



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



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

**"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL  
CONCRETO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS  
ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL  
A.A.H.H VILLAMARIA-NUEVO CHIMBOTE"**

#### **TESISTAS:**

Bach. CHAPOÑAN CUEVA JOSÉ MIGUEL

Bach. QUISPE CIRILO JOEL

#### **ASESORA:**

Ms. Ing. LUZ ÁLVAREZ ASTO

**NUEVO CHIMBOTE-PERÚ**

**2017**



TESIS: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL A.A.H.H. VILLAMARIA – NUEVO CHIMBOTE"

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL  
CONCRETO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS  
ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL A.A.H.H VILLAMARIA-  
NUEVO CHIMBOTE"

REVISADO POR:

---

Ms. Ing. LUZ ÁLVAREZ ASTO  
ASESORA



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL  
CONCRETO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS  
ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL  
A.A.H.H VILLAMARIA-NUEVO CHIMBOTE”**

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

Sustentado por el siguiente jurado:

---

Ms. Ing. Abner León Bobadilla  
Presidente

---

Ms. Ing. Luz Álvarez Asto  
Integrante

---

Ms. Ing. Rubén López Carranza  
Secretario



## **DEDICATORIA**

**A toda mi familia, en especial a mis padres Miguel y Nancy, las personas que más quiero, que me han dado su ayuda y apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida.**

**A los docentes de la E.A.P. de ingeniería civil por sus enseñanzas durante mi vida universitaria.**

**A todos mis amigos por su permanente apoyo en las situaciones más difíciles de mi vida.**

**José Miguel**



## DEDICATORIA

**A Dios, por guiar mis pasos  
y estar siempre a mi lado ayudándome a  
cumplir mis objetivos.**

**A mis padres Claudio y Claudia, quienes  
son la razón de mi vida, por confiar en mí  
y estar siempre pendientes de mis logros.**

**A mis hermanos Julio, Soledad y Pilar, por  
ser parte importante en mi vida, y  
ayudarme de una u otra forma a seguir  
adelante.**

**A Milagros Gámez, por sus consejos, por  
estar a mi lado en los días buenos y malos,  
y darme las fuerzas y alegrías necesarias  
para seguir.**

**Joel**



## AGRADECIMIENTO

A nuestros padres por hacer un esfuerzo en apoyarme en toda la etapa de mi vida.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA por darme la oportunidad de pertenecer a esta casa de estudios.

A nuestra Asesora, La Ing. Luz Álvarez que estuvo en todo momento con nosotros guiándonos y apoyándonos con lo que necesitábamos.

A los docentes de la E.A.P. de ingeniería civil por sus enseñanzas durante mi vida universitaria y en especial al Ing. Abner León y Rubén López por haber apoyado en nuestro tema de investigación.

**José Miguel y Joel**



## INDICE GENERAL

<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>Capítulo I: Generalidades</b> .....	<b>3</b>
1.1. <b>Antecedentes</b> .....	<b>3</b>
1.2. <b>Planteamiento del Problema</b> .....	<b>7</b>
1.3. <b>Justificacion del Problema</b> .....	<b>11</b>
1.4. <b>Objetivos:</b> .....	<b>14</b>
1.4.1. <b>Objetivo General</b> .....	<b>14</b>
1.4.2. <b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>14</b>
1.5. <b>Hipotesis:</b> .....	<b>15</b>
1.6. <b>Variables</b> .....	<b>15</b>
1.7. <b>Diseño de Investigacion:</b> .....	<b>15</b>
1.8. <b>Estrategia de Trabajo</b> .....	<b>16</b>
<b>Capítulo II: Marco Teórico</b> .....	<b>19</b>
2.1. <b>Pavimentos</b> .....	<b>19</b>
2.1.1. <b>Tipos de pavimentos</b> .....	<b>19</b>
2.2. <b>Cemento</b> .....	<b>34</b>
2.2.1. <b>Fabricación</b> .....	<b>35</b>
2.2.2. <b>Tipos de cementos</b> .....	<b>36</b>
2.3. <b>Agregados</b> .....	<b>41</b>
2.3.1. <b>Agregado fino</b> . ....	<b>41</b>
2.3.2. <b>Agregado grueso</b> . ....	<b>44</b>
2.3.3. <b>Características</b> .....	<b>48</b>
2.4. <b>Agua</b> .....	<b>50</b>
2.5. <b>Fibras</b> .....	<b>55</b>
2.5.1. <b>Fibras de minerales</b> . ....	<b>56</b>
2.5.2. <b>Fibras metálicas</b> .....	<b>59</b>
2.6. <b>Concreto</b> .....	<b>65</b>
2.6.1. <b>Definición</b> .....	<b>65</b>
2.6.2. <b>Componentes del concreto</b> . ....	<b>66</b>
2.6.3. <b>Propiedades del concreto</b> . ....	<b>69</b>
<b>Capítulo III: Materiales y Métodos</b> .....	<b>81</b>
3.1. <b>Metodo de Investigacion</b> .....	<b>81</b>
3.2. <b>Universo o Poblacion</b> .....	<b>81</b>
3.3. <b>Alcance de Estudio</b> .....	<b>81</b>
3.4. <b>Obtencion en Laboratorio de Muestras Representativas (Cuarteo)</b> .....	<b>83</b>



Procedimiento .....	83
<b>3.5. Peso Unitario de los Agregados .....</b>	<b>84</b>
Procedimiento .....	84
<b>3.6. Analisis Granulometrico de Agregados Gruesos y Finos .....</b>	<b>85</b>
Prodedimiento .....	85
<b>3.7. Peso Específico y Absorcion de Agregados Finos .....</b>	<b>87</b>
Procedimiento .....	87
<b>3.8. Peso Específico y Absorcion de Agregados Gruesos .....</b>	<b>88</b>
Procedimiento .....	88
<b>3.9. Abrasion Los Angeles (L.A.) Al Desgaste de los Agregados .....</b>	<b>89</b>
Procedimiento .....	89
<b>3.10. Determinacion del Contenido de Humedad .....</b>	<b>92</b>
Procedimiento. ....	92
<b>3.11. Diseño de Mezcla de Concreto .....</b>	<b>93</b>
Pasos en el diseño de la mezcla de concreto. ....	94
<b>3.12.1 Procedimiento Para el Diseño de Concreto con Adición de Fibra de Polipropileno (Sikafiber) .....</b>	<b>112</b>
<b>3.12. Elaboracion y Curado de Especimenes de Concreto en el Laboraatorio 113</b>	
Procedimiento. ....	116
La mezcla de concreto debe ser tal que deje un 10 % de residuo después de haber moldeado el espécimen del ensayo. ....	116
<b>3.13. Asentamiento del Concreto (Slump) .....</b>	<b>124</b>
<b>3.13.1. Procedimiento.....</b>	<b>126</b>
<b>3.14. Resistencia a la Comprensión Testigos Cilindricos .....</b>	<b>128</b>
<b>3.14.1. Procedimiento.....</b>	<b>129</b>
<b>3.15. Resistencia a la Flexion del Concreto en Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas a los Tercios del Tramo .....</b>	<b>132</b>
<b>3.15.1. Procedimiento.....</b>	<b>133</b>
<b>3.16. Resistencia a la Flexion del Concreto Metodo de la Viga Simple Cargada en el Punto Central .....</b>	<b>134</b>
<b>3.16.1. Procedimiento.....</b>	<b>134</b>
<b>Capítulo IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>137</b>
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>153</b>
<b>CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>160</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>160</b>



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Módulo de Ruptura Recomendado .....	28
Tabla 2. Ficha Técnica Pacasmayo Cemento Extraforte .....	35
Tabla 3. Requisitos químicos del cemento.....	40
Tabla 4. Requisitos físicos del cemento.....	40
Tabla 5. Limite Graduación del A. Fino .....	43
Tabla 6. Límite de graduación A. Grueso.....	46
Tabla 7. Límites permisibles máximo del agua .....	51
Tabla 8. Requisitos del concreto para el agua de mezcla.....	54
Tabla 9. Límites opcionales para el agua de mezclado .....	55
Tabla 10. Masa de carga de ensayo .....	90
Tabla 11. Gradación de las muestras de ensayo .....	91
Tabla 12. Factor de corrección.....	97
Tabla 13. Resistencia a la compresión promedio.....	98
Tabla 14: TMN Comprendidos entre 2" y 3/8" .....	99
Tabla 15. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción..	101
Tabla 16. Volumen unitario de agua .....	102
Tabla 17. Volumen unitario de agua .....	104
Tabla 18. Relación agua-cemento por resistencia .....	106
Tabla 19. Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a condiciones especiales de exposición. ....	107
Tabla 20. Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto .....	109
Tabla 21. Numero de capas requeridas en la elaboración de las mezclas ....	120



Tabla 22. Diámetro de varilla y número de golpes por capa .....	122
Tabla 23 Tolerancias.....	130
Tabla 24 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0% .....	138
Tabla 25 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1114% .....	138
Tabla 26 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1485% .....	139
Tabla 27 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1708% .....	139
Tabla 28 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1856% .....	139
Tabla 29 Tabla comparativa resistencia promedio vs resistencia característica. Edad: 7 días .....	143
Tabla 30 Tabla comparativa resistencia promedio vs resistencia característica. Edad: 28 días.....	144
Tabla 31 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0% .....	145
Tabla 32 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1114% .....	145
Tabla 33 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1485% .....	146
Tabla 34 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1708% .....	146



Tabla 35 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1856% .....	146
Tabla 36 Tabla comparativa resistencia promedio vs resistencia característica. Edad: 28 días .....	150



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Transmisión de cargas en un Pavimento Rígido.....	19
Figura 2. Estructura de un Pavimento Rígido.....	20
Figura 3 Capacidad de Transmisión de la Carga .....	24
Figura 4. Losas reforzadas con barra de acero.....	25
Figura 5. Configuraciones de carga en un Pavimento .....	29
Figura 6. Configuración vs Edad en un Pavimento .....	31
Figura 7. Av. Venezuela – Perú 1922 .....	32
Figura 8. Vía Expresa – Lima 1968.....	32
Figura 9. Condiciones de visibilidad nocturna de un Pavimento Rígido.....	34
Figura 10. Ejemplo de un panel de Concreto Reforzado con Fibra de Vidrio.	57
Figura 11. Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto .....	68
Figura 12. AA.HH Villamaria, Nuevo Chimbote.....	82
Figura 13. Cuarto en una superficie plana y limpia .....	84
Figura 14. Molde para determinar el asentamiento.....	125
Figura 15. Varilla compactadora .....	126
Figura 16. Procedimiento para el asentamiento del concreto fresco.....	128
Figura 17. Esquemas de tipos de falla .....	132
Figura 18. Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz.....	133
Figura 19. Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga cargada en el centro de la luz .....	135



## INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0%.....	140
Grafico 2 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1114%.....	140
Grafico 3 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1485%.....	141
Grafico 4 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1708%.....	141
Grafico 5 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1856%.....	142
Grafico 6 Resistencia Promedio vs Característico en diferentes porcentajes de fibra; relación A/C de 0.466. Edad: 7 días.....	143
Grafico 7 Resistencia Promedio vs Característico en diferentes porcentajes de fibra; relación A/C de 0.466. Edad: 28 días.....	144
Grafico 8 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0%.....	147
Grafico 9 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1114%.....	147
Grafico 10 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1485%.....	148
Grafico 11 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1708%.....	148
Grafico 12 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1856%.....	149



Grafico 13 Resistencia a la Flexión Promedio vs Característico en diferentes porcentajes de fibra; relación A/C de 0.466. Edad: 28 días. ....	150
Grafico 14 Comportamiento del Módulo de Rotura Promedio vs Módulo de rotura Característico; Relación A/C 0.466.....	151



## RESUMEN

El siguiente estudio de investigación tiene como objetivo analizar el comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico en el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibra de polipropileno en el A.A.H.H Villa María-Nuevo Chimbote, dado que por el tipo de suelo que se presenta en esa zona y por las cargas que serán transmitidas en estas, es importante diseñar un concreto óptimo que nos ayude a obtener un mejor comportamiento del pavimento rígido.

Se realizarán todos los ensayos requeridos para los agregados según la norma CE.010 Pavimentos Urbanos y el Manual de carreteras, luego se elaborará un concreto patrón de una resistencia de diseño de 280 kg/cm<sup>2</sup>, según el metodología ACI-211, además de cuatro mezclas con la misma resistencia, en donde se adicionara en porcentajes de 75%,100%,115%,125% de fibra y se hará una comparación de estas. Luego se efectuarán testigos de concreto que serán ensayadas en el caso de las probetas, a compresión y en el caso de las vigas, a flexión; basados en las normas ASTM, MTC, NTP. Todos estos ensayos servirán para determinar la calidad de la mezcla tanto en estado fresco como en estado endurecido.

En donde se llegó a concluir que el porcentaje óptimo de fibra fue de 115% de la cantidad recomendada por el fabricante.



## ABSTRACT

The following research study has as objective to analyze the behavior in the properties of hydraulic concrete in the design of rigid pavements addition of polypropylene fiber in the AAHH Villa María-Nuevo Chimbote, given that by the type of soil that appears in that zone And For the loads that are transmitted in these, it is important to design an optical point of view that helps us to obtain a better behavior of the rigid pavement.

All the tests required for the aggregates according to CE.010 Urban Pavements and the Road Manual will be carried out, then a standard concrete of a design resistance of 280 kg / cm<sup>2</sup> will be elaborated, according to the ACI-211 methodology, in addition to four Mixtures with the same resistance, where it will be added in percentages of 75%, 100%, 115%, 125% of fiber and a comparison of these will be made. Then concrete witnesses will be made, which will be tested in the case of the test pieces, in compression and in the case of the beams, in flexion; Based on ASTM, MTC, NTP standards. All these tests will be used to determine the quality of the mixture both in the fresh state and in the hardened state.

Where it was concluded that the optimal fiber percentage was 115% of the amount recommended by the manufacturer.



## INTRODUCCION

Nuestro país está formado en su mayor parte por pavimentos flexibles los cuales presentan su estructura común conformado por la sub-rasante, una capa sub-base, una capa base y una carpeta asfáltica de rodamiento, pero también existen pavimentos rígidos, aunque en su minoría, también conformado en su estructura común; por una sub-rasante, una capa sub-base, una capa base y una capa de concreto; debido a su alto costo para su ejecución y a un extensivo proceso constructivo, son los pavimentos menos usados en el país y en nuestra localidad, su construcción es recomendado para zonas de alto tránsito vehicular, y donde transitan vehículos pesados, brindando una mayor vida útil que los pavimentos flexibles, ya que también se requiere de un mantenimiento menos en su estructura

El desarrollo de la presente tesis se ha dividido en siete capítulos. El primer capítulo se refiere a las generalidades del tema. El segundo capítulo abarca el marco teórico y además se menciona y describe al concreto, así como sus ventajas y desventajas a la hora de ponerlo en servicio. El tercer capítulo se refiere al trabajo en laboratorio, a la hora de realizar los ensayos correspondientes. El cuarto capítulo comprende los resultados obtenidos para las diferentes muestras. El quinto capítulo comprende las discusiones a las cuales se llega con dichos resultados antes mencionados. El sexto capítulo abarca las recomendaciones que se tomaran al revisar y tomar en cuenta las discusiones mencionadas antes. El séptimo capítulo toma todos los capítulos expuestos y los transforma en conclusiones ya que también se requiere de un mantenimiento menor en su estructura.



# CAPITULO I: GENERALIDADES



## Capítulo I: Generalidades

### 1.1. Antecedentes

#### En lo Internacional:

Irías Pineda A. (2013). El concreto en masa es un material moldeable y con buenas propiedades mecánicas y de durabilidad, y aunque resiste tensiones y esfuerzos de compresión apreciables tiene una resistencia a la tracción muy reducida. Por eso se usa combinando con acero, que cumple la misión de absorber las tensiones de tracción que aparece en la estructura.

La idea de utilizar materiales fibrosos resistentes pero de elevada fragilidad se remonta a muchos años atrás; en el antiguo Egipto se introducía paja al macizo arcilloso con el cual confeccionaban ladrillos para conferirle una mayor resistencia y por lo tanto una buena manejabilidad después de la cocción al sol.

Existen otros ejemplos históricos: revoques reforzados con cabello de caballo, o también con paja en las construcciones más precarias, para evitar fisuras antiestéticas de retiro, contrapisos en yeso armado con esteras de caña, conglomerados de cemento fibroreforzados con amianto etc.

En los años 1900, las fibras de asbesto eran usadas en el concreto. En 1950, el concepto de materiales compuestos entro en vigor y el refuerzo con fibras era uno de los temas de interés. Una vez que se dieron problemas de salud debido al asbesto, hubo la necesidad de encontrar un remplazo para la resistencia en el concreto y otros materiales de construcción. Por los años



1960, el acero, vidrio (GFRC, glass fiber reinforced concrete) y fibras sintéticas tales como el Polipropileno fueron usadas en el concreto.

Santos Cortés L. y Hernández Ruiz J. (2004). Las fibras de polipropileno son empleadas ampliamente en los Estados Unidos y Canadá en todo tipo de construcciones de concreto, y han probado ser un método efectivo para controlar las grietas formadas en el concreto causadas por secado rápido.

Otros países como Argentina y Chile, actualmente realizan investigaciones sobre el comportamiento en el Laboratorio de concretos reforzados con fibras (acero y sintéticas).

Chile ya ha aplicado las fibras de acero a la construcción de estabilización de taludes, pavimentos en carreteras, pistas de Aeropuertos y Hangares, pistas industriales y comerciales, cimentaciones para equipo y maquinaria, etc.

Brasil es otro de los países Sudamericanos que emplea el uso de fibras de polipropileno en diversos sectores de la construcción, cuenta con la mayor fábrica de América del Sur que produce este tipo de fibras sintéticas (FITESA), empresa que produce alrededor de 11,000 ton de fibras de polipropileno al año.

Colombia es otro de los países sudamericanos que realiza investigaciones sobre concretos reforzados con fibras sintéticas.



En Europa, países como España también utilizan la gama de fibras de polipropileno para refuerzo y prevención de las fisuras por retracción de yesos, morteros y concretos.

Una de esta investigación es la realizada en la Universidad Politécnica de Madrid, para recibir el grado de Master Universitario en Ingeniería de las Estructuras, Cimentaciones y Materiales titulada: "Refuerzo de Elementos Estructurales Con Hormigones con Fibras o Solo Fibras", realizado por la Ing. Ana Sofía Irías Pineda.

### **En lo Nacional:**

Morales Olivares J. (2004). En el Perú, es poco lo que se ha hecho por aplicar este tipo de fibra sintética, debido al desconocimiento o poca difusión de los métodos y técnicas que son utilizados. Motivado por esta carencia y la gran importancia que puede representar en el aspecto económico aplicarlas oportunamente, se pretende utilizar este método sobre pavimentos rígidos.

Vargas (2012). *Evaluación del tramo santa - Vinzos km 0+780 - km 23+800, para identificar las patologías del tratamiento bicapa, determinar las fallas para poder definir las técnicas y métodos preventivos más adecuados para el mantenimiento del tramo en estudio.* Este documento evalúa las fallas a lo largo del tramo Santa - Vinzos km 0+80 - km 23+800 para determinar las soluciones apropiadas para su mantenimiento y/o rehabilitación, identificar los problemas de transitividad, seguridad a lo largo de la vida y determinar las fallas existentes determinando la solución más apropiada para eliminar las patologías encontradas luego de la evaluación del tramo en estudio. La



recolección de datos de campo, fue una inspección visual, toma de fotografías a identificación de patologías en el tramo, el procesamiento se realizó en gabinete para la determinación del método más apropiado para el mantenimiento de la vía.

### **En lo Regional:**

En la actualidad el desgaste de los pavimentos, asentamientos diferenciales, deformaciones, factores climáticos, exigente recurrencia de tránsito, deformaciones plásticas, condiciones de drenaje y sub-drenaje, etc., son fallas comunes que puede sufrir el concreto asfáltico debido a diferentes causas, en Ancash se debe a distintas causas ocasionadas por la naturaleza como pueden ser: cambios climáticos, movimientos sísmicos; un mal proceso constructivo por la empresa ejecutora, o por nosotros mismos que muchas veces desconocemos los daños que hacemos al pavimento a la hora de regar, ya que el asfalto es enemigo del agua.

### **En lo Local:**

En el casco urbano de Nuevo Chimbote y en especial el A.A.H.H. Villa María se observó que en la mayoría de sus calles se cuenta con pavimento flexible, por ser la más comercial, sin embargo la mala conformación de las capas inferiores, mal proceso constructivo y además si se le agregamos que presentan suelos que de por sí ya son muy desfavorables, hacen que se originen el deterioro prematuro de las vías asfaltadas ante el tránsito, y que a lo largo de su vida "útil" del pavimento resulte aún más costoso, por las reparaciones y mantenimientos constantes que se deben realizar.



Las carreteras como infraestructura viaria es una de las que más se utiliza por toda la población en todos sus niveles y escalas. Carreteras locales, provinciales y nacionales con distintas intensidades de tráfico son infraestructuras con un gran índice de ocupación y donde las inversiones son necesarias para poder garantizar la seguridad de las mismas.

M. Barreda, C. Iaiani y J.D. Sota (2000). Las fibras sintéticas no reemplazan el refuerzo estructural principal en el concreto ya que no agregan ninguna resistencia. Pero el refuerzo estructural no suministra sus beneficios hasta que el concreto se haya endurecido. Eso es por lo que algunos contratistas adicionan fibras sintéticas al concreto como refuerzo secundario. A diferencia del refuerzo estructural, las fibras sintéticas proporcionan beneficios mientras el concreto es aún plástico. Ellas también aumentan algunas de las propiedades del concreto endurecido.

## **1.2. Planteamiento del Problema**

Gómez Vallejosla S. (2014). La infraestructura vial incide mucho en la economía de los países por el gran valor que tiene en esta, pues al alto costo de construcción, mantenimiento o rehabilitación hay que adicionarles también los costos que se derivan por el mal estado de las vías, por eso los nuevos ingenieros que se dediquen a esta rama de la profesión se enfrentará a un reto muy importante que es el de proporcionar estructuras de pavimentos eficaces con presupuestos cada vez más restringidos.



Los métodos que se describe en diversos documentos están encaminado a dar una aproximación de las correlaciones empíricas logradas hasta la primera mitad del siglo XX en el diseño estructural de pavimentos; se ha llegado a este estado del arte aplicando metodologías usadas en otras áreas de la ingeniería que tienen en cuenta las propiedades de los materiales que constituyen el pavimento; el procedimiento puede tener el grado de sofisticación que el ingeniero desee con este procedimiento se puede obtener los esfuerzos, deformaciones y deflexiones producidos por cargas a las que está sometida la estructura.

En el Perú la red vial se ha construido de acuerdo a las necesidades que el mismo crecimiento a exigido, y con una planeación deficiente, dando soluciones satisfactorias solo para los requerimientos a corto plazo; los mismos que a medida que el tiempo transcurre se vuelven insuficientes, traduciéndose en incrementos de costos tanto para los usuarios como para el mismo gobierno central, al realizar trabajos de mantenimiento o reforzamiento, considerando que éstos se efectúan en el área urbana donde por la concentración de habitantes y las obras que éstos requieren para satisfacer sus demandas, reducen los espacios y dificultan las labores para corregir las anomalías de los pavimentos.

En los últimos años el Perú ha impulsado una política favorable para la construcción de obras viales a lo largo y ancho del territorio, habiéndose ejecutado pavimentos flexibles, pero de acuerdo al comportamiento y a las



medidas de campo con que se realizan los materiales que se construyen estos pavimentos deben tener una calidad suficiente para resistir.

A diferencia, los pavimentos de concreto han adquirido mayor participación en los proyectos viales, debido a su durabilidad, capacidad de reparto de cargas y calidad para el rodamiento. Sin embargo, éstos pueden quedar parcial o totalmente fuera de servicio como consecuencia lógica del desgaste producido por el uso y otros factores como clima, tráfico, etc.

### **EL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO**

Toda persona relacionada con el área de la construcción sabe que el concreto por naturaleza tiende a agrietarse, los efectos de este fenómeno pueden ser desde pequeñas molestias hasta convertirse en toda una pesadilla.

El concreto se fabrica en estado plástico, lo que aporta la gran ventaja de ser moldeable, pero al mismo tiempo exige ciertas restricciones. Las principales restricciones en las losas de concreto de los pavimentos son:

- a) Superficie de contacto del concreto con el encofrado
- b) Acero de refuerzo
- c) Elementos empotrados

Para poder encontrar una solución al problema de agrietamiento del concreto es necesario conocer cuáles son las causas que lo provocan, ya que el agrietamiento puede producirse en el concreto en estado plástico y/o en el concreto endurecido.



En general, los elementos de concreto reforzado sujetos a cargas de trabajo generalmente se encuentran agrietados en las zonas en que actúan esfuerzos de tensión.

Las grietas que se produce en el concreto en estado plástico se deben básicamente a lo siguiente:

- Contracción del concreto por asentamientos
- Contracción plástica (durante el fraguado)

En el concreto en estado endurecido el agrietamiento puede deberse a diversas causas químicas, físicas, de diseño estructural y/o causas accidentales

En la zona del Distrito de Nuevo Chimbote, existen diferentes tipos de pavimentos en un 90% existente de pavimento flexible (elaborado de carpeta asfáltica) y un 10 % de pavimento rígido (elaborado de concreto), por ello el análisis de este proyecto se centra en el A.A.H.H Villamaria – Nuevo Chimbote, en la cual se observan que presentan deterioro por desgaste, motivo por el cual se originan asentamientos o hundimientos notorios, agrietamientos, fallas transversales, longitudinales y diagonales que se muestran en el pavimento.

Por eso es necesario estudiar el comportamiento del pavimento rígido alterando su composición básica; añadiendo un nuevo material a la mezcla que es la fibra de polipropileno, con la finalidad de mejorar sus propiedades y reducir el agrietamiento del concreto con fines de pavimentación, teniendo



como base antecedentes, y así tener resultados basados en tablas comparativas que muestren el comportamiento de la mezcla del concreto correspondiente a diferentes dosificaciones de fibra de polipropileno.

Por lo tanto la siguiente investigación nos lleva a plantearnos el problema siguiente:

¿En qué medida influirá adicionar fibras de polipropileno en el concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos en el A.A.H.H. Villa María de Nuevo Chimbote?

### **1.3. Justificación del Problema**

Las vías de comunicación son base del desarrollo del país, para ser capaces de competir en el desarrollo económico y para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Hoy en día la circulación de vehículos sobre las carreteras y calles son el medio principal de transporte tanto de personal como de bienes. Los volúmenes de tránsito, así como las cargas han aumentado considerablemente en las últimas décadas. Durante años en todo el país la construcción de capas de rodamiento en los pavimentos rígidos se ha realizado con métodos tradicionales que sometidas a la creciente demanda de tránsito, a la acción de los agentes atmosféricos, a la presencia de altos y bajas temperaturas y al empleo de materiales inadecuados hacen que se presenten deterioros importantes.



A pesar de que ya se han reportado algunos beneficios respecto a las mejoras en las propiedades mecánicas en concretos reforzados con fibras metálicas y fibras de carbono, todavía hace falta mucho por hacer, ya que en países en vías de desarrollo esta puede ser una respuesta a los requerimientos tanto técnicos como económicos de una población.

Es así que la presente investigación se justifica en el crecimiento urbanístico que experimenta en los últimos años el distrito de Nvo. Chimbote; y donde el A.H. Villa María no está exento de este desarrollo.

El Distrito de Nuevo Chimbote, se encuentra ubicado geográficamente al norte del Perú a  $9^{\circ} 4'15''$  de latitud sur y a  $78^{\circ}35' 27''$  de longitud oeste y a una altura promedio de 30 msnm, con temperatura promedio de  $21^{\circ}\text{C}$  que oscila entre los  $14^{\circ}\text{C}$  y  $28^{\circ}\text{C}$  de tal manera que los procesos constructivos varían en función a dichas temperaturas y épocas.

Se ha observado grandes índices de deterioro en las vías de pavimento flexible de la zona. Las patologías observadas van desde la disgregación del material pasando por la famosa piel de cocodrilo y llegando últimamente a los molestos hundimientos, que afectan el tránsito habitual.

Es por eso que se recurrirá a otras opciones y que se espera que brinde mejores resultados. De acuerdo a lo expuesto en los proyectos precedentes, el concreto y las fibras de polipropileno son materiales que se complementan porque, al ser combinados, forman un material más completo y versátil.



Las fibras con una adecuada resistencia mecánica a la tracción, homogéneamente distribuidas dentro de un concreto, constituyen una micro-armadura la cual, por un lado se muestra extremadamente eficaz para contrastar el muy conocido fenómeno de la fisuración por retracción y, por otro lado, confiere al concreto una ductilidad que puede llegar a ser considerable en la medida en que sea elevada la resistencia misma de las fibras y su cantidad, confiriendo además al concreto en tales circunstancias una gran tenacidad.

### **Importancia:**

Esta investigación servirá para explicar esta problemática y así además poder brindarle una posible solución a los problemas de los pavimentos del Distrito de Nuevo Chimbote.

Además esta investigación servirá para obtener datos reales y verificables que nos ayudaran como ingenieros civiles, y así también a estudiantes o personas relacionadas a rubro de la construcción, que deseen aprender a diseñar pavimentos adicionando elementos nuevos, que le brindan mayor estabilidad y mayor durabilidad para el beneficio de la población del distrito de Nuevo Chimbote.

Cabe destacar que la finalidad de este tema de tesis es mediante pruebas de laboratorio, busca aportar las bases sobre el comportamiento de los pavimentos rígidos, añadiendo la fibra de polipropileno para la formulación de recomendaciones de diseño, en base a los resultados obtenidos.



Para estudiantes, proyectistas, ingenieros y profesionales relacionados con la construcción en el rubro de infraestructura vial, servirá de base en los proyectos que se quiera realizar en el futuro y permitir además la profundización del tema con otros estudios más complejos que puedan realizar o como parte de otros trabajos de investigación que involucren estos estudios.

#### **1.4. Objetivos:**

##### 1.4.1. Objetivo General

- Analizar el comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico en el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibra de polipropileno en el A.A.H.H. Villa María -Nuevo Chimbote.

##### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Conocer las fibras sintéticas que se pueden obtener, y la aplicación de fibras de polipropileno en el concreto hidráulico.
- Realizar los ensayos, según el Manual de Ensayo de Materiales, la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos y el Manual de Carreteras (Suelos, Geología y Pavimentos).
- Realizar una comparación técnica entre un concreto patrón y un concreto que contenga fibra de polipropileno.



