01/2018	28	10	20	78.5	1570	3790	2.41	30166	384	389	138.93
				10	20	78.5	1570	3785	2.41	31175	397		
				10	20	78.5	1570	3788	2.41	30309	386		

Fuente: Autor

En la figura (32) se muestra la curva de la resistencia del concreto en sus diferentes edades.



*Figura 32. Ensayo a compresión del diseño3.*

Fuente: Autor

En la figura (N°33) se muestra el comparativo de las tres graficas de la resistencia a la compresión del Diseño N°1, Diseño N°2 y Diseño N°3 en conjunto, con la finalidad de determinar el mejor diseño de mezcla para luego adicionar la fibra. En este caso el diseño más adecuado y trabajable al adicionar las fibras en sus respectivos porcentajes, para no tener inconvenientes en sus propiedades físicas.

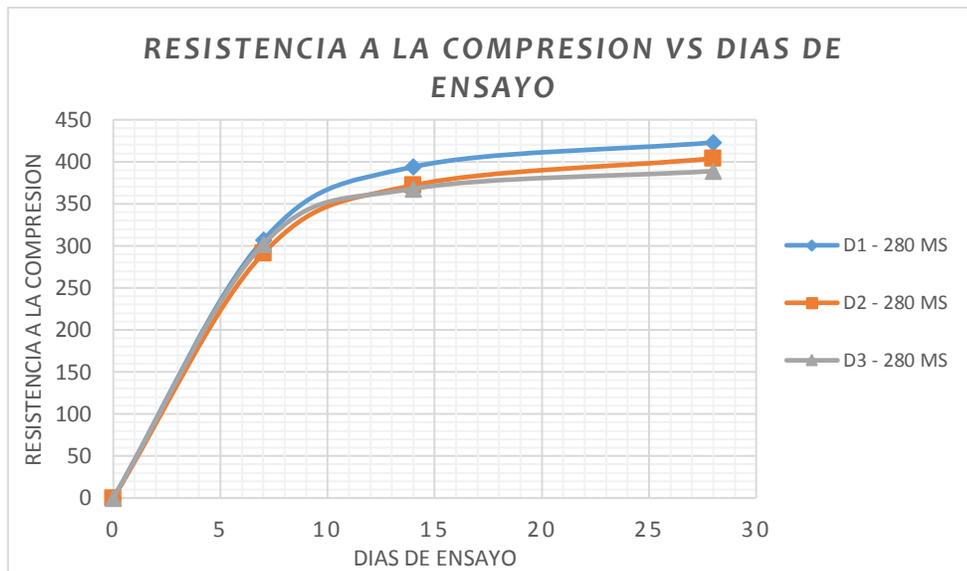


Figura 33. Comparación de los 3 diseños.

Fuente: Autor

Tabla 24. Relación de

agua cemento

A 28 días		
DISEÑO	A/C	F'c (kgF/cm2)
D1	0.465	423
D2	0.47	404
D3	0.475	389

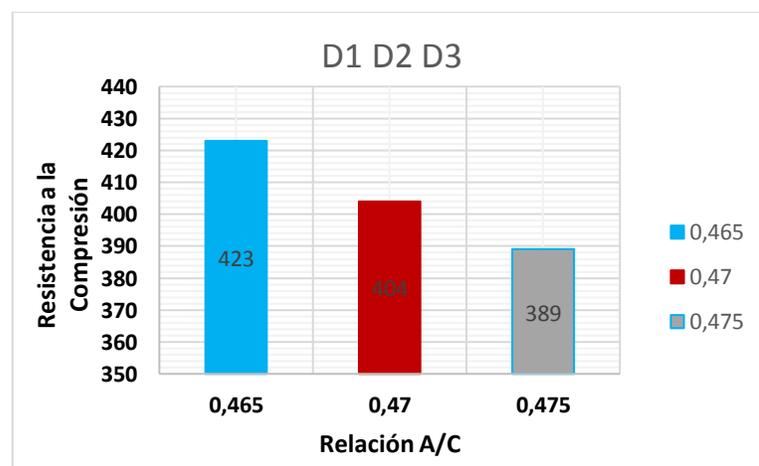


Figura 34. Relación agua cemento vs resistencia a la compresión.

#### 4.5. DOSIFICACION DE MEZCLAS PARA ENSAYOS

Ya teniendo elegido el diseño patrón se procede a realizar la adición correspondiente de fibras de acero CHO 65/35 NB.

##### 4.5.1. DISEÑO SIN FIFRAS.

Tabla 25. Calculo de dosificación de diseño patrón.

#### CALCULO DE DOSIFICACION

##### I. PROPIEDADES FÍSICAS Y FORMULACIÓN DEL DISEÑO

N°	Material		Procedencia	Factor de tanda 1.00						Formulación del Concreto				
				Propiedades Físicas del Agregado, Cemento y Aditivo						Peso <sub>SSS</sub> (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso corregido por humedad (kg)	Peso de la tanda (kg)	
				Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)	MF	Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	Humedad (%)					Malla > 200
1	Cemento Tipo MS		QHUNA	3160							465	0.1470	465	464.52
2	Agua		Premezclados	1000							216	0.2160	222	221.71
3	Arena Gruesa	100.00%	CANTERA LAREDO	2635	0.99	2.88	1528	1666	1.01	2.22	849	0.3223	849	849.48
4	Piedra chancada TMN 3/4" - 1/2"	100.00%	CANTERA BAUNER	2760	1.44	4.82	1396	1489	0.75	0.29	855	0.3097	849	848.84
5	% Aire Atrapado	1.50%										0.0150		
<b>Peso Total (kg.)</b>											<b>2384.55</b>	<b>1.0100</b>	<b>2384.55</b>	<b>2384.55</b>

Fuente: Autor

#### 4.5.2. DISEÑO CON FIBRAS DE ACERO 1.5%

Tabla 26. Dosificación con 1.5% fibras de acero CHO 65/35 NB.

#### CALCULO DE DOSIFICACION Y AJUSTES

I. PROPIEDADES FÍSICAS Y FORMULACIÓN DEL DISEÑO			Factor de tanda 1.00												
N°	Material		Procedencia	Propiedades Físicas del Agregado, Cemento						Formulación del Concreto					
				Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)	MF	Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	Humedad (%)	Malla > 200	Peso sss (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso corregido por humedad (kg)	Peso de la tanda (kg)	
1	Cemento Tipo MS		QHUNA	3160							465	0.1470	465	464.52	
2	Agua		Premezclados	1000							216	0.2160	222	221.71	
3	Arena Gruesa	100.00%	CANTERA LAREDO	2635	0.99	2.88	1528	1666	1.01	2.22	849	0.3223	849	849.84	
4	Piedra chancada TMN 3/4" - 1/2"	100.00%	CANTERA BAUNER	2760	1.44	4.82	1396	1489	0.75	0.29	855	0.3097	849	848.84	
	% Aire Atrapado	1.50%										0.0150			
<b>Peso Total (kg.)</b>											2384.55	1.0100	2384.55	2384.55	
<b>Fibra CHO 65/35-NB</b>														1.5%	35.768

Fuente: Autor

### 4.5.3. DISEÑO CON FIBRAS DE ACERO 3%

Tabla 27. Dosificación con 3% fibras de acero CHO 65/35 NB.

#### CALCULO DE DOSIFICACION Y AJUSTES

##### I. PROPIEDADES FÍSICAS Y FORMULACIÓN DEL DISEÑO

N°	Material		Procedencia	Propiedades Físicas del Agregado, Cemento y Aditivo						Formulación del Concreto				
				Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)	MF	Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	Humedad (%)	Malla > 200	Peso sss (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso corregido por humedad (kg)	Peso de la tanda (kg)
1	Cemento Tipo MS		QHUNA	3160							465	0.1470	465	464.52
2	Agua		Premezclados	1000							216	0.2160	222	221.71
3	Arena Gruesa	100.00%	CANTERA LAREDO	2635	0.99	2.88	1528	1666	1.01	2.22	849	0.3223	849	849.48
4	Piedra chancada TMN 3/4" - 1/2"	100.00%	CANTERA SAN BAUNER	2760	1.44	4.82	1396	1489	0.75	0.29	855	0.3097	849	848.84
5	% Aire Atrapado	1.50%										0.0150		
<b>Peso Total (kg.)</b>											<b>2384.55</b>	<b>1.0100</b>	<b>2384.55</b>	<b>2384.55</b>
<b>Fibra CHO 65/35-NB</b>													<b>3%</b>	<b>71.536</b>

Fuente: Autor.

## **4.6. RESULTADOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**

### **4.6.1. TRABAJABILIDAD (SLUMP)**

Este ensayo se le hace al concreto fresco para determinar, su consistencia o fluidez.

Las muestras a las que se aplica este procedimiento no deberán ser menor de 6" ni mayor a 7" de asentamiento.

Según la norma NTP 339.035 y ASTM C 143 Este método de ensayo fue originalmente desarrollado para proporcionar una técnica para monitorear la consistencia de un concreto no endurecido. Bajo condiciones de laboratorio, con estricto control de todos los materiales del concreto, el revenimiento es generalmente encontrado para incrementar proporcionalmente con el contenido de agua de una mezcla de concreto dada, y por lo tanto ser inversamente vinculado con la resistencia del concreto. Bajo condiciones de campo, sin embargo, como una relación de resistencia no está clara y consistentemente demostrado. Cuidados deberían ser tomados en resultados de revenimiento relativos a resistencia obtenida bajo condiciones de campo.

Moldes – El espécimen de ensayo será formado en un molde metálico que no sea susceptible al ataque de la pasta de cemento. La lámina metálica no será menor que el calibre No. 16 (BWG) y la unión estará formada por un proceso de doblado, este no tendrá puntos en el molde, en el cual su espesor es menor que 0.045 pulg. (1.14 mm). El molde tendrá la forma en la superficie lateral de un cono truncado con una base de 8 pulg. (203 mm) de diámetro, en la parte superior 4 pulg. (102 mm) de diámetro y una altura de 12 pulg. (305 mm). Los diámetros individuales y la altura tendrán una tolerancia de 1/8 pulg. (3.2 mm) en las dimensiones prescritas. La base y la parte superior serán abiertas y paralelas uno respecto a la otra y en ángulo recto con el eje del cono. El molde estará provisto con piezas para el pie y agarraderos. El molde puede ser construido con o sin costura. Cuando se requiera costura. El interior del molde será relativamente liso y libre de proyecciones tales como remaches salientes. El molde estará libre de abolladuras. Un molde que tiene una sujeción firme a una base no absorbente es aceptable en lugar del ilustrado, provisto de sujetadores convenientemente dispuestos para que pueda quitarse completamente sin mover el molde. 5.2 Apisonador. El apisonador será una varilla de acero recta y lisa de 5/8 pulg. (16 mm) de diámetro y aproximadamente 24 pulg. (600 mm) de longitud, teniendo un extremo redondeado de tipo semiesférico con diámetro de 5/8 pulg.

Tabla 28. Trabajabilidad de los tres diseños (Slump).

Diseño de mezcla	Slump		
	inicial	30 min	60 min
sin fibras	7"	5"	4"
con 1.5% de fibras	6 3/4"	5 1/2"	3 1/2"
con 3% de fibras	6 1/2"	4 1/2"	2"

Fuente: Autor



Figura 35. Trabajabilidad del concreto (slump)

Fuente: Autor

#### 4.6.2. EXUDACION

Según la norma ASTM C232. Este método de ensayo proporciona los procedimientos para determinar los efectos de variables de composición, manejo, medio ambiente y otros factores sobre la exudación del concreto. También el método puede ser usado para determinar la conformidad de un producto o manejo con un requisito relacionado con su efecto sobre la exudación del concreto.