- Buscar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno por adicionar en una mezcla de concreto mediante pruebas de laboratorio para determinar en qué cantidad deben ser utilizadas para obtener mejores resultados en la resistencia a la flexión y compresión.

### 1.5. Hipotesis:

Si adicionamos fibras de polipropileno al diseño del pavimento rígido, entonces se mejorará las propiedades del concreto hidráulico

### 1.6. Variables

- **Variable Independiente:**

Probables deficiencias en el comportamiento de las propiedades del concreto hidráulico.

- **Variables Dependientes:**

Propiedades del concreto hidráulico en el diseño del pavimento rígido.

### 1.7. Diseño de Investigación:

Diseño Experimental

La presente investigación es considerada experimental debido a que el estudio se realizara con la manipulación de las variables, es decir se obtendrá información de la actividad intencional (laboratorio), para

luego obtener respuestas con el uso de fórmulas y procesadores de datos, para luego formular los cuadros de resultados.



## 1.8. Estrategia de Trabajo

### 1.8.1. Método de Estudio

- Recopilación y análisis de información sobre estudios realizados, relacionados al trabajo de investigación.
- Será necesario ejecutar ensayos y pruebas propios de la Mecánica de Suelos en laboratorio.
- Se procesará los datos obtenidos, con ayuda de información teórica, para obtener otros datos también buscados, basados en los conocimientos de la Mecánica de Suelos.
- Formular conclusiones y recomendaciones con la investigación.
- Recopilación de todos los datos mencionados y redacción del informe final del trabajo de investigación.



### **1.8.2. Población Muestral**

- Villa María - Nuevo Chimbote

### **1.8.3. Unidad de Análisis**

- Especímenes de concreto
- Ensayos de concreto.

### **1.8.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

- Búsqueda de información en referencias bibliográficas sobre el uso de la fibra de polipropileno.

### **1.8.5. Técnicas de Procesamiento de Datos**

- Análisis de laboratorio
- Se realizarán tablas y gráficos para la confrontación de datos obtenidos en las diversas muestras.
- Trabajo de gabinete(cálculos matemáticos y verificaciones)
- Para el diseño del pavimento se tendrá en cuenta la aplicación de las normas técnicas vigentes, como la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos y el Manual de Carreteras (Suelos, Geología y Pavimentos).



# CAPITULO II:

# MARCO TEORICO

## Capítulo II: Marco Teórico

### 2.1. Pavimentos

Los pavimentos son estructuras que consisten en capas superpuestas de materiales procesados por encima del terreno natural con la finalidad de distribuir las cargas aplicadas por un vehículo a la subrasante.

La estructura del pavimento debería ser capaz de proveer:

- Una calidad de manejo aceptable
- Una adecuada resistencia al ahuellamiento, deslizamiento y agrietamiento.
- Apropriados niveles de reflejo de luz y un nivel bajo de ruido.

El objetivo final de la estructura es transmitir las cargas de la llanta de tal manera que no se sobrepase la capacidad portante de la subrasante.

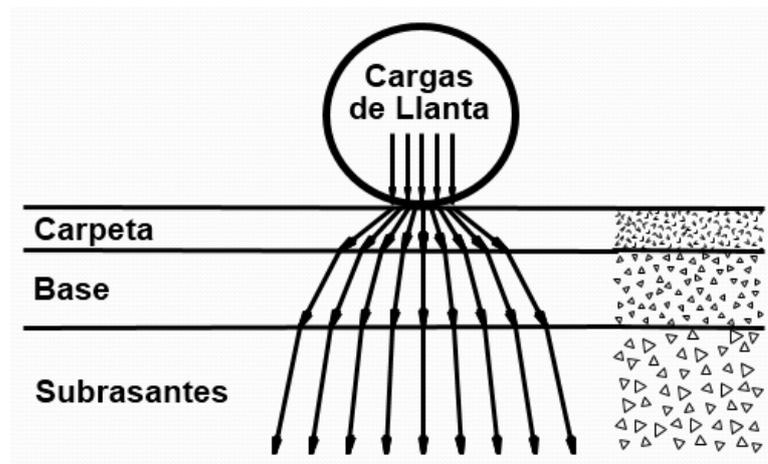


Figura 1 Transmisión de cargas en un Pavimento Rígido

Fuente: Introducción a la Ingeniería de Pavimentos, Ing. Andrés Sotil Ch.

#### 2.1.1. Tipos de pavimentos. Básicamente hay tres tipos:

- Flexible (asfalto)
  - Concreto asfáltico
  - Superficie estabilizadas con asfalto
  - Superficie asfáltica de uso ligero

- Rígido (concreto)
- Compuesto (ambos)
  - Rehabilitación concreto sobre asfalto
  - Rehabilitación asfalto sobre concreto

Los términos se refieren a como los materiales en los respectivos pavimentos transmiten los esfuerzos y las deflexiones a las capas subsecuentes.

**Pavimentos flexibles.** Compuesto por capas granulares (subbase y base drenantes) y una superficie de rodadura bituminosa en frío como: tratamiento superficial bicapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico, micropavimento en frío, macadam asfáltico, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc.

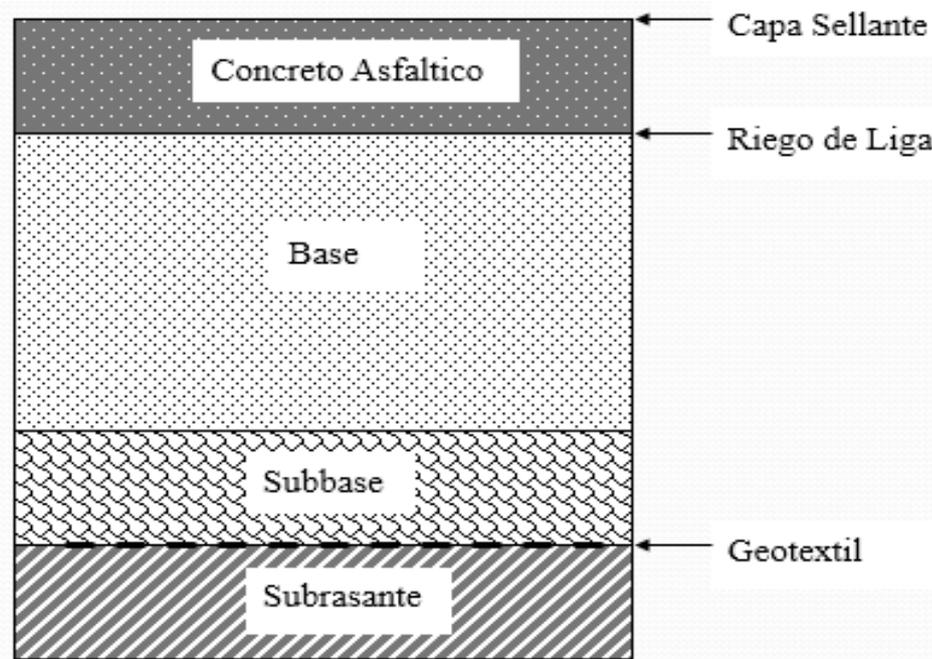


Figura 2. Estructura de un Pavimento Rígido

Fuente: Introducción a la Ingeniería de Pavimentos, Ing. Andrés Sotil Ch.



- Dependiendo de la carretera, a veces no se necesita subbase
- Concreto Asfáltico (CA) consiste en
  - Ligante Asfáltico = 4% – 6%
  - Agregados = 94% – 96%

} Calentados a 150°C, mezclados y luego compactados
- Capa Base
  - Estabilizada

CTB = Cement Treated Base o Base Estabilizada con cemento

BTB o ATB = Bitumen/Asphalt Treated Based o Base
  - Estabilizada con Betumen/Asfalto
    - No Estabilizada (solo agregados)
    - Los agregados en la capa base por lo general no son mayores a 1 pulgada = 2.5 cm
- Capa Subbase
  - Agregados, con mejores propiedades que la subrasante
- Subrasante
  - Normalmente se compactan las primeras capas (10 cm)
- Diseño de Pavimentos
  - Se determinan los espesores de las diversas capas
  - Espesores típicos
    - Capa de rodadura (asfaltos): 1" a 12" (2.5 a 30 cm)
    - Base: 4" a 12" (10 cm a 30 cm)
    - Subbase: 4" a 20" (10 cm a 50 cm)
- Diseño de Mezclas
  - Se determinan las proporciones de los materiales a usar en cada capa
  - Resistencia de la capa de rodadura (asfaltos)



- Resistencia de los agregados y de la capa existente (subrasante)

**Pavimentos rígidos.** Conformados por losas de concreto de cemento hidráulico y una subbase granular para uniformizar las características de cimentación de la losa.

- La capa de rodadura de concreto de cemento Portland (PCC) puede ser:
  - Normal o convencional
  - Reforzado (acero)
- Subbase
  - Estabilizada con cemento o asfalto
  - No estabilizada
- Subrasante compactada y natural

¿POR QUE USAR PAVIMENTO RIGIDO?

- La respuesta es **DEPENDE**

En Perú, los pavimentos de concreto son casi inexistentes:

- Motivos:

Primordialmente por el deseo de construir carreteras y los flexibles son más baratos (de manera inicial) comparados con los de concreto.



*Comparación entre un pavimento flexible y rígido*

<b>FLEXIBLE</b>	<b>RÍGIDO</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Vida Estimada de Servicio entre 10 a 20 años</li><li>• Costos iniciales bajos</li><li>• Requiere mantenimiento continuo</li><li>• Reparación fácil pero continua si no se hace mantenimiento</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vida Estimada de Servicio entre 20 a 30 años (en Lima hasta 50)</li><li>• Costos iniciales altos</li><li>• Requiere mantenimiento continuo pero mínimo (primordialmente las juntas)</li><li>• Reparación difícil pero esporádica</li></ul>

Fuente: Introducción a la Ingeniería de Pavimentos, Ing. Andrés Sotil Ch.

### **Transferencia De Carga**

#### ➤ Pavimentos Rígidos

- Las cargas de la llanta son transmitidas a la subrasante por la fuerza estructural del pavimento como conjunto que actúa como un plato rígido.
- Estos pavimentos tienen suficiente fuerza de flexión para transmitir la carga de la llanta a un área más amplia en la capa inferior.
- El análisis se hace usando la teoría de placas en vez de la teoría de capas usada en los pavimentos flexibles
- La carga de la llanta se transmite por la capacidad de doblarse de la losa

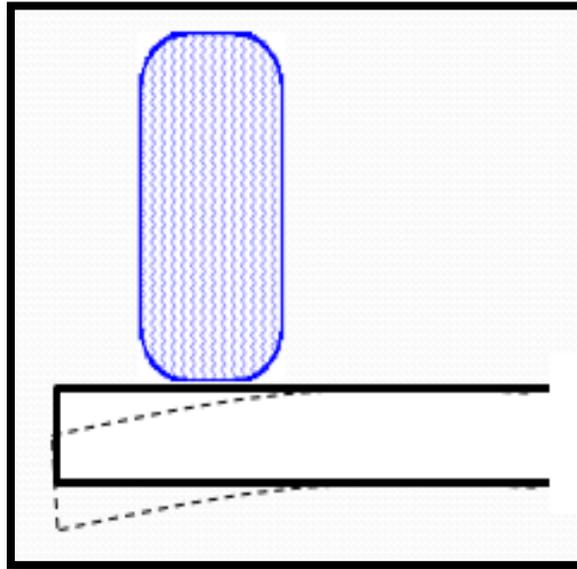


Figura 3 Capacidad de Transmisión de la Carga

Fuente: Introducción a la Ingeniería de Pavimentos, Ing. Andrés Sotil Ch.

*Tipos de pavimentos rígidos.* A continuación se mostraran los tipos de pavimentos rígidos

- Losas de Concreto Simple (JPCP)
  - Pavimentos construidos con concreto simple y con juntas de contracción espaciadas de manera continua (5 a 10 metros)
  - Barras de refuerzo o mecanismos de agarre son usados para transferir la carga de una capa a otra.
- Losas de Concreto Reforzado (JRCP)
- Las losas son reforzadas con barras de acero, que aunque no aumentan la capacidad portante de la losa, aumenta el espaciamiento de las juntas de 10 m a 30 m. Pavimento Continuamente Reforzado (CRCP)
  - Proceso mecanizado en la cual se elimina las juntas de contracción

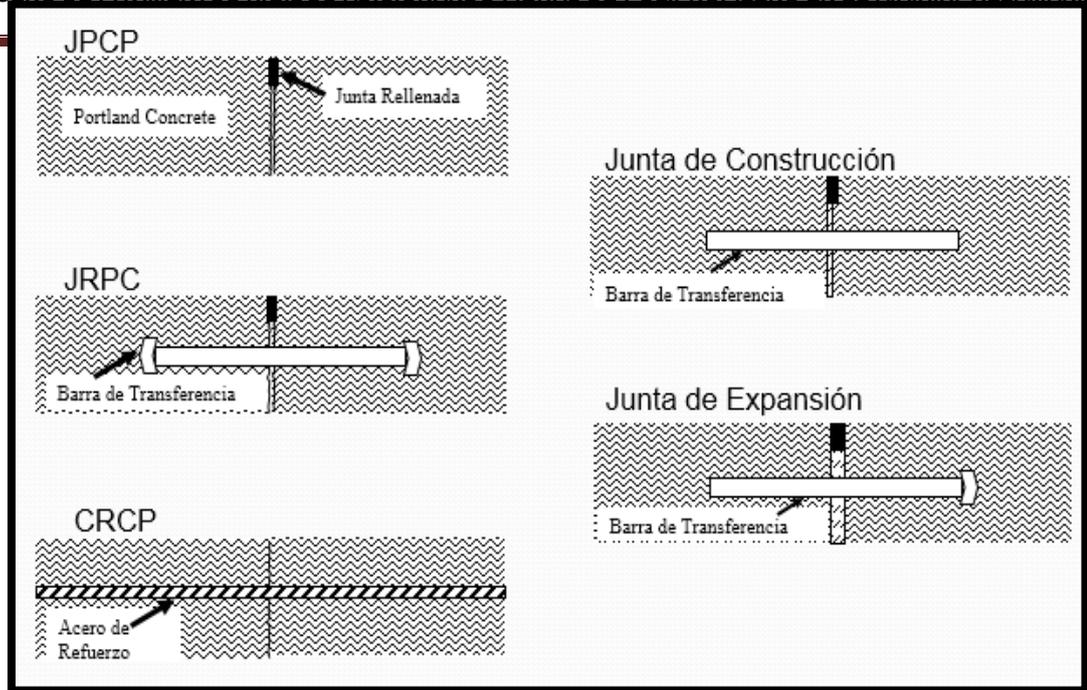


Figura 4. Losas reforzadas con barra de acero

Fuente: Introducción a la Ingeniería de Pavimentos, Ing. Andrés Sotil Ch.

Funciones de estructura del pavimento. Las funciones de las capas de un pavimento rígido son:

**La Subrasante.** La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento.

La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanado y la estructura del pavimento. La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportara la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactadas por capas para constituir un cuerpo estable en optimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito



**La subbase.** La función más importante es impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licua el suelo fino de la subrasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas.

- Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento.
- Facilitar los trabajos de pavimentación.
- Mejorar el drenaje y reducir por tanto al mínimo la acumulación de agua bajo el pavimento.
- Mejorar en parte la capacidad de soporte del suelo de la subrasante.

**Losa de concreto.** Es la última capa que se construye, sobre ella circulan los vehículos durante el servicio del pavimento. Debe ser resistente a la abrasión generada por el tráfico y a la agresión del medio ambiente, además, protege la estructura, impermeabilizando la superficie. Debe cumplir dos características para atender adecuadamente la circulación de los vehículos: la suavidad, para que sea cómoda y la rugosidad para que sea segura.

Las funciones de la losa en el pavimento rígido es la de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen. Ante todo se debe conocer que los pavimentos flexibles son aquellos que tienden a deformarse y



recuperarse después de sufrir deformación, transmitiendo la carga en forma lateral al suelo a través de sus capas. Está compuesto por una delgada capa de mezclas asfálticas, colocada sobre capas de base y sub-base, generalmente granulares.

En tanto que los Pavimentos Rígidos: Son aquellos formados por una losa de concreto Portland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en un forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada.

En función a lo señalado anteriormente; se puede diferenciar que en el pavimento rígido, el concreto absorbe gran parte de los esfuerzos que las ruedas de los vehículos ejercen sobre el pavimento, mientras que en el pavimento flexible este esfuerzo es transmitido hacia las capas inferiores (Base, Sub-base y Sub-rasante).

***Requerimientos mínimos para la construcción de pavimentos rígidos.*** Se muestran a continuación:

- Requisitos de los Materiales.
- Dosificación.
- Equipos Necesarios.
- Procedimiento Constructivo.
- Juntas de Concreto.
- Sellos de Juntas.
- Prevención y Corrección de Defectos.



**Resistencia a la ruptura.** Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión ( $S'c$ ) ó Modulo de Ruptura (MR) normalmente especificada a los 28 días. Los valores recomendados para el módulo de ruptura varían desde 41 Kg/cm<sup>2</sup> (583 psi) hasta los 50 Kg/cm<sup>2</sup> (711 psi) a los 28 días dependiendo del uso que vayan a tener.

A continuación se presenta el módulo de ruptura recomendado según el tipo de pavimento:

Tabla 1. Módulo de Ruptura Recomendado

Tipo de Pavimento	Módulo de Ruptura (MR) Recomendado	
	Kg/cm <sup>2</sup>	psi
Autopista	48	682.7
Carreteras	48	682.7
Zonas Industriales	45	640.1
Urbanas Principales	45	640.1
Urbanas Secundarias	42	597.4

Fuente: (<http://oswaldodavidpavimentosrigidos.blogspot.pe/>)

### **Funciones de base y subbase.**

- Drenaje
- Prevención del bombeo

- Prevención/Control del Congelamiento
- Reducir el efecto del cambio del volumen de la subrasante
- Plataforma de construcción

### **Características como estructura.**

- Deterioro Continuo y Rápido con el Tiempo
  - Comparado con estructuras como edificios, los pavimentos se deterioran mucho mas rápido
  - Edificios o represas tienen tiempos de vida útil mayor a los 50 o 100 años.
- Sufre cargas repetidas (dinámicas)
  - Edificios tienen cargas estáticas y dinámicas
  - Carreteras y aeropuertos no tienen cargas estáticas
- Diferentes configuraciones de carga se aplican al pavimento

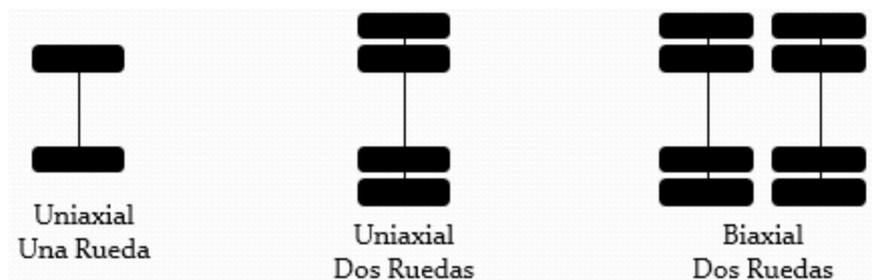


Figura 5. Configuraciones de carga en un Pavimento

Fuente: Introducción a la Ingeniería de Pavimentos, Ing. Andrés Sotil Ch.

- El pavimento sufre diferentes magnitudes de carga
- Trafico totalmente impredecible con diferentes tipos de suspensión
- Trafico canalizado
- Cambio de las propiedades de los materiales con el ambiente
  - Temperatura



- Lluvia
- Envejecimiento del asfalto
- Congelamiento/descongelamiento
- Diferencia de propiedades de la subrasante con la distancia
  - Ej. Carretera Central o Panamericana
- Sistema multicapa
  - Cuantas capas tiene la pared de un edificio? O la columna o la viga?
- Falla vs. Daño
  - Daño: ahuellamiento, grietas
  - Falla: condiciones inaceptables de daños.

#### ***Daños típicos.***

- Los daños en estos pavimentos pueden ser:
  - Agrietamiento
    - Longitudinal
    - Transversal
  - Bombeo
  - Desnivel entre losas (faulting)
  - Deterioro de losas
  - Rotura / quiebre de losa
  - Sulfatados
  - Falla de Juntas

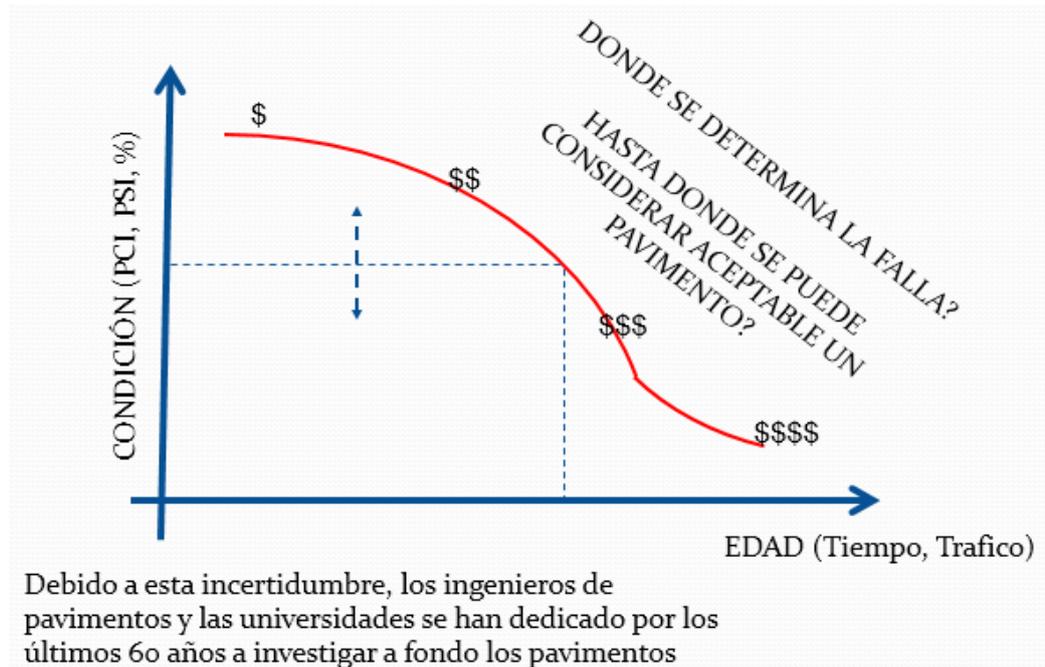


Figura 6. Configuración vs Edad en un Pavimento

Fuente: Introducción a la Ingeniería de Pavimentos, Ing. Andrés Sotil Ch.

**Alternativa económica y sostenible.** Érase una vez, por los años 1865 se construyó el primer pavimento de concreto en Inverness, Escocia, a orillas del Lago Ness y algunos años después en 1920 en El Salvador, 1922 en la **Av. Venezuela en Lima – Perú**, en 1928 en Colombia, 1940 Brasil y así sucesivamente hasta nuestros días. Una obra muy importante que podemos recorrerla hasta el día de hoy es la **Vía Expresa de Lima**. Obras que han perdurado por los años y han demostrado la alta durabilidad del concreto como alternativa para pavimento.



Figura 7. Av. Venezuela – Perú 1922

Fuente: (<http://www.asocem.org.pe/productos-b/pavimentos-de-concreto-estado-de-arte-de-los-pavimentos-en-el-peru>)



Figura 8. Vía Expresa – Lima 1968

Fuente: (<http://www.asocem.org.pe/productos-b/pavimentos-de-concreto-estado-de-arte-de-los-pavimentos-en-el-peru>)



Siendo el pavimento rígido una alternativa que ofrece mayores ventajas competitivas frente a otros tipos de pavimentos, y una de ellas, la más importante es que hoy en día el costo de hacer una pavimentación en concreto puede ser tan igual que construir en asfalto en costo inicial de obra, tomando las consideraciones, recomendaciones y correctas practicas constructivas de nuestras normas y manuales. A esto sumemos los bajos costos de operación y mantenimiento, lo que da como resultado un ahorro de inversión total a valor presente estimado 30 años del 30% a 40% menos respecto del asfalto.

#### ***Ventajas del pavimento rígido.***

- Se evitan interrupciones de tránsito por trabajos de mantenimiento.
- 30% mayor iluminancia que en superficies de asfalto.
- Menor generación de calor.
- Resistente al ataque de hidrocarburos.
- Resistente al fuego.
- Menor agresión ambiental.
- Menor huella de carbono.
- Menor consumo de combustible (aprox 4% según estudios del MIT).
- Mejor estabilidad del IRI (Índice de Regularidad).
- Mejor adherencia (Grip) bajo la lluvia, seguridad al hidroneo.
  
- Debido a su color claro, y por lo tanto a su reflectividad, mejoran las condiciones de la visibilidad nocturna. Esto reduce el consumo de energía eléctrica en la iluminación de los caminos, lo que implica una menor emisión de gases de efecto invernadero secundaria.

En este contexto, los pavimentos de colores claros, como los de concreto, pueden jugar un papel beneficioso ya que limitan el calentamiento y reducen la contaminación.

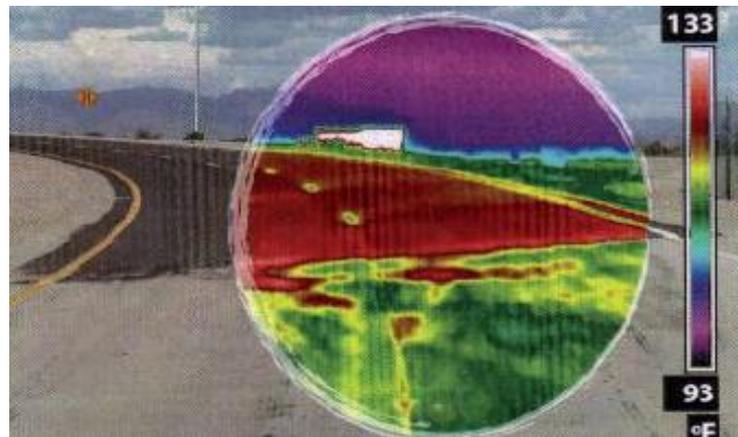


Figura 9. Condiciones de visibilidad nocturna de un Pavimento Rígido

Fuente: *Ing. Juan Carlos Mori, ASOCEM - Cementos Pacasmayo*

## 2.2. Cemento

Se define como cemento a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como el aire y formar compuestos estables.

El cemento portland normal es el producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que no excedan el 1% en peso del total y que la Norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker.



El cemento empleado en la preparacion del concreto deberá cumplir con los requisitos de las siguientes de las siguientes normas:

- a) Los cementos Pórtland normal tipo I,II y V respectivamente con las Normas ITINTEC 334.038, ó 334.040; o con las Normas ASTM C 150.
- b) Los cementos Pórtland puzolanicos Tipo 1P y 1PM deberán cumplir con los requisitos de la norma ITINTEC 334.044, o con la Norma ASTM C 595.

Tabla 2. Ficha Técnica Pacasmayo Cemento Extraforte

Propiedades Físicas			Requisito NTP 334.09
Contenido de aire	%	4	Máximo 12
Expansión de autoclave	%	0.07	Máximo 0.8
Superficie Especifica	Cm <sup>2</sup> /g	56.4	No especifica
Densidad	g/ml	2.92	No especifica

Composición Química			Requisito NTP 334.09
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.4	Máximo 4.0

Fuente: Cementos Pacasmayo

### 2.2.1. Fabricación

Para la fabricacon del cemento portland se procede, esquematicamente de la siguiente manera:



La materia prima, material calizo y material arcilloso, se tritura, mezcla y muele hasta reducirla a un polvo fino. Los procedimientos de mezcla y molido pueden efectuarse en seco o humedo. La dosificación de los materiales debe ser la adecuada a fin de evitar perjuicio en la calidad.

El polvo fino pasa a un horno rotatorio donde es calentado lentamente hasta el punto de clinkerización. En la etapa inicial de proceso de calentamiento el agua y el anhídrido carbonico son expulsados. Al acercarse la mezcla a las regiones mas calientes del horno se producen las reacciones químicas entre los constituyentes de la mezcla cruda. Durante estas reacciones se forman nuevos compuestos, algunos de los cuales alcanzan el punto de fusión.

El producto resultante, clinker, cae a uno de los diversos tipos de enfriadores, o se deja enfriar al aire. Posteriormente se combina con un porcentaje determinado de yeso y el conjunto se muele hasta convertirlo en un polvo muy fino al que se conoce como cemento portland.

### 2.2.2. Tipos de cementos

**Cemento tipo I.** El cemento Tipo I se conoce como el cemento normal de uso común. Se emplea en todas aquellas obras para las cuales no se desea una protección especial, o las condiciones de trabajo de la obra no involucran condiciones climáticas severas ni el contacto con sustancias perjudiciales como los sulfatos. En este tipo de cemento el silicato tricálcico (C3S) se encarga de generar una notable resistencia a edades cortas, como consecuencia, genera también la mayor cantidad de calor de hidratación. Por su parte el silicato dicálcico (C2S) se encarga de generar resistencia a edades



tardías. En este cemento los aluminatos se hidratan también de una forma rápida pero coadyuvan de una manera menos significativa en la resistencia final, sin embargo son compuestos potencialmente reactivos, pues en caso de la presencia de sulfatos en solución forman sulfoaluminatos, los cuales producen expansiones que llegan a desintegrar totalmente al concreto o a cualquier otro producto a base de cemento.

**Cemento tipo II.** El cemento Tipo II se conoce como cemento Portland de moderado calor de hidratación y de moderada resistencia a los sulfatos, esto se explica por la disminución del silicato tricálcico y de aluminato tricálcico con respecto al cemento normal. El cemento Tipo II se emplea en estructuras moderadamente masivas como grandes columnas o muros de concreto muy anchos, el objetivo es el de evitar que el concreto se agriete debido a los cambios térmicos que sufre durante la hidratación.

También se aconseja usar este tipo de cemento en estructuras donde se requiere una protección moderada contra la acción de los sulfatos, como en cimentaciones y muros bajo tierra, donde las concentraciones de sulfatos no sean muy elevadas.

**Cemento tipo III.** El cemento Tipo III se conoce como de resistencia rápida, este tipo de cemento se usa cuando hay la necesidad de descimbrar rápido con el objeto de acelerar otros trabajos y poner en servicio la obra lo más pronto posible. La resistencia que desarrolla durante los primeros siete días es notable debido principalmente a la presencia de altos contenidos de silicato tricálcico y bajos contenidos del silicato dicálcico.



Ademas de la composicion quimica, los cementos adquieren la propiedad de ganar resistencia rapidamente cuando la finura a la que se muele el clinker es mayor que la del cemento normal.

**Cemento tipo IV.** El cemento Tipo IV o de bajo calor de hidratación desarrolla su resistencia más lentamente que el cemento normal debido a los bajos contenidos de silicato tricálcico, por esta misma razón el calor que desarrolla durante la etapa de fraguado es mucho menor que el del cemento normal.

El cemento Tipo IV se emplea en la construcción de estructuras masivas como las presas de concreto, donde se requiere controlar el calor de hidratación a un mínimo con el objeto de evitar el agrietamiento.

**Cemento tipo V.** El cemento Tipo V o resistente a los sulfatos se emplea en todo tipo de construcciones que estarán expuestas al ataque severo de sulfatos en solución o que se construyan en ambientes industriales agresivos. Estos cementos se consideran resistentes a los sulfatos debido a su bajo contenido de aluminato tricálcico, se caracterizan por su ganancia moderada de resistencia a edades tempranas, pero al igual que el cemento de bajo calor desarrolla buena resistencia a edades tardías gracias a sus altos contenidos de silicato dicálcico.

De estos cinco tipos en el Perú solo se fabrican los Tipos I,II y V.

**Cemento tipo MS.** El cemento Tipo MS se emplea donde sean importantes las precauciones contra el ataque moderado por los sulfatos, tales



como en estructuras de drenaje, donde las concentraciones de sulfatos en el agua subterráneo son mayores que lo normal pero no llegan a ser severas.

Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland Tipo II. Como el Tipo II, se debe preparar el concreto de cemento Tipo MS con baja relación agua materiales cementantes para que se garantice la resistencia a los sulfatos.

Es un cemento portland con adiciones de escoria de altos hornos, el cual tiene una actividad potencial brindando al concreto moderado calor de hidratación, moderada resistencia a los sulfatos y otras características.

Este cemento es más resistente a la agresión química, ya que debido a la acción química de sus adiciones activas es más resistente cuando se encuentra en contacto con suelos húmedos que contienen sulfatos y sustancias salitrosas que deterioran el concreto. Es adecuado para estructuras, cimentaciones y pisos.

Este cemento desarrolla con el tiempo una resistencia mecánica superior a la del cemento de uso común.

Este compuesto por 30% de escoria, 5% yeso y 65% clinker. Debido a sus propiedades de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos se compara con el cemento tradicional Tipo III que tiene requisitos físicos iguales, a excepción del tiempo de fraguado que para el Cemento tipo MS es de 420 minutos y para el Cemento Tipo II de 375 minutos.

El cemento Tipo MS está normado por la ASTM C 1157 y en el Perú por la NTP 334.082.

Tabla 3. Requisitos químicos del cemento

REQUISITOS QUÍMICOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPOS DE CEMENTO			
		IS(<70) IT(P<S<70) IT(L<S<70)	IS(≥70) IT(S≥70)	IP, I(PM) IT(P≥S) IT(P≥L)	ICo IL IT(L≥S) IT(L≥P)
Óxido de magnesio (MgO), máx. %	334.086	...	...	6,0	...
Azufre como trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), máx. <sup>A</sup> %	334.086	3,0	4,0	4,0	3,0
Azufre (S), máx. %	334.086	2,0	2,0	...	....
Residuo insoluble, máx. % <sup>B</sup>	334.086	1,0	1,0	...	....
Pérdida por ignición, máx. %	334.086	3,0 <sup>C</sup>	4,0 <sup>C</sup>	5,0 <sup>C</sup>	10.0

A. Promedio de las últimas cinco muestras consecutivas.

B. Los resultados de ensayo representan los valores más recientes y son suministrados solamente para información

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 334.090, INDECOPI 2013

Tabla 4. Requisitos físicos del cemento

REQUISITOS FÍSICOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPOS DE CEMENTO <sup>A</sup>				
		IS(<70), IP, IL, I(PM) IT(P<S<70) IT(P≥S) IT(P>L) IT(L≥P) ICo	IS(<70)(MS) IP(MS) IT(P<S<70)(MS) IT(P≥S)(MS)	IS(<70)(HS) IT(P<S<70)(HS) IP(HS) IT(P≥S)(HS)	IS(≥70), IT(S≥70)	IP(LH), <sup>A</sup> IT(P≥S)(LH) <sup>A</sup> IL(LH) <sup>A</sup> IT(<S<70)(LH) IT(P>L)(LH) <sup>A</sup> IT(L≥S)(LH) <sup>A</sup> IT(L≥P)(LH) <sup>A</sup>
Finura	334.002/334.045	B	B	B	B	B
Expansión en autoclave, máx. %	334.004	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Contracción en autoclave, máx. % <sup>C</sup>	334.004	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Tiempo de fraguado, ensayo Vicat: <sup>D</sup>	334.006					
Fraguado, minutos, no menos de		45	45	45	45	45
Fraguado, horas, no más de		7	7	7	7	7
Contenido de aire del mortero, volumen %, máx.	334.048	12	12	12	12	12
Resistencia a compresión, mín , MPa	334.051					
3 días		13,0	11,0	11,0	...	...
7 días		20,0	18,0	18,0	5,0	11,0
28 días		25,0	25,0	25,0	11,0	21,0
Calor de hidratación, kJ/kg (Cal/g), <sup>F</sup> máx.	334.064					
7 días		290(70) <sup>E</sup>	290(70) <sup>E</sup>	290(70) <sup>E</sup>	...	250(60)
28 días		330(80) <sup>E</sup>	330(80) <sup>E</sup>	330(80) <sup>E</sup>	...	290(70)

A. No aplicable

B. Promedio de las últimas cinco muestras consecutivas.

C. Los resultados de ensayo representan los valores más recientes y son suministrados solamente para información

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 334.090, INDECOPI 2013



## 2.3. Agregados

Se definen como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las  $\frac{3}{4}$  partes del volumen total y tienen una importancia primordial en el producto final.

La denominación de inertes es relativa, porque si bien no intervienen directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, para producir el aglomerante o pasta de cemento, sus características afectan notablemente el producto resultante, siendo en algunos casos tan importantes como el cemento para el logro de ciertas propiedades particulares de resistencia, conductibilidad, durabilidad, etc.

Están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de ellos, y sus características físicas y químicas tienen influencia en prácticamente todas las propiedades del concreto.

La distribución volumétrica de las partículas tiene gran trascendencia en el concreto para obtener una estructura densa y eficiente así como una trabajabilidad adecuada. Está científicamente demostrado que debe haber un ensamble casi total entre las partículas, de manera que las más pequeñas ocupen los espacios entre las mayores y el conjunto este unido por la pasta de cemento. (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.69).

**2.3.1. Agregado fino.** Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el Tamiz ITINTEC 9,5mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037.



El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes.

El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas.

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la Norma ITINTEC 400.037. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente.

- La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la serie de Tyler.
- El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- En general, es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

El porcentaje indicado para las mallas N°50 y N°100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente, si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado cuyo contenido de cemento es mayor de 225 kg/m<sup>3</sup>, o en concretos sin aire incorporado cuyo contenido de cemento es mayor de 300 kg/m<sup>3</sup>, o si se emplea un aditivo mineral para suplir la deficiencia en el porcentaje que pasa por estas mallas.

El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de más o menos 0,2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto, siendo recomendable que el valor asumido este entre 2.35 y 3.15.



Si se excede el limite indicado de mas o menos 0,2, el agregado podra ser rechazado por la inspeccion o, alternativamente, ésta podrá autoriza ajustes en las proporciones de la mezcla para compensar las variaciones en la granulometria. Estos ajustes no deberan significar reducciones en el contenido de cemento.

Tabla 5. Limite Graduación del A. Fino

Malla	% QUE PASA
3/8" .....	100
N°4 .....	95 - 100
N°8 .....	80 - 100
N°16 .....	50 - 85
N°30 .....	25 - 60
N°50 .....	10 - 30
N°100 .....	2 - 10

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

El agregado fino no debera indicar presencia de materia organiza cuando ella es determinada de acuerdo a los requisitos de la Norma ITINTEC 400.013.

Podra emplearse agregado fino que no cumple con los requisitos indicados siempre que:

- La coloracion en el ensayo se deba a la presencia de pequeñas particulas de carbon, o particulas similares; o



- Realizado el ensayo, la resistencia a los siete días de morteros preparados con dicho agregado no sea menor del 95% de la resistencia de morteros similares preparados con otra porción de la misma muestra de agregado fino previamente lavada con una solución al 3% de hidróxido de sodio.

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites:

- Lentes de arcilla y partículas desmenuzables.....3%
- Material más fino que la malla N°200
  - a) Concreto sujetos a abrasión.....3%
  - b) Otros concretos.....5%
- Carbon:
  - a) Cuando la apariencia superficial del concreto es Improbante.....0,5%
  - b) Otros concretos.....1%

**2.3.2. Agregado grueso.** Se define como agregado grueso al material retenido en el Tamiz ITINTEC 4.75mm (N°4) y cumple los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037.

El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial.



El agregado grueso debera estar conformado por particulas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

Las particulas deberan ser quimicamente estables y deberan estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humos, incrustaciones superficiales, materia organica, sales u otras sustancias dañinas.

El agregado grueso debera estar graduado dentro de los limites especificados en la Norma ITINTEC 400.037 o en la Norma ASTM C 33, los cuales esta en la tabla 6 .Es recomendable tener en consideracion lo siguiente:

- La granulometria seleccionada debera ser de preferencia continua.
- La granulometria seleccionada deberá permitir obtener l maxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en funcion de las condiciones de colocacion de las mezclas.
- La granulometria sleccionada no deberá tener mas del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½" y no mas de 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".



Tabla 6. Límite de graduación A. Grueso

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasan por las siguientes fallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
1/2"	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o
- Un tercio del peralte de las losas; o
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo; paquetes de barras; torones; o ductos de preesfuerzo.

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá, con autorización de la inspección, reducir el tamaño máximo nominal del agregado grueso, siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido, y se obtenga las propiedades especificadas para el concreto.

Las limitaciones anteriores podrán ser igualmente obviadas si, a criterio de la Inspección, la trabajabilidad y los procedimientos de compactación utilizados en el concreto permiten colocarlo sin formación de vacíos o cangrejeras.



El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder de los siguientes valores:

- Arcilla.....0,25%
- Partículas deleznable.....5,00%
- Material más fino que la malla N°200.....1,00%
- Carbón y lignito:
  - a) Cuando el acabado superficial del concreto es de importancia.....0,50%
  - b) Otros concretos.....1,00%

El agregado grueso cuyos límites de partículas perjudiciales exceden a los indicados, podrá ser aceptado siempre que un concreto, preparado con agregado de la misma procedencia, haya dado un servicio satisfactorio cuando ha estado expuesto de manera similar al estudiado o, en ausencia de un registro de servicios, siempre que el concreto preparado con el agregado tenga características satisfactorias cuando es ensayado en el laboratorio.

El agregado grueso empleado en concreto para pavimento, o en estructuras sometidas a procesos de erosión, abrasión o cavitación, no deberá tener una pérdida mayor del 50% en el ensayo de abrasión realizado de acuerdo a las Normas ITINTEC 400.019 ó 400.020, o a la Norma ASTM C 131.

El lavado de las partículas de agregado grueso se deberá hacer con agua preferentemente potable. De no ser así, el agua empleada deberá estar libre de sales, materia orgánica, o sólido en suspensión.



### 2.3.3. Características.

**Peso unitario.** Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas; está influenciado por la manera en que se acomodan éstas, o que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo. (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.74).

El peso unitario está influenciado por:

- a) Su gravedad específica
- b) Su granulometría
- c) Su perfil y textura superficial
- d) Su condición de humedad
- e) Su grado de compactación de masa.

El peso unitario varía con el contenido de humedad. En el agregado grueso incrementos en el contenido de humedad incrementan el peso unitario. En el agregado fino incrementos más allá de la condición de saturados superficialmente seco pueden disminuir el peso unitario debido a que la película superficial de agua origina que las partículas estén juntas facilitando la compactación con incremento en el volumen y disminución del peso unitario. (Rivva López, 2000, p.152).

**Peso específico.** El peso específico de los agregados, que se expresa también como densidad, adquiere importancia en la construcción cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite. Además, el peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados correspondan a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo



generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en que es recomendable efectuar pruebas adicionales. (Rivva López, 2000, p.153).

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Su valor para agregados normales oscila entre 2.5 y 2.7 kg/m<sup>3</sup>. (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.74).

La norma ASTM C 128 considera tres formas de expresion del peso especifico.

- a) Peso especifico de masa; el cual es definido por la Norma ASTM E 12 como la relacion, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.
- b) Peso especifico de masa saturado superficialmente seco: el cual es definido como el mismo peso especifico de masa, excepto que esta incluye el agua en los poros permeables.
- c) Peso especifico aparente; el cual es definido como la relacion, a una temperatura estable, de la mas en el aire de un volumen unitario de un material, ala masa en el aire de igual densidad de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen de agua destilada libre de gas. Si el material es un solido, el volumen es aquel de la porcion impermeable.

**Absorcion.** La absorción es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado. (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.76).



La capacidad de absorción es una medida de la porosidad del agregado, estimándose que valores en exceso del 2% al 3% pueden ser un índice de agregados de alta porosidad efectiva. Agregados que absorben valores mayores que los indicados pueden ser aceptables si el tamaño de los poros es grande. (Rivva López, 2000, p.160).

**Humedad.** Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.

Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas. (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.77)

#### 2.4. Agua

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma ITINTEC 334.088 y ser, de preferencia, potable. (López, 2012)

Esta prohibido el empleo de aguas ácidas; calcáreas; minerales; carbonatadas; aguas provenientes de minas o relaves; aguas que contengan residuos minerales o industriales; aguas con un contenido de sulfatos mayor del 1%; aguas que contengan algas, materia orgánica, humus, o descargas de desagües; aguas que contengan azúcares o sus derivados.



Igualmente esta prohibido el empleo de aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la reaccion álcali-agregado es posible.

Podrá utilizarse aguas naturales no potables, previa autorizacion de la inspeccion, unicamente si:

- Estan limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia organica, u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo, o elementos embebidos.

Al seleccionar el agua deberá recordarse que aquellas con alta concentracion de sales deberán ser evitadas. Ello debido a que no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y su estabilidad del volumen, sino que, adicionalmente, pueden originar eflorescencias o corrosion del acero de refuerzo.

- La calidad del agua, determinada mediante analisis de laboratorio, cumple con los valores que a continuacion se indican; debiendo ser aprobados por la inspeccion las excepciones a los mismos.

Tabla 7. Límites permisibles máximo del agua

Descripción	Limite permisible
Sólidos en suspensión	5000 p.p.m. máximo
Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1000 p.p.m. máximo
Sulfato (Ion SO <sub>4</sub> )	600 p.p.m. máximo
Cloruros (Ion Cl)	1000 p.p.m. máximo
pH	5 a 8

Fuente: NTP.339.088



- La selección de las proporciones finales del concreto se basa en resultados de ensayos de resistencias en compresion en los que se ha utilizado en la preparacion del concreto, agua de la fuente elegida.
- Los cubos de mortero preparados con el agua seleccionada, y ensayados siguiendo las recomendaciones de la Norma ASTM C 109 tienen, a los 7 y 28 dias resistencia en compresion no menores del 90% de las muestras similares preparadas con agua potable.

Las sales y otras materias dañinas que pudieron estar presente en los agregados y/o aditivos, deberan sumarse a aquellas que aporta el agua de mezclado, a fin de evaluar el contenido total de sustancias inconvenientes que pueden dañar el concreto, el acero de refuerzo, o los elementos embebidos.

Si en el concreto han de estar embebidos elementos de aluminio y/o fierro galvanizado, el contenido de cloruro deberá disminuir a 50ppm.

El contenido de ión cloruro presente en el agua y demás ingredientes del concreto no deberá exceder, expresado como porcentaje en peso del cemento, de los siguientes valores:

- Concreto presforzado.....0,06%
- Concreto armado, con elementos de aluminio ó de fierro galvanizado embebidos.....0,06%
- Concreto armado no protegido, el cual puede estar sometido a un ambiente humedo pero no expuesto a cloruros.....0,15%
- Concreto armado que deberá estar seco o pretegido de la humedad durante su vida por medio de recubrimiento impermeable.....0,80%



El agua de mar sólo podrá utilizarse en la preparación del concreto si se cuenta con la autorización escrita del ingeniero proyectista y la inspección.

Es recomendable que la mezcla tenga un contenido de cemento mínimo de 350 kg/m<sup>3</sup>, una relación agua-cemento máxima de 0,50; consistencia plástica y de recubrimiento al a cero de refuerzo no menor de 70mm.

Esta prohibido el empleo de agua de mar como agua de mezclado en los siguientes casos:

- a) Concreto persforzado
- b) Concretos cuya resistencia a la compresión a los 28 días sea mayor de 175 kg/cm<sup>2</sup>
- c) Concretos en los que están embebidos elementos de aluminio o fierro galvanizado
- d) Concretos vaciados en climas cálidos.
- e) Concretos con acabados superficial de importancia, concretos expuestos; concretos caravista.

Cuando se empleen otras fuentes o cuando se mezcle agua de 2 o más procedencias, el agua deberá ser calificada mediante ensayos. Los requisitos primarios para esta calificación serán:



Tabla 8. Requisitos del concreto para el agua de mezcla

Ensayo	Limites	Metodo de ensayo
pH	5.5 – 8.5	NTP 339.073
Resistencia a compresion, minimo, % del control a 7 dias.	90	NTP 339.034
Tiempos de fraguado,desviacion respecto al control,horas,minutos	De 1h mas temprano a 1.5 h mas tarde	NTP 339.082

Fuente: Manual de carreteras-EG 2013

Los requisitos que se muestran en la Tabla 9 se consideran opcionales y sirven para que el productor de la mezcla mantenga documentada la quimica y el contenido del agua .



Tabla 9. Límites opcionales para el agua de mezclado

Contaminante	Limite ppm	Metodo de ensayo
Cloruro como Cl	500	
En concreto pretensado, tableros de puentes o designados de otra manera	1.000	NTP. 339.076
Otros concretos reforzados en ambientes humedos o que contengan	3.000	NTP. 339.074
Alcalis como (NA <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O)	600	ASTM C 114
Solidos totales por masa	90.00 0	ASTM C 1603

Fuente: Manual de carreteras-EG 2013

## 2.5. Fibras

El empleo de fibras para mejorar la isotropía de un material no es algo desconocido. Los adobes de barro cocidos al sol y armados con paja ya se empleaban en Caldea; hasta hace poco hemos visto utilizar pelos de cabra o de caballo para armar el yeso; el fibrocemento no es otra cosa que una pasta de cemento a la que se ha añadido del 8 al 16 % de fibras de asbesto para incrementar la resistencia a flexotracción de 2 a 4 veces la de la matriz.



Las fibras empleadas en el hormigón reforzado son discontinuas, presentando una distribución discreta y uniforme que confiere al material una gran isotropía y homogeneidad. La efectividad de la acción reforzante y la eficacia en la transmisión de tensiones depende de muchos factores pero, especialmente, de la naturaleza y del tipo de fibra empleado.

Las fibras actualmente empleadas pueden ser minerales, orgánicas y metálicas

**2.5.1.** Fibras de minerales. Cabe distinguir las de asbesto y las de vidrio. Las fibras de asbesto o amianto empleadas en el fibrocemento tienen el inconveniente de absorber grandes cantidades de agua, con lo cual al aumentar la relación agua-cemento exigen gran cantidad de fibras y de cemento para obtener resistencias apreciables; la distribución uniforme de las fibras es difícil de conseguir. No todos los países poseen asbesto y, por último, se ha demostrado que el asbesto da «asbestosis».

Las fibras de vidrio están sustituyendo, en sus aplicaciones, al asbesto; sin embargo, estas fibras tienen el inconveniente de ser atacadas por los álcalis del cemento, lo que da lugar a una degradación con el tiempo de las resistencias. Este inconveniente se evita mediante el revestimiento de las fibras con resinas tipo epoxi o con el empleo de fibras especiales con óxido de zirconio. Ambos sistemas encarecen las fibras.

**2.5.1.1. Concreto reforzado con fibra de vidrio (GRC).** Este concreto es utilizado ampliamente en el campo de la construcción, está presente en nuestro país desde hace ya algunas décadas, originario del Reino Unido, surgido en el año de 1940 y ha tomado un papel muy importante en arquitectura para diferentes usos, principalmente para fachadas o paneles

prefabricados. En nuestros tiempos ya es de uso común para los usos ya mencionados. El GRC es nombrado así por sus siglas en inglés Glass Fiber Reinforced Cement, el GRC sufre un deterioro con el tiempo que afecta sus propiedades mecánicas, entre ellas la ductilidad.

Este producto tiene un alto porcentaje de cemento, con granulometrías finas de cuarzo y una pequeña porción de fibra de vidrio que va desde el 3% hasta el 5%.

¿Qué es?

Se trata de un mortero compuesto principalmente por fibra de vidrio (1.2 a 5 cm. de longitud resistente a los álcalis del cemento y dosificada a un 5% del peso total de la mezcla), cemento (usualmente tipo Portland tipo II) y arena (en fachadas arquitectónicas).



Figura 10. Ejemplo de un panel de Concreto Reforzado con Fibra de Vidrio.

Fuente: <http://ingesite.com/tag/concreto-post/>

La invención del GRC fue debido a que los compuestos del cemento son materiales frágiles pero con una gran resistencia a compresión y para poder conseguir un material con mejores propiedades mecánicas se inventó el



hormigón armado, sin embargo hay problemas de corrosión en las armaduras y obligan a estar poniendo capas de varios centímetros de espesor para poder cubrirlo, obteniéndose buenas propiedades mecánicas pero un peso muy elevado. "Por este motivo, bajo las experiencias previas basadas en compuestos de fibras de vidrio combinadas con matrices poliméricas, se desarrolló un nuevo tipo de material compuesto que unía las buenas propiedades a compresión de los morteros de cemento al notable comportamiento a tracción de las fibras de vidrio originando así el Concreto Reforzado con Fibra de Vidrio.

### **Cualidades**

- Mayor moldeabilidad debido a sus características de composición y bajo peso.
- Alta resistencia temprana al impacto, desmolde y transporte.
- Incombustibilidad, alta resistencia al fuego y funciona como barrera térmica en secciones de menos espesor.
- Excelente resistencia a la corrosión.
- Facilidad para colocar.
- Los medios de elevación (paneles prefabricados) son muy sencillos y económicos.

Este material tiene unas magníficas propiedades mecánicas, que une la resistencia a tracción de las fibras de vidrio y la magnífica resistencia a compresión del mortero de cemento. Sin embargo, con el paso del tiempo afecta a las propiedades del GRC se dice que el material se vuelve frágil, pierde su ductilidad y se puede considerar que tiene un comportamiento



elástico, hasta su rotura parecida al del mortero de cemento sin fibras. Para reducir o evitar esto se han usado algunos productos químicos que se le agregan al compuesto, durante su fabricación.

**2.5.2. Fibras metálicas.** Concretamente las de acero, son las que más se emplean en el refuerzo de hormigones por ser las más eficaces y económicas. El acero posee un módulo de elasticidad diez veces superior al del hormigón; las fibras de acero detentan una buena adherencia a la pasta, alto alargamiento de rotura y, por otra parte, son fáciles de mezclar. Las fibras de acero pueden obtenerse por diferentes métodos; el más común consiste en fabricarlas por corte de alambre trefilado, de acero, de bajo contenido en carbono. El diámetro de los alambres está comprendido entre 0,25 y 0,80 mm. La longitud de las fibras puede ser muy variable, oscilando entre 10 y 75 mm.

A fin de realizar un efectos de comparación de unas fibras, con respecto a otras,

- Mejora del comportamiento a flexotracción
- Incremento de la resistencia a rotura.
- Reducción de la deformación bajo cargas mantenidas.
- Aumento de la resistencia a tracción. Fuerte incremento en la resistencia a impacto y choque.
- Gran resistencia a fatiga dinámica.
- Fisuración controlada. Aumento de la durabilidad

**2.5.2.1. Concreto reforzado con fibras de acero.** Las fibras de acero son elementos de corta longitud y pequeña sección que se adicionan al hormigón



con el fin de conferirle ciertas propiedades específicas, con las características necesarias para dispersarse aleatoriamente de una mezcla de hormigón en estado fresco empleando metodologías de mezclado tradicionales.

Los Hormigones con fibras de acero están formados esencialmente por un conglomerante hidráulico, generalmente portland, agregados finos y gruesos, agua y fibras de acero discontinuas cuya misión es contribuir a la mejora de determinadas características de los concretos.

Estas mezclas tienen menos docilidad que los hormigones tradicionales. Debe proveerse una dispersión uniforme de las fibras y prevenirse una segregación o agrupación de las mismas (erizos).

**2.5.3. Fibras orgánicas.** Pueden ser de algodón, rayón, poliéster, polipropileno, polietileno y nilón.

Las tres primeras hay que desecharlas, ya que son atacables por los álcalis. Las más empleadas son las de nilón, polietileno y polipropileno; sin embargo, debido al bajo módulo de elasticidad que poseen, no tienen interés en los hormigones reforzados debido a la gran deformabilidad que les confieren y a no aumentar sensiblemente la resistencia a tracción por fallar la adherencia con la pasta de cemento. No obstante, algunas veces se utilizan para mejorar la resistencia al impacto de hormigones.

**2.5.3.1. Fibra de polipropileno.** El Polipropileno es un termoplástico que es obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo. Todo esto desarrollado en presencia de un catalizador, bajo un cuidadoso control de temperatura y presión. El Polipropileno se puede clasificar en tres tipos (homopolímero, copolímero rándom y copolímero de alto



impacto), los cuales pueden ser modificados y adaptados para determinados usos.

Características:

Optima relación Costo / Beneficio.

- Versatilidad: compatible con la mayoría de las técnicas de procesamiento existentes y usado en diferentes aplicaciones comerciales, como, packaging, industria automotriz, textiles, menaje, medicina, tuberías, etc.
- Buena procesabilidad: es el material plástico de menor peso específico (0,9 g/cm<sup>3</sup>), lo que implica que se requiere de una menor cantidad para la obtención de un producto terminado.
- Barrera al vapor de agua: evita el traspaso de humedad, lo cual puede ser utilizado para la protección de diversos alimentos.
- Buenas propiedades organolépticas, químicas, de resistencia y transparencia.

***Ventajas de la fibra de polipropileno en el concreto.*** Las ventajas de la fibra de polipropileno son:

- Eliminan totalmente las fisuras
- Protege la cabilla
- Permite un fraguado más homogéneo
- Muy económica
- Aumente la resistencia a la flexión y compresión
- Elimina la necesidad de posterior curado
- Aumenta la calidad y durabilidad del concreto
- Aglutina mejor la mezcla



**Propiedades de la fibra de polipropileno.** Las propiedades de la fibra de polipropileno se pueden enumerar de la siguiente manera:

- Absorción de agua a 20° c: ninguna
- Conductividad técnica y eléctrica: baja
- Resistencia a las sales y ácidos: alta
- Resistencia a las bases agente oxidantes y microorganismo: alta
- Resistencia a la abrasión: buena

#### USO DEL PRODUCTO SIKAFIBER

Sikafiber® PE, es un refuerzo de fibra de polipropileno modificada que evita el agrietamiento de concretos y morteros. Sikafiber® PE está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados. Durante la mezcla Sikafiber® PE se distribuye aleatoriamente dentro de la masa de concreto o mortero formando una red tridimensional muy uniforme. USOS

- . Losas de concreto (placas, pavimentos, techos, etc).
- . Mortero y concreto proyectado. (Shotcrete).
- Paneles de fachada.
- . Elementos prefabricados.
- . Revestimientos de canales.

#### **Características Mecánicas de Sika Fiber**

- DENSIDAD REAL APROX. 0,91 kg/L.
- ABSORCION DE AGUA Ninguna
- MÓDULO DE ELASTICIDAD 15,000 kg/cm<sup>2</sup>
- ALARGAMIENTO DE ROTURA 20-30%



- RESISTENCIA A TRACCIÓN 300 - 350 kg/cm<sup>2</sup>
- RESISTENCIA QUIMICA Inerte a los álcalis del cemento, ácidos en general, agua de mar, residuos alimentarios y ganaderos, aceites vegetales. No se pudre y es resistente a hongos y bacteria.
- DURABILIDAD Indefinida
- TEMPERATURA DE FUSIÓN 160-170 °C

## **NORMA**

A los concretos a los que se agregado Sikafiber® PE cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116

## **DOSIFICACIÓN**

El Sikafiber® PE se empleará para todo tipo de concretos hasta  $f'c = 300$  kg/cm<sup>2</sup> se debe usar 600 gr por m<sup>3</sup> de concreto y para concretos de alta resistencia mayores a  $f'c = 300$  kg/m<sup>2</sup> se colocará 1 kg/m<sup>3</sup> Usar de 2 a 8 Kg. En caso de mezcla de shotcrete

## **MODO DE EMPLEO**

Se agrega, en planta o a pie de obra directamente a la mezcla de concreto o mortero. No disolver en el agua de amasado. Una vez añadido el Sikafiber® PE basta con prolongar el mezclado al menos 5 minutos.

El uso de la fibra de polipropileno se viene usando con mayor crecimiento debido a sus propiedades positivas que trae consigo a la hora de emplearse:



**Resistencia al impacto.** La adición de fibra de polipropileno al concreto mejora notablemente la resistencia al impacto y a la fragmentación. Ello se debe a la gran cantidad de energía absorbida en el proceso de desunión, estiramiento y extracción o arrancado que se produce después de haberse agrietado la matriz del concreto.

La cuantificación de la mejora en la resistencia al impacto depende de la geometría de la pieza y del método de ensayo, pero ha sido medida en la práctica en un orden de 2 a 10 veces superior.

**Resistencias mecánicas.** La fibra mejora la resistencia a la tracción de concreto, distribuyendo los esfuerzos a la tracción más homogéneamente a través de todo el concreto, pero esta mejora no es sustancialmente importante. Lo mismo ocurre con la resistencia a la compresión, siendo en cambio más notable la mejora sobre la fragilidad.

**Durabilidad.** Es evidente que la fisuración del concreto lo hace más vulnerable al ataque de agentes agresivos. Se han realizado numerosas pruebas para determinar la persistencia de las cualidades aportadas al concreto por la fibra, a través del tiempo, bien en ensayos de envejecimiento artificial acelerado, como en obras reales. Las conclusiones generales fueron que no se producían cambios en el módulo de rotura o en la resistencia a impactos.