Durante el ensayo, se mantiene la temperatura ambiente entre 18 y 24°C (65 y 75°F). Inmediatamente después de alisar la superficie del espécimen, se registra el tiempo y se determina la masa del recipiente y su contenido. Se coloca el espécimen en su recipiente sobre una plataforma nivelada o sobre un piso libre de cualquier vibración perceptible y se cubre el recipiente para prevenir la evaporación del agua exudada. Se mantiene la tapa del recipiente durante todo el ensayo salvo cuando se extrae el agua exudada. El agua que se ha acumulado en la superficie se extrae (con una pipeta o instrumento similar) a intervalos de 10 min durante los primeros 40 min y luego a intervalos de 30 min hasta que se termina la exudación anotando el tiempo de la última observación. Para facilitar la colección del agua exudada, se procede a inclinar el espécimen cuidadosamente, colocando una pieza de 50 mm (2 pulg) de espesor bajo uno de los lados del recipiente, unos 2 min antes de la extracción del agua, y luego después de que se ha extraído el agua, se regresa al recipiente a su posición original sin agitarlo. Después de cada extracción, se transfiere el agua a una probeta graduada de 100mL. Se registra la cantidad acumulada de agua después de cada transferencia. Cuando solo se necesita determinar la cantidad total de agua de exudación se puede omitir el procedimiento de extracción periódica descrito y remover la cantidad total de agua exudada en una sola operación. Si lo que se desea determinar es la masa de agua de exudación excluyendo el material sólido presente en el agua, se debe decantar cuidadosamente el contenido de agua exudada de la probeta, a un Beaker (vaso de metal). Se determina y registra la masa del Beaker (vaso de metal) y su contenido. Luego se seca el Beaker (vaso de metal) y su contenido hasta masa constante y se registra su masa final. La diferencia entre las dos masas,  $D$ , es igual a la masa del agua de exudación. La masa del lodo puede ser obtenida también si se desea, determinando inicialmente la masa de la tara del Beaker (vaso de metal).

Tabla 29. Exudación del concreto.

Diseño de mezcla	exudación			
	peso molde	pesos °C	10 mim (ml)	40 mim (ml)
sin fibras	3.392	14.54	2	5
con 1.5% de fibras	3.392	14.596	3.5	7.5
con 3% de fibras	3.392	14.492	4	9

Fuente: Autor

#### 4.6.3. SEGREGACIÓN.

La segregación del concreto es la separación de sus componentes una vez amasado provocando que la mezcla de hormigón fresco presente una distribución de sus partículas no uniforme. Si un presenta buena resistencia a segregación, eso significa que los agregados estén uniformemente distribuidos en la mezcla, tanto en dirección vertical como en horizontal.

Los problemas de la segregación del concreto surgen con los trabajos de colocación y compactación, con el resultado de estructuras con defectos como poros y coqueras. La mezcla adecuada de los agregados y demás componentes de la masa y la homogeneidad del concreto fresco se logra en la amasadora y en la hormigonera, pero esta mezcla puede dislocarse durante el transporte, el vertido y durante el compactado, dando lugar a que los elementos constitutivos del hormigón tiendan a separarse uno de otros y a decantarse de acuerdo con su tamaño y densidad. La segregación puede originar hormigones con superficies mal acabadas, con coqueras o, al contrario, con exceso de mortero, con una repercusión negativa en la durabilidad y resistencias mecánicas del hormigón.



Figura 36. Segregación del concreto.

#### 4.6.4. COMPACTABILIDAD

Es la medida de la facilidad con que puede compactarse el concreto fresco. Existen varios métodos que establecen el denominado “Factor de compactación”, que evalúa la cantidad de trabajo que se necesita para la compactación total, y que consiste en el cociente entre la densidad suelta del concreto en la prueba, dividido entre la densidad del concreto compactado.

En nuestro medio no es usual disponer del equipo para la prueba standard que es no obstante no es muy difícil ni caro implementarlo ya que es muy útil en cuanto a la información que suministra.

#### 4.6.5. PESO UNITARIO

Según esta la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.046 establece un método de ensayo para determinar la densidad del (concreto) fresco y da las fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento y el contenido de aire del hormigón (concreto). El rendimiento se define como el volumen de (concreto) producido con una mezcla de cantidades conocidas de los materiales componentes.

Seleccionar el método de consolidación del concreto en ensayo, en función del asentamiento del mismo, a menos que el método esté definido en las especificaciones del trabajo que se está realizando. Los métodos de consolidación son apisonado y vibración interior. Para concretos con un asentamiento mayor que 75 mm se debe aplicar el método de apisonado. Para concretos con asentamiento entre 25 mm a 75 mm se aplica apisonado o vibrado. Hormigones (concretos) con asentamiento menor de 25 mm se debe aplicar el método de consolidación por vibración.

Calculo:

$$\text{Peso Unitario del Concreto} = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso de Molde}}{\text{Volumen del Molde}}$$

Tabla 30. Peso unitario del concreto de cada diseño.

	D1	D 1.5%	D 3%
Peso °c + molde Kg	19.93	20.44	20.4
Peso del molde Kg	3.392	3.392	3.392
V. del molde m3	0.00704	0.00704	0.00704
Peso unitario del concreto kg/m3	2349.14773	2421.59091	2415.90909

Fuente: autor



Figura 37. Peso unitario del concreto fresco.

#### 4.6.6. Contenido de aire.

Según la norma técnica peruana 339.083 este ensayo es aplicado para la determinación del contenido de aire en mezcla de concreto fresco. El ensayo determina el contenido de aire de la mezcla fresca, excluyendo el aire contenido dentro de los poros del agregado. Por esta razón es aplicable al concreto elaborado con agregados relativamente densos y requiere la determinación del factor de corrección del agregado.

La norma ASTM C231 el significado del uso de este método de ensayo cubre la determinación del contenido de aire en una mezcla de concreto fresco. Este ensayo determina el contenido de aire de una mezcla de concreto fresco excluyendo cualquier aire que pueda estar dentro de los vacíos de las partículas de agregado. Por esta razón, es aplicable a concreto hecho con partículas de agregado relativamente densas y requiere la determinación del factor de corrección de agregados.

Calculo:

$$A1 = h1 - h2$$

Donde:

A1 = Contenido aparente de aire

h1 = Lectura del nivel de agua a la presión P

h2 = Lectura del nivel de agua a presión cero, después de liberar la presión P.



*Figura 38. Contenido de aire del concreto.*

*Tabla 31. Contenido de aire en estado fresco.*

	D1	D 1.5%	D 3%
contenido de aire	1.5	1.5	2

#### 4.7. RESULTADOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

##### 4.7.1. VALIDACIÓN DE DATOS SEGÚN ANÁLISIS ESTADÍSTICO

###### Base de datos.

A continuación se presenta los resultados de los ensayos en estado endurecido de la resistencia a la compresión y resistencia a flexotracción.

D. SIN FIBRA		
N°	EDAD (días)	RESISTENCIA A COMPRESION
1	7	303
2		308
3		310

CON 1.5% DE FIBRA		
N°	EDAD (días)	RESISTENCIA A COMPRESION
1	7	436
2		428
3		457

CON 3% DE FIBRA		
N°	EDAD (días)	RESISTENCIA A COMPRESION
1	7	339
2		372
3		356

4	14	374
5		401
6		407

4	14	454
5		481
6		481

4	14	413
5		406
6		425

7	28	421
8		433
9		416

7	28	495
8		530
9		484

7	28	446
8		435
9		441

D. SIN FIBRA		
N°	EDAD	REISTENCIA A FLEXOTRACCION
1	28 días	125.077
2	28 días	122.446
3	28 días	124.805

CON 1.5% DE FIBRA		
N°	EDAD	REISTENCIA A FLEXOTRACCION
1	28 días	169.814
2	28 días	165.185
3	28 días	153.534

CON 3% DE FIBRA		
N°	EDAD	REISTENCIA A FLEXOTRACCION
1	28 días	205.165
2	28 días	170.275
3	28 días	201.221

### Análisis estadísticos de la Resistencia a la Compresión a los 7 días

**Hipótesis nula.** La relación que hay entre el tiempo de curado de 7 días y la resistencia a la compresión de los tres diseños no existen defectos diferenciales.

**Hipótesis alterna.** En al menos un diseño es distinto entre la relación entre el tiempo de curado de 7 días y la resistencia a la compresión.

#### Análisis de varianza de un factor

#### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	921	307.00	13.00
Columna 2	3	1321	440.33	224.33
Columna 3	3	1067	355.67	272.33

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	27314.67	2	13657.33	80.39	0.005%	5.14
Dentro de los grupos	1019.33	6	169.89			
Total	28334	8				

Según el método estadístico nova, indica que la **hipótesis nula** planteada a 7 días no es viable debido a que la probabilidad del análisis de varianza es menor que (0.05), por tanto se opta a elegir la hipótesis alterna.

### Análisis estadísticos de la Resistencia a la compresión a los 14 días

**Hipótesis nula.** La relación que hay entre el tiempo de curado de 14 días y la resistencia a la compresión de los tres diseños no existen defectos diferenciales.

**Hipótesis alterna.** En al menos un diseño es distinto entre la relación entre el tiempo de curado de 14 días y la resistencia a la compresión.

#### Análisis de varianza de un factor

##### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	1182	394.00	309.00
Columna 2	3	1416	472.00	243.00
Columna 3	3	1244	414.67	92.33

##### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	9798.22	2	4899.11	22.81	0.16%	5.14
Dentro de los grupos	1288.67	6	214.78			
Total	11086.89	8				

Según el método estadístico nova, indica que la **hipótesis nula** planteada a 14 días es viable debido a que la probabilidad del análisis de varianza es menor que (0.05), por se descarta la hipótesis alterna.

### Análisis estadísticos de la Resistencia a la compresión a los 28 días

**Hipótesis nula.** La relación que hay entre el tiempo de curado de 28 días y la resistencia a la compresión de los tres diseños no existen defectos diferenciales.

**Hipótesis alterna.** En al menos un diseño es distinto entre la relación entre el tiempo de curado de 28 días y la resistencia a la compresión.

#### Análisis de varianza de un factor

##### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	1270	423.33	76.33
Columna 2	3	1509	503.00	577.00
Columna 3	3	1322	440.67	30.33

##### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	10532.67	2	5266.33	23.11	0.15%	5.14
Dentro de los grupos	1367.33	6	227.89			
Total	11900	8				

Según el método estadístico nova, indica que la **hipótesis nula** planteada a 28 días es viable debido a que la probabilidad del análisis de varianza es menor que (0.05), por tanto se descarta la hipótesis alterna.

### Análisis estadísticos de la Resistencia a la Flexotracción a los 28 días

**Hipótesis nula.** La relación que hay entre el tiempo de curado de 28 días y la resistencia a la flexotracción de los tres diseños no existen defectos diferenciales.

**Hipótesis alterna.** En al menos un diseño es distinto entre la relación entre el tiempo de curado de 28 días y la resistencia a la flexotracción.

#### Análisis de varianza de un factor

##### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	372.328	124.11	2.09
Columna 2	3	488.533	162.84	70.37
Columna 3	3	576.661	192.22	365.09

##### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	7002.46	2	3501.23	24.01	0.14%	5.14
Dentro de los grupos	875.10	6	145.85			
Total	7877.556262	8				

Según el método estadístico nova, indica que la **hipótesis nula** planteada a 28 días es viable debido a que la probabilidad del análisis de varianza es menor que (0.05), por tanto se descarta la hipótesis alterna.

#### 4.7.2. COMPRESION.

El concreto hoy cumple un papel importante en la estructura de casi todas las obras. Justamente, porque una de sus principales propiedades es su alta capacidad para soportar diversas cargas de compresión. La norma ASTM C039. Indica que este método de ensayo trata sobre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Se encuentra limitado al concreto que tiene una densidad mayor que 800 kg/m<sup>3</sup> [50 lb/ft<sup>3</sup>].

Los valores indicados en unidades si o en unidades pulgada-libra deben ser considerados como los estándares. Las unidades pulgada-libra se muestran entre corchetes. Los valores indicados en cada sistema no son exactamente equivalentes; por eso, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con esta especificación.

Esta norma no pretende tener en cuenta todo lo relativo a seguridad. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias previo al uso. (Peligro—Deben ser provistos los medios para contener los fragmentos de concreto durante la rotura repentina de especímenes. El método de ensayo según la NTP 339.034 Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra.

Calculo:

$$RC = 4G/\pi d^2$$

Donde:

Rc = Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado.

G = La carga máxima de rotura en kilogramos.

D = Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

Tal como se puede apreciar en la Figura N°38, la probeta se está sometiendo a la prensa hidráulica para calcular su resistencia a la compresión.



*Figura 39. Ensayo a compresión.*

Fuente: Autor

RESULTADOS DE LAS MEZCLAS PATRÓN.

Una vez ensayado los diseños de prueba y asiendo la comparación de resultado. El diseño N°1 se toma como diseño patrón, lo cual cumple con lo especiado en las normas. Su asentamiento (slump) aumenta en baja escala la cual es trabajable al adicionar los porcentajes de las fibras de acero CHO 65/35 NB.

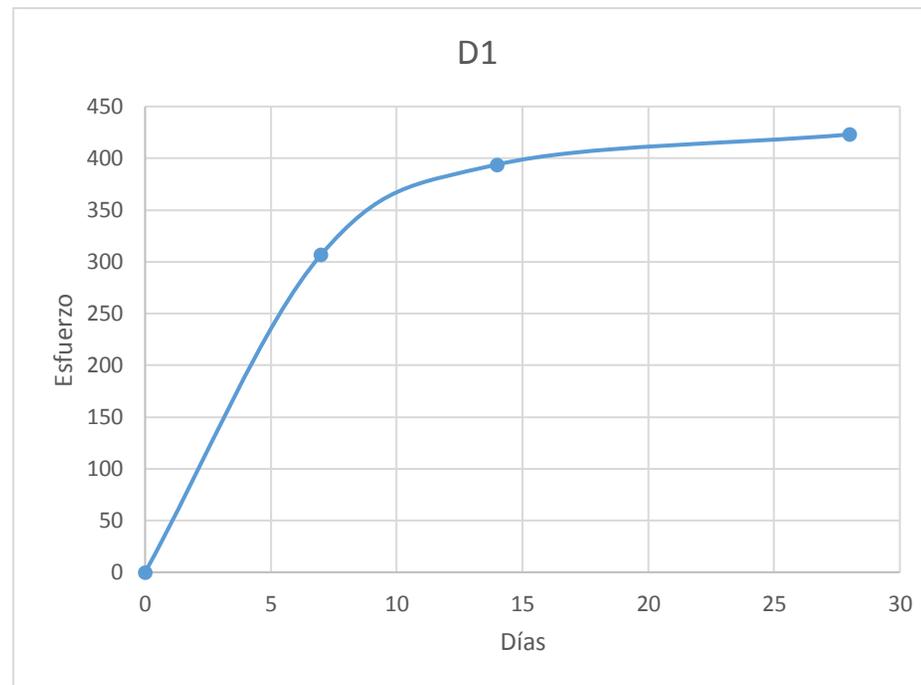
Tabla 32. Resultados de ensayo a compresión del diseño sin fibras.

PROBETA	FECHA DE ELABORACION	EDAD	FECHA DE ENSAYO	D cm	Hc cm	Ac cm <sup>2</sup>	V cm <sup>3</sup>	Mc g	Dc g/cm <sup>3</sup>	SLUMP	T °C	T. AMB °C	CARGA Kgf	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio	%
D1	22/02/2018	7	01/03/2018	10	20	78.5	1570	3780	2.41	7"	31.2	30.9	23798	303	307	109.64
				10	20	78.5	1570	3790	2.41				24209	308		
				10	20	78.5	1570	3785	2.41				24335	310		
		14	08/03/2018	10	20	78.5	1570	3780	2.41				29351	374	394	140.71
				10	20	78.5	1570	3780	2.41				31486	401		
				10	20	78.5	1570	3790	2.41				31936	407		
		28	22/03/2018	10	20	78.5	1570	3790	2.41				33063	421	423	151.07
				10	20	78.5	1570	3785	2.41				33958	433		
				10	20	78.5	1570	3788	2.41				32685	416		

Fuente: Autor

En la figura (N°40) muestra cómo haciende su resistencia a la compresión durante los periodos de ensayo, así como también se muestra en grafica del diseño N°1. la cual es la más eficiente.

En las mezclas de concreto sin fibra se tiene una buena trabajabilidad, homogeneidad y una consistencia. En esta mezcla no se presentan inconvenientes al momento de realizar el proceso de mezclado.



*Figura 40. Resultados de ensayo a compresión del diseño sin fibras.*

Fuente: Autor

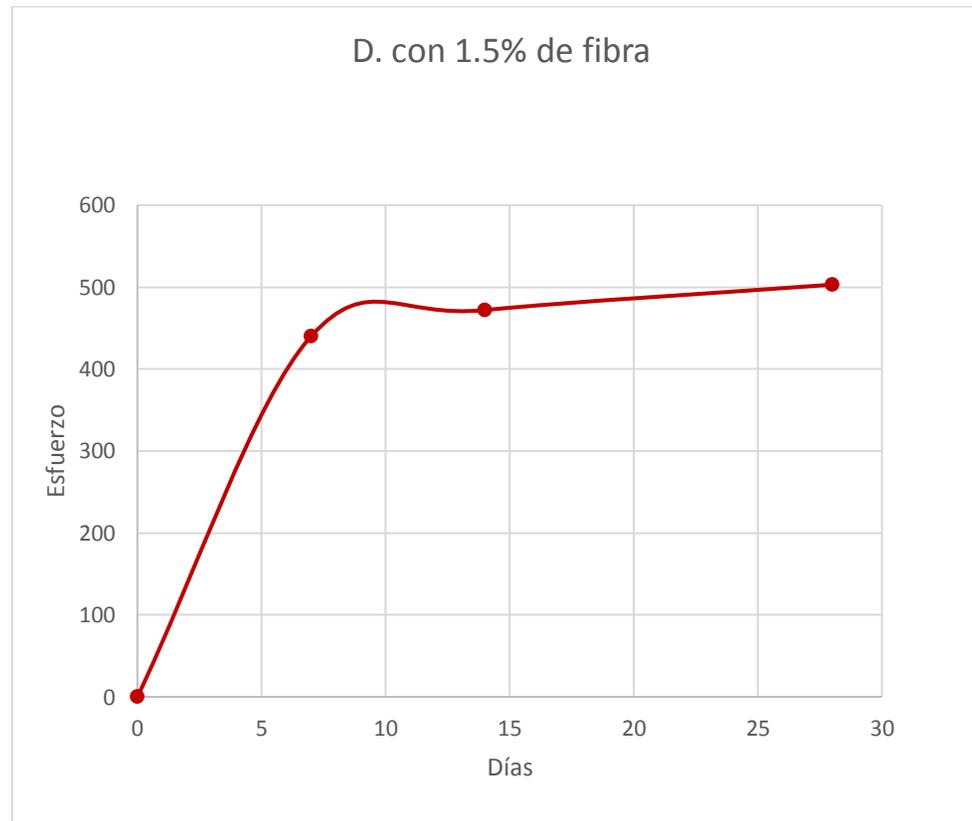
Para el ensayo a la compresión se realizaron probetas cilíndricas de 10 x 20 cm. Para este diseño se adiciono la fibra de acero con 1.5% al diseño patrón, al término del curado se obtuvo un porcentaje muy elevado con respecto a la resistencia la compresión con el 79.64 % de lo normal.

Tabla 33. Resultados de ensayo a compresión del diseño de 1.5% de fibras.

PROBETA	FECHA DE ELABORACION	EDAD	FECHA DE ENSAYO	D cm	Hc cm	Ac cm <sup>2</sup>	V cm <sup>3</sup>	Mc g	Dc g/cm <sup>3</sup>	SLUMP	T °C	T. AMB °C	CARGA Kg	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio	%
D. con 1.5% de fibra	22/02/2018	7	1/03/2018	10	20	78.5	1570	3905	2.49	6 3/4"	30.6	29.8	34191	436	440	157.14
				10	20	78.5	1570	3902	2.49				33634	428		
				10	20	78.5	1570	3904	2.49				35891	457		
		14	8/03/2018	10	20	78.5	1570	3893	2.48				35615	454	472	168.57
				10	20	78.5	1570	3894	2.48				37761	481		
				10	20	78.5	1570	3894	2.48				37738	481		
		28	22/03/2018	10	20	78.5	1570	3880	2.47				38822	495	503	179.64
				10	20	78.5	1570	3920	2.5				41644	530		
				10	20	78.5	1570	3900	2.48				37978	484		

Fuente: Autor.

En la figura. (41). En la gráfica la curva indica la resistencia a la compresión en sus diferentes edades de curado.



*Figura 41. Resultados de ensayo a compresión del diseño de 1.5% de fibras.*

Fuente: Autor

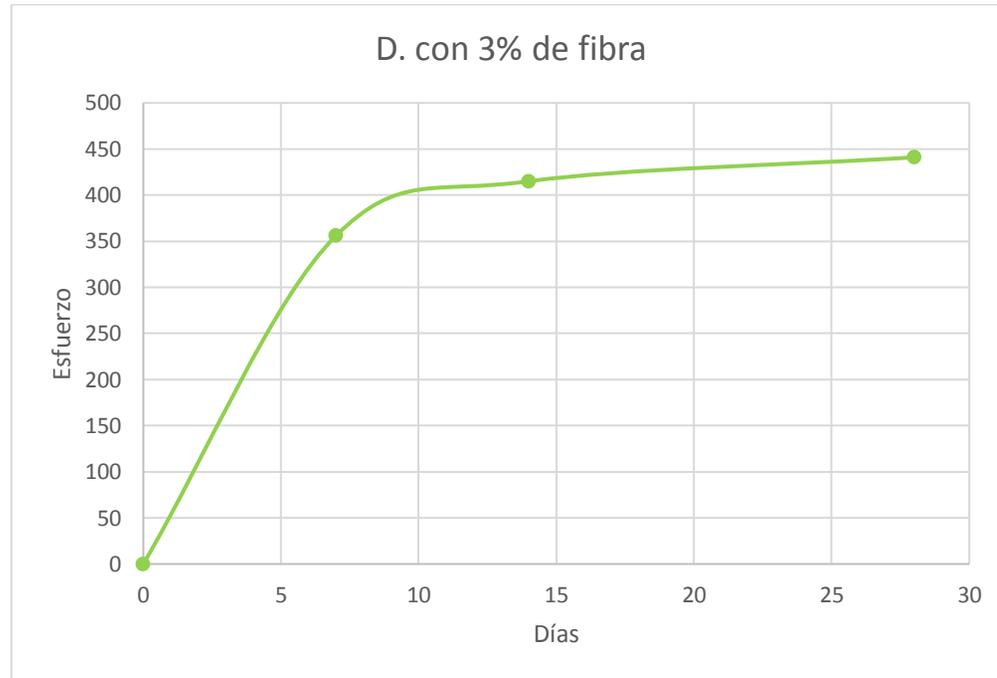
Para el ensayo a la compresión se realizaron probetas cilíndricas de 10 x 20 cm. Para este diseño se adiciono la fibra de acero con 3% al diseño patrón, al término de su edad del curado se obtuvo un porcentaje muy elevado con respecto a la resistencia la compresión con el 57.5 % de lo normal.

<b>PROBETA</b>	<b>FECHA DE ELABORACION</b>	<b>EDAD</b>	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	<b>D cm</b>	<b>Hc cm</b>	<b>Ac cm2</b>	<b>V cm3</b>	<b>Mc g</b>	<b>Dc g/cm3</b>	<b>SLUMP</b>	<b>T °C</b>	<b>T. AMB °C</b>	<b>CARGA Kg</b>	<b>RESISTENCIA (Kg/cm2)</b>	<b>Promedio</b>	<b>%</b>
<i>D. con 3% de fibra</i>	22/02/2018	7	1/03/2018	10	20	78.5	1570	3930	2.5	6 1/2"	31.4	30.5	26634	339	356	127.14
				10	20	78.5	1570	3929	2.5				29194	372		
				10	20	78.5	1570	3928	2.5				27933	356		
		14	8/03/2018	10	20	78.5	1570	3925	2.5				32413	413	415	148.21
				10	20	78.5	1570	3925	2.5				31891	406		
				10	20	78.5	1570	3927	2.5				33370	425		
		28	22/03/2018	10	20	78.5	1570	3920	2.5				35031	446	441	157.5
				10	20	78.5	1570	3923	2.5				34122	435		
				10	20	78.5	1570	3921	2.5				34580	441		

*Tabla 34. Resultados de ensayo a compresión del diseño de 3% de fibras.*

Fuente: Autor

En la figura. (42). En la gráfica la curva indica la resistencia a la compresión en sus diferentes edades de curado.