**Adherencia de la fibra a la matriz del concreto.** No existe adherencia físico-química entre fibras y la matriz. Precisamente la hidrofuguidad de aquéllas permite su buena distribución en la masa sin formar bolas. La adherencia es puramente mecánica, favorecida por la fibrilación o hendido de las fibras matrices, que con su estructura abierta favorecen la acción de cuña.



El concreto hecho con cemento Portland tiene ciertas características: es relativamente resistente a la compresión pero débil en tensión y tiende a ser frágil. La debilidad en tensión puede ser superada por el uso de refuerzo convencional de varilla y, en cierta medida, por la inclusión de un volumen suficiente de fibras existentes en el mercado desde hace varios años.

Uso en pisos y pavimentos rígidos, concreto proyectado y elementos prefabricados en concreto.

## **2.6. Concreto**

**2.6.1. Definición.** El concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

De esta definición se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o en menor grado las características de los componentes, que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original.

En consecuencia, para poder dominar el uso de este material, hay que conocer no solo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de los componentes y su interrelación, ya que son en primera instancia los que le confiere su particularidad.



Como cualquier material, se contrae al bajar la temperatura, se dilata si esta aumenta, se ve afectado por sustancias agresivas y se rompe si es sometido a esfuerzos que superan sus posibilidades, por lo que responde perfectamente a las leyes físicas y químicas. Luego pues, la explicación a sus diversos comportamientos siempre responde a alguna de estas leyes; y la no obtención de los resultados esperados, se debe al desconocimiento de la manera cómo actúan en el material, lo que constituye la utilización artesanal del mismo (por lo que el barco de la practica sin el timón de la ciencia nos lleva a rumbos que no podemos predecir) o porque durante su empleo no se respetaron o se obviaron las consideraciones técnicas que nos da el conocimiento científico sobre él. (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.11)

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional del ingeniero, el concreto es, en general, desconocido en mucho de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, procesos de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales. (Rivva López, 2000, p.8)

**2.6.2.** Componentes del concreto. La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un



ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento

Ya hemos establecido conceptualmente la necesidad de conocer a profundidad las propiedades de los componentes del concreto, pero debemos puntualizar que de todos ellos, el que amerita un conocimiento especial es el cemento. Si analizamos la Fig.11 en que se esquematizan las proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto. Concluiremos en que el cemento es el ingrediente activo que interviene en menor cantidad, pero sin embargo es el que define las tendencias del comportamiento.

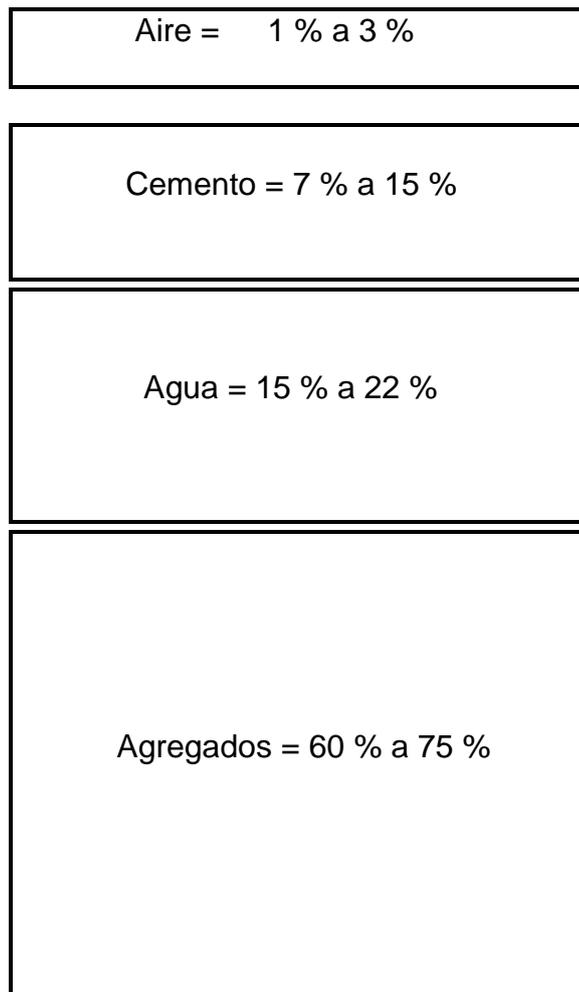


Figura 11. Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto-Enrique Pasquel

Pese a que en nuestra formación en Ingeniería Civil todos asimilamos los conceptos básicos de química, no es usual que entre los colegas exista mucha afición hacia este campo (como es también el caso nuestro). Sin embargo es necesario tener el conocimiento general de las consecuencias de las reacciones que se producen, por lo que durante el desarrollo de estos temas insistiremos en los aspectos prácticos antes que en el detalle de fórmulas



y combinaciones químicas si no aportan información de aplicación directa para el Ingeniero Civil.

**2.6.3. Propiedades del concreto.** Para cada caso particular de empleo se requieren en el concreto determinadas propiedades. Es por ello que el conocimiento de todas y cada una de las propiedades del concreto, si como de la interrelación entre ellas, es de importancia para el ingeniero el cual debe decidir, para cada caso particular de empleo del concreto, la mayor o menor importancia de cada una de ellas.

Al analizar las propiedades del concreto, el ingeniero debe recordar las limitaciones de las mismas en función de las múltiples variables que pueden actuar sobre el concreto modificándolo. En este análisis es importante que el ingeniero recuerde que el concreto, como cualquier otro material, puede sufrir adicionalmente modificaciones en el tiempo y que puede claudicar por fallas atribuibles a problemas de durabilidad, aun cuando su resistencia haya sido la adecuada.

En el análisis de las propiedades del concreto es importante recordar que ellas están íntimamente asociadas con las características y proporciones relativas de los materiales integrantes; que la calidad, cantidad y densidad de la pasta es determinante en las propiedades del concreto; y que la relación agua-cemento lo es sobre las características de la pasta. (Rivva López, 2000, p.22)



### **2.6.3.1 Concreto fresco.**

**Trabajabilidad.** Esta definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian.

Esta influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa.

Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento mantiene siempre una película de mortero de al menos  $\frac{1}{4}$ " sobre el agregado grueso.

El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, pues es fácilmente demostrable que se pueden obtener concretos con igual slump pero trabajabilidades notablemente diferentes para las mismas condiciones de trabajo.

**Segregación.** Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es solo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual



sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz.

Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta, mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación. En los concretos con contenidos de piedra > del 55% en peso con respecto al peso total del agregados, es frecuente confundir la segregación con la apariencia normal de estos concretos, lo cual es muy simple de verificar obteniendo dos muestras de concreto fresco de sitios diferentes y comparar el contenido de gruesos por lavado, que no deben inferir en más del 6%.

**Exudación.** Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y se sube hacia la superficie del concreto.

Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades.

Esta influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla N°100, la exudación será menor pues se retiene el agua de la mezcla.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.



**Contracción.** Es una de las propiedades mas importantes en funcion de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia.

Ya hemos visto que la pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, y por esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible.

Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento y es la llamada contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla.

Este proceso no es irreversible, ya que si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida.

Esta propiedad se tratará con mucha amplitud al tocar el tema de los cambios volumétricos en el concreto, siendo lo fundamental en este capítulo, el tener claro que el concreto de todas maneras se contrae y si no tomamos las medidas adecuadas indefectiblemente se fisura, y en muchos casos esta fisuración es inevitable por lo que solo resta preverla y orientarla.

### **2.6.3.2. Concreto endurecido.**

**Elasticidad.** En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un "Modulo de elasticidad estático" del concreto mediante una recta



tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un % de la tensión última.

Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 Kg/cm<sup>2</sup> y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y en relación inversa con la relación agua/cemento.

Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de Elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres. La norma que establece como determinar el Modulo de elasticidad estático del concreto es la ASTM C-469.

**Resistencia.** Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso.

La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto.

Un factor indirecto pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación



sin el cual no se lleguen a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

Los concretos normales usualmente tienen resistencias en compresión del orden de 100 a 400 Kg/cm<sup>2</sup>, habiéndose logrado optimizaciones de diseños sin aditivos que han permitido obtener resistencias sobre los 700 Kg/cm<sup>2</sup>.

Tecnologías con empleo de los llamados polímeros, constituidos por aglomerantes sintéticos que se añaden a la mezcla, permiten obtener resistencias en compresión que bordean los 1500 kg/cm<sup>2</sup>, y todo parece indicar que el desarrollo de estas técnicas permitirá en el futuro superar incluso estos niveles de resistencia.

**Extensibilidad.** Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones.

Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo.

El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

La microfisuración aparece normalmente alrededor del 60% del esfuerzo último, y a una deformación unitaria de 0.0012, y en condiciones normales la fisuración visible aparece para 0.003 de deformación unitaria.



#### 2.6.4. Etapas de la elaboración del concreto

**Dosificación.** Un objetivo importante en la producción de concreto es obtener homogeneidad y uniformidad, las cuales son evidenciadas por propiedades tales como peso unitario, asentamiento, contenido de aire, resistencia y peso unitario del mortero libre de aire en tandas individuales y en tandas sucesivas de las mismas proporciones de mezcla.

Durante las operaciones de dosificación los agregados deberán ser manejados de manera tal de mantener la granulometría deseada, y todos los materiales deberán ser medidos dentro de las tolerancias requeridas para reproducir la mezcla de concreto seleccionada.

Un tercer objetivo importante es una dosificación exitosa es una adecuada secuencia y mezclado de los ingredientes. La observación visual de cada uno de los ingredientes que está siendo dosificado es importante para alcanzar este objetivo.

**Mezclado.** Un concreto de calidad satisfactoria requiere que sus materiales estén adecuadamente mezclados hasta obtener una masa de apariencia y en la que todos sus componentes estén igualmente distribuidos.

Por lo tanto, los equipos y procedimientos empleados deberán ser capaces de lograr un mezclado efectivo de los materiales empleados a fin de producir una mezcla uniforme con el menor asentamiento adecuado para el trabajo en el que el concreto va a ser utilizado.

El proceso de mezclado deberá tener como objetivos:

- Revestir uniformemente la superficie de las partículas de agregado con pasta.



- Obtener una distribución uniforme de los materiales a través de toda la masa del concreto.
- Lograr uniformidad en la composición, peso unitario, contenido de aire y consistencia de la mezcla tanda a tanda.

**Transporte.** El transporte del concreto desde el punto de mezclado al de colocación debe efectuarse con el menor tiempo posible y sin interrupciones, empleando procedimientos que eviten la segregación o la pérdida de material y garanticen economía y la obtención de la calidad deseada en el punto de entrega.

El concreto puede ser transportado desde la mezcladora hasta el punto de colocación empleando una variedad de procedimientos y equipos, debiéndose en la selección del procedimiento de transporte, tener en consideración:

- Las condiciones de empleo del concreto
- Los ingredientes de la mezcla
- La ubicación del lugar de colocación del concreto y las facilidades de acceso al mismo
- La capacidad del equipo
- El tiempo requerido para la entrega del concreto
- Las condiciones de clima

**Colocación.** El planeamiento de la colocación del concreto en la obra deberá garantizar un abastecimiento del material adecuado y consistente.

Deberá contemplarse aspectos tales como que:

- El concreto pueda ser mantenido plástico y libre de juntas frías cuando está siendo colocado



- Todo el equipo empleado en la colocación este limpio y adecuadas condiciones de operación
- El equipo deberá estar en capacidad de entregar el concreto en su posición final sin segregación objetable

La colocación del concreto no deberá ser comenzada cuando existe la posibilidad que ocurra temperaturas de congelación, salvo que se hayan tomado precauciones para protección en bajas temperaturas.

Antes de comenzar la operación de colocación deberá contarse en obra con todas las facilidades para un inicio inmediato del proceso del curado.

Cuando ello es posible, es conveniente tener en obra un sistema de comunicaciones entre el sitio de colocación del concreto y las plantas dosificadoras y mezclado a fin de tener un mejor control del proceso de entrega y prevenir excesivas demoras y pérdidas de concreto.

**Consolidación.** La consolidación igualmente conocida como compactación, es el proceso por el cual el aire atrapado en la mezcla de concreto es removido en la misma. Para lograr ello se han desarrollado diferentes métodos y la elección del más conveniente de los mismos depende principalmente de la trabajabilidad de la mezcla, las condiciones de colocación y el grado de remoción de aire atrapado deseado.

En el proceso de consolidación del concreto se debe recordar que el aire atrapado es un conjunto de burbujas de aire en el concreto las cuales no han sido intencionalmente incorporadas y son más grandes y menos útiles que las burbujas de aire incorporado.



No debe intentarse que en el proceso de consolidación remueva las burbujas de aire incorporado, esferas de muy pequeño diámetro intencionalmente presentes en la masa para mejorar el comportamiento del concreto durante los procesos de congelación.

Alternativamente una consolidación adecuada puede permitir reducir el contenido de cemento, manteniendo la calidad con reducción del costo. Es igualmente conocido que si el concreto fresco es demasiado consistente para el esfuerzo de compactación que se está aplicando, la consolidación del concreto y su calidad pueden disminuir rápidamente.

**Curado.** El curado puede ser definido como el mantenimiento de un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura adecuada en el concreto durante su etapa inicial, a fin de lograr que los espacios originalmente ocupados por el agua en la pasta fresca se llenen con los productos de hidratación del cemento, reduciendo así a un mínimo los poros capilares y permitiendo que se desarrollen las propiedades que se desea que el material alcance.

El curado es esencial en la protección de un concreto que tenga las propiedades requeridas. La resistencia y durabilidad solo pueden ser totalmente desarrolladas si él es curado. Sin embargo no se requiere ninguna acción en este sentido si las condiciones ambientes de humedad y temperatura son suficientemente favorables al curado. De no ser así, las medidas de curado especificadas deberán comenzar tan pronto como sea requerido.



El curado se iniciara tan pronto como el concreto hay endurecido lo suficiente como para que su superficie no resulte afectada por el método de curado afectado



# CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS



## Capítulo III: Materiales y Métodos

### 3.1. Metodo de Investigacion

El método más adecuado para este tipo de investigación es el Experimental, en esencia se trata de analizar el comportamiento del concreto añadiendo diferentes porcentajes para el A.A.H.H. Villa María -Nuevo Chimbote, de tal forma que se pueda llegar a establecer el porcentaje optimo de fibra que será utilizado en el concreto hidráulico. Se trabajó en el laboratorio para luego obtener respuestas con el uso de fórmulas y procesadores de datos, para luego formular los cuadros de resultados.

### 3.2. Universo o Poblacion

La población muestral es el A.A.H.H. Villa María -Nuevo Chimbote,

### 3.3. Alcance de Estudio

El trabajo comprende la determinación del porcentaje óptimo fibra en la elaboración de concreto para la zona de Villa María – Nuevo Chimbote

La zona de Villa María - Nuevo Chimbote, Latitudinalmente se localiza entre los  $09^{\circ} 09' 05''$  S y los  $78^{\circ} 31' 58''$  y  $78^{\circ} 33' 33''$  O.

El nivel freático en esta zona se encuentra por debajo de los 16 metros. La mayor parte del subsuelo está constituido por arena fina a gruesa con presencia de grava. En Buenos Aires el estrato de arena fina a gruesa tiene 20

metros de espesor, mientras que en Nuevo Chimbote tiene 4 metros, suprayaciendo arenas finas a medias con arcilla hasta los 16 metros. Los ensayos de penetración estándar indican valores de N mayores que 12 al metro de profundidad, creciendo rápidamente a mayores profundidades (Ordoñez et al, 1984)

A continuación se muestra la zona de trabajo.

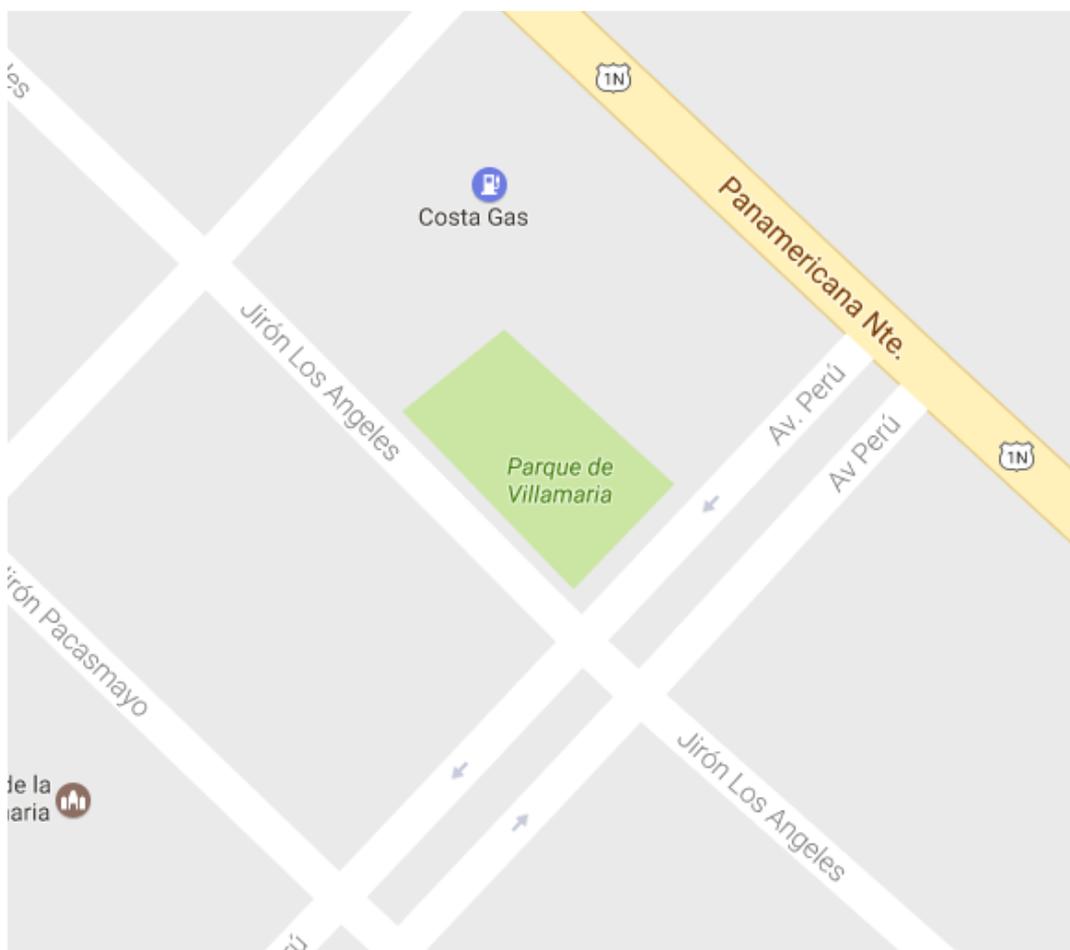


Figura 12. AA.HH Villamaria, Nuevo Chimbote

Fuente: Google Maps



### 3.4. Obtencion en Laboratorio de Muestras Representativas (Cuarteo)

#### Procedimiento

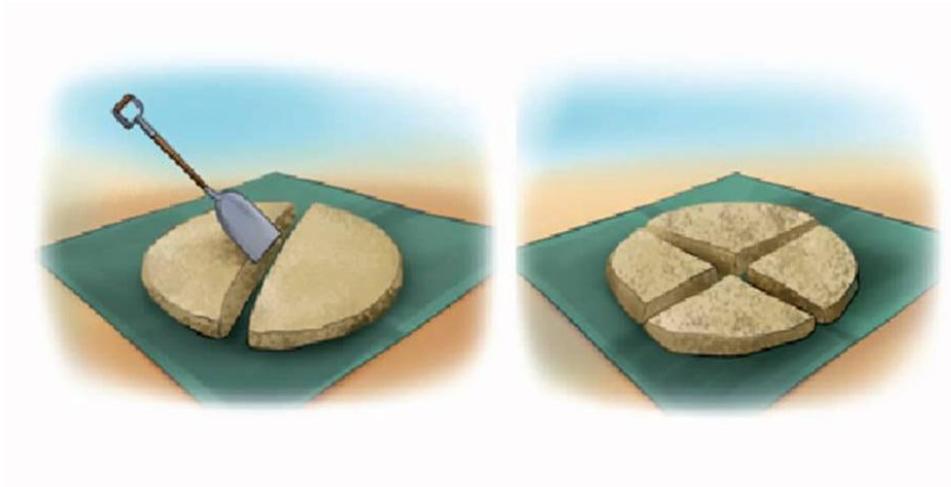
Se colocó la muestra sobre una superficie dura, limpia y horizontal evitando cualquier pérdida de material o la adición de sustancias extrañas.

Se mezcló bien hasta formar una pila en forma de cono, repitiendo esta operación cuatro veces.

Cada parte tomada de la base se deposita en el lado superior del cono, de modo que el material caiga uniformemente por los lados del mismo.

Cuidadosamente se aplana y extiende la pila cónica hasta darle una base circular, espesor y diámetro uniforme, presionando hacia abajo con la cuchara de la pala, de tal manera que cada cuarteo del sector contenga el material original. El diámetro debe ser aproximadamente cuatro a ocho veces el espesor.

Se procede luego a dividir diametralmente el material en cuatro partes iguales, de las cuales se separan dos cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino limpiando luego con cepillo o escoba los espacios libres. Los dos cuartos restantes se mezclan sucesivamente y se repite la operación hasta obtener la cantidad de muestra requerida (Figura 13).



Fuente: <http://es.slideshare.net/jorgesilva84/basegranular-procesoconstructivo101122120048phpapp01>

### 3.5. Peso Unitario de los Agregados

Procedimiento

#### ***Determinacion del peso unitario suelto***

El recipiente se llenó con una pala o cuchara, que descarga el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") hasta que rebose el recipiente.

El agregado sobrante se niveló con una regla hasta quedar al ras.

Se pesó el recipiente de medida más el contenido y el peso del recipiente, y se registró los pesos con aproximación de 0,05 kg (0,1 lb)

Después de haber realizado nuestros ensayos obtuvimos un P.U suelto de 1248 kg/m<sup>3</sup>.

#### ***Determinacion del peso unitario compactado***

Se llenó el recipiente con el agregado en 3 capas.

Se apisonó la capa de agregado con 25 golpes de la varilla distribuidos uniformemente, utilizando el extremo semiesférico de la varilla. Luego se llenó



las 2/3 partes del recipiente, volviendo a emparejar la superficie y apisonar como anteriormente se describe. Finalmente llenar el recipiente hasta colmarlo y apisonar otra vez de la manera antes mencionada.

Al apisonar la primera capa, evitamos que la varilla golpee el fondo del recipiente, y al apisonar las capas superiores, se tuvo que aplicar la fuerza necesaria para que la varilla atravesase solamente la respectiva capa.

Una vez colmado el recipiente, se enraso la superficie con la varilla, usándola como regla y se determinó el peso del recipiente lleno y peso del recipiente solo, y registrar pesos con aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

Después de haber realizado nuestros ensayos obtuvimos un P.U compactado de 1495.02 kg/m<sup>3</sup>.

### **3.6. Analisis Granulometrico de Agregados Gruesos y Finos**

#### **Prodedimiento**

Cuando se desea resultados rápidos, no es necesario secar el agregado grueso para el ensayo debido que el resultado es poco afectado por el contenido de humedad a menos que:

- a) El Tamaño Máximo nominal sea menor de 12 mm (1/2")
- b) El agregado grueso tenga una cantidad apreciable de finos menos que el tamiz N° 4,75 mm (N°4).
- c) El agregado grueso se a latamente absorbente (por ejemplo los agregados ligeros.)
- d) Las muestras también se pueden secar a temperaturas altas usando planchas calientes sin que afecten resultados, si se mantienen los escapes



de vapor sin generar presiones suficientes para fracturar las partículas y temperaturas que no sean mayores para causar rompimiento químico del agregado.

Se seleccionó la serie de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material a ensayar. Se encajó los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura, y se colocó la muestra sobre el tamiz superior y se efectuó el tamizado de forma manual o por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado.

Se hizo el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado, no pase más del 1% de la cantidad en peso retenida en cada tamiz, durante un (1) minuto de tamizado manual como sigue: sostener individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo bien ajustado, con la mano en una posición ligeramente inclinada. Luego el filo del tamiz se hizo un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra mano.

Se determinó el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza..

El peso total del material después del tamizado, debe ser verificado con el peso original de la muestra ensayada. Si la cantidad difiere en más del 0.3% del peso seco original de la muestra, el resultado no debe ser usado con fines de aceptación.



### 3.7. Peso Específico y Absorción de Agregados Finos

#### Procedimiento

Se muestreo el agregado, luego se mezcló uniformemente y reducir por cuarteo hasta obtener un espécimen de ensayo de aproximadamente 1 kg.

Se colocó el agregado fino obtenido por cuarteo y secado a peso constante a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C en un recipiente y cubrir con agua dejando reposar durante 24 horas. Luego se decantó el agua evitando pérdida de finos y se extendió el agregado sobre una superficie plana expuesta a una corriente de aire tibio y se removió frecuentemente para el secado uniforme, hasta que las partículas del agregado no se adhieran marcadamente entre sí. La muestra se colocó en el molde cónico, se golpeó la superficie suavemente 25 veces con la varilla para apisonado y luego se levantó el molde. Si existe humedad libre en el cono y el agregado fino mantiene su forma entonces se sigue secando, se revolvió constantemente y probó hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde, lo que indica que el agregado fino alcanzó una condición de superficie seca.

Se introdujo en el frasco una muestra de 500 g de material preparado, y se llenó parcialmente con agua a una temperatura de  $23 \pm 2$  °C hasta alcanzar la marca de 500 cm<sup>3</sup>. Se agito el frasco para eliminar burbujas de aire de manera manualmente.

Manualmente se hizo rodar, invirtió y agitó el frasco para eliminar todas las burbujas de aire cerca de 15 a 20 minutos que son normalmente requeridos para eliminar las burbujas de aire.



Después de eliminar las burbujas de aire, se ajustó la temperatura del frasco y su contenido a  $23 \pm 2$  °C, se llenó el frasco hasta la capacidad calibrada y se determinó el peso total del frasco, espécimen y agua.

Luego se removió el agregado fino del frasco, se secó en el horno hasta peso constante a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C, se enfrió a temperatura ambiente por  $\frac{1}{2}$  a  $1 \frac{1}{2}$  hora y se determinó el peso.

Los resultados del Peso Específico del agregado Fino en el laboratorio fue de 2.38 kg/m<sup>3</sup> y de la Absorción fue de 1.41.

### **3.8. Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos**

#### Procedimiento

Se mezcló la muestra y se redujo aproximadamente a la cantidad necesaria. Se descartó todo el material que pase el tamiz 4,75 mm (Nº 4) por tamizado seco y luego se lavó el material para remover polvo u otras impurezas superficiales.

Se secó la muestra a peso constante, a una temperatura de  $110$  °C  $\pm 5$  °C, se ventiló en un lugar fresco a temperatura ambiente de 1 a 3 horas, Inmediatamente se sumergió el agregado en agua a una temperatura ambiente por un período de  $24$  h  $\pm 4$  h.

Luego se removió la muestra del agua y se hizo rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún parezca húmeda. Se secó separadamente en fragmentos más grandes. Se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie.



Después de haberse pesado, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determinó su peso en agua a una temperatura entre  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hay que tener cuidado de remover todo el aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente mientras se sumerge.

Se secó la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre  $100\text{ }^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$  y se dejó enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1 a 3 h o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y finalmente se pesó.

Los resultados del Peso Específico del agregado Fino en el laboratorio fue de  $3.01\text{ kg/m}^3$  y de la Absorción fue de 0.22

### **3.9. Abrasion Los Angeles (L.A.) Al Desgaste de los Agregados**

#### Procedimiento

La carga, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo como se describe será como sigue:



Tabla 10. Masa de carga de ensayo

Gradación	Numero de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: Manual de carreteras

Se lavó y secó al horno la muestra reducida a peso constante, a  $110 \pm 5$  °C (véase apartado separar cada fracción individual y recombinar a la gradación de la Tabla 11, lo más cercano correspondiendo al rango de medidas en el agregado como conforme para el trabajo).



Tabla 11. Gradación de las muestras de ensayo

Medida del tamiz( abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 ½´´)	25.0 mm (1´´)	2500 ±			
		15			
37.5 mm (3/4´´)	37.5 mm (½´´)	2500 ±			
		15			
37.5 mm (½´´)	37.5 mm (3/8´´)	2500 ±	2500 ±		
		15	15		
37.5 mm (3/8´´)	37.5 mm (1/4´´)	2500 ±	2500 ±		
		15	15		
37.5 mm (1/4´´)	37.5 mm (N° 4´´)			2500 ±	
				15	
37.5 mm (N° 4´´)	37.5 mm (1 ½´´)			2500 ±	
				15	
37.5 mm (1 ½´´)	37.5 mm (1 ½´´)				2500
		2500 ±	2500 ±	2500 ±	
37.5 mm (1 ½´´)		15	15	15	2500 ± 15

Fuente: Manual de carreteras



Se colocó la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y se hizo rotar a una velocidad entre 30 rpm a 33rpm, por 500 revoluciones. Luego de rotar se descargó el material de la máquina y se realizó una separación preliminar de la muestra, sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm (Nº 10). Se lavó el material más grueso que la malla de 1,70 mm y se secó al horno a  $110 \pm 5$  °C, hasta peso constante y se determinó el peso.

Después de haber hecho el procedimiento en el laboratorio se obtuvo una Abrasión de 12%, la cual es favorable para nuestra investigación.

### **3.10. Determinacion del Contenido de Humedad**

Procedimiento.

Se colocó la muestra en una tara y se determinó el peso de la tara y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen y se registró este valor.

Se colocó el material húmedo en el horno y se secó el material hasta alcanzar una masa constante a  $110 \pm 5$  °C.

En la mayoría de los casos, el secado de un espécimen de ensayo durante toda la noche (de 12 a 16 horas) es suficiente.

Luego que el material se secó a peso constante, se removió la tara del horno. Se determinó el peso de la tara y el material secado al horno usando la misma balanza usada en este ensayo. Se registró este valor.

Se obtuvo un Contenido de Humedad en el Agregado Fino de 0.47 y en el Agregado Grueso de 0.24.



### 3.11. Diseño de Mezcla de Concreto

El diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente la aplicación técnica y practica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo. (Rivva López, 2000, p.171)

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en algunas tablas presentadas en los capítulos anteriores, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica de concreto.

El procedimiento para la selección de las proporciones que se presentan en este capítulo es aplicable a concretos de peso normal y a las condiciones que para cada una de las tablas se indican en ellas.

Aunque los mismos datos básicos y procedimientos pueden ser empleados en el diseño de concretos pesados y concretos ciclópeos, al tratar estos se da la información complementaria.

Es usual que las características de obra establezcan limitaciones a quien tiene la responsabilidad de diseñar la mezcla. Entre limitaciones pueden estar:

- Relación agua-cemento máxima.
- Contenido mínimo de cemento.
- Contenido máximo de aire.
- Asentamiento.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Resistencia en compresión mínima.



- Requisitos especiales relacionados con la resistencia promedio, el empleo de aditivos, o la utilización de tipos especiales de cemento o agregados.

La estimación de las cantidades de materiales requeridas para preparar una unidad cúbica de concreto implica una secuencia cuyo cumplimiento permite, en función de las características de los materiales, preparar la mezcla adecuada para el trabajo que se va a efectuar.

Pasos en el diseño de la mezcla de concreto.

**3.11.1.1. Selección de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ).** Las mezclas de concreto deben diseñarse para una resistencia promedio cuyo valor es siempre superior al de la resistencia de diseño especificada por el ingeniero proyectista.

La diferencia entre ambas resistencias está dada y se determina en función del grado de control de la uniformidad y de la calidad del concreto realizado por el contratista y la inspección.

Nuestro  $f'_{cr}$  fue de 364kg/cm<sup>2</sup>

**3.11.1.2. Calculo de la Desviación estándar.** Si la compañía constructora tiene un registro de sus resultados de ensayos de obras durante los últimos doce meses, el cual está basado en por lo menos 30 resultados de ensayos consecutivos de resistencia en compresión, o en dos grupos de resultados de ensayos que totalizan por lo menos 30 y se han efectuado en dicho período, deberá calcularse la desviación estándar de estos resultados.

El registro de los resultados de ensayos de resistencia en compresión, a partir del cual se calculará la desviación estándar deberá:

- a) Representar materiales, procedimientos de control de calidad, y



condiciones de trabajo similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar. Las diferencias existentes en materiales y proporciones del registro del conjunto de ensayos no deberán ser más rigurosos que aquellas que se ha especificado para la otra propuesta.

- b) Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia en compresión de diseño especificada del orden de la del trabajo a ser iniciado; aceptándose un rango de variación de 35 kg/cm<sup>2</sup>, para resistencias en compresión hasta de 280 kg/cm<sup>2</sup>, y de 70 kg/cm<sup>2</sup> para resistencias mayores en relación a la resistencia de diseño especificada para la otra propuesta.
- c) Consistir de por lo menos 30 resultados de ensayos consecutivos, o de dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.

Para las condiciones indicadas la desviación estándar se calculará a partir de los resultados con que se cuenta, aplicando la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - X)^2 + (X_2 - X)^2 + \dots + (X_n - X)^2}{n - 1}}$$

Dónde:

S = Desviación estándar.

n = Numero de ensayos de la serie.

X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>... X<sub>n</sub>, = Resultados de resistencia de muestras de ensayos individuales

X = Promedio de todos los ensayos individuales de una serie.



Si se utiliza dos grupos de registros de resultados de muestras de ensayo para totalizar por lo menos 30, la desviación estándar a ser empleada en el cálculo de la resistencia promedio, deberá ser el promedio estadístico de los valores calculados para cada grupo de ensayos.

Para determinarla se utilizará la siguiente ecuación:

$$\check{s} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(s_1)^2 + (n_2 - 1)(s_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Dónde:

$\check{s}$  = Promedio estadístico de las desviaciones estándar cuando se utiliza los registros de ensayo para calcular la desviación estándar, en kg/cm<sup>2</sup>

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 respectivamente, en kg/cm<sup>2</sup>.

$n_1, n_2$  = Numero de ensayos en cada grupo, respectivamente.

Si se tiene un registro de resultados de ensayo basado en 15 a 29 pruebas consecutivas, se deberá determinar la desviación estándar de estas y luego multiplicarla por el factor de corrección indicado en la Tabla 12, obteniéndose así la desviación estándar a ser utilizada en el cálculo de la resistencia promedio.

Este procedimiento da un valor más conservador para la resistencia promedio. El valor de la Tabla 12 se basa en la distribución muestral de la desviación estándar y proporciona protección contra la posibilidad de que el menor número de muestras de una desviación estándar que se aparte significativamente del valor que debería ser empleado.



Tabla 12. Factor de corrección

Ensayos	Factor de corrección
menos de 15	Usar tabla 7.4.3
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

**3.11.1.3. Cálculo de la resistencia promedio requerida.** La resistencia a la compresión promedio requerida, la cual ha de emplearse como base para la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, deberá ser el mayor de los valores obtenidos a partir de la solución de las ecuaciones 1 y 2, en las que se empleará, según el caso, la desviación estándar calculada de acuerdo a lo indicado en lo anterior.

$$f'_{cr} = f'_{c} + 1.33 s \dots\dots\dots(1)$$

$$f'_{cr} = f'_{c} + 2.33 s - 35 \dots\dots\dots(2)$$

Dónde:

S = Desviación estándar, en kg /cm<sup>2</sup>



La ecuación (1) da una probabilidad de 1 en 100 de que el promedio de tres resultados de ensayos esté por debajo de la resistencia de diseño especificada. La ecuación (2) da una probabilidad similar de que los resultados individuales de ensayos estén 35 kg/cm<sup>2</sup> por debajo de la resistencia de diseño especificada.

Cuando no se cuente con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de desviación estándar de acuerdo a lo indicado anteriormente, la resistencia promedio requerida deberá ser determinada empleando los valores de la Tabla 13

Tabla 13. Resistencia a la compresión promedio

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

#### **3.11.1.4. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.**

La norma ITINTEC 400.037 define al "Tamaño Máximo" como aquel que "corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso".

La norma ITINTEC 400.037 define al "Tamaño Máximo Nominal" como aquel que "corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido".



La Tabla 14 presenta las curvas granulométricas que corresponden a tamaños nominales comprendidos entre 2" y 3/8". Esta tabla corresponde a la clasificación de la Norma ASTM C 33

Tabla 14: TMN Comprendidos entre 2" y 3/8"

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasan por las siguientes fallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
1/2"	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. El ACI 318 y la Norma Técnica de Edificación E. 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- 1/3 del peralte de la losa; o



- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de presfuerzo.

En elementos de espesor reducido, o antes la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá disminuir el tamaño del agregado grueso siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido y se obtenga la resistencia especificada. (Rivva López, 2000, p.183)

En nuestro caso El Tamaño Máximo Nominal según nuestro agregado fue de 3/4"

**3.11.1.5. Selección del Asentamiento (Slump).** La consistencia es aquella propiedad del concreto no endurecido que define el grado de humedad de la mezcla. De acuerdo a su consistencia, las mezclas de concreto se clasifican en:

- a) Mezclas secas; aquellas cuyo asentamiento esta entre cero y dos pulgadas (0 mm a 50mm).
- b) Mezclas plásticas; aquellas cuyo asentamiento esta entre cero y dos pulgadas (75 mm a 100mm).
- c) Mezclas fluidas; aquellas cuyo asentamiento esta entre cero y dos pulgadas (mayor de 125mm).

Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla 3.14 podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se



va a realizar. Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

Tabla 15. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

El asentamiento puede incrementarse en 1" si se emplea un método de consolidación diferente a la vibración

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

El asentamiento recomendado para nuestro ensayo fue de máximo 2".

**3.11.1.6. Selección del agua de mezclado y contenido de aire.** La selección del volumen unitario de agua se refiere a la determinación de la cantidad de agua que se debió incorporar a la mezcladora, por unidad cubica de concreto, para obtener una consistencia determinada cuando el agregado está al estado seco.



La tabla 16 ha sido preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI. Ella permitió seleccionar el volumen unitario de agua, para agregados al estado seco, en concretos preparados con y sin aire incorporado; teniendo como factores a ser considerados la consistencia que se desea para la mezcla y el tamaño máximo nominal del agregado grueso seleccionado.

Tabla 16. Volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua en 1/m <sup>3</sup> , para los tamaños máx. Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	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	-
	Concretos 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	-

Esta tabla ha sido confeccionada por el comité 211 del ACI

Los valores de esta tabla se emplearan en la determinación del factor cemento en mezclas preliminares de prueba. Son valores máximos y corresponde a agregado grueso de perfil angular y granulometría comprendida dentro de los límites de la Norma ASTM C 33

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López



Como se observa, la tabla 3.15 no toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados. Debemos hacer presente que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar algo por encima o por debajo de dichos valores. Al mismo tiempo, podemos usar la tabla 17 que ha sido preparada, en su oportunidad, por el Departamento de Concreto del Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Esta tabla permitió calcular el volumen unitario de agua, tomando en consideración, además de la consistencia y el tamaño máximo nominal del agregado, el perfil del mismo. Los valores de las Tablas corresponden a mezclas sin aire incorporado y debió ser ajustados en función del porcentaje de absorción y contenido de humedad de los agregados fino y grueso.

Tabla 17. Volumen unitario de agua

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m <sup>3</sup> , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	97	216
1 1/2"	1	167	163	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

Los valores de ambas tablas pueden ser empleadas con seguridad en la estimación preliminar de las proporciones de la mezcla. En aquellos en que el agregado posee características que obligan a un aumento en el volumen de agua, deberá aumentarse igualmente el contenido de cemento a fin de mantener invariable la relación agua-cemento, excepto si los resultados de los ensayos de resistencia realizados con mezclas de prueba preparadas en el Laboratorio indican que tal incremento no es necesario.



**3.11.1.7. Selección de la relación agua/cemento (a/c).** Desde que la mayoría de las propiedades deseables en el concreto endurecido dependen de la calidad de la pasta, producto final del proceso de hidratación del cemento, se considera que una de las etapas fundamentales en la selección de las proporciones de una mezcla de concreto es la elección de la relación agua-cemento más adecuada.

La relación agua-cemento de diseño, que es el valor a ser seleccionado de las Tablas, se refiere a la cantidad de agua que intervino en la mezcla cuando el agregado está en condición de saturado superficialmente seco, es decir q no toma ni aporta agua. La relación agua-cemento efectiva se refiere a la cantidad de agua de la mezcla cuando se tiene en consideración la condición real de humedad del agregado.

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

**Por resistencia.** La selección de la relación agua-cemento por resistencia se hace partiendo del criterio de que esta propiedad es la más fácilmente mensurable y que, dentro de ciertas limitaciones, está regulada por la relación de la cantidad de agua a la cantidad de cemento en la unidad cubica de mezcla.

La tabla 18 es una adaptación confeccionada por el Comité 211 del ACI. Esta tabla de las relaciones agua-cemento en peso máximas permisibles para



diferentes valores de la resistencia promedio, ya sea que se trate de concretos sin o con aire incorporado

Tabla 18. Relación agua-cemento por resistencia

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

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

**Por durabilidad.** Este capítulo tiende a enfatizar la importancia que el diseñador considere, además de los de resistencia en compresión, los requisitos de durabilidad antes de proceder a seleccionar las proporciones finales de la mezcla de concreto y el espesor del recubrimiento del acero de refuerzo.

La Norma Técnica de Edificación E.060 prescribe que si se desea un concreto de baja permeabilidad, o el concreto ha de estar sometido a procesos



de congelación y deshielo en condición húmeda. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la tabla 19

Tabla 19. Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a condiciones especiales de exposición.

CONDICIONES DE EXPOSICION	RELACION AGUA/CEMENT
Concreto de baja permeabilidad :	
a) Expuesto a agua dulce.	0.5
b) Expuesto a agua de mar o aguas saladas.	0.45
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales. (*)	0.45
Concreto expuesto a procesos de congelación y	

(\*) La resistencia  $f'c$  no deberá ser menor de 245 kg/cm<sup>2</sup> por razones de durabilidad.

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

**3.11.1.8. Calculo del contenido de cemento.** Conocidos el volumen unitario de agua por unidad de volumen del concreto y la relación agua-cemento seleccionada, se pudo determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto mediante el simple expediente de dividir el volumen unitario de agua,



expresado en litros por metro cúbico, entre la relación agua-cemento, obteniéndose el número de kilos de cemento de la unidad cúbica de concreto.

**3.11.1.9. Selección del agregado.** La selección de las proporciones de los agregados fino y grueso en la unidad cúbica de concreto tiene por finalidad obtener una mezcla en la que, con un mínimo contenido de pasta, se puedan obtener las propiedades deseadas en el concreto.

Para ellos es deseable que la granulometría total de las partículas de agregado sea tal que el volumen de vacíos, o espacios entre partículas, sea mínimo.

Se determinó el contenido de agregado grueso mediante la tabla 20, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino. Ello permitió obtener un coeficiente  $b/b_0$  resultante de la división del peso seco del agregado grueso requerido por la unidad cúbica de concreto entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso expresado en kg/m<sup>3</sup>.



Tabla 20. Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO		Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
		MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
mm	Pulg.	2.40	2.6	2.80	3.00
	3/8"	0.50	0.4	0.46	0.44
	1/2"	0.59	8	0.55	0.53
	3/4"	0.66	0.5	0.62	0.60
	1"	0.71	7	0.67	0.65

El agregado grueso se encuentra en la condición de seco compactado, tal como es definida por la norma ASTM C 29. El cálculo del contenido de agregado grueso a partir del coeficiente  $b/b_0$ , permite obtener concretos con una trabajabilidad adecuada para concreto armado usual. Para concretos menos trabajables, tales como los que se requiere en pavimentos, la relación puede incrementarse en un 10%. Para concretos más trabajables, tales como los concretos bombeados, os valores pueden reducirse en un 10%.

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

Con el método del Comité 211 del ACI se determinó el volumen absoluto de agregado fino por diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire, y agregado grueso seco.

El volumen absoluto, o volumen desplazado por los diferentes ingredientes de la unidad cúbica de concreto, conocido también como volumen de sólidos, es igual al peso con que entra dicho material en la unidad cúbica



de concreto dividido entre su peso sólido, definido este último como el producto del peso específico del material por el peso unitario de agua.

**3.11.1.10. Ajustes por humedad del agregado.** Las cantidades de agregado que deben ser pesadas para preparar el concreto deberán considerar la humedad de aquel. Generalmente en obra los agregados están en condición de humedad y su peso seco deberá incrementarse en el porcentaje de agua que ellos contienen, tanto la absorbida como la superficial.

El agua de mezclado incorporada a la mezcladora deberá ser algebraicamente reducida en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal al contenido de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

El agregado, desde el punto de vista de humedad, puede estar en obra en cuatro condiciones:

Seco, cuando su superficie como sus poros internos están totalmente libres de agua. Esta es una condición teórica para la cual se calcula los contenidos de agregados fino y grueso antes de corregir la mezcla por humedad del agregado.

- a) Semiseco, cuando la superficie del agregado está seca pero sus poros internos están parcialmente llenos de agua. Esta condición es también conocida como secado al aire. Ella siempre es menor que la absorción del agregado.



- b) Saturado superficialmente seco, cuando la superficie del agregado está húmeda, pero la totalidad de sus poros internos están llenos de agua. Se considera la condición ideal del agregado porque en ella ni aporta ni toma agua de la mezcla.
- c) Húmedo o mojado, cuando el agregado está saturado superficialmente seco y adicionalmente presenta humedad superficial, la cual puede contribuir a incrementar el agua de mezclado y obliga a una corrección en la mezcla por humedad del agregado.

Los conceptos de absorción, contenido de humedad y humedad superficial deben ser igualmente definidos:

- La capacidad de absorción de un agregado está dada por la cantidad de agua que él necesita para pasar del estado seco al estado saturado superficialmente seco. Normalmente se expresa en porcentaje.

$$\% \text{ Absorción} = 100(\text{SSS}-\text{S})/\text{S}$$

Dónde:

SSS = Peso del agregado al estado saturado superficialmente seco.

S = Peso del agregado al estado seco.

- El contenido de humedad de un agregado es la cantidad total de agua que el tiene y se determina por la diferencia entre su peso y su peso seco:

$$\text{Contenido de humedad} = 100(\text{H}-\text{S})/\text{S}$$

Dónde:



H = Peso del agregado

- La humedad superficial está dada por la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción. Puede ser positiva en cuyo caso el agregado aporta agua a la mezcla y dicha cantidad debe ser disminuida del agua de diseño para determinar el agua efectiva; o puede ser negativa, en cuyo caso el agregado tomará agua de la mezcla para llegar al estado de saturado superficialmente seco, debiendo adicionarse dicha cantidad de agua a la mezcla para no modificar el agua de diseño.

En la corrección de las proporciones de la mezcla por condición de humedad del agregado pueden presentarse tres casos: (a) que ambos agregados aporten agua a las mezclas; (b) que uno de los agregados aporte agua y el otro quite agua a la mezcla; y (c) que ambos agregados disminuyan el agua de la mezcla. A continuación se desarrollara tres ejemplos que permitirán explicar cómo proceder en cada uno de estos casos.

### **3.12.1 Procedimiento Para el Diseño de Concreto con Adición de Fibra de Polipropileno (Sikafiber)**

Se agregó directamente a la mezcla de concreto. No disolver en el agua de amasado. Una vez añadido el sikafiber basta con prolongar el mezclado al menos 5 minutos.



El sikafiber se empleara para todo tipo de concretos hasta  $f'c=300$  kg/cm<sup>2</sup> se debe usar 600gr. por m<sup>3</sup> de concreto y para concretos de alta resistencia mayores a 300 kg/cm<sup>2</sup> se colocara 1 kg/m<sup>3</sup>.

### **3.12. Elaboracion y Curado de Especimenes de Concreto en el Laboraatorio**

El objetivo es establecer el procedimiento para la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio bajo estricto control de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto compactado por apisonado o vibración.

- **Moldes:** Los moldes para las muestras y los sujetadores de dichos moldes que deben estar en contacto con el concreto deben ser de acero, hierro forjado o de otro material no absorbente y que no reaccione con el concreto utilizado en los ensayos. Los moldes deben estar hechos conforme a las dimensiones y tolerancias especificadas en el método en el cual van a ser usados. Los moldes deben de ser herméticos de tal forma que no se escape el agua de la mezcla contenida.

Los moldes cilíndricos deben estar hechos de un metal de alta resistencia o de otro material rígido no absorbente.

Las vigas y moldes prismáticos deben ser de forma rectangular (salvo que se especifique de otro modo) y de las dimensiones requeridas para producir especímenes del tamaño deseado. La superficie interior del molde



debe ser lisa, y las caras interiores deben ser perpendiculares entre si y libres de torceduras u ondulaciones.

- Varilla compactadora: Debe ser de acero, cilíndrica y su extremo compactador debe ser hemisférico con radio igual al radio de la varilla. Pueden ser de diámetro de 5/8" con 24" de longitud o diámetro de 5/8" con 12" de longitud.
- Martillo: Debe ser de caucho, que pese  $0,57 \pm 0,23$  kg
- Vibradores Internos: Pueden ser de eje rígido o flexible, preferiblemente accionados por motores eléctricos. La frecuencia de vibración debe ser de 7000 rpm o mayor. El diámetro de un vibrador redondo no debe ser mayor de la cuarta parte del diámetro del cilindro ni de la cuarta parte del ancho de la viga o del molde prismático. Vibradores de otras formas deberán tener un perímetro equivalente a la circunferencia de un vibrador redondo apropiado.
- Vibradores externos: Pueden ser de mesa o de plancha. La frecuencia de vibración debe ser de 3600 rpm o mayor y su construcción debe ser tal, que el molde quede firme y asegurado sobre la mesa. Se debe usar un tacómetro para controlar la frecuencia de vibración.
- Recipientes para muestreo y mezcla: Deben ser de fondo plano, metálico, de alto calibre, impermeable, de profundidad adecuada y de suficiente capacidad para permitir una mezcla fácil de toda la bachada con una pala o palustre o, si la mezcla se hace de manera mecánica, para recibir toda la bachada de la descarga del mezclador y permitir la remezcla en el recipiente con la pala o palustre.



- Mezcladora de concreto: La mezcladora puede ser mecánica o manual. Para concretos con asentamiento inferior a 25 mm (1"), es más apropiado utilizar un recipiente mezclador (mezcla manual) que una mezcladora de tambor reclinable. Es aconsejable, cuando en tal caso tenga que utilizarse esta última, reducir la rata de rotación y el ángulo de inclinación del tambor y trabajarla a una capacidad inferior a la especificada por el fabricante.
- Equipo Misceláneo: Tamices, palas, palustres, reglas, guantes de caucho, calibrador de espesores, etc.
- Número de muestras – El número de especímenes y el número de bachadas de ensayo dependen de la práctica local y de la naturaleza del programa de ensayos. Los métodos de ensayo o las especificaciones para los cuales se elaboran los especímenes suelen dar orientaciones sobre el particular.

Usualmente, se deben elaborar tres o más especímenes para cada edad y condición del ensayo, a menos que se especifique otra cosa. Los especímenes de ensayo que tienen en cuenta el análisis de una variable, deben ser elaborados a partir de tres bachadas separadas, mezcladas en días diferentes.

En todas las bachadas se debe elaborar un número igual de especímenes.

Cuando sea imposible moldear al menos un espécimen para cada variable en un día determinado, la mezcla para completar la serie entera de especímenes se debe efectuar tan pronto como sea posible (cuestión de pocos días) y una de las mezclas deberá ser repetida cada día, como un estándar de comparación.



Generalmente, los ensayos se hacen a edades de 7 y 28 días para compresión y a edades de 14 y 28 días para flexión. Los especímenes que contienen cemento tipo III son ensayados frecuentemente a 1, 3, 7 y 28 días. Tanto para el ensayo de compresión como el de flexión, se pueden hacer ensayos a 3 meses, 6 meses y un año. Para otras edades de ensayo se pueden requerir otros tipos de especímenes.

#### Procedimiento.

La mezcla de concreto debe ser tal que deje un 10 % de residuo después de haber moldeado el espécimen del ensayo.

- Mezcla con maquina: Antes que empiece la rotación de la mezcladora se debe introducir el agregado grueso con algo del agua que se use en la mezcla y la solución del aditivo, cuando ésta se requiera. Siempre que sea posible, el aditivo se debe dispersar en el agua antes de su adicción a la mezcla. Se pone en funcionamiento la mezcladora, al cabo de unos cuantas revoluciones se adicionan el agregado fino, el cemento y el agua, con la mezcladora en funcionamiento.

Si para una mezcla particular o para un determinado ensayo no resulta práctico incorporar al agregado fino, el cemento y el agua con la mezcladora funcionando, ellos se incluirán con la máquina detenida, luego de haberse permitido algunas revoluciones.

Seguidamente se debió mezclar el concreto durante 3 minutos a partir del momento en que todos los ingredientes estén en la mezcladora. Se apaga



la mezcladora durante 3 minutos y se pone en funcionamiento durante 2 minutos de agitación final.

Se debió cubrir el extremo abierto de mezcladora para evitar la evaporación durante el periodo de reposo.

Debe restituir todo mortero que se pierda por adhesión a la mezcladora, para conservar las proporciones.

El concreto se debe recibir en el recipiente limpio y seco y se debe remezclar con un palustre o pala, hasta hacerlo uniforme y evitar la segregación.

Es difícil recobrar todo el mortero impregnado en las partes de las mezcladoras. Para compensar esta dificultad puede seguirse unos de los procedimientos siguientes para asegurar las proporciones finales correctas en la Mezcla:

- a) Embadurnando la Mezcladora: \_Justo antes de mezclar la bachada, la mezcladora es "embadurnada" mezclando una bachada proporcionada de tal forma que simule cercanamente la bachada del ensayo. El mortero que se adhiera a la mezcladora después de descargar la bachada intenta compensar la pérdida de mortero de la bachada del ensayo.
  - b) Sobre proporción de la mezcla: \_La mezcla de ensayo se proporcionó con una cantidad de mortero en exceso, cantidad estimada de antemano. Que pretende compensar en promedio aquella que se quede adherida a la mezcladora. En este caso, el tambor es limpiado antes de mezclar la bachada de ensayo.
- Mezcla manual: Se mezcló en una bandeja o vasija metálica, impermeable, limpia y húmeda, con un palustre despuntado de albañil, utilizando el



siguiente procedimiento: Se debe mezclar el cemento, aditivo en polvo insoluble, si se va a utilizar, y el agregado fino sin adición de agua hasta que se logre una mezcla homogénea. Seguidamente, se adiciona el agregado grueso mezclándolo sin adición de agua, hasta que se distribuya uniformemente en la mezcla.

Se adicionan el agua y el aditivo soluble si se va a utilizar, y se mezcla la masa lo suficiente para obtener una mezcla de concreto homogénea y de consistencia deseada. Si se necesita mezclado prolongado debido que el agua se añade por incrementos para ajustar la consistencia, se debe descartar la bachada y efectuar otra en la cual el mezclado no sea interrumpido para hacer tanteos con la consistencia.

#### ***Vaciado del concreto.***

***Lugar del moldeo:*** Se deben moldear los especímenes lo más cerca posible al lugar donde se van a guardar para su fraguado en las siguientes 24 horas. Los moldes se llevarán al depósito inmediatamente después de su elaboración y se colocarán sobre una superficie rígida y libre de vibraciones, evitando inclinaciones y movimientos bruscos. Durante el transporte, se deben evitar sacudidas, golpes, inclinaciones o raspaduras de la superficie.

***Colocación:*** El concreto se debe colocar en los moldes utilizando un palustre o utensilio similar. Se debe seleccionar cada palada de concreto de tal manera que sea representativa de la bachada; además, la mezcla de concreto en el recipiente se debe remezclar continuamente durante el moldeo de los especímenes, con el objeto de prevenir la segregación. El palustre se debe



mover alrededor del borde superior del molde a medida que se descarga el concreto, con el fin de asegurar una distribución simétrica de éste y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. Posteriormente se distribuye el concreto con la varilla compactadora, antes del inicio de la consolidación. En la colocación de la capa final se debe intentar colocar una capa de concreto que complete exactamente el relleno del molde. No se permite la adición de muestras que no sean representativas del concreto dentro de un molde insuficientemente llenado.

**Número de capas:** El número de capas con el cual se fabrica el espécimen debe ser el especificado en la Tabla 3.20.

**Compactación:** La selección del método de compactación debe hacerse con base en el asentamiento, a menos que el método sea establecido en las especificaciones bajo las cuales se trabaja (Tabla 21). Los dos métodos de compactación son: apisonado (por varillado) y vibración (externa o interna). Si el concreto tiene un asentamiento mayor de 75 mm (3") debe usarse el método de apisonado. Si el asentamiento es de 25 a 75 mm (1 a 3") debe usarse el método de apisonado o el de vibración, prefiriéndose el método usado en la ejecución de la obra. Si el asentamiento es inferior a 25 mm (1") debe usarse el método de vibración. No se debe usar vibración interna para cilindros con diámetro inferior a 100 mm y para prismas de 100 mm de profundidad o menos. Los concretos con contenido de agua tal que no pueden ser compactados por los ensayos aquí descritos no estarán contemplados por la presente norma.



Tabla 21. Numero de capas requeridas en la elaboración de las mezclas

Tipo de tamaño de la muestra en mm (pulgadas)	Método de Compactación	Número de Capas	Altura aproximada de la capa en mm (pulgadas)
Cilindros Hasta 300(12) Mayor que 300(12)	Apisonado(varillado) Apisonado(varillado)	3 iguales las requeridas	100 (4)
Hasta 460(18) Mayor que 460(18)	Vibración Vibración	2 iguales 3 ó mas	200(4)
Prismas Hasta 200(8) Mayor que 200(8)	Apisonado(varillado) Apisonado(varillado)	2 iguales 3 ó mas	100 (4)
Hasta 200(8) Mayor que 200(8)	Vibración Vibración	1 2 ó mas	200(8) C172

Fuente: Manual de ensayo de materiales – MTC

a) Apisonado por varillado. Se colocó el concreto en el molde con el número de capas requeridas (Tabla 21) aproximadamente del mismo volumen.

Se apisonó cada capa con la parte redonda de la varilla, utilizando el número de golpes y el tamaño de la varilla especificado en la Tabla 22. La capa inicial se apisona introduciendo la varilla hasta el fondo del molde. La distribución de golpes para cada capa debe ser uniforme sobre toda la sección transversal del molde.

Para cada capa superior a la inicial se debe atravesar aproximadamente en 12 mm ( $\frac{1}{2}$ " ) la capa anterior cuando la profundidad de la capa sea menor de 100 mm (4"); aproximadamente en 25 mm (1") cuando la profundidad de la



capa sea mayor de 100 mm (4"). En caso de dejar algunos huecos por la varilla se deben golpear ligeramente los lados del molde para cerrar dichos huecos. En los elementos prismáticos, introdúzcase el badilejo (o similar) por los costados y extremos después de apisonar cada capa.

b) Vibración: Se tuvo que mantener un mismo tiempo de vibración para un conjunto particular de concreto, vibrador y molde que se esté utilizando. La vibración se transmitió al cilindro durante el tiempo suficiente para lograr la adecuada compactación del concreto, pues un exceso de vibrado puede causar segregación. El molde se llenó y vibró en capas iguales aproximadamente. Todo el concreto para cada capa se debe colocar en el molde antes de iniciar el vibrado. La duración del vibrado depende de la manejabilidad del concreto y la efectividad del vibrador. Se considera suficiente el vibrado, cuando el concreto presente una superficie relativamente lisa.

Vibración interna. El diámetro del eje o dimensión lateral de un vibrador interno no debe ser mayor de  $1/3$  del ancho del molde en el caso de vigas o prismas. Para cilindros, la relación del diámetro del cilindro al diámetro del vibrador debe ser igual o mayor de 4,0. Al compactar la muestra el vibrador no debe tocar el fondo, las paredes del molde u objetos embebidos en el concreto. El vibrador se debió extraer cuidadosamente de tal manera que no queden bolsas de aire dentro de las muestras. Se deben golpear ligeramente los lados del molde para asegurarse que no queden aprisionadas burbujas de aire en su superficie.

Vibración interna para cilindros. En cada capa se debió introducir el vibrador en tres sitios diferentes.

En cada capa el vibrador debe penetrar en la capa anterior aproximadamente 25 mm.

Vibración interna para vigas y prismas. Se introdujo el vibrador en puntos separados por una distancia no mayor de 150 mm (6") a lo largo de la línea central de la mayor dimensión de la muestra. Para moldes de ancho mayor de 150 mm (6") se debe introducir el vibrador en dos líneas alternando las inserciones. Se debe permitir penetrar el eje del vibrador en la capa del fondo aproximadamente 25 mm (1").