*Figura 42. Resultados de ensayo a compresión del diseño de 3% de fibras.*

Fuente: Autor

### 4.7.3. TRACCION

Si bien es cierto que el concreto es un material que trabaja muy bien a esfuerzos de compresión, la tracción es una forma de comportamiento de este material de gran interés para el diseño de variedad de estructuras en la ingeniería civil a partir de mediados del siglo XX y en nuestros días es un valor muy importante como indicador de calidad del concreto dentro de las obras de ingeniería.

Según la Norma peruana NTP 339.084 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica).

Según la norma ASTM 496-96 indica que este método de ensayo consiste en la aplicación de una fuerza de compresión diametral en el sentido longitudinal de una probeta cilíndrica de concreto a una velocidad dentro de un rango establecido hasta que se produzca la falla. Esta carga induce a los esfuerzos de tracción sobre el plano que contiene las cargas aplicadas y los esfuerzos de compresión relativamente altos en el área inmediatamente circundante a la carga aplicada.

Cálculo:

$$T = \frac{2P}{\pi l x d}$$

Donde:

T = Resistencia a la tracción por herramientas, psi (kpa)

P = carga máxima aplicada señalada por la máquina de ensayo, lbf (KN)

L = Longitud, pulg, (mm).

D = Diámetro, pulg, (mm)

### 4.7.4. FLEXOTRACCIÓN

Este ensayo presenta los resultados obtenidos al rehabilitar vigas de concreto reforzados según la norma ASTM C78 se ocupa de ensayos de flexión del concreto que se usa en la construcción de bloques y pavimentos con un aparato de flexión de tipo "tercer punto". Para realizar el ensayo, se usó el sistema de ensayo 300DX de la Serie SATEC™, un útil de ensayo de flexión y el software de ensayo de materiales

Partner. La probeta tiene forma de viga de 6 x 6 pulgadas, con una longitud mínima de 21 pulgadas. La preparación de muestras y probetas de hormigón fresco tomado in situ se describe en ASTM C31; las probetas aserradas tomadas de material curado se explican en ASTM C42; y se hace referencia a las probetas elaboradas en el laboratorio en ASTM C192. Se recomienda consultar las instrucciones de ASTM C78 para conocer las velocidades de carga, la orientación adecuada de las probetas y la aplicación de precarga para asegurar un contacto "sin espacios" entre la probeta y el útil de ensayo.

La prueba de flexión se realizará tan pronto como sea posible, luego de retirar la viga de la cámara de curado. Las vigas con superficie seca arrojan resultados menores en mediciones del módulo de rotura. La norma técnica peruana 339.078 indica cuando se usan vigas moldeadas, se gira sobre uno de los lados con respecto a la posición de moldeado y se centra sobre las placas de apoyo. Cuando se usan vigas cortadas, se posiciona ésta para que la tensión corresponda a la superficie superior o al inferior de la misma, tal como se hizo el corte inicialmente.

$$R = \frac{f * l}{b * h^2}$$

En donde:

R =Es la relación de carga, en N/mm<sup>2</sup>

F =fuerza KN

L =Longitud del tramo, en mm

b =Ancho promedio de la viga según su disposición para el ensayo, mm

h =Altura promedio de la viga, según su disposición para el ensayo, mm



Figura 43. Ensayo de viga a resistencia a la flexotracción.

Para el ensayo a la flexión sin fibras (diseño patrón) se realizaron probetas rectangulares de 6" x 6" x 21". El cual curado se hizo a las de 28 días. El ensayo de resistencia a la flexión en muy baja, su resistencia promedio es de 12.4 KN/cm<sup>2</sup>. Con un porcentaje 44.29%.

Tabla 35. Ensayo a flexión del diseño sin fibras.

PROBETA	FECHA DE ELABORACION	EDAD	FECHA DE ENSAYO	Bv cm	Hv cm	Lv cm	Vv cm <sup>3</sup>	L/3 mm	Mv g	Dv g/cm <sup>3</sup>	SLUMP	T °C	T. AMB °C	CARGA KN	RESISTENCIA (N/mm <sup>2</sup> )	Promedio	%
D1	22/02/2018	28	22/03/2018	15.4	15.3	53.3	12558.6	15	29890	2.38	7"	31.2	30.9	30.06	125.077	124	44.29
		28		15.3	15.4	53.3	12558.6	15	29800	2.37				29.62	122.446		
		28		15.3	15.3	53.3	12477	15	29845	2.39				29.8	124.805		

Fuente: Autor.

Se realizó tres ensayos en el diseño patrón para sacar el promedio de su resistencia, en la figura (44) la variación de resistencia de cada una de las vigas.

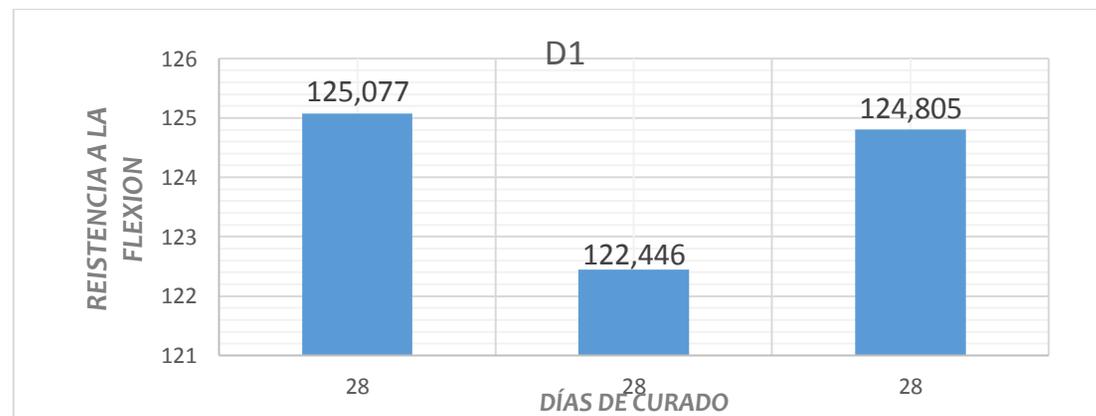


Figura 44. Ensayo a flexión del diseño sin fibras.

Fuente: Autor

Resultados del diseño con el 1.5% de fibras de acero. se realizaron probetas rectangulares de 6" x 6" x 21", culminado su etapa de curado en una edad de 28 días. Se realizó el ensayo de resistencia a la flexión como se muestra en la tabla (36) los resultados sometidos a esfuerzos de flexión.

Tabla 36. Ensayo a flexión del diseño con 1.5% con fibras.

PROBETA	FECHA DE ELABORACION	EDAD	FECHA DE ENSAYO	B cm	H cm	L cm	V cm <sup>3</sup>	L/3 mm	Mc g	Dc g/cm <sup>3</sup>	SLUMP	T °C	T. AMB °C	CARGA Kg	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio	%
D. con 1.5% de fibra	22/02/2018	28	22/03/2018	15.2	15.4	53.3	12476.5	15	29470	2.36	6 3/4"	30.6	29.8	40.81	169.814	163	58.21
		28		15.4	15.4	53.3	12640.6	15	29740	2.35				40.22	165.185		
		28		15.2	15.3	53.3	12395.5	15	29860	2.41				36.42	153.534		

Fuente: Autor

En la figura (45) indica la graficas de la resistencia a la flexión con respecto a su edad de curado. Adicionado al diseño patrón el 1.5% de fibras de acero.

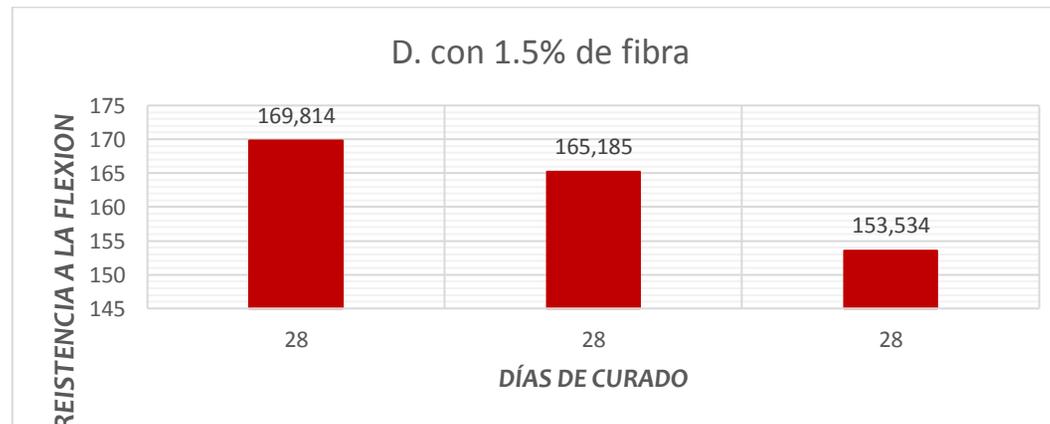


Figura 45. Ensayo a flexión del diseño con 1.5% con fibras.

Fuente: autor

Diseño con el 3% de fibras de acero se realizaron probetas rectangulares de 6" x 6" x 21", culminado su etapa de curado en una edad de 28 días. Se realizó el ensayo de resistencia a la flexión como se muestra en la tabla (37) los resultados sometidos a esfuerzos de flexión.

Tabla 37. Ensayo a flexión del diseño con 3% con fibras.

PROBETA	FECHA DE ELABORACION	EDAD	FECHA DE ENSAYO	B cm	H cm	L cm	V cm <sup>3</sup>	L/3 mm	Mc g	Dc g/cm <sup>3</sup>	SLUMP	T °C	T. AMB °C	CARGA Kg	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio	%
D. con 3% de fibra	22/02/2018	28	22/03/2018	15.3	15.4	53.3	12558.6	15	29940	2.38	6 1/2"	31.4	30.5	49.63	205.165	192	68.57
		28		15.3	15.4	53.3	12558.6	15	30040	2.39				41.19	170.275		
		28		15.4	15.3	53.3	12558.6	15	30340	2.42				48.36	201.221		

Fuente: Autor

En la figura (46) indica la graficas de la resistencia a la flexión con respecto a su edad de curado. Adicionado al diseño patrón el 1.5% de fibras de acero.

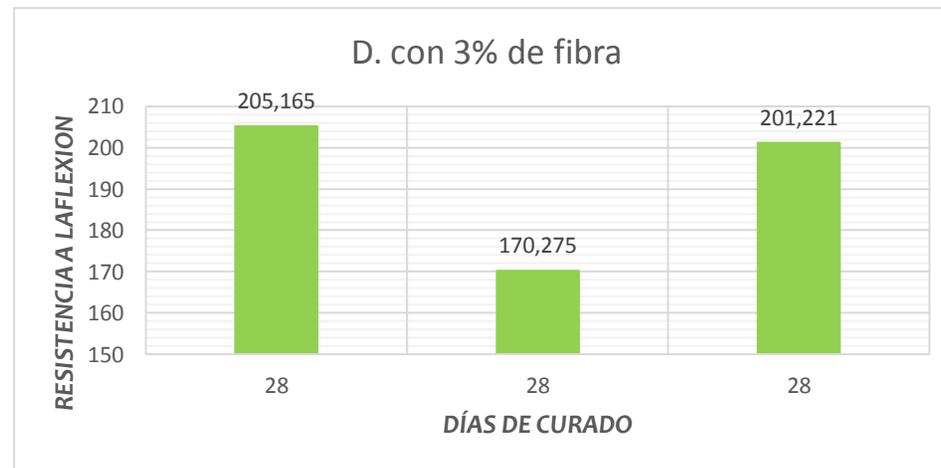


Figura 46. Ensayo a flexión del diseño con 3% con fibras.