Tabla 22. Diámetro de varilla y número de golpes por capa

CILINDROS		
Diámetro del cilindro mm (pulgadas)	Diámetro de varilla en mm (pulgadas)	Número de golpes por capa
50 (2) a 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
Área de la superficie superior De la muestra en cm <sup>2</sup> (pulg <sup>2</sup> )	Diámetro de varilla en mm (pulgadas)	Número de golpes por capa
160 (25)	10 (3/8)	25
165 (26) a 310 (49)	10 (3/8)	1 por cada 7cm <sup>2</sup> (1pulg <sup>2</sup> ) de área
320 (50) o más	16 (5/8)	1 por cada 14cm <sup>2</sup> (2pulg <sup>2</sup> ) de área

Fuente: Manual de ensayo de materiales – MTC



Para nuestro en el caso de nuestro ensayo, en los cilindros se trabajó con un diámetro de 150mm en donde el diámetro de la varilla fue de 5/8" y el número de golpes por capa fue de 25.

Para nuestro en el caso de nuestro ensayo, en las vigas se trabajó con un área de superficie de 320mm en donde el diámetro de la varilla fue de 5/8" y el número de golpes por capa fue 1 por cada 14cm<sup>2</sup> (2pulg<sup>2</sup>) de área.

**Acabado.** Después de la compactación, se efectuó el acabado con las manipulaciones mínimas, de tal manera que la superficie quede plana y pareja a nivel del borde del cilindro o lado del molde, y no debió tener depresiones o protuberancias mayores de 3,2 mm (1/8").

**Acabados de cilindros.** Después de la compactación, se efectuó el acabado de la superficie por medio de golpes con la varilla apisonadora cuando la consistencia del concreto lo permita o con un badilejo o llana de madera. Si se desea, puede colocarse una capa de pasta de cemento sobre el espécimen a manera de refrentado (capping)

### **Curado**

**Cubrimiento después del acabado.** Para evitar la evaporación de agua del concreto sin endurecer, los testigos debieron ser cubiertos inmediatamente después del acabado, preferiblemente con una platina no reactiva con el concreto, o con una lámina de plástico dura e impermeable. Se permite el uso de lona húmeda para el cubrimiento de la muestra, pero se



evitará el contacto directo de la muestra con la lona, la cual debe permanecer húmeda durante las 24 horas contadas a partir del acabado de la muestra.

**Extracción de la muestra.** Las muestras debieron ser removidas de sus moldes en un tiempo no menor de 20 horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración cuando no se empleen aditivos; en caso contrario, se pudo emplear tiempos diferentes.

**Ambiente de curado:** Las muestras se mantuvieron en condiciones de humedad con temperatura de  $23,0^{\circ} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$  desde el momento del moldeo hasta el momento de ensayo.

El almacenamiento durante las primeras 48 horas de curado se hizo en un medio libre de vibraciones.

La condición de humedad debe lograrse por inmersión de la muestra sin el molde en agua. Se permitió lograr la condición de humedad por el almacenamiento en un cuarto húmedo.

No deben exponerse los especímenes a condiciones de goteo o de corrientes de agua.

Debió evitarse que se sequen las paredes de la muestra luego del periodo de curado.

### 3.13. Asentamiento del Concreto (Slump)

Molde: Debió ser metálico, inatacable por el concreto, con espesor de lámina no inferior a 1,14 mm (0,045"). Su forma interior debió ser la superficie lateral de un tronco de cono de  $203 \pm 2$  mm ( $8" \pm 1/8"$ ) de diámetro en la base

mayor,  $102 \pm 2$  mm ( $4'' \pm 1/8''$ ) de diámetro en la base menor y  $305 \pm 2$  mm ( $12'' \pm 1/8''$ ) de altura. Las bases deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. El molde debió estar provisto de agarraderas y de dispositivos para sujetarlo con los pies, como se indica en la Figura 14. La costura de la lámina debe ser esencialmente como la indicada en la Figura 14. El interior del molde debe estar libre de abolladuras, ser liso y sin protuberancias.

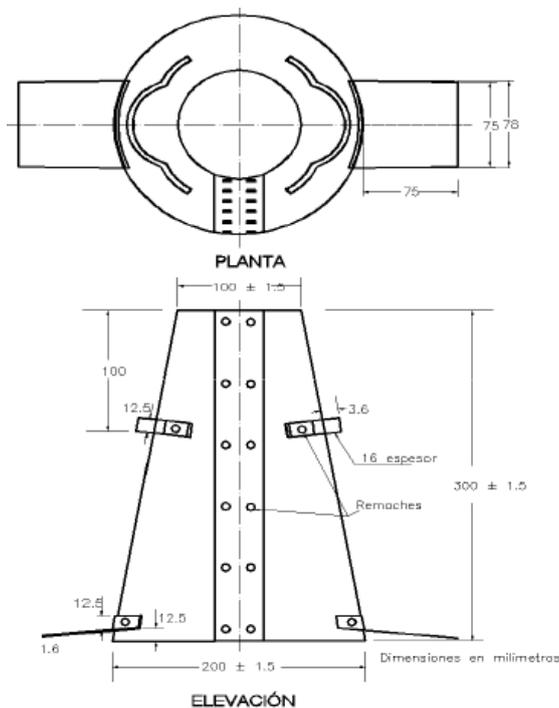


Figura 14. Molde para determinar el asentamiento

Fuente: Manual ensayo de materiales – MTC

Varilla compactadora: Debió ser de hierro liso, cilíndrica, de 16 mm ( $5/8''$ ) de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm ( $24''$ ); el extremo

compactador debe ser hemisférico con radio de 8 mm (5/16") como se muestra en la figura 15



Figura 15. Varilla compactadora

Fuente: <http://construaprendiendo.blogspot.pe/2012/02/ensayo-para-determinar-el-asentamiento.html>

Para el asentamiento se obtuvo un máximo asentamiento de 6.5cm

**3.13.1.** Procedimiento. Se humedeció el molde y se coloca sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y no absorbente. Se sujetó firmemente con los pies y se llena con la muestra de concreto en tres capas, cada una de ellas de un tercio del volumen del molde, aproximadamente. Un tercio del volumen del molde corresponde, aproximadamente, a una altura de 67 mm; dos tercios del volumen corresponden a una altura de 155 mm.

Cada capa debió compactarse con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente sobre su sección transversal. Para la capa del fondo es necesario inclinar ligeramente la varilla dando aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y avanzando con golpes verticales en forma de espiral, hacia el centro. La capa del fondo se debió compactar en todo su



espesor; las capas intermedia y superior en su espesor respectivo, de modo que la varilla penetre ligeramente en la capa inmediatamente inferior.

Al llenar la capa superior se debió apilar concreto sobre el molde antes de compactar. Si al hacerlo se asienta por debajo del borde superior, se debe agregar concreto adicional para que en todo momento haya concreto sobre el molde. Después que la última capa ha sido compactada se debió alisar a ras la superficie del concreto. Inmediatamente el molde es retirado, alzándolo cuidadosamente en dirección vertical.

El concreto del área que rodea la base del cono debió ser removido para prevenir interferencia con el proceso de asentamiento. El alzado del molde debió hacerse en un tiempo aproximado de  $5 \pm 2$  segundos, mediante un movimiento uniforme hacia arriba, sin que se imparta movimiento lateral o de torsión al concreto.

La operación completa, desde que se comienza a llenar el molde hasta que se retira, se debe hacer sin interrupción en un tiempo máximo de 2 minutos 30 segundos.

El ensayo de asentamiento se comenzó a más tardar 5 minutos después de tomada la muestra.

Inmediatamente después, se midió el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior del espécimen, como se puede ver en la Fig.16

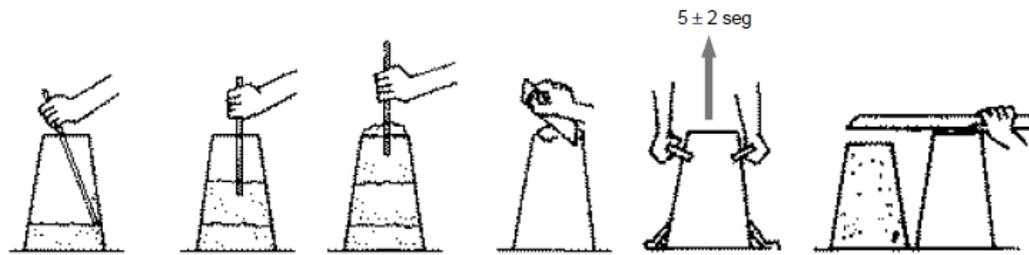


Figura 16. Procedimiento para el asentamiento del concreto

Fuente: Ing. José Álvarez Cangahuala

Si ocurre un derrumbamiento pronunciado o desprendimiento del concreto hacia un lado del espécimen, se debe repetir el ensayo sobre otra porción de la muestra. Si dos ensayos consecutivos sobre una muestra de concreto dan este resultado, el concreto carece probablemente de la plasticidad y cohesión necesarias para que el ensayo de asentamiento sea aplicable.

### 3.14. Resistencia a la Compresión Testigos Cilindricos

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

Los resultados de este ensayo se pueden usar como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación



del concreto; para el cumplimiento de especificaciones y como control para evaluar la efectividad de aditivos y otros usos similares.

Se debió tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de la resistencia a la compresión mediante este método de ensayo, por cuanto la resistencia no es una propiedad intrínseca fundamental del concreto elaborado con determinados materiales.

Los valores obtenidos dependen del tamaño y forma del espécimen, de la tanda, de los procedimientos de mezclado, de los métodos de muestreo, moldes y fabricación, así como de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

**3.14.1.** Procedimiento. El ensayo de compresión de muestras curadas en agua se hizo inmediatamente después de que éstas hayan sido removidas del lugar de curado.

Las muestras se mantuvieron húmedas utilizando cualquier método conveniente, durante el período transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando son ensayadas. Se deberán ensayar en condición húmeda.

Todos los especímenes de una edad determinada, se deben romper dentro de las tolerancias indicadas a continuación:



Tabla 23 Tolerancias

Edad del Ensayo	Edad del Ensayo
12 horas	0.25 0 2.1 %
24 horas	+ - 0.5 horas o 2.1%
3 días	2horas ó 2.28%
7 días	6 horas ó 3.6%
28 días	20 horas 3,0%
56 días	40 horas ó 3.0%
90 días	2dias ó 2.2%

Fuente: Manual de ensayo de materiales – MTC

**Colocación de la Muestra:** Se colocó el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior.

Se limpió con un paño las superficies de los bloques superior e inferior y se colocó el espécimen sobre el bloque inferior.

Se alineó cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de presión del bloque superior. El bloque con rótula se tuvo que rotar inmediatamente antes de proceder al ensayo, para asegurar la libertad de movimiento requerida.

Antes de ensayar el espécimen se debió verificar que el indicador de carga esté ajustado en cero.



**Velocidad de Carga:** Se aplicó la carga continuamente sin golpes bruscos.

La carga se debió aplicar a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s ( $35 \pm 7$  psi/s). La velocidad escogida se tuvo que mantener, al menos, durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista. Sin embargo, no se deberá ajustar la velocidad de movimiento a medida que se está alcanzando la carga última y la tasa de aplicación de carga decrece debido al agrietamiento del cilindro.

Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una velocidad de carga mayor, siempre que ésta se controle para evitar cargas por impacto.

Para máquinas de tipo tornillo o de deformación controlada, se requiere un ensayo preliminar para establecer la velocidad de movimiento requerida para generar la tasa de carga especificada. Dicha velocidad dependerá del tamaño del cilindro, del módulo elástico del concreto y de la rigidez de la máquina de ensayo

Cuando se ensayan cilindros sin refrentar, puede ocurrir una fractura de esquina antes de alcanzar la carga última; en tal caso se debe continuar la compresión hasta que se tenga la certeza de haber alcanzado la carga última.

Se registró la carga máxima soportada por el cilindro durante el ensayo y se anotó el patrón de falla de acuerdo con los modelos de la Figura 17, si se ajusta a alguno de ellos. En caso contrario se harán un dibujo y una descripción del tipo de falla producido.

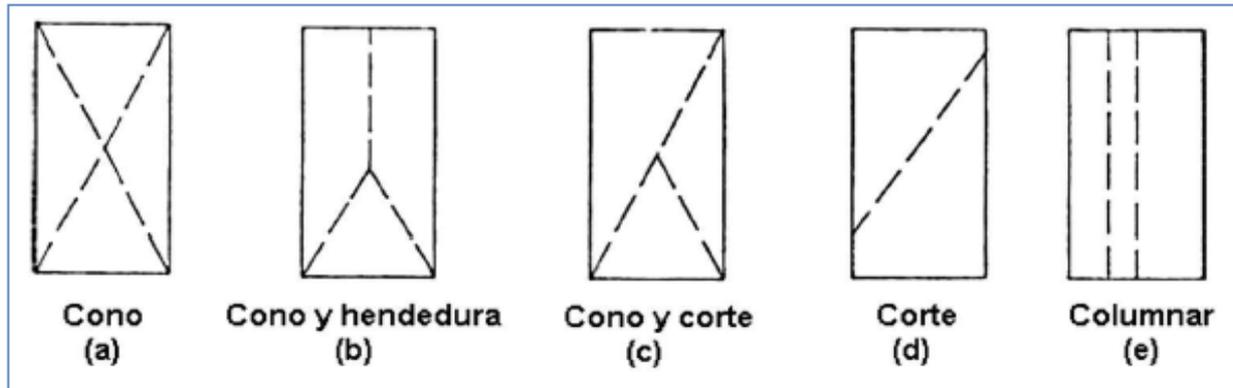


Figura 17. Esquemas de tipos de falla  
Fuente: Manual de ensayo de materiales-MTC

### 3.15. Resistencia a la Flexión del Concreto en Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas a los Tercios del Tramo

Las muestras debieron tener una distancia libre entre apoyos de al menos, tres veces su altura, con una tolerancia del 2%. Los lados de la muestra debieron formar ángulos rectos con las caras superior e inferior. Todas las superficies en contacto con los bloques de aplicación de carga y de soporte deben ser suaves y libres de grietas, indotaciones, agujeros o inscripciones como se muestra en la figura 18.

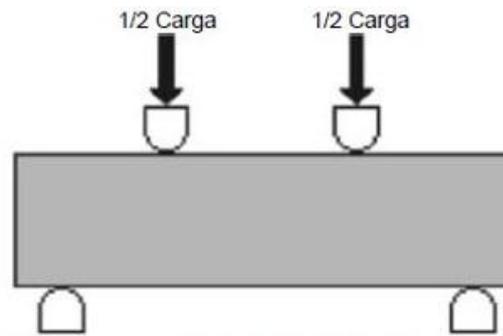


Figura 18. Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz

Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/03/18/resistencia-a-la-flexion-del-concreto/>

**3.15.1.** Procedimiento. Se giró la muestra sobre un lado con respecto a su posición de moldeo y se centró sobre los bloques de carga. Se centró el sistema de carga con relación a la fuerza aplicada. Se pusieron los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen en los puntos tercios entre los soportes y se aplica una carga entre el 3% y el 6% de la carga última estimada. Utilizando calibradores de la mina normalizados de 0,1 mm (0,004 pulg) y de 0,38mm (0,015 pulg), se determina si en una longitud de 25 mm (1 pulg) o más larga, se presenta un vacío entre la muestra y la superficie del bloque, mayor o menor al espesor de los calibradores. Se pulen o refrentan las superficies de contacto de la muestra, o se rellenan con láminas de cuero para eliminar cualquier vacío o separación mayor a 0,1 mm (0,004 pulg). Las láminas de cuero deben tener un espesor uniforme de 6,4 mm (0,25 pulg) y un ancho de 25 a 50 mm (1 a 2 pulg), y se deben extender al ancho total de la muestra.



Las separaciones mayores de 0,38 mm (0,015 pulg) deberán ser eliminadas sólo por refrentado o limado de la superficie. Se recomienda minimizar el pulimento de las superficies laterales de la muestra, ya que esto puede variar las características físicas de ésta y afectar los resultados del ensayo.

### **3.16. Resistencia a la Flexion del Concreto Metodo de la Viga Simple Cargada en el Punto Central**

**3.16.1.** Procedimiento. Se giró la muestra sobre un lado con respecto a su posición de moldeo y se centra sobre los bloques de carga. Se centra el sistema de carga con relación a la fuerza aplicada. Se ponen los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen en los puntos tercios, entre los soportes y se aplica una carga entre el 3% y el 6% de la carga última estimada. Utilizando calibradores de lámina normalizados de 0,1 mm (0,004 pulg) y de 0,38mm (0,015 pulg), se determina si en una longitud de 25 mm (1 pulg) o más larga, se presenta un vacío entre la muestra y la superficie del bloque, mayor o menor al espesor de los calibradores. Se refrentaron las superficies de contacto de la muestra, o se rellenan con láminas de cuero para eliminar cualquier vacío o separación mayor a 0,1 mm (0,004 pulg). Las láminas de cuero deben tener un espesor uniforme de 6,4 mm (0,25 pulg) y un ancho de 25 a 50 mm (1 a 2 pulg), y se deben extender al ancho total de la muestra. La separaciones mayores de 0,38 mm (0,015 pulg) deberán ser eliminadas solo por refrentado o limado de la superficie. Se recomienda minimizar el pulimento de las superficies laterales de la muestra, ya que esto

puede variar las características físicas de ésta y afectar los resultados del ensayo. Ver Fig.19

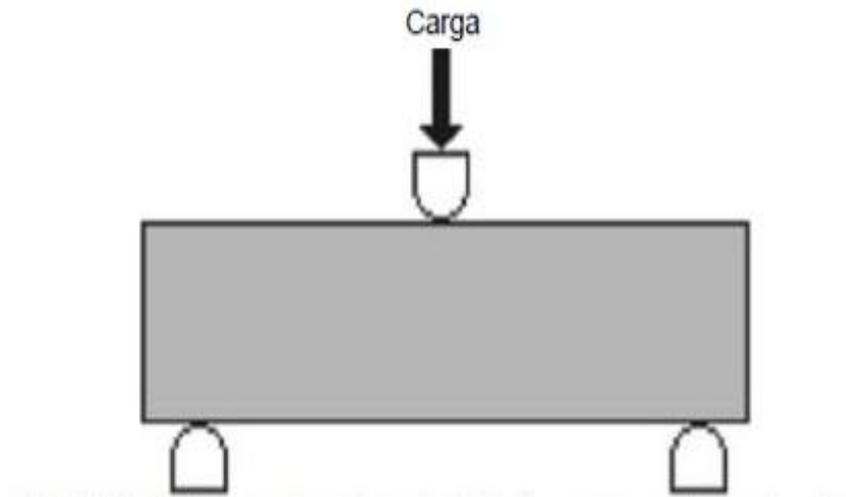


Figura 19. Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga cargada en el centro de la luz

Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/03/18/resistencia-a-la-flexion-del-concreto/>



# **CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES**



## Capítulo IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1.1. Ensayos de compresión

En el presente acápite, se muestra los cuadros representativos del análisis de los resultados de la resistencia de los concretos a compresión según su relación de agua cemento especificada con respecto a sus 2 distintas edades (7, 28). Siendo necesario mencionar que se trató de llegar a la resistencia especificada en el diseño de mezcla de concreto creada por los autores de la tesis y siempre tratando conservando un Slump constante para cada tipo de concreto (Slump – 1" – 2").

Se empleó para el diseño de mezclas el método del ACI. Se muestra a continuación, los cuadros que son un resumen de los resultados en  $f'_{cm}$  y  $f'_{ck}$ . Estos resultados se encuentran en medidas de MPa o Kg/cm<sup>2</sup>.

Todo detalle de las resistencias obtenidas, pesos y dimensiones de las muestras, se encuentran en la sección de Anexos.



#### 4.1.1.1. Dosificación de A/C: 0.466, con una resistencia de 280 Kg/cm<sup>2</sup>:

Tabla 24 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0%		
	Resistencia obtenida a los 7 días f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida a los 28 días f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
Probeta 1	206.47	317.16
Probeta 2	210.43	315.64
Probeta 3	208.16	315.25
f'c m (kg/cm <sup>2</sup> )	208.35	316.02
Desviación	1.99	1.01
f'c k (kg/cm <sup>2</sup> )	205.69	314.66

Fuente: Autores de la Tesis

Tabla 25 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1114%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0%		
	Resistencia obtenida a los 7 días f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida a los 28 días f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
Probeta 1	204.23	302.93
Probeta 2	200.81	304.33
Probeta 3	200.24	301.20
f'c m (kg/cm <sup>2</sup> )	201.76	302.82
Desviación	2.16	1.56
f'c k (kg/cm <sup>2</sup> )	198.87	300.72

Fuente: Autores de la Tesis



Tabla 26 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1485%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1485%		
	Resistencia obtenida a los 7 días $f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida a los 28 días $f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Probeta 1	210.99	327.98
Probeta 2	204.77	322.43
Probeta 3	206.47	322.56
$f'c$ m (kg/cm <sup>2</sup> )	207.41	324.32
Desviación	3.22	3.17
$f'c$ k (kg/cm <sup>2</sup> )	203.10	320.07

Fuente: Autores de la Tesis

Tabla 27 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1708%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0%		
	Resistencia obtenida a los 7 días $f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida a los 28 días $f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Probeta 1	215.52	334.82
Probeta 2	217.21	333.18
Probeta 3	218.91	328.74
$f'c$ m (kg/cm <sup>2</sup> )	217.21	332.24
Desviación	1.70	3.14
$f'c$ k (kg/cm <sup>2</sup> )	214.94	328.03

Fuente: Autores de la Tesis

Tabla 28 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1856%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0%		
	Resistencia obtenida a los 7 días $f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida a los 28 días $f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Probeta 1	225.13	342.22
Probeta 2	217.21	335.44
Probeta 3	223.44	336.04
$f'c$ m (kg/cm <sup>2</sup> )	221.93	337.90
Desviación	4.17	3.75
$f'c$ k (kg/cm <sup>2</sup> )	216.34	332.87

Fuente: Autores de la Tesis

**Comportamiento de las resistencias en sus diferentes adiciones de fibra de polipropileno, con respecto a su resistencia patrón.**

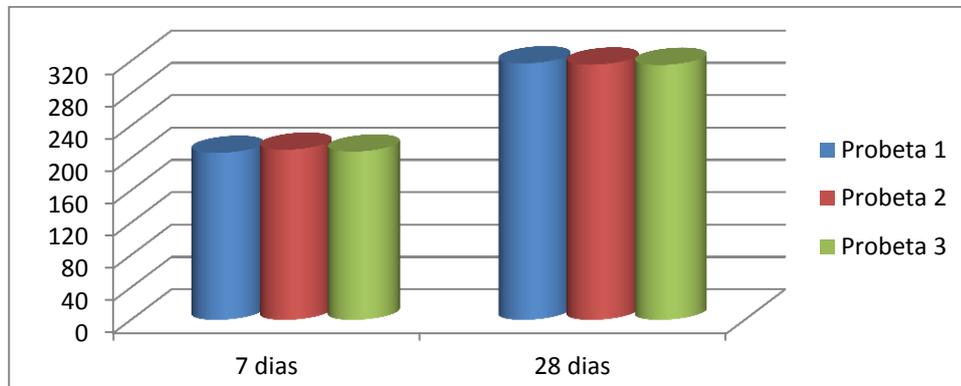


Gráfico 1 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0%

Fuente: Autores de la Tesis

- Como se observa en el gráfico 1, las resistencias del concreto patrón son aun mayor a las estimadas en el diseño de mezclas.

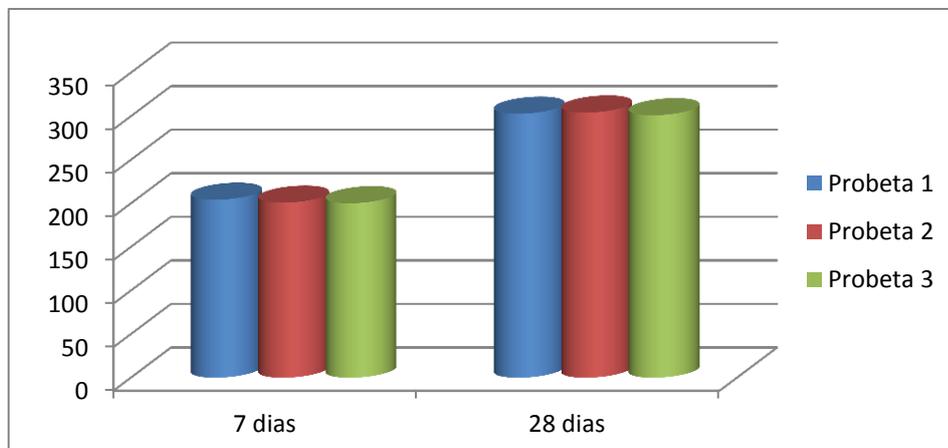


Gráfico 2 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1114%

Fuente: Autores de la Tesis

- Se puede observar en este gráfico 1 que tanto para las roturas del día 7 y del 28, las resistencias disminuyeron en 3.163% y 4.177%

correspondientemente con respecto a la resistencia promedio del concreto patrón.

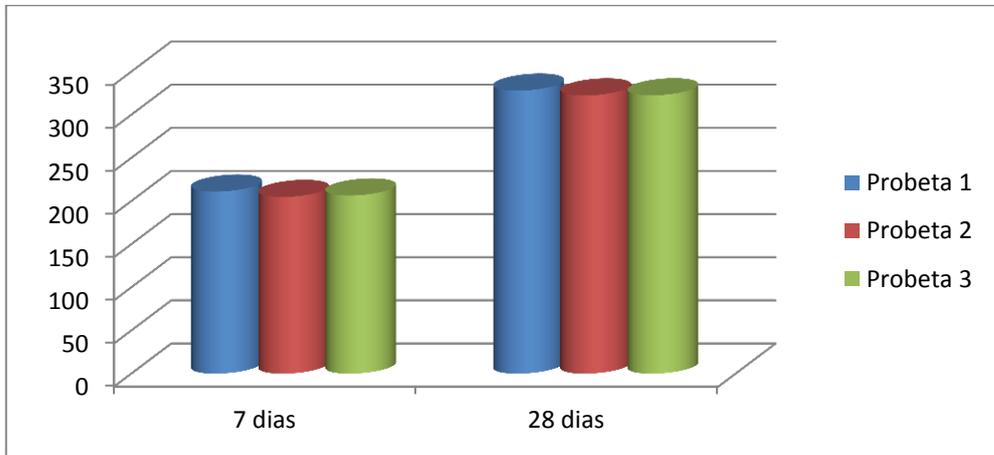


Gráfico 3 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1485%

Fuente: Autores de la Tesis

- Se acuerdo al gráfico 3, se puede determinar que hubo una disminución de 0.473% en la resistencia los 7 días pero en los 28 días, se tuvo un aumento de 2.626% , con respecto al concreto patrón

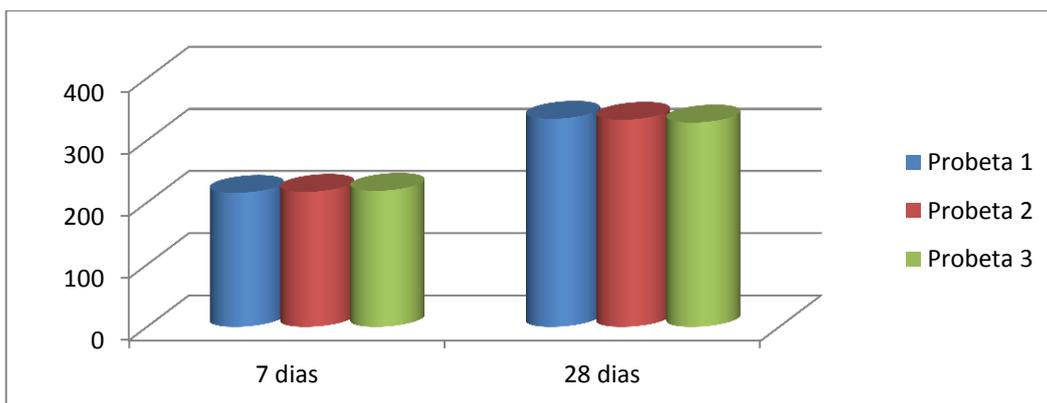


Gráfico 4 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1708%

Fuente: Autores de la Tesis

- Como se ven el gráfico 4 se puede observar que a los 7 días se tuvo un aumento de 4.252% y a los 28 días también se tuvo un aumento de 5.13% de la resistencia promedio del concreto patrón.

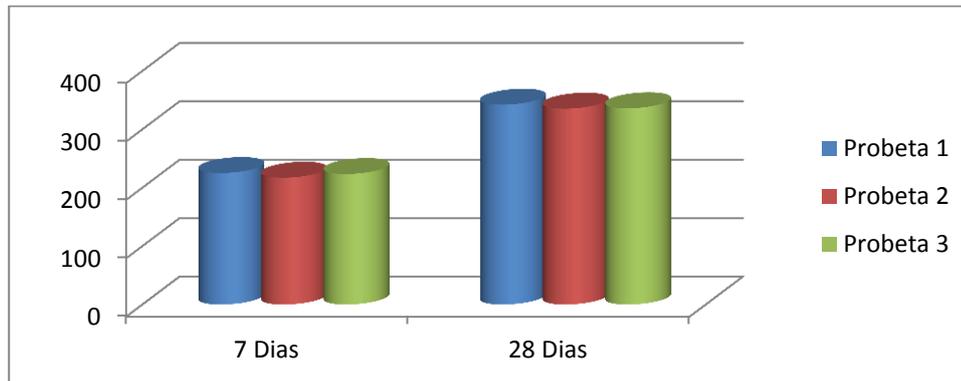


Gráfico 5 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1856%

Fuente: Autores de la Tesis

- De acuerdo a este gráfico se puede apreciar que a los 7 días hubo un aumento de 6.518% y a los 28 días un aumento de 6.927% con referencia al concreto patrón obtenido en laboratorio.
- Entonces concluyendo con respecto a todos los porcentajes, son los de 115% y 125% lo que nos brindan resultados positivos, siendo el más favorable el de porcentaje de 125%.

Se muestra a continuación la tabla y gráfico comparativo de la resistencia promedio y resistencia característica como resultados de los ensayos.

Tabla 29 Tabla comparativa resistencia promedio vs resistencia característica.