Fuente: Autor

#### 4.7.5. CORTANTE

Debido a que las fuerzas cortantes se transforman en tracciones diagonales, la resistencia al corte del concreto) “ $V_c$ ” tiene ordenes de magnitud y comportamiento similares a la resistencia a la tracción. El ensayo utilizado se conoce como la prueba de corte Directa, en el que se evita al máximo la introducción de esfuerzo de flexión. Los resultados de laboratorio sugieren expresiones como la siguiente, para describir la resistencia al cortante.

Calculo:

$$V_c = \sqrt{f'_c}$$

$V_c$  = Resistencia al corte del concreto, medida en  $\text{Kg/cm}^2$

$f'_c$  = Resistencia a la compresión del concreto, medida en  $\text{Kg/cm}^2$

#### 4.7.6. DENSIDAD

Según la norma ASTM C 567-05 indica que este método de ensayo provee procedimientos para determinar la densidad seca y de equilibrio de un concreto liviano estructural, por cálculo o medición. La densidad seca, calculada es determinada a partir de las cantidades usadas en una amasada de concreto dada y el volumen de la misma. La densidad de equilibrio calculada es estimada sumando una cantidad fija a la densidad seca. Las densidades medidas son obtenidas a partir de determinaciones de la masa de especímenes cilíndricos después de tratamientos específicos.

La densidad del concreto fresco con agregado liviano es una función de la dosificación de la mezcla, contenido de aire, demanda de agua, y la densidad específica y contenido de humedad del agregado liviano. La disminución de densidad de un concreto liviano específico es debida a la pérdida de humedad que, a su vez, es función del contenido de humedad del agregado, condiciones ambientales, y de la razón del área superficial al volumen del elemento de concreto. Para la mayoría de los concretos estructurales livianos, la densidad de equilibrio es alcanzada alrededor de los 90 días. Para la mayoría de los concretos livianos de alta resistencia, la densidad de equilibrio es alcanzada alrededor de 180 días. Gran cantidad de ensayos demuestran que, a pesar de las variaciones en el contenido de humedad inicial de

agregado liviano, la densidad de equilibrio será aproximadamente 50 kg/m<sup>3</sup>(3.0 lb/ft<sup>3</sup>) mayor que la densidad seca.

Calculo:

$$Em \left( \text{densidad}, \frac{Kg}{m^3} \right) = (A \times 997) / (B - C)$$

$$Em \left( \text{densidad}, \frac{lb}{ft^3} \right) = (A \times 62.3) / (B - C)$$

Donde:

Em = densidad de equilibrio medida, kg/m<sup>3</sup> (lb/ft<sup>3</sup>),

A = masa del cilindro seco, kg (lb),

B = masa del cilindro saturado con superficie seca, kg (lb), y

C = masa aparente del cilindro suspendido sumergido, kg (lb).

#### 4.7.7. MODULO DE ELASTISIDAD

Según la norma ASTM C469-94 Este método de ensayo proporciona un valor de la relación esfuerzo a deformación y una relación de deformación lateral a longitudinal para el concreto endurecido a cualquier edad y condiciones de curado que pueden ser establecidas.

Los valores del módulo de elasticidad y relación de Poisson, aplicables dentro del rango de esfuerzos de trabajo (0 a 40% de la resistencia última del concreto), puede ser usada en el dimensionamiento de miembros estructurales reforzados y no reforzados para establecer la cantidad del refuerzo y calcular los esfuerzos para las deformaciones observadas.

Los valores del módulo de elasticidad obtenido serán usualmente menores que el módulo derivado de aplicación de carga rápida (por ejemplo, ratas dinámicas o sísmicas), y usualmente serán mayores que los valores obtenidos bajo aplicación de carga lenta o extendiendo la duración de la carga, manteniendo las otras condiciones de ensayo.

Según la norma:

Calculo:

$$\varepsilon_c = w_c * \sqrt{f'_c}$$

$E_c$  = Módulo de elasticidad del concreto tonf/m<sup>2</sup>.

$G_c$  = Peso volumétrico del concreto tonf/m<sup>3</sup>.

$\sqrt{f'_c}$  = Resistencia a compresión tonf/m<sup>2</sup>.

Diseño Sin Fibras

$$\varepsilon_c = 150000 * \sqrt{307} = 2.6282 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_c = 150000 * \sqrt{394} = 2.9774 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_c = 150000 * \sqrt{423} = 3.085 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Diseño Con 1.5% de Fibras De Acero

$$\varepsilon_c = 150000 * \sqrt{440} = 3.1464 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_c = 150000 * \sqrt{472} = 3.2588 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_c = 150000 * \sqrt{503} = 3.3641 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Diseño Con 3% de Fibras De Acero

$$\varepsilon_c = 150000 * \sqrt{408} = 3.0299 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_c = 150000 * \sqrt{415} = 3.0557 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_c = 150000 * \sqrt{441} = 3.15 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

## CAPITULO 5: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

### 5.1. CON RESPECTO A LAS PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO

#### Trabajabilidad del concreto (slump)

Las propiedades en estado fresco del concreto, que se realiza para el control de calidad para determinar la trabajabilidad en función al tiempo, con un ensayo inicial y los demás a cada 30 minutos, Para evitar cangrejas en las estructuras.

Tabla 38. Trabajabilidad del Concreto en Estado Fresco.

Diseño de mezcla	slump		
	inicial	30 mim	60 mim
sin fibras	7"	5"	4"
con 1.5% de fibras	6 3/4"	5 1/2"	3 1/2"
con 3% de fibras	6 1/2"	4 1/2"	2"

Fuente: Autor

El slump inicial de los diseños es más trabajable que los demás ensayos. El diseño sin fibras de acero es más trabajable que al adicionar 1.5% y 3% de fibras.

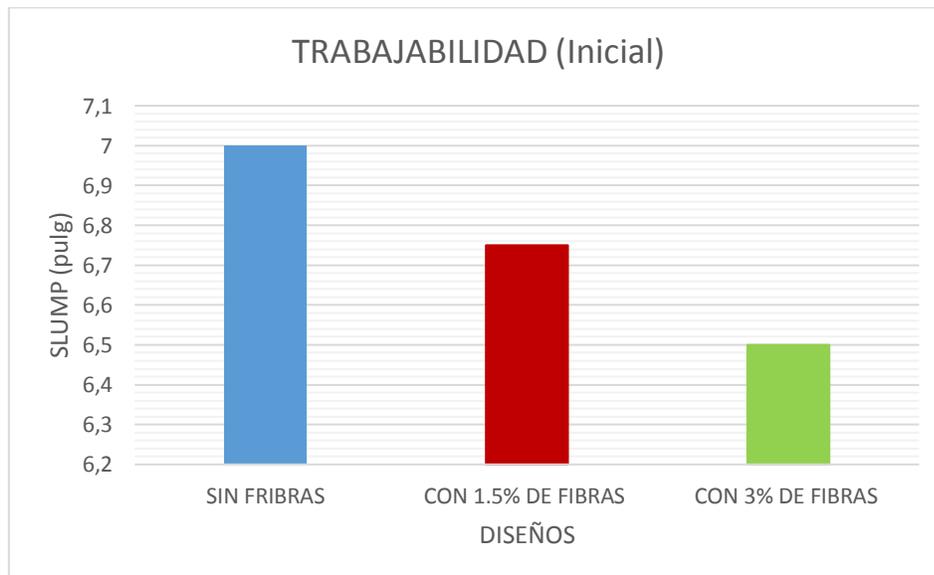
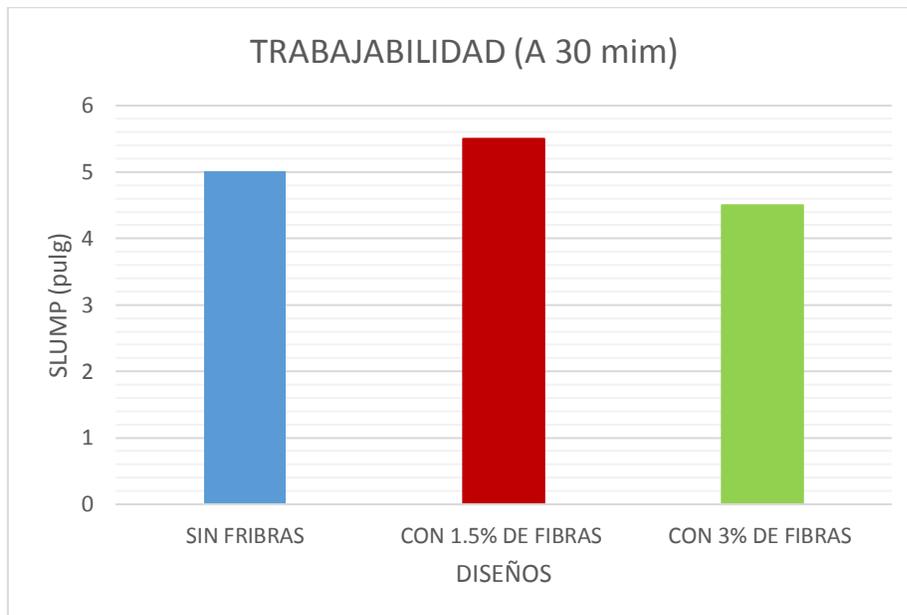


Figura 47. Trabajabilidad (slump inicial).

Fuente: Autor.

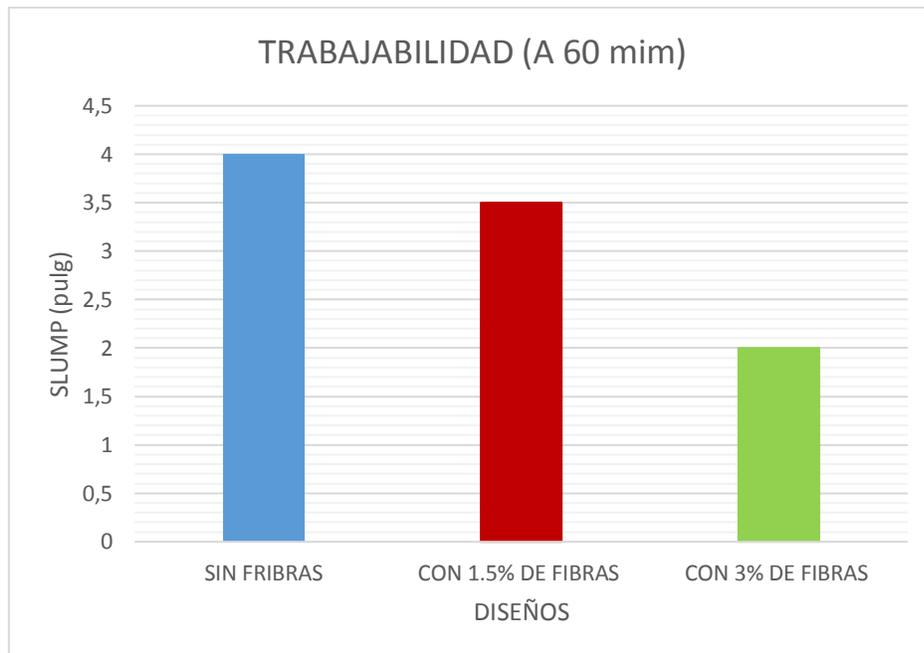
Según la figura (N°48) pasado 30 minutos del ensayo inicial se realiza el segundo ensayo, para determinar las variaciones asentamiento. Como se muestras en las barras su slump no aumenta de una forma escalonada. En este caso el diseño que adiciono el 1.5% de fibras de acero su plasticidad es mayor que los demás diseños.



*Figura 48. Trabajabilidad (slump 30 minutos).*

Fuente: Autor.

Según la figura (N°49) pasado 60 minutos del ensayo inicial, se realiza el tercer ensayo, para determinar las variaciones asentamiento. Como se muestras en las barras su slump aumenta de una forma escalonada. En este caso los diseños con fibra de acero son los que tienen mayor slump, el diseño sin fibras mantiene su plasticidad mayor que los demás diseños.