Edad: 7 días

Relación Fibra/cemento (%)	$f'_{ck}$ kg/cm <sup>2</sup>	$f'_{cm}$ m kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	205.69	208.35
0.1114	198.87	201.76
0.1485	203.10	207.41
0.1708	214.94	217.21
0.1856	216.34	221.93

Fuente: Autores de la Tesis

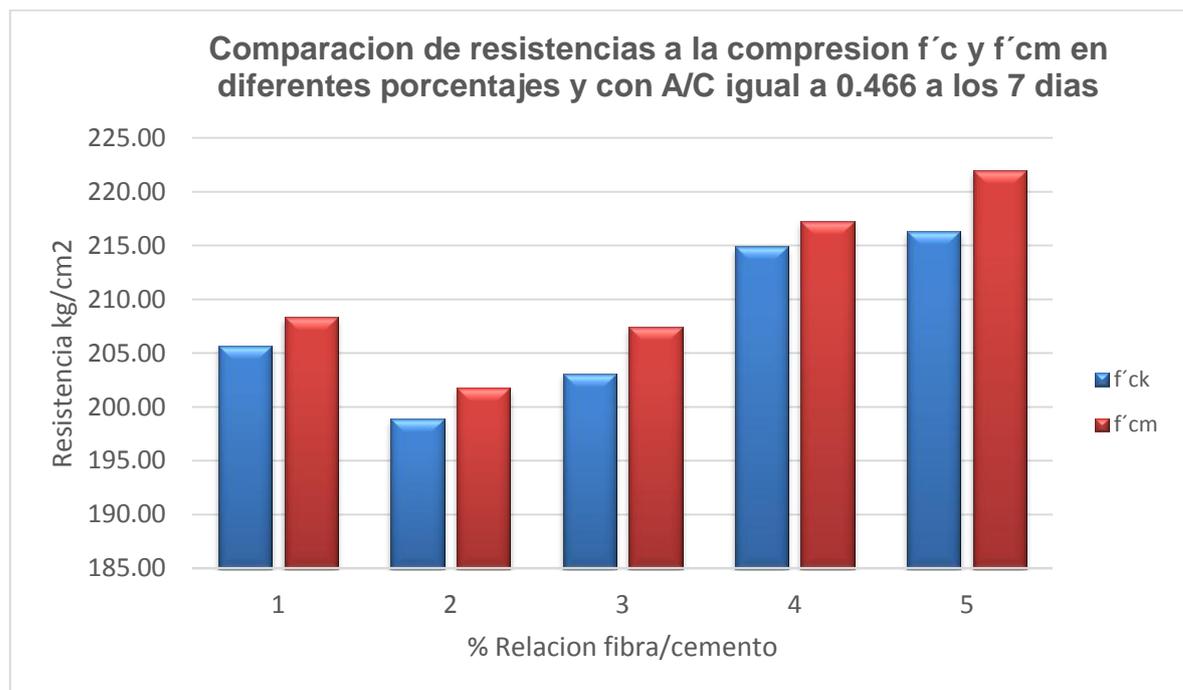


Grafico 6 Resistencia Promedio vs Característico en diferentes porcentajes de fibra; relación A/C de 0.466. Edad: 7 días.

Fuente: Autores de la Tesis

Tabla 30 Tabla comparativa resistencia promedio vs resistencia característica. Edad: 28 días.

Relación Fibra/cemento (%)	$f''_{ck}$ kg/cm <sup>2</sup>	$f'_{cm}$ m kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	314.66	316.02
0.1114	300.72	302.82
0.1485	310.44	320.19
0.1708	328.03	332.24
0.1856	328.73	336.02

Fuente: Autores de la Tesis

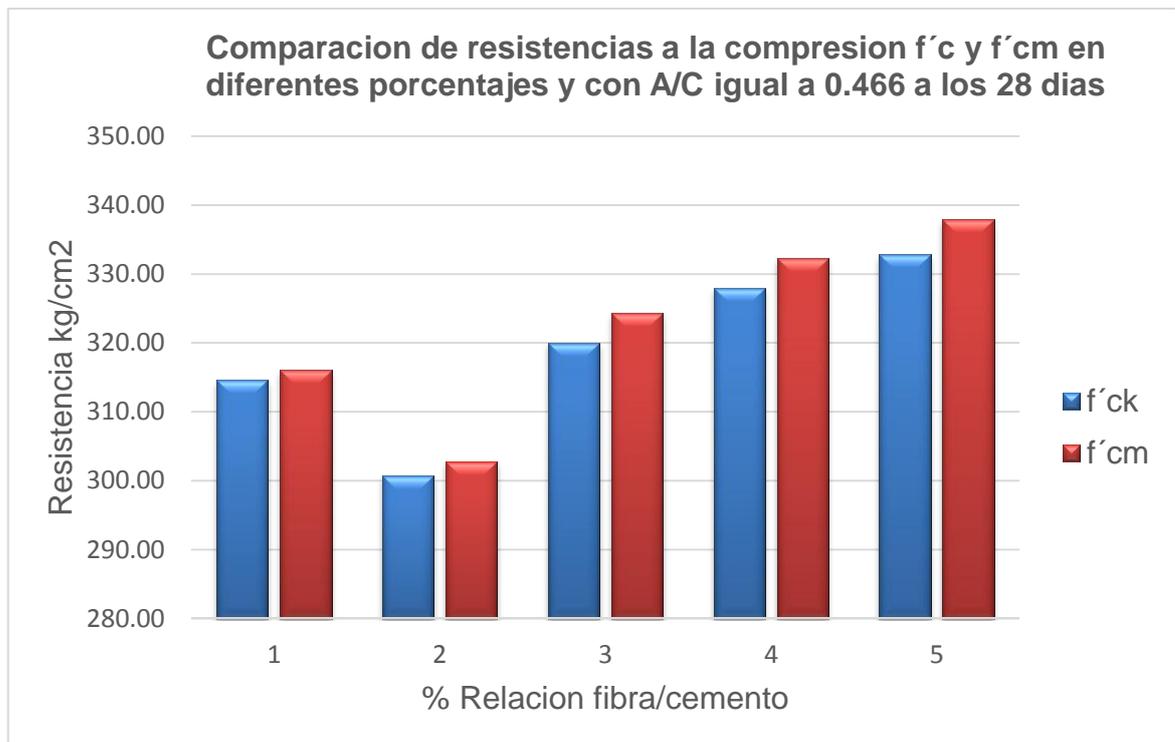


Grafico 7 Resistencia Promedio vs Característico en diferentes porcentajes de fibra; relación A/C de 0.466. Edad: 28 días.

Fuente: Autores de la Tesis



#### 4.1.2. Ensayos de flexión

Se presentaran a continuación los cuadros de los resultados, que son un resumen de todos los cálculos realizados, los cual nos brindaran tanto el módulo de rotura, como el módulo de rotura promedio, mencionando en ellas, las características físicas de las muestras, como peso, denominación por orden, dimensión, presentándose estos resultados en la sección Anexos.

##### 4.1.2.1. Dosificación de A/C: 0.466, con una resistencia de 280 Kg/cm<sup>2</sup>:

Tabla 31 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0%			
	Viga 1	Viga 2	Viga 3
Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	45.70	45.77	46.06
Módulo de rotura promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	45.84		
Desviación	0.19		
Módulo de rotura especifica (kg/cm <sup>2</sup> )	45.59		

Fuente: Autores de la Tesis.

Tabla 32 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1114%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1114%			
	Viga 1	Viga 2	Viga 3
Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	45.06	44.65	43.97
Módulo de rotura promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	44.56		
Desviación	0.55		
Módulo de rotura especifica (kg/cm <sup>2</sup> )	43.82		

Fuente: Autores de la Tesis

Tabla 33 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1485%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1485%			
	Viga 1	Viga 2	Viga 3
Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	48.70	48.01	47.44
Módulo de rotura promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	48.05		
Desviación	0.63		
Módulo de rotura específica (kg/cm <sup>2</sup> )	47.21		

Fuente: Autores de la Tesis

Tabla 34 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1708%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1856%			
	Viga 1	Viga 2	Viga 3
Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	46.38	45.85	45.52
Módulo de rotura promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	45.92		
Desviación	0.43		
Módulo de rotura específica (kg/cm <sup>2</sup> )	45.34		

Fuente: Autores de la Tesis

Tabla 35 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.466; Relación fibra - cemento 0.1856%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1856%			
	Viga 1	Viga 2	Viga 3
Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	44.01	43.53	43.65
Módulo de rotura promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	43.73		
Desviación	0.25		
Módulo de rotura específica (kg/cm <sup>2</sup> )	43.40		

Fuente: Autores de la Tesis

**Comportamiento de las resistencias a flexión obtenidas de sus diferentes adiciones de fibra de polipropileno, con respecto a su resistencia patrón.**

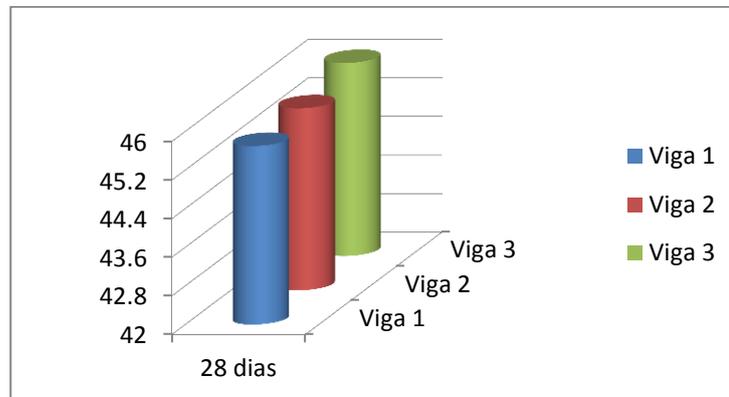


Gráfico 8 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0%

Fuente: Autores de la Tesis

- Como se aprecia en el Gráfico 8, las resistencias a la flexión obtenidas del concreto patrón cumplen con lo recomendado en el diseño por el Método AASHTO (45 kg/cm<sup>2</sup>, para Pavimentos urbanas principales y secundarias), teniendo una resistencia promedio de 45.84 kg/cm<sup>2</sup>.

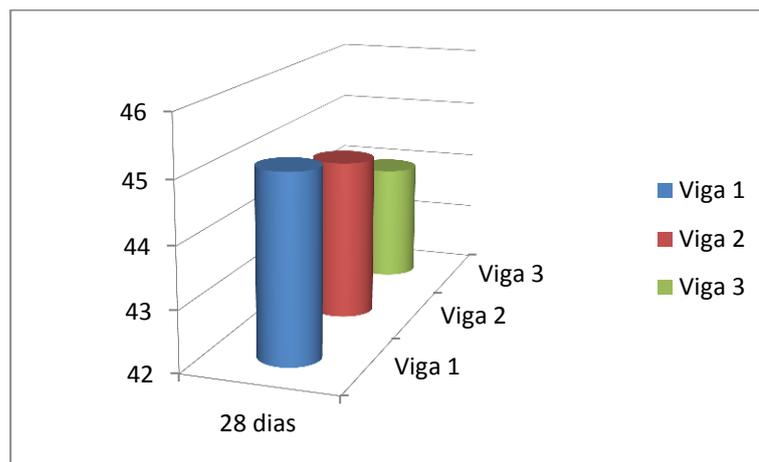


Gráfico 9 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1114%

Fuente: Autores de la Tesis

- El grafico 9, nos muestra una disminución del 2.792% de la resistencia con respecto a la resistencia promedio del concreto patrón.

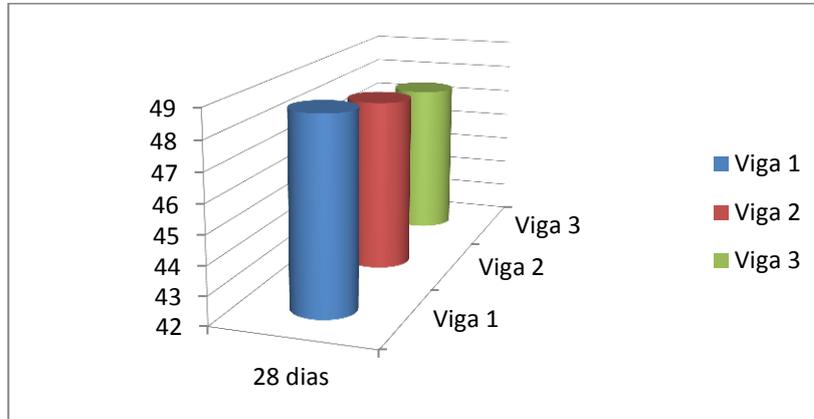


Gráfico 10 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1485%

Fuente: Autores de la Tesis

- Como se aprecia en el gráfico 10 se presenta el mayor incremento, con respecto al concreto patrón, hubo un aumento de 4.821% de la resistencia promedio del concreto patrón.

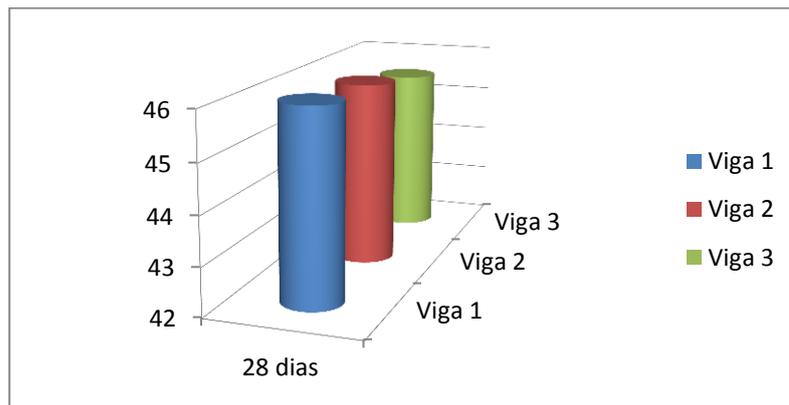


Gráfico 11 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1708%

Fuente: Autores de la Tesis

- En este grafico 11, se logra apreciar un aumento de 0.175% de la resistencia promedio del concreto patrón elaborado en el laboratorio.

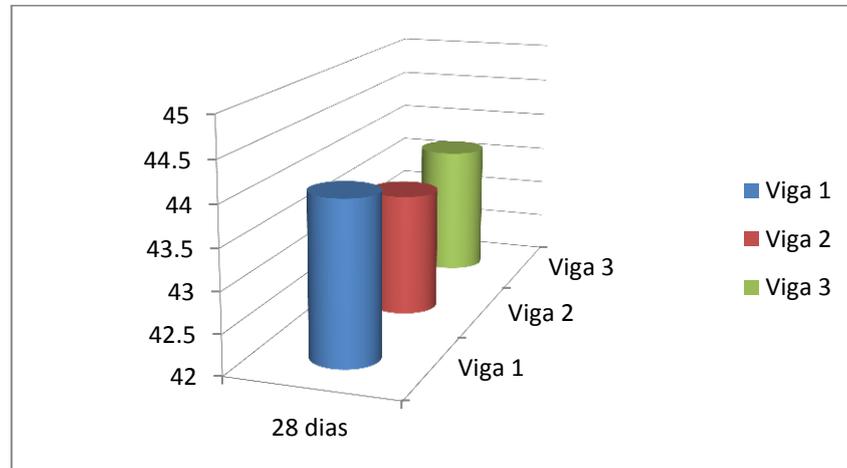


Gráfico 12 Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1856%

Fuente: Autores de la Tesis

- En este gráfico 12 se puede apreciar un comportamiento negativo con respecto a la resistencia promedio, ya que se obtuvo una reducción de 4.603% de la resistencia promedio.
- Los porcentajes que nos brindan resultados positivos fueron los de 100% y 115%, siendo el de mayor resistencia el de porcentaje de 100% de fibra recomendada por el fabricante.

Se muestra a continuación la tabla y gráfico comparativo y así también, un gráfico de líneas que nos mostraran el comportamiento del concreto con respecto a su módulo de rotura característico y módulo de rotura promedio como resultados de los ensayos en la edad de 28 días, sugerido por norma.

Tabla 36 Tabla comparativa resistencia promedio vs resistencia característica. Edad: 28 días

Relación Fibra/cemento (%)	MR m kg/cm <sup>2</sup>	MRk m kg/cm <sup>2</sup>
0.0000	45.84	45.59
0.1114	44.56	43.82
0.1485	48.05	47.21
0.1708	45.92	45.34
0.1856	43.73	43.40

Fuente: Autores de la Tesis

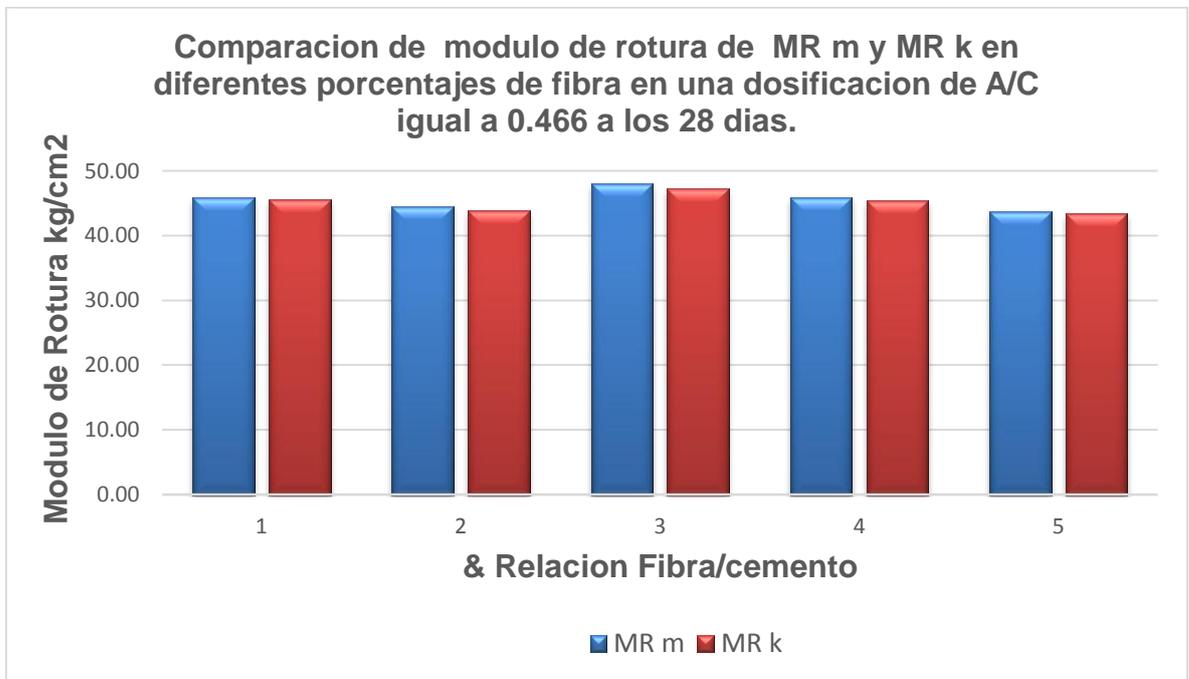


Grafico 13 Resistencia a la Flexión Promedio vs Característico en diferentes porcentajes de fibra; relación A/C de 0.466. Edad: 28 días.

Fuente: Autores de la Tesis

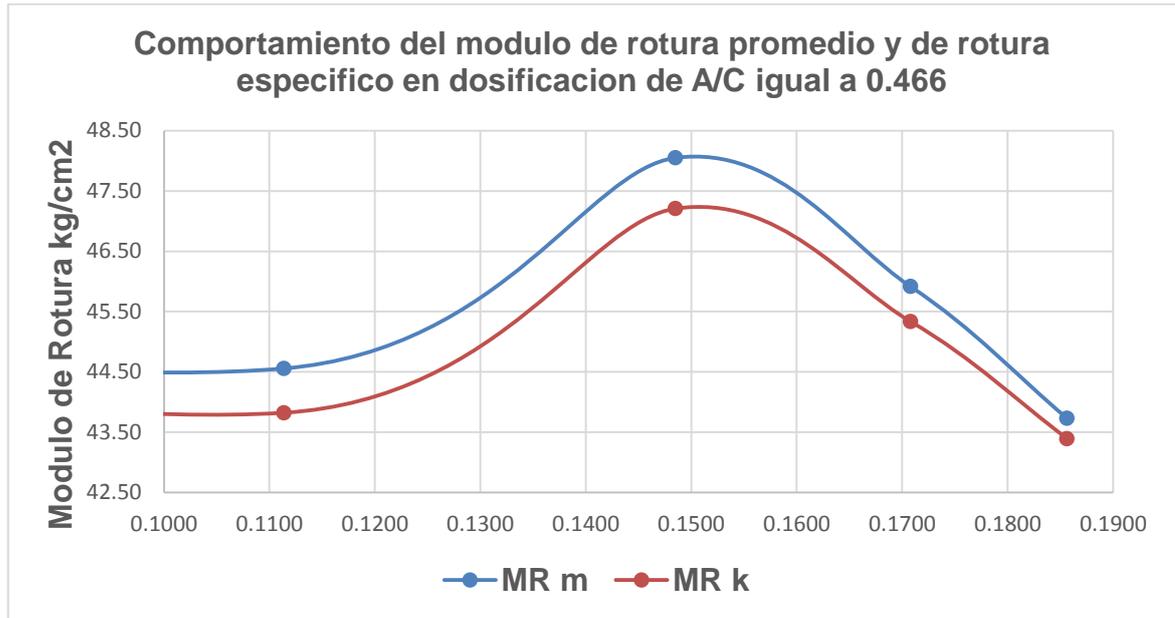


Grafico 14 Comportamiento del Módulo de Rotura Promedio vs Módulo de rotura Característico; Relación A/C 0.466

Fuente: Autores de la Tesis



# **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- Se realizaron los ensayos según la norma CE.010 Pavimentos Urbanos y en Manual de carreteras donde indicaron que los agregados y el cemento son de buena calidad y son aptos para la fabricación de mezclas de concreto
- La resistencia promedio y la resistencia característica a la compresión, obtenidas en los 7 y 28 días en todos los porcentajes (0%,75%,100%,115%,125% de lo recomendado por el fabricante), presentan una desviación estándar promedio, 3.2 kg/cm<sup>2</sup>. Teniendo como valores al más bajo de 1.01% y el mayor de 3.75%.Para lo cual se ha considerado un límite **BUENO** de control de testigos. Considerándose los datos confiables/aceptables.



Tabla 8.4.- Valores de dispersión en el control del concreto.

DISPERSION TOTAL					
CLASE DE OPERACION	DESVIACION STANDARD PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL ( kg/cm2 )				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en Obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en Laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6
DISPERSION ENTRE TESTIGOS					
CLASE DE OPERACION	COEFICIENTE DE VARIACION PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL ( % )				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en Obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
Concreto en Laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> a 5.0

Fuente: Tópicos de tecnología del concreto"- Enrique Pasquel

- Con respecto a la desviación entre el módulo de rotura promedio y característico se tiene como menor valor en porcentaje de 0.19% y como mayor de 0.63%, demostrándonos que los resultados obtenidos son confiables. Para lo cual se ha considerado un límite **MUY BUENO** de control de testigos. Por lo que los datos obtenidos se consideraron confiables

Tabla 8.4.- Valores de dispersión en el control del concreto.

DISPERSION TOTAL					
CLASE DE OPERACION	DESVIACION STANDARD PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL ( kg/cm <sup>2</sup> )				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en Obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en Laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6
DISPERSION ENTRE TESTIGOS					
CLASE DE OPERACION	COEFICIENTE DE VARIACION PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL ( % )				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en Obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
Concreto en Laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> a 5.0

Fuente: Tópicos de tecnología del concreto"- Enrique Pasquel

- Con respecto a los ensayos a la flexión se concluye que se obtuvo mejores resultados en los ensayos donde se usó el porcentaje de 100% de la cantidad recomendada por el fabricante, brindándonos los valores mas altos en el ensayo de modulo de rotura, sin embargo, para la zona empleada, el porcentaje de 115% de fibra, también puede ser aplicada, ya que cumple con los parámetros de diseño por tipo de vía.

Porcentaje de Fibra utilizada	Mr Kg/cm <sup>2</sup>	Mrk Kg/cm <sup>2</sup>
0%	44.84	44.59
75% de 600gr	44.56	43.82
100% de 600gr	48.05	47.21
115% de 600gr	45.92	45.34
125% de 600gr	43.73	43.40



- La dosificación con relación A/C de 0.466 nos brindo resultados superiores a la resistencia estimada en el diseño en todos los porcentajes ensayados (0%,75%,100%,115%,125% de lo recomendado por el fabricante), siendo el de 125% , la que nos brindó mayores resistencias a la compresión, sin embargo, debido a factores como la trabajabilidad y el costo, se concluyó que el porcentaje optimo de fibra fue de 115% de lo recomendado por el fabricante.

Porcentaje de Fibra utilizada	f'ck Kg/cm <sup>2</sup>	f'cm Kg/cm <sup>2</sup>
0%	314.66	316.02
75% de 600gr	300.72	302.82
100% de 600gr	310.44	320.19
115% de 600gr	328.03	332.24
125% de 600gr	328.73	336.02

- El concreto con adición de fibras de polipropileno gana tenacidad, pues su módulo de elasticidad dinámico se disminuye, o sea el material se vuelve más deformable, siempre y cuando la aplicación de cargas sea cíclica y se logre someter el elemento a la flexión.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Puede afirmarse que la adición de fibras de polipropileno ayuda a obtener mejor resistencia a la compresión de la mezcla, para dosificaciones de hasta 115% del volumen de mezcla. Con dosis mayores a estas también se recomienda, reestructurar el diseño de mezcla, aplicando el uso de aditivos para mejorar la trabajabilidad del concreto que, pasando este porcentaje, fue disminuyendo.
- Tener en cuenta los valores recomendados para el Módulo de Ruptura según la metodología para el diseño que se va a utilizar, en el Método AASHTO, los valores varían desde los 42 kg/cm<sup>2</sup> hasta los 48 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días dependiendo del uso que vayan a tener.

Tipo de Pavimento	Módulo de Ruptura (MR) Recomendado	
	Kg/cm <sup>2</sup>	psi
Autopista	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas Industriales	45.0	640.1
Urbanas Principales	45.0	640.1
Urbanas Secundarias	42.0	597.4

- Se recomienda realizar la prueba de rotura a vigas donde se aplique cargas en los tercios de su claro de apoyo para obtener una comparación entre las pruebas (al centro de viga y a los tercios de viga) y obtener resultados mediante las 2 pruebas, lo que nos ayudaría a ampliar nuestros resultados.



- Se recomienda que al realizar los ensayos de laboratorio, se tenga un control adecuado en el momento de colocar la fibra, para que esta se distribuya de mejor manera en la mezcla evitando que se generen vacíos, que afecten en la resistencia final.
- Se recomienda un máximo en 30 min después de desmoldar los testigos, colocar las probetas y/o vigas en una solución de agua de cal 3 g/L
- A pesar que las fibras de polipropileno es un material hidrológico, estas afectan en la trabajabilidad del concreto al momento que estas se amarran con el material cementante, por lo tanto se recomienda tener un control en al momento de la compactación en la elaboración de las probetas y vigas.
- Tras realizar la presente investigación, surgen varias ideas acerca de otros aspectos relativos al hormigón reforzado con fibra de polipropileno, que podrían ser tratados en investigaciones futuras, entre ellos: Grado de resistencia al fuego que garantizan vinculada a la pérdida de propiedades mecánicas del hormigón o Efecto de la fibra en la confección de elementos prefabricados.



# CAPITULO VI:

# BIBLIOGRAFIA



## CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

### Referencias Bibliográficas

Carbajal, E. P. (1998-1999). *Temas de tecnología del concreto*. Lima: CIP-Consejo nacional.

López, E. R. (2012). *Diseño de mezclas*. Lima.

Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. (A. Gómez, K. Ramos, & R. Herrera, Edits.) Lima: Aci Peru.

Santo Cortés, L. (2006). *Contribución de fibras de PP provenientes de plásticos reciclados en el agrietamiento y resistencia del concreto en pavimentos portuarios de Veracruz*. (Tesis inédita de maestría). Universidad Veracruzana, Veracruz.

Muñoz Cebrian, F. (2011). *Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibras de polipropileno multifilamento: Influencia del porcentaje de fibra adicionado*. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Morales Olivares, J. (2005). *Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo*. Universidad de Piura, Piura.

Acosta, Luis. (2014). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de bloques huecos de concreto con la adición de fibras de polipropileno*. Universidad Nueva Esparta, Bolivia.



Irías Pineda, Ana. (2013). *Refuerzo de elementos estructurales con hormigones con fibras o solo fibras*. (Tesis inédita de maestría). Escuela Técnica superior de ingenieros de caminos, canales y puertos, Madrid.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de materiales*, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras, Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013*, Perú.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2010). *Norma CE.010 Pavimentos urbanos*, Perú.