*Figura 49. Trabajabilidad (slump 60 minutos).*

Fuente: Autor

## **5.2. CON RESPECTO A LAS PROPIEDADES AL ESTADO ENDURECIDO**

### **5.2.1. Resistencia a la compresión.**

Las propiedades del concreto del estado endurecido según la tabla (N°39) indica los resultados de los ensayos sometido a compresión, del diseño sin fibras y los diseños con fibras de acero del 1.5% y 3% de dosificación. De estos tres diseños el que ha superado la más alta resistencia a la compasión en todas sus edades de curado, es el diseño con 1.5% de fibras de acero.

Tabla 39. Resultados del ensayo a compresión.

PROBETA	FECHA DE ELABORACION	EDAD	FECHA DE ENSAYO	D cm	Hc cm	Ac cm2	V cm3	Mc g	Dc g/cm3	SLUMP	T °C	T. AMB °C	CARGA Kg	RESISTENCIA (Kg/cm2)	Promedio	%
D1	22/02/2018	7	1/03/2018	10	20	78.5	1570	3780	2.41	7"	31.2	30.9	23798	303	307	109.64
				10	20	78.5	1570	3790	2.41				24209	308		
				10	20	78.5	1570	3785	2.41				24335	310		
		14	8/03/2018	10	20	78.5	1570	3780	2.41				29351	374	394	140.71
				10	20	78.5	1570	3780	2.41				31486	401		
				10	20	78.5	1570	3790	2.41				31936	407		
		28	22/03/2018	10	20	78.5	1570	3790	2.41				33063	421	423	151.07
				10	20	78.5	1570	3785	2.41				33958	433		
				10	20	78.5	1570	3788	2.41				32685	416		
D. con 1.5% de fibra	22/02/2018	7	1/03/2018	10	20	78.5	1570	3905	2.49	6 3/4"	30.6	29.8	34191	436	440	157.14
				10	20	78.5	1570	3902	2.49				33634	428		
				10	20	78.5	1570	3904	2.49				35891	457		
		14	8/03/2018	10	20	78.5	1570	3893	2.48				35615	454	472	168.57
				10	20	78.5	1570	3894	2.48				37761	481		
				10	20	78.5	1570	3894	2.48				37738	481		
		28	22/03/2018	10	20	78.5	1570	3880	2.47				38822	495	503	179.64
				10	20	78.5	1570	3920	2.5				41644	530		
				10	20	78.5	1570	3900	2.48				37978	484		
D. con 3% de fibra	22/02/2018	7	1/03/2018	10	20	78.5	1570	3930	2.5	6 1/2"	31.4	30.5	26634	339	356	127.14
				10	20	78.5	1570	3929	2.5				29194	372		
				10	20	78.5	1570	3928	2.5				27933	356		
		14	8/03/2018	10	20	78.5	1570	3925	2.5				32413	413	415	148.21
				10	20	78.5	1570	3925	2.5				31891	406		
				10	20	78.5	1570	3927	2.5				33370	425		
		28	22/03/2018	10	20	78.5	1570	3920	2.5				35031	446	441	157.5
				10	20	78.5	1570	3923	2.5				34122	435		
				10	20	78.5	1570	3921	2.5				34580	441		

Fuente: Autor

Como se muestra en la figura (N°50) las curvas de los tres diseños, la que supere más con más alta resistencia a la comparación a comparación con los demás diseños, es el diseño con 1.5% de fibras de acero CHO 65/35 NB.

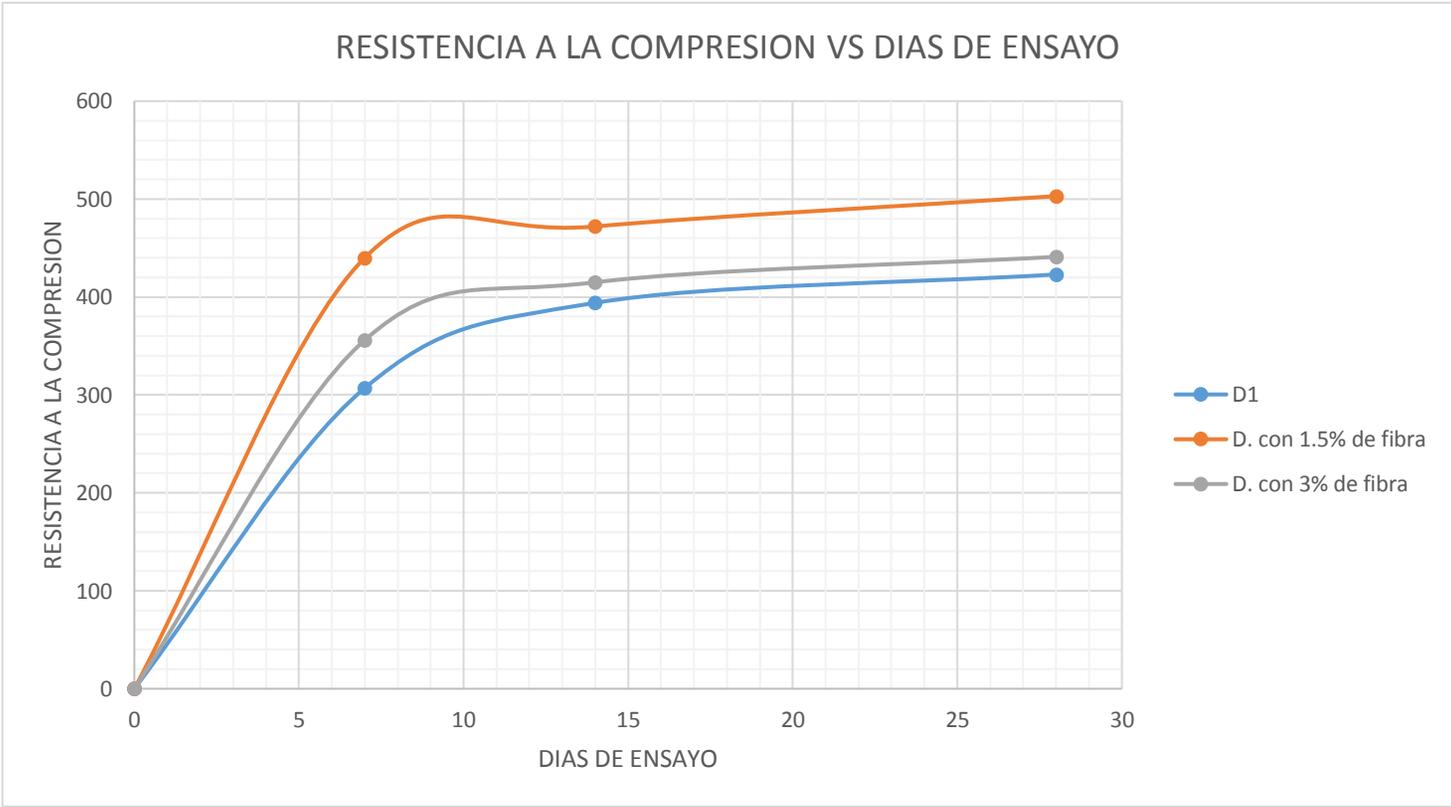


Figura 50. Resistencia a la compresión de los tres diseños.  
Fuente: Autor

### 5.2.2. Resistencia a Flexotracción.

Las propiedades del concreto del estado endurecido según la tabla (N°40) indica los resultados de los ensayos sometido a flexión, del diseño sin fibras y los diseños con fibras de acero del 1.5% y 3% de dosificación. De estos tres diseños el que ha superado la más alta resistencia a la flexión a los 28 días de curado, es el diseño con 3% de fibras de acero.

Tabla 40. Resultados del ensayo a flexotracción.

PROBETA	FECHA DE ELABORACION	EDAD	FECHA DE ENSAYO	Bv cm	Hv cm	Lv cm	Vv cm <sup>3</sup>	L/3 mm	Mv g	Dv g/cm <sup>3</sup>	SLUMP	T °C	T. AMB °C	CARGA KN	RESISTENCIA (N/mm <sup>2</sup> )	Promedio	%
DI	22/02/2018	28	22/03/2018	15.4	15.3	53.3	12558.6	15	29890	2.38	7"	31.2	30.9	30.06	125.077	124	44.29
		28		15.3	15.4	53.3	12558.6	15	29800	2.37				29.62	122.446		
		28		15.3	15.3	53.3	12477	15	29845	2.39				29.8	124.805		
D. con 1.5% de fibra	22/02/2018	28	22/03/2018	15.2	15.4	53.3	12476.5	15	29470	2.36	6 3/4"	30.6	29.8	40.81	169.814	163	58.21
		28		15.4	15.4	53.3	12640.6	15	29740	2.35				40.22	165.185		
		28		15.2	15.3	53.3	12395.5	15	29860	2.41				36.42	153.534		
D. con 3% de fibra	22/02/2018	28	22/03/2018	15.3	15.4	53.3	12558.6	15	29940	2.38	6 1/2"	31.4	30.5	49.63	205.165	192	68.57
		28		15.3	15.4	53.3	12558.6	15	30040	2.39				41.19	170.275		
		28		15.4	15.3	53.3	12558.6	15	30340	2.42				48.36	201.221		

Fuente: Autor

Como se muestra en la figura (N°51) las curvas de los tres diseños, la que supero con más alta resistencia a la flexión a comparación de demás diseños, es el diseño con 3% de fibras de acero CHO 65/35 NB.

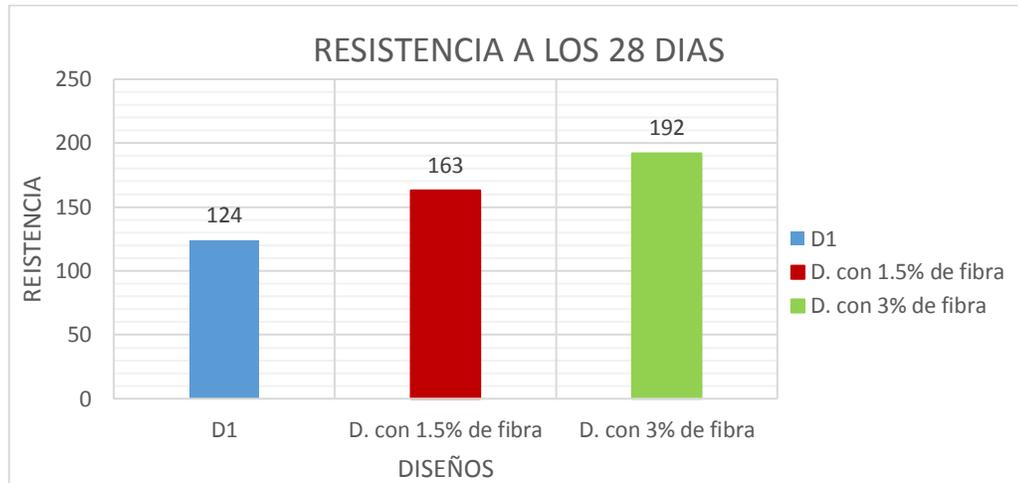


Figura 51. Resultados de resistencia a la flexotracción.

Fuente: autor

### 5.2.3. Peso unitario y Módulo de Elasticidad.

El peso unitario del concreto según la de tabla (N°41) indica que de los tres diseños el que tiene más peso, es el diseño con 1.5% de fibras de acero. En comparación con los demás diseños.

Tabla 41. Peso unitario del concreto.

	D1	D 1.5%	D 3%
peso °c + molde Kg	19.93	20.44	20.4
peso del molde Kg	3.392	3.392	3.392
V. del molde m3	0.00704	0.00704	0.00704
peso unitario del concreto kg/m3	2349.14773	2421.59091	2415.90909

Fuente: autor

Módulo de elasticidad.

Sin fibras  $\epsilon_c = 150\,000 * \sqrt{423} = 3,085\,044.57 \text{ kg/cm}^2$

Con 1.5% de fibras  $\epsilon_c = 150\,000 * \sqrt{503} = 3,364\,149.29 \text{ kg/cm}^2$

Con 3% de fibras  $\epsilon_c = 150\,000 * \sqrt{441} = 3,150\,000 \text{ kg/cm}^2$

## CAPITULO 6: CONCLUSIONES

- Analizando la propiedades físicas y mecánicas del concreto. El concreto simple en estado fresco tiene mejor trabajabilidad que el concreto elaborado con fibras de acero, tal como se muestran en la (tabla N°37), pero sucede lo contrario en su estado endurecido, donde tiene menor resistencia que el concreto elaborado con fibras de acero tal como se detalla en la tabla (N°38).
- Se concluye que, los resultados obtenidos del diseño patrón ha superado en 51% la resistencia a compresión como se indicaba en el primer objetivo.
- En cuanto a las propiedades físicas del concreto con 1.5% y 3% de fibras de acero en estado fresco, se concluye que el concreto con menor fibra es más trabajable, pero con respecto al peso unitario el concreto con 1.5% de fibra es mayor que el concreto con 3% de fibras tal como se muestra los resultados en la tabla (N°29)
- Se concluye que el concreto con fibra de acero en sus dos proporciones en estado endurecido alcanza una mejor resistencia y durabilidad que el concreto simple.
- Una vez obtenido los resultados de los ensayos a flexotracción y compresión a los 28 días de curado se concluyen que el concreto con 3% tiene mayor resistencia a la flexión que el concreto con 1.5%, además este primero controla mejor la fisuración. En cuanto al ensayo a la compresión el concreto con 1.5% de fibras es superior en 14% con respecto al concreto con 3% de fibra.
- Después de haber obtenido los diferentes resultados de resistencia a la compresión, resistencia a la flexotracción y para el cálculo del módulo de elasticidad, se concluye que el mejor porcentaje de adición de fibras al concreto es de 1.5% haciendo un total de 35.768 Kg por metro cuadrado.
- Este diseño de mezcla solo se podrá realizar con los agregados de la cantera BOUNER.
- El módulo de elasticidad varía de acuerdo a su a su resistencia a la compresión y por tanto el mayor valor que se logro es con el diseño con el 1.5% de fibra.

## **CAPITULO 7: RECOMENDACIONES**

- Es necesario comprobar el comportamiento del concreto con fibras de acero en estados de fatiga e impacto, en esta investigación no se pudo realizar por qué no se disponen de los medios tecnológicos.
- Siempre tener en cuenta la dosificación recomendada de las fibras de acero, debido a que el exceso o falta de fibras provoca consecuencias negativas en su resistencia.
- Al ser las fibras elementos: finos, delgados y afilados, es necesario manipular estos elementos con medidas de seguridad.
- Para cumplir con la caracterización de los agregados es necesario cumplir con las normas: NTP Y ASTM.
- Para mejorar la trabajabilidad del hormigón es necesario utilizar aditivos plastificantes y para compactar el concreto utilizar un vibrado mecánico.
- En el estado de compresión no es necesario utilizar una gran cantidad de fibras, debido que en este estado el concreto absorbe la mayor cantidad de esfuerzo y las fibras la menor cantidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

### Bibliografía

AIRE, C. (JUNIO de 2011). *IMCYC*. Obtenido de CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA EN CONCRETO: <http://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/arttecnologia.htm>

BARBOZA, S. L. (2015). *DETERMINACION DE LA INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO EN EL ESFUERZO A LA FLEXION DEL CONCRETO PARA UN  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>*. CAJAMARCA , CAJAMARCA, PERÚ.

CABRERA, C. T. (2015). "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAMECÁNICAS MECÁNICAS DE LA ALBAÑILERÍA PRODUCIDA ARTESANALMENTE EN LOS CENTROS POBLADOS DE MANZANAMAYO Y SAN JOSÉ DEL DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA • CAJAMARCA ". Cajamarca.

CARRILLO LEON, J., ALCOCER MARTÍNEZ DE CASTRO, S. M., & APERADOR CHAPARRO, W. A. (2012). Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo. *INGENIERIA INVESTIGACION Y TECNOLOGIA* , 14.

CASTILLO EUSTAQUIO, M., & VIERA DE JESUS, D. M. (2016). "INFLUENCIA DE LA RELACION VOLUMETRICA DE ARENA Y CONFITILLO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE UN LADRILLO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS CON CARGA VIVA". TRUJILLO.

CIEZA, Y. L. (2014). "COMPORTAMIENTO SISMICO DE MUROS DE ALBAÑILERIA CONFINADA TIPO HAITÍ, ENSAYO DE CARGA LATERAL Y VERTICAL". LIMA.

CONSTRUCTALIA. (2017). *ArcelorMittal*. Obtenido de [http://www.constructalia.com/espanol/productos/armaduras\\_de\\_acero\\_para\\_hormigon/fibra\\_de\\_acero/fibra\\_de\\_acero#.WjbtolXibIX](http://www.constructalia.com/espanol/productos/armaduras_de_acero_para_hormigon/fibra_de_acero/fibra_de_acero#.WjbtolXibIX)

Fernando, L. L. (2016). *ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL HORMIGÓN CON FIBRAS DE ACERO RECICLADO*. ACAPULCO.

GAMARRA, R. J. (2018). *TECNOLOGIA DE MATERIALES* . En R. J. GAMARRA, *TECNOLOGIA DE MATERIALES* (pág. LIMA).

GONZALEZ, E. J. (2016). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO SUSTITUTO DEL ALIVEN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS DE TECHO Y PAREDES*. PUNTO FIJO (BOLIVIA).

harmesen. (2002). *desarrollo constructivo* . ecuador.

HOP, J., & TATNAL, P. (AGOSTO de 2003). MITOS Y REALIDADES SOBRE EL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS METÁLICAS. *IMCYC*.

- IMCYC. (2017). *PROPIEDADES DEL CONCRETO EENDURECIDO*. Obtenido de <http://www.imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Concreto%20Endurecido/4%20Propiedades%20del%20concreto%20endurecido.pdf>
- JORGE. (2015). “*ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS CORTAS DE ACERO Y MACROFIBRAS DE POLIPROPILENO: INFLUENCIA DEL TIPO Y CONSUMO DE FIBRA ADICIONADO.*”. MEXICO.
- LAO ODICIO, W. J. (2007). “*UTILIZACION DE LAS FIBRAS METALICAS PARA LA CONSTRUCCION DE CONCRETO REFORZADO EN LA CUIDAD DE PUCALLPA*”. LIMA.
- LARA, L. F. (2016). “*ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL HORMIGÓN ELABORADO CON FIBRAS DE ACERO RECICLADO*”. QUITO.
- OSORIO, J. D. (19 de SETIEMBRE de 2011). *BLOG 360 GRADOS EN CONCRETO*. Obtenido de BLOG 360 GRADOS EN CONCRETO: <http://blog.360gradosenconcreto.com/que-es-el-modulo-de-elasticidad-en-el-concreto/>
- PIQUERAS, V. Y. (12 de ABRIL de 2017). *PoliBLOGS*. Obtenido de PoliBLOGS: <http://victoryepes.blogs.upv.es/2017/04/12/hormigon-proyectado-con-fibras/>
- QUIGUIRI QUIGUIRI, J. L. (2016). *IMPLEMENTACION DE MACRO FIBRAS SINTETICAS COMO REFUERZO EN HORMIGÓN PROYECTADO Y MOLDEADO EN REEMPLAZO DE FIBRAS METÁLICAS A TRAVES DE UN COMPORTAMIENTO MECANICO*. GUAYAQUIL, ECUADOR.
- ROMAN, J. L. (2015). *ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS CORTAS DE ACERO Y MACROFIBRAS DE POLIPROPILENO: INFLUENCIA DEL TIPO Y CONSUMO DE FIBRA ADICIONADO*. MEXICO.
- ROSAS RODRIGUEZ, J., AGUIRRE TORRICO, F., & CADIMA PINO, M. (2005). *COMPORTAMIENTO DE HORMIGONES REFORZADOS CON Y SIN FIBRAS*. BOLIVIA.
- SALAZAR, P. C. (2010). *HORMIGONES CONFIBRAS DE ACERO. CARACTERISTICAS MECANICAS*. MADRID, ESPAÑA.
- SANIAMIENTO, M. D. (2016). *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACION (NORMA E.060)*. LIMA.
- SIKA. (17 de JULIO de 2015). *BUILDING TRUST SIKA*. Obtenido de BUILDING TRUST SIKA: [https://per.sika.com/es/soluciones-y-productos/mercados\\_sika/sika-aditivos-concreto/productos-aditivos-para-concreto/aditivos-concreto-premezclado/premezclado-fibras-concreto.html](https://per.sika.com/es/soluciones-y-productos/mercados_sika/sika-aditivos-concreto/productos-aditivos-para-concreto/aditivos-concreto-premezclado/premezclado-fibras-concreto.html)
- SILVA, O. J. (7 de ABRIL de 2016). *BLOG 360° EN CONCRETO. PCA (Portland Cement Association)*, 144-150.

- VALDES, G. A., & RAPIMAN, J. G. (2007). *Propiedades Físicas y Mecánicas de concreto*. Temuco.
- VELA REQUEJO, L. G., & YOVERA LEON, R. E. (2016). "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ADICIONADO CON FIBRA DE ESTOPA DE COCO". TESIS , UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN, LAMBAYEQUE, PIMENTEL.
- VILLANUEVA CAMPOS, E. O., & YARANGA HUATARONGO, H. (2015). "ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO PROVENIENTES DE PLÁSTICOS RECICLADOS EN CONCRETOS DE  $F'C=210$  KG/CM<sup>2</sup> EN EL DISTRITO DE LIRCAY, PROVINCIA DE ANGARAES, REGIÓN HUANCAVELICA". LIRCAY, ANGARAES, PERÚ.

## **ANEXOS**

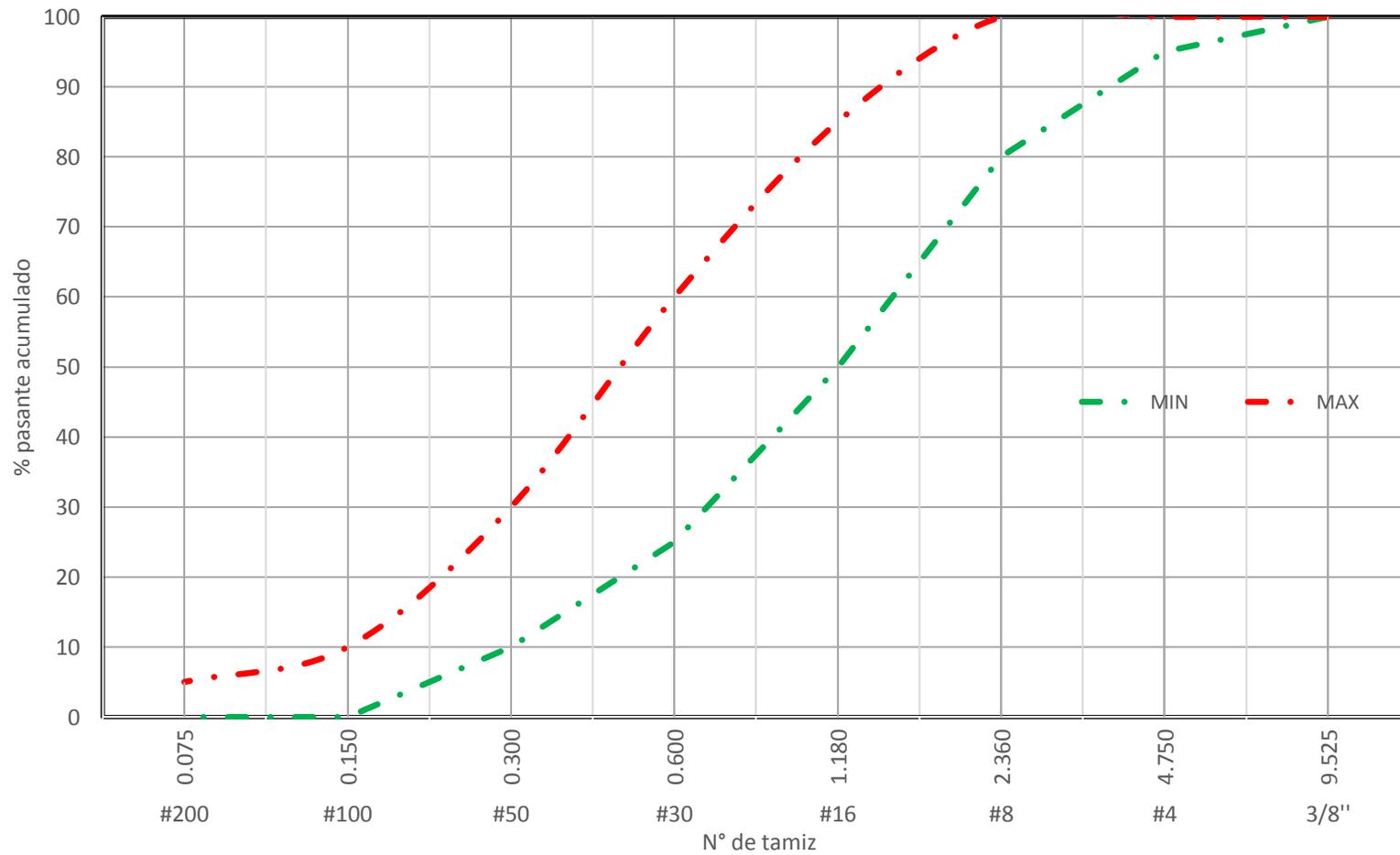
Anexo N° 1

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO FINO PARA CONCRETO ASTM C136 / C33**

<b>MATERIAL</b>							
<b>PROCEDENCIA</b>							
<b>FECHA DE ENSAYO</b>							
<b>APLICACIÓN</b>							
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>						<b>Peso de la muestra</b>	
<b>Tamiz N°</b>	<b>Abertura(mm)</b>	<b>Peso retenido (g)</b>	<b>Retenido (%)</b>	<b>Retenido acumulado (%)</b>	<b>Pasante acumulado (%)</b>	<b>ASTM C33</b>	<b>% PASANTE MALLA N° 200 ( ASTM C117)</b>
							(A)Peso de la muestra seca (g)
3"	76.200						(B)Peso de la muestra lavada secada al horno (g)
2 1/2"	63.500						% pasante malla N°200 (A-B/A)*100
2"	50.800						<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM C566)</b>
1 1/2"	38.100						(D)Peso húmedo de la muestra(g)
1"	25.400						(E)Peso seco de la muestra(g)
3/4"	19.050						% de humedad ((D-E)/E)*100
1/2"	12.700						<b>PROPIEDADES FÍSICAS DEL MATERIAL</b>
3/8"	9.525						Módulo de fineza
#4	4.750						Tamaño máximo TM
#8	2.360						Tamaño máximo nominal TMN
#16	1.180						
#30	0.600						
#50	0.300						
#100	0.150						
#200	0.075						
<b>FONDO</b>							
<b>TOTAL</b>				Mf			

## Anexo N° 2

### CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO (ASTM C33)



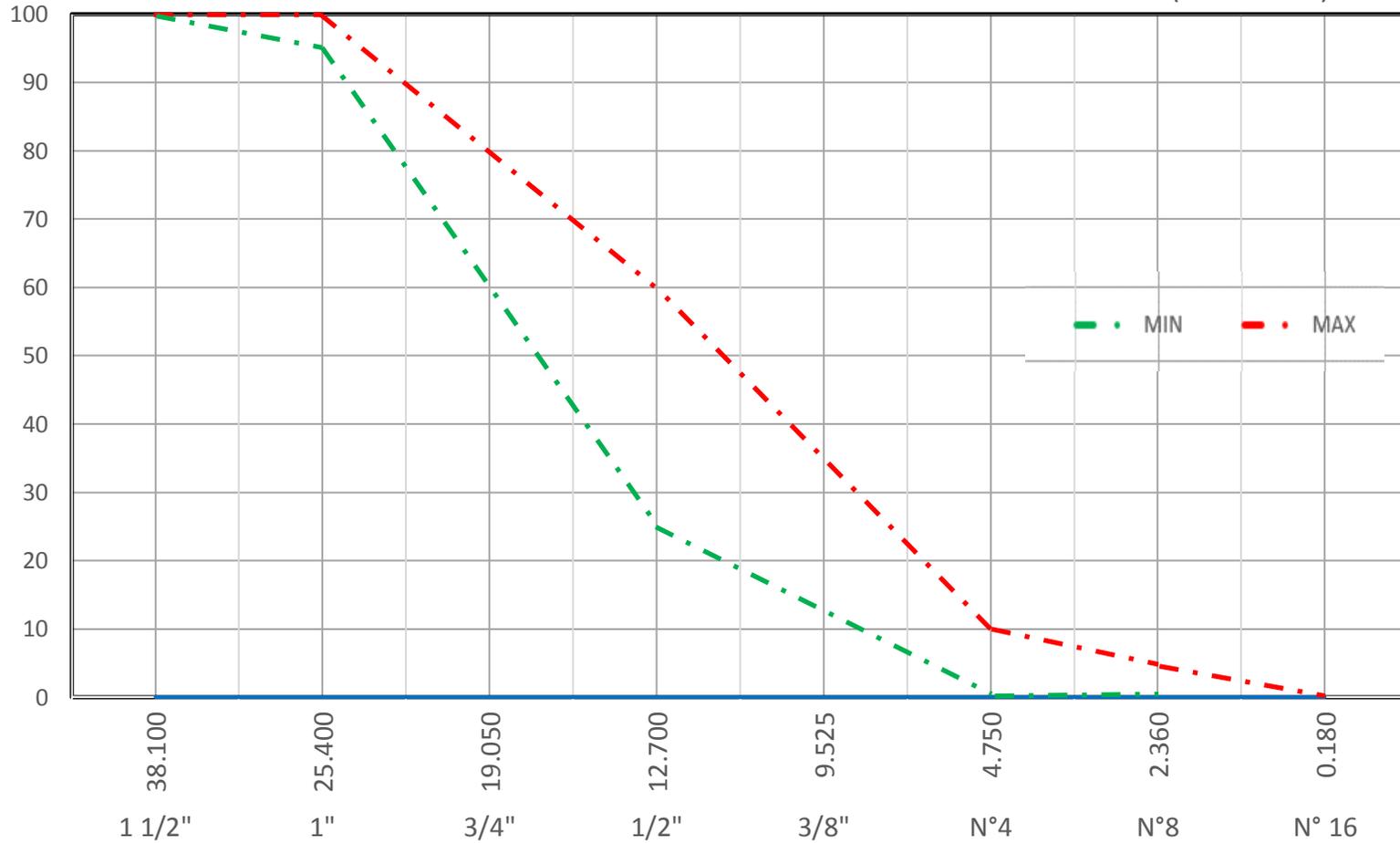
Anexo N° 3

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO ASTM C136 / C33

<b>MATERIAL</b>								
<b>PROCEDENCIA</b>								
<b>FECHA DE ENSAYO</b>								
<b>APLICACIÓN</b>								
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>							<b>Peso de la muestra</b>	
<b>Tamiz N°</b>	<b>Abertura(mm)</b>	<b>Peso retenido (g)</b>	<b>Retenido (%)</b>	<b>Retenido acumulado (%)</b>	<b>Pasante acumulado (%)</b>	<b>ASTM C33</b>	<b>% PASANTE MALLA N° 200 ( ASTM C117)</b>	
							(A)Peso de la muestra seca (g)	
5"	127.000						(B)Peso de la muestra lavada secada al horno (g)	
4"	101.000						% pasante malla N°200 (A-B/A)*100	
3"	76.200						<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM C566)</b>	
2 1/2"	63.500						(D)Peso húmedo de la muestra(g)	
2"	50.800						(E)Peso seco de la muestra(g)	
1 1/2"	38.100						% de humedad ((D-E)/E)*100	
1"	25.400						<b>PROPIEDADES FÍSICAS DEL MATERIAL</b>	
3/4"	19.050						Módulo de fineza	
1/2"	12.700						Tamaño máximo TM	
3/8"	9.525						Tamaño máximo nominal TMN	
N°4	4.750							
N°8	2.360							
<N°8	<b>FONDO</b>							
<b>TOTAL</b>								

### Anexo N° 4

#### CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO HUSO 57 (ASTM C33)



**Anexo N° 5**

**CALCULO DE DOSIFICACION**

<b>FECHA:</b>		<b>HORA A/C</b>		<b>FACTOR DE TANDA</b>	
---------------	--	-----------------	--	------------------------	--

**I. PROPIEDADES FÍSICAS Y FORMULACIÓN DEL DISEÑO**

N°	Material	Procedencia	Propiedades Físicas del Agregado, Cemento y Aditivo							Formulación del Concreto			
			Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)	MF	Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	Humedad (%)	Malla > 200	Peso sss (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso corregido por humedad (kg)	Peso de la tanda (kg)
1	Cemento Tipo MS												
2	Cemento Tipo I												
3	Agua												
4	Arena Gruesa	100.00%											
5	Piedra chancada TMN 3/4" - 1/2"	100.00%											
6	Piedra Huso 57 - TMN 1"	0.00%											
7	Piedra Huso 67 - TMN 3/4"	0.00%											
8	----	0.00%											
9	SIKA TM 12 retardante	0.000%											
10	SIKA TM 31 plastificante	0.00%											
11	sika air	0.000%											
12	sika fiber	0.00%											
13	% Aire Atrapado	1.50%											
									<b>Peso Total (kg.)</b>				

**II. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO:**

**III. VERIFICACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA**

	FC (kg)		Humedad relativa (%)	(*) Pérdida de Asentamiento y Aire					(*) Fragua (hh:mm)	
	Contenido de cemento									
1	Material cementante (kg)		Temp. concreto (°C)		Tiempo (minutos)	Slump (pul g.)	Aire (%)	Temp. Concreto °C	Temp. Ambiente °C	Inicial
	a/c		Temp. ambiente (°C)		30					
	a/cmt		(**)Asentamiento (Slump) (Pulg.)		60					Final
	rf (%)	0.51	Extensibilidad (cm.)	---	90					
	MC	3.83	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )		120					
	Notas:			Rendimiento (m <sup>3</sup> )		Resistencias a 1 día				kg/cm <sup>2</sup>
			Contenido de Aire (%)	2%	Resistencias a 3 días				kg/cm <sup>2</sup>	
Observaciones:			Hora ensayo (h) Slumo Inicial		Resistencias a 7 días				kg/cm <sup>2</sup>	
			Volumen de tanda (Peso tanda/PU) (m <sup>3</sup> )		Resistencias a 28 días				kg/cm <sup>3</sup>	

Anexo N° 6. Cuarteo del agregado fino.



Anexo N° 7. Peso de la muestra agregado fino.



Anexo N° 8. Cuarteo del agregado fino.



Anexo N° 9. Peso de la muestra del agregado grueso.



**Anexo N° 10.** Granulometría del agregado fino.



**Anexo N° 11.** Secado de la muestra para determinar porcentaje de humedad.



**Anexo N° 12. Peso unitario del agregado grueso.**



**Anexo N° 13 Ensayo en las fiolas de la muestra sss.**



**Anexo N° 14.** Descantando la muestra sss.



**Materiales para diseño de mezcla**

**Anexo N° 15.** Peso de los agregados.



**Anexo N° 16.** Preparación de la mezcla.



**Anexo N° 17.** Preparación de la mezcla en el trompo.



**Anexo N° 18. Concreto en estado fresco.**



**Anexo N° 19. Ensayo de slump.**



Anexo N° 20. Ensayo de peso unitario.



Anexo N° 21.. Medida de slump.



**Anexo N° 22.** Medida de slump con fibra de acero 1.5%.



**Anexo N° 23.** Medida de Slump con fibra de acero 3%.



**Anexo N° 24.** Peso de la olla + el concreto.



**Anexo N° 25.** Ensayo de contenido de aire.



**Anexo N° 26. Llenado de probetas.**



**Anexo N° 27. Desencofrado de probetas.**



**Anexo N° 28. Desencofrado de vigas.**



**Anexo N° 29. Curado de probetas.**



**Anexo N° 30.** Probetas para ensayo a compresión.



**Anexo N° 31.** Ensayo de probetas a compresión.



**Anexo N° 32.** Tipos de falla de probetas.



**Anexo N° 33.** Ensayo a la flexión de probetas prismáticas.



Anexo N° 34. Viga con fibras.



Anexo N° 35. Vigas sin fibras.