Centeno, I. O. (s.f.). *Pavimentos rígidos*. Obtenido de <http://oswaldodavidpavimentosrigidos.blogspot.pe/>

Chavez, A. S. (s.f.). *Slideshare*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/kevinromerolatorre/tipos-de-pavimentos>:

Pacasmayo, A. -C. (s.f.). *Pavimentos de concreto : Estado de arte de los pavimentos en el Perú*. Obtenido de <http://www.asocem.org.pe/productos-b/pavimentos-de-concreto-estado-de-arte-de-los-pavimentos-en-el-peru>

Wikipedia. (s.f.). *Concreto reforzado con vidrio*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Concreto\\_reforzado\\_con\\_vidrio](https://es.wikipedia.org/wiki/Concreto_reforzado_con_vidrio)

Wikipedia. (s.f.). *Polipropileno*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Polipropileno>



# ANEXOS



**ANEXO N° 01: PRUEBAS PARA CONTROLAR LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO : Disertacion de tesis  
 LUGAR : NUEVO CHIMBOTE  
 REALIZADO POR : Quispe Cirilo Joel , Chapoñan Cueva Jose Miguel  
 ASESOR : Ing. Alvarez Asto Luz  
 FECHA : 08 DE MARZO DEL 2005  
 MUESTRA : ARENA GRUESA DE COISHCO

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136 / NTP 400.037)**

Peso inicial seco (gr)	1022.00
------------------------	---------

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.500	0.000	0.000	0.000	100.000
3/8"	9.500	0.000	0.000	0.000	100.000
N° 04	4.750	25.000	2.446	2.446	97.554
N° 08	2.360	97.000	9.491	11.937	88.063
N° 16	1.180	198.000	19.374	31.311	68.689
N° 30	0.600	242.000	23.679	54.990	45.010
N° 50	0.300	197.000	19.276	74.266	25.734
N° 100	0.150	198.000	19.374	93.640	6.360
N° 200	0.074	65.000	6.360	100.000	0.000
Cazoleta		0.000	0.000	100.000	0.000
TOTAL		1022.000	100.000		

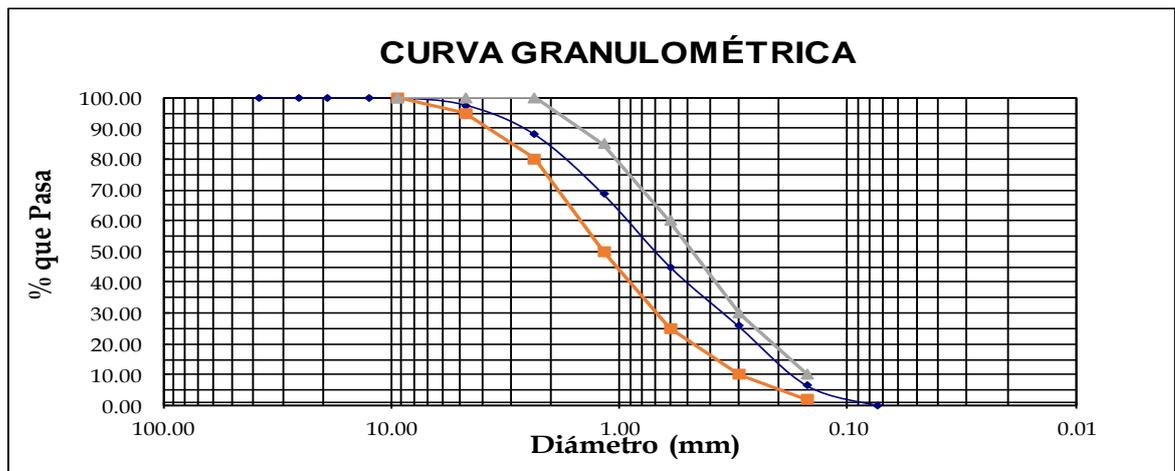


Tabla Fuente:

Granulometria Agregado Fino  
 Autores de la tesis



## UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO : Disertacion de tesis  
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE  
REALIZADO POR : Quispe Cirilo Joel , Chapañan Cueva Jose Miguel  
ASESOR : Ing. Alvarez Asto Luz  
FECHA : 08 DE MARZO DEL 2005  
MUESTRA : ARENA GRUESA DE COISHCO

Peso inicial seco (gr)	474.72
------------------------	--------

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa	Tamaño Maximo Nominal
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000	3/4"
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/4"	19.000	24.985	5.263	5.263	94.737	
1/2"	12.500	149.910	31.579	36.842	63.158	
3/8"	9.500	137.420	28.948	65.790	34.210	
N° 04	4.750	162.402	34.210	100.000	0.000	
Cazoleta		0.000	0.000	100.000	0.000	
TOTAL		474.717	100.000			

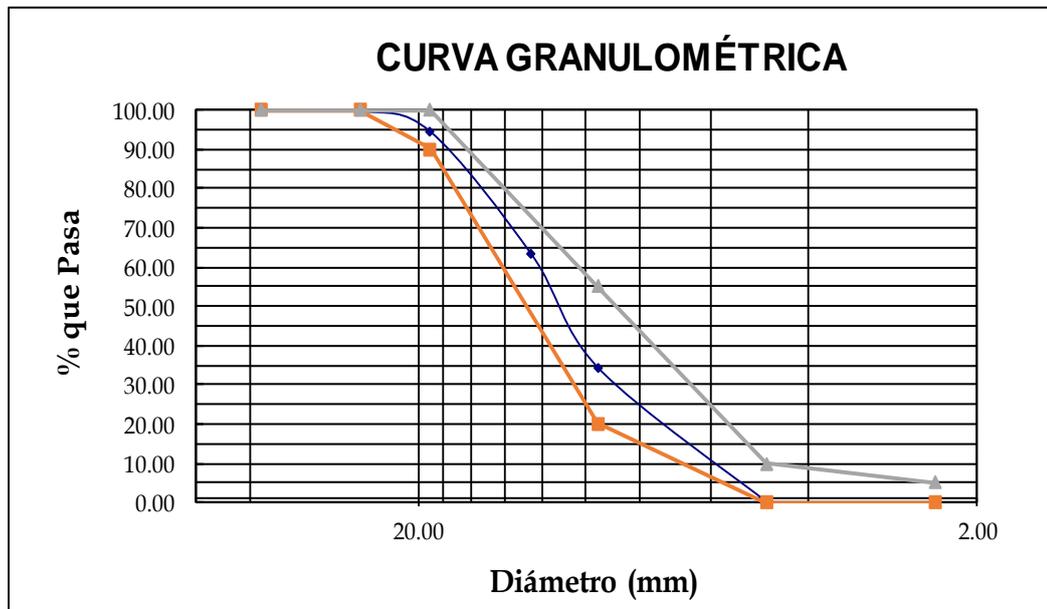


Tabla Granulometria Agregado Grueso  
Fuente: Autores de la tesis



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO** : Disertacion de tesis  
**LUGAR** : NUEVO CHIMBOTE  
**REALIZADO POR** : Quispe Cirilo Joel , Chapañan Cueva Jose Miguel  
**ASESOR** : Ing. Alvarez Asto Luz  
**FECHA** : 16 DE OCTUBRE DEL 2016  
**MUESTRA** : ARENA GRUESA DE COISHCO

**CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216-80)**

Masa Humeda - Masa Seca

$$\%W = \frac{\text{Masa Humeda} - \text{Masa Seca}}{\text{Masa Seca}} * 100$$

		M1	M2	M3
01	Peso de la tara (gr)	27.765	27.691	27.615
02	Peso tara + suelo húmedo (gr)	141.979	178.332	160.201
03	Peso tara + suelo seco (gr)	141.45	177.62	159.56
04	Peso del agua (gr)	0.53	0.72	0.64
05	Peso del suelo seco (gr)	113.69	149.93	131.95
06	Contenido de humedad (%)	0.47	0.48	0.48

0.47

Tabla Humedad natural del agregado  
Fuente: Autores de la tesis

Masa Humeda - Masa Seca

$$\%W = \frac{\text{Masa Humeda} - \text{Masa Seca}}{\text{Masa Seca}} * 100$$

		M4	M5	M6
01	Peso de la tara (gr)	26.752	27.970	27.784
02	Peso tara + suelo húmedo (gr)	205.013	180.408	170.611
03	Peso tara + suelo seco (gr)	204.32	179.87	170.28
04	Peso del agua (gr)	0.69	0.54	0.33
05	Peso del suelo seco (gr)	177.57	151.90	142.50
06	Contenido de humedad (%)	0.39	0.36	0.23

0.24

Tabla Humedad natural del agregado  
Fuente: Autores de la tesis



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO : Disertacion de tesis  
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE  
REALIZADO POR : Quispe Cirilo Joel , Chapoñan Cueva Jose Miguel  
ASESOR : Ing. Alvarez Asto Luz  
FECHA : 17 DE OCTUBRE DEL 2016

MUESTRA : ARENA GRUESA DE LA ZONA

01	S = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	503.00	PROMEDIO
02	A = Peso de la muestra seca (gr)	150.00	
03	B = Peso del picnómetro + agua (gr)	666.00	
04	C = Peso del picnómetro + muestra saturada superficialmente seca + agua	753.00	
05	<b>Peso Específico Nominal</b>	<b>2.38</b>	<b>2.38</b>
06	<b>Absorción (%)</b>	<b>1.41</b>	<b>1.41</b>

MUESTRA : PIEDRA DE LA ZONA

01	A = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	3249.00	PROMEDIO
02	B = Peso de la muestra seca (gr)	3242.00	
03	C = Peso de la muestra sumergida (gr)	2165.00	
04	<b>Peso Específico Nominal</b>	<b>3.01</b>	<b>3.01</b>
05	<b>Absorción (%)</b>	<b>0.22</b>	<b>0.22</b>



## UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO : Disertación de tesis  
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE  
REALIZADO : Quispe Cirilo Joel , Chapoñan Cueva Jose Miguel  
ASESOR : Ing. Alvarez Asto Luz  
FECHA : 17 DE OCTUBRE DEL 2016  
MUESTRA : ARENA GRUESA DE COISHCO

### PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

1	Peso del molde (gr)	2933.00	2933.00	2933.00	<b>PROMEDIO</b>
2	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	8706.88	8706.88	8706.88	
3	Peso del molde + muestra suelta (gr)	15400.00	15465.00	15248.00	
4	Peso de la muestra suelta (gr)	12467.00	12532.00	12315.00	
5	<b>Peso Unitario Suelto (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1431.86</b>	<b>1439.32</b>	<b>1414.40</b>	<b>1428.53</b>

Tabla: Peso Unitario Suelto

Fuente: Autores de la Tesis



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO : Disertación de tesis  
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE  
REALIZADO POR : Quispe Cirilo Joel , Chapoñan Cueva Jose  
ASESOR : Ing. Alvarez Asto Luz  
FECHA : 17 DE OCTUBRE DEL 2016  
MUESTRA : ARENA GRUESA DE COISHCO

**PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C-29 / NTP 400.017)**

1	Peso del molde (gr)	2933.00	2933.00	2933.00	<b>PROMEDIO</b>
2	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	8706.88	8706.88	8706.88	
3	Peso del molde + muestra suelta (gr)	14129.00	14268.00	14297.00	
4	Peso de la muestra suelta (gr)	11196.00	11335.00	11364.00	
5	Peso Unitario Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1285.88</b>	<b>1301.84</b>	<b>1305.17</b>	<b>1295.53</b>

**PESO UNITARIO COMPACTADO (ASTM C-29 / NTP 400.017)**

1	Peso del molde (gr)	2933.00	2933.00	2933.00	<b>PROMEDIO</b>
2	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	8706.88	8706.88	8706.88	
3	Peso del molde + muestra compactada (gr)	15869.00	15890.00	16031.00	
4	Peso de la muestra compactada (gr)	12936.00	12957.00	13098.00	
5	Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1485.72</b>	<b>1488.13</b>	<b>1504.33</b>	<b>1495.02</b>

**Tabla: Peso Unitario Suelto**



**Fuente: Autores de la Tesis**

**ANEXO Nº 02: DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO**



**TESIS: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL A.A.H.H. VILLAMARIA – NUEVO CHIMBOTE"**

**DISEÑO DE MEZCLA  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$**

**TESIS** : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL AA.HH. VILLAMARIA  
**LUGAR** : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
**TESIS** : CHAPONAN CUEVA Jose Miguel, QUISPE CIRILO Joel  
**FECHA** : 10 DE OCTUBRE

**I. ESPECIFICACIONES:**

1.1. La Resistencia de Diseño a los 28 días es de  $280 \text{ Kg/cm}^2$ , se desconoce el valor de la desviación estándar.

**1.2. Materiales:**

**1.2.1. Cemento Pacasmayo Tipo I**

Peso Específico 3.15  $\text{gr/cm}^3$

**1.2.2. Agregado Fino:**

Arena Gruesa de Cantera Villa Hermoza

Peso Específico 2.38  $\text{gr/cm}^3$

Absorción 1.41 %

Contenido de Humedad 0.47 %

Módulo de Fineza 2.71

Peso Unitario Suelto 1428.53  $\text{Kg/m}^3$

**1.2.3. Agregado Grueso:**

Piedra chancada de Cantera Buena Vista

Tamaño Máximo Nominal 3/4"

Peso Seco Varillado 1495  $\text{Kg/m}^3$

Peso Específico 3.01  $\text{gr/cm}^3$

Absorción 0.24 %

Contenido de Humedad 0.22 %

Peso Unitario Suelto 1295.53  $\text{Kg/m}^3$

**1.2.4. Agua:**

Agua de la zona.

**II. SECUENCIA DE DISEÑO:**

**2.1. Selección de la Resistencia ( $f'cr$ ):**

Dado que no se conoce el valor de la desviación estándar, entonces se tiene que:  $f'cr = f'c + 84 \text{ Kg/cm}^2$

Entonces:  $f'cr = 280 + 84 = 364 \text{ Kg/cm}^2$

**2.2. Selección del Tamaño Máximo Nominal:**

El tamaño máximo nominal es de  $3/4"$

**2.3. Selección del Asentamiento:**

Por condiciones de colocación se requiere de una mezcla plástica con un asentamiento de  $1"$  a  $2"$ .

**2.4. Volumen Unitario de Agua:**

Para una mezcla de concreto de  $1"$  a  $2"$  de asentamiento, sin aire incorporado y cuyo agregado tiene un tamaño máximo nominal de  $3/4"$ , el volumen unitario de agua es de  $190 \text{ Lt/m}^3$ .

**2.5. Contenido de Aire:**

Se considera  $2.00 \%$  de aire atrapado por las características de los componentes de éste concreto.

**2.6. Relación Agua - Cemento:**

Para una resistencia de diseño  $f'cr = 364 \text{ Kg/cm}^2$  sin aire incorporado, la relación agua - cemento es de  $0.46$  por durabilidad.

$Sif'c =$	140	+	70	=	210
	175	+	70	=	245
	210	+	84	=	294
	280	+	84	=	364
	320	+	84	=	404

Slump según Tipos de Construcción	Max	Min
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3	1
Zapatas simples, cajones y muros de subestr.	3	1
Vigas y muros reforzados	4	1
Columnas de edificios	4	1
Pavimentos y losas	3	1
Concreto ciclopeo	2	1

Tam Max	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Slump</b>	<b>Concretos sin aire incorporado</b>							
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	155	155
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	170	170
6" a 7"	225	215	200	195	175	170	170	170
<b>Aire</b>	<b>Contenido de Aire</b>							
	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

$f'c$	$a/c$		
450	0.38		
404	t	t =	0.417
400	0.42		
364	x	x =	0.456
350	0.47		
330	y	y =	0.498
300	0.54		
294	z	z =	0.558
250	0.69		
245	w	w =	0.700
200	0.79		



**2.7. Factor Cemento:**

$$190.00 / 0.46 \quad 416.67 \text{ Kg/m}^3 = 9.80 \text{ Bls/m}^3$$

**2.8. Contenido de Agregado Grueso:**

Para un módulo de finiza de 2.71 y un tamaño máximo nominal de 3/4" le corresponde un volumen unitario de **0.629 m<sup>3</sup>** de agregado grueso varillado por unidad de volumen de concreto.  
 Peso del Agregado Grueso : 0.629x 1495 = 940.37 Kg/m<sup>3</sup>

**2.9. Cálculo de Volúmenes Absolutos:**

$$\begin{aligned} \text{Cemento} & 416.67 / (3.15 \times 1000) = 0.132 \text{ m}^3 \\ \text{Agua} & 190.00 / (1.00 \times 1000) = 0.19 \text{ m}^3 \\ \text{Aire Atrapado} & 2.00\% = 0.02 \text{ m}^3 \\ \text{Agregado Grueso} & 940.37 / (3.01 \times 1000) = 0.312 \text{ m}^3 \\ \text{Total} & 0.655 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**2.10 Contenido de Agregado Fino:**

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agregado fino} & : 1.00 - 0.655 = 0.345 \text{ m}^3 \\ \text{Peso de agregado fino seco} & 0.345 \times 2.38 \times 1000 = 822 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tamaño	Modulo Fineza Agregado Fino								
	2.40	2.50	2.60	2.70	2.80	2.90	3.00	3.10	3.20
3/8"	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42
1/2"	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51
3/4"	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58
1"	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63
1 1/2"	0.76	0.73	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68
2"	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70
3"	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73
6"	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79

**2.11 Valores de Diseño:**

$$\begin{aligned} \text{Cemento} & 416.67 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Agua de Diseño} & 190.00 \text{ Lt/m}^3 \\ \text{Agregado Fino Seco} & 822.22 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Agregado Grueso Seco} & 940.37 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

**2.12 Corrección por Humedad de los Agregados:**

$$\begin{aligned} \text{Agregado Fino} & 822.22 \times 1.0047 = 826.12 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Agregado Grueso} & 940.37 \times 1.0022 = 942.44 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

Humedad Superficial de:

$$\begin{aligned} \text{Agregado Fino} & 0.47 - 1.41 = -0.94 \% \\ \text{Agregado Grueso} & 0.22 - 0.24 = -0.02 \% \end{aligned}$$

Aporte de Humedad de los Agregados:

$$\begin{aligned} \text{Agregado Fino} & 822.22 \times (-0.0094) = -7.69 \text{ Lt/m}^3 \\ \text{Agregado Grueso} & 940.37 \times (-0.0002) = -0.19 \text{ Lt/m}^3 \\ \text{Total} & = -7.88 \text{ Lt/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Agua Efectiva} \quad 190.00 - (-7.88) = 197.88 \text{ Lt/m}^3$$

Los pesos de los materiales ya corregidos serán:

$$\begin{aligned} \text{Cemento} & 416.67 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Agua Efectiva} & 197.88 \text{ Lt/m}^3 \\ \text{Agregado Fino Húmedo} & 826.12 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Agregado Grueso Húmedo} & 942.44 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

**2.13 Proporción en Peso Húmedo:**

$$416.67 / 416.67 \quad 826.12 / 416.67 : 942.44 / 416.67 \quad 1 : 1.98 : 2.26 \quad 0.47$$

**2.14 Pesos por Tanda de un Saco:**

$$\begin{aligned} \text{Cemento} & 1.00 \times 42.5 = 42.50 \text{ Kg/saco} \\ \text{Agua Efectiva} & 0.47 \times 42.5 = 20.18 \text{ Lt/saco} \\ \text{Agregado Fino Húmedo} & 1.98 \times 42.5 = 84.26 \text{ Kg/saco} \\ \text{Agregado Grueso Húmedo} & 2.26 \times 42.5 = 96.13 \text{ Kg/saco} \end{aligned}$$

**2.15 Peso por Pie Cúbico del:**

$$\begin{aligned} \text{Agregado Fino Húmedo} & 826.12 \times 35.31 / 1429 = 20.42 \text{ Kg/pie}^3 \\ \text{Agregado Grueso Húmedo} & 942.44 \times 35.31 / 1296 = 25.69 \text{ Kg/pie}^3 \end{aligned}$$

**2.16 Dosificación en Volumen:**

$$\begin{aligned} \text{Cemento} & 9.80 / 9.80 = 1.00 \text{ pie}^3 \\ \text{Agregado Fino Húmedo} & 20.42 / 9.80 = 2.08 \text{ pie}^3 \\ \text{Agregado Grueso Húmedo} & 25.69 / 9.80 = 2.62 \text{ pie}^3 \\ \text{Agua de Mezcla} & 197.88 / 9.80 = 20.18 \text{ Lt/bolsa} \end{aligned}$$

Nota : Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.



## ANEXO Nº 03: RESULTADOS AL CONCRETO REALIZADOS

### 3.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: PROYECTO DE TESIS APROBADO POR: Ing. Luz Alvarez Asto  
ENSAYADO POR: Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose FECHA:  
CALCULADO POR: Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose CARACTERISTICAS:  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , A/C = 0.466  
0% fibra/cemento

#### ENSAYO A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

Probeta N°	1	2	3	1	2	3
Identificación de testigo	A1-7	A2-7	A3-7	A4-28	A5-28	A6-28
Resistencia esperada a los 28 días $\text{kg/cm}^2$	280	280	280	280	280	280
Edad en días	7	7	7	28	28	28
Fecha de fabricación	24/11/2016	24/11/2016	24/11/2016	18/11/2016	18/11/2016	18/11/2016
Fecha de Ensayo	22/12/2016	22/12/2016	22/12/2016	16/12/2016	16/12/2016	16/12/2016
Hora de Ensayo	10am	10am	10am	11am	11am	11am
Altura sin refrendado mm	303	301	300	301	300	300
Diametro 1 (mm)	151	151	152	151	151	152
Diametro 2 (mm)	152	152	151	151	152	152
Area ( $\text{cm}^2$ )	180.27	180.27	180.27	179.08	180.27	181.46
Volumen ( $\text{cm}^3$ )	5462.08	5426.02	5408.00	5390.27	5408.00	5443.75
Masa (gr)	12300	12301	12302	12302	12302	12302
Peso Unitario ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.25	2.27	2.27	2.28	2.27	2.26
Carga de ruptura (kN)	365	372	368	557	558	561
Carga maxima (kg)	37219.05	37932.84	37524.96	56797.29	56899.26	57205.17
Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	206.47	210.43	208.16	317.16	315.64	315.25
Promedio de Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )		<b>208.35</b>			<b>316.02</b>	
Tipo de falla	5	5	4	5	5	5



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: PROYECTO DE TESIS APROBADO POR: Ing. Luz Alvarez Asto  
ENSAYADO POR Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose FECHA:  
CALCULADO POR: Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose CARACTERISTICAS:  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $A/C = 0.466$   
0.114% fibra/cemento

**ENSAYO A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO**

Probeta N°	1	2	3	1	2	3
Identificacion de testigo	B1-7	B2-7	B3-7	B4-28	B5-28	B6-28
Resistencia esperada a los 28 dias $\text{kg/cm}^2$	280	280	280	280	280	280
Edad en dias	7	7	7	28	28	28
Fecha de fabricacion	24/11/2016	24/11/2016	24/11/2016	21/11/2016	21/11/2016	21/11/2016
Fecha de Ensayo	22/12/2016	22/12/2016	22/12/2016	19/12/2016	19/12/2016	19/12/2016
Hora de Ensayo	10am	10am	10am	10am	10am	10am
Altura sin refrendado mm	303	301	300	301	300	300
Diametro 1 (mm)	151	151	152	151	151	152
Diametro 2 (mm)	152	152	151	151	152	152
Area ( $\text{cm}^2$ )	180.27	180.27	180.27	179.08	180.27	181.46
Volumen ( $\text{cm}^3$ )	5462.08	5426.02	5408.00	5390.27	5408.00	5443.75
Masa (gr)	12300	12301	12302	12302	12302	12302
Peso Unitario ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.25	2.27	2.27	2.28	2.27	2.26
Carga de ruptura (kN)	358	355	354	532	538	536
Carga maxima (kg)	36505.26	36199.35	36097.38	54248.04	54859.86	54655.92
Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	202.51	200.81	200.24	302.93	304.33	301.20
Promedio de Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	201.19			302.82		
Tipo de falla	5	5	6	5	5	5



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: PROYECTO DE TESIS APROBADO POR: Ing. Luz Alvarez Asto  
ENSAYADO POR Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose FECHA:  
CALCULADO POR: Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose CARACTERISTICAS:  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $A/C = 0.466$   
0.1485% fibra/cemento

**ENSAYO A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO**

Probeta N°	1	2	3	1	2	3
Identificación de testigo	C1-7	C2-7	C3-7	C4-28	C5-28	C6-28
Resistencia esperada a los 28 días $\text{kg/cm}^2$	280	280	280	280	280	280
Edad en días	7	7	7	28	28	28
Fecha de fabricación	25/11/2016	25/11/2016	25/11/2016	22/11/2016	22/11/2016	22/11/2016
Fecha de Ensayo	23/12/2016	23/12/2016	23/12/2016	20/12/2016	20/12/2016	20/12/2016
Hora de Ensayo	10am	10am	10am	12pm	12pm	12pm
Altura sin refrendado mm	303	301	300	301	300	300
Diametro 1 (mm)	151	151	152	151	151	152
Diametro 2 (mm)	152	152	151	151	152	152
Area ( $\text{cm}^2$ )	180.27	180.27	180.27	179.08	180.27	181.46
Volumen ( $\text{cm}^3$ )	5462.08	5426.02	5408.00	5390.27	5408.00	5443.75
Masa (gr)	12300	12301	12302	12302	12302	12302
Peso Unitario ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.25	2.27	2.27	2.28	2.27	2.26
Carga de ruptura (kN)	373	362	365	576	564	558
Carga maxima (kg)	38034.81	36913.14	37219.05	58734.72	57511.08	56899.26
Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	210.99	204.77	206.47	327.98	319.03	313.57
Promedio de Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	<b>207.41</b>			<b>320.19</b>		
Tipo de falla	5	6	6	5	4	6



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: PROYECTO DE TESIS

ENSAYADO POR: Quispe Cirilo Joel y Chapañan Cueva Jose

CALCULADO POR: Quispe Cirilo Joel y Chapañan Cueva Jose

APROBADO POR:

FECHA:

CARACTERISTICAS:

Ing. Luz Alvarez Asto

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , A/C = 0.466

0.1708% fibra/cemento

**ENSAYO A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO**

Probeta N°	1	2	3	1	2	3
Identificación de testigo	D1-7	D2-7	D3-7	D4-28	D5-28	D6-28
Resistencia esperada a los 28 d	280	280	280	280	280	280
Edad en días	7	7	7	28	28	28
Fecha de fabricación	25/11/2016	25/11/2016	25/11/2016	23/11/2016	23/11/2016	23/11/2016
Fecha de Ensayo	23/12/2016	23/12/2016	23/12/2016	21/12/2016	21/12/2016	21/12/2016
Hora de Ensayo	11am	11am	11am	12pm	12pm	12pm
Altura sin refrendado mm	303	301	300	301	300	300
Diametro 1 (mm)	151	151	152	151	151	152
Diametro 2 (mm)	152	152	151	151	152	152
Area (cm <sup>2</sup> )	180.27	180.27	180.27	179.08	180.27	181.46
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5462.08	5426.02	5408.00	5390.27	5408.00	5443.75
Masa (gr)	12300	12301	12302	12302	12302	12302
Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	2.25	2.27	2.27	2.28	2.27	2.26
Carga de ruptura (kN)	381	384	387	588	589	585
Carga maxima (kg)	38850.57	39156.48	39462.39	59958.36	60060.33	59652.45
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	215.52	217.21	218.91	334.82	333.18	328.74
Promedio de Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )		<b>217.21</b>			<b>332.24</b>	
Tipo de falla	5	5	4	5	5	5



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: PROYECTO DE TESIS  
ENSAYADO POR: Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose  
CALCULADO POR: Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose  
APROBADO POR: Ing. Luz Alvarez Asto  
FECHA:  
CARACTERISTICAS:  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , A/C = 0.466  
0.1856% fibra/cemento

**ENSAYO A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO**

Probeta N°	1	2	3	1	2	3
Identificación de testigo	D1-7	D2-7	D3-7	D4-28	D5-28	D6-28
Resistencia esperada a los 28 d	280	280	280	280	280	280
Edad en días	7	7	7	28	28	28
Fecha de fabricación	25/11/2016	25/11/2016	25/11/2016	23/11/2016	23/11/2016	23/11/2016
Fecha de Ensayo	23/12/2016	23/12/2016	23/12/2016	21/12/2016	21/12/2016	21/12/2016
Hora de Ensayo	11am	11am	11am	12pm	12pm	12pm
Altura sin refrendado mm	303	301	300	301	300	300
Diametro 1 (mm)	151	151	152	151	151	152
Diametro 2 (mm)	152	152	151	151	152	152
Area (cm <sup>2</sup> )	180.27	180.27	180.27	179.08	180.27	181.46
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5462.08	5426.02	5408.00	5390.27	5408.00	5443.75
Masa (gr)	12300	12301	12302	12302	12302	12302
Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	2.25	2.27	2.27	2.28	2.27	2.26
Carga de ruptura (kN)	398	384	395	601	593	598
Carga maxima (kg)	40584.06	39156.48	40278.15	61283.97	60468.21	60978.06
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	225.13	217.21	223.44	342.22	335.44	336.04
Promedio de Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )		<b>221.93</b>			<b>337.90</b>	
Tipo de falla	5	5	4	5	5	5



### 3.1. RESISTENCIA A LA FLEXION.



## CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS  
URB. Primero de Mayo Mz. C Lt.09 Nuevo Chimbote - Telf. 043 - 316715  
[www.corporaciongeotecnia.com](http://www.corporaciongeotecnia.com) - EMAIL: [Informes@corporaciongeotecnia.com](mailto:Informes@corporaciongeotecnia.com)

### ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C293)

TESIS : ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL A.A.H.H. VILLAMARIA NUEVO CHIMBOTE

UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - REGION ANCASH

TESISTAS : QUISPE CIRILO JOEL  
CHAPOÑAN CUEVA JOSE MIGUEL

ASUNTO : ENSAYO DE FLEXION DE PRISMAS DE CONCRETO

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH

UNIDAD : PRISMAS DE CONCRETO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: PROYECTO DE TESIS APROBADO POR: Ing. Luz Alvarez Asto

ENSAYADO POR: Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose FECHA:

CALCULADO POR: Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose CARACTERISTICAS:  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $A/C = 0.466$   
0% fibra/cemento

#### ENSAYO A LA FLEXION EN VIGAS DE HORMIGON

Viga N°	1	2	3
Fecha de fabricacion	18/11/2016	18/11/2016	24/11/2016
Fecha de Ensayo	16/12/2016	16/12/2016	22/12/2016
Identificacion de testigo	V-1	V-2	V-3
Resistencia esperada a los 28 dias $\text{kg/cm}^2$	280	280	280
Longitud (mm)	501	503	501
Ancho (mm)	152	151	151
Altura (mm)	151	152	152
Longitud de apoyo (mm)	450	451	450
Volumen ( $\text{cm}^3$ )	11498.95	11544.86	11498.95
Masa (gr)	25920.00	26640.00	26540.00
Peso Unitario ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.25	2.31	2.31
Carga de rotura (kN)	34.52	34.72	35.02
Carga de rotura (kg)	3520.00	3540.40	3570.99
Modulo de rotura ( $\text{kg/cm}^2$ )	45.70	45.77	46.06
PROMEDIO ( $\text{kg/cm}^2$ )	45.84		

#### OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas e identificadas por los solicitante

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
Ing. Juan Rodriguez Piminchumo  
GERENTE GENERAL



## CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS  
URB. Primero de Mayo Mz. C Lt.09 Nuevo Chimbote – Telf. 043 – 316715  
[www.corporaciongeotecnia.com](http://www.corporaciongeotecnia.com) –EMAIL: [Informes@corporaciongeotecnia.com](mailto:Informes@corporaciongeotecnia.com)

### ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C293)

**TESIS** : ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL A.A.H.H. VILLAMARIA  
NUEVO CHIMBOTE

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS** : QUISPE CIRILO JOEL  
CHAPOÑAN CUEVA JOSE MIGUEL

**ASUNTO** : ENSAYO DE FLEXION DE PRISMAS DE CONCRETO

**LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH

**UNIDAD** : PRISMAS DE CONCRETO

#### UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO:** PROYECTO DE TESIS **APROBADO POR:** Ing. Luz Alvarez Asto

**ENSAYADO POR:** Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose **FECHA:**

**CALCULADO POR:** Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose **CARACTERISTICAS:**  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $A/C = 0.466$   
0.1114% fibra/cemento

#### ENSAYO A LA FLEXION EN VIGAS DE HORMIGON

Viga N°	1	2	3
Fecha de fabricacion	21/11/2016	21/11/2016	24/11/2016
Fecha de Ensayo	19/12/2016	19/12/2016	22/12/2016
Identificacion de testigo	V-4	V-5	V-6
Resistencia esperada a los 28 dias $\text{kg/cm}^2$	280	280	280
Longitud (mm)	501	502	501
Ancho (mm)	152	151	151
Altura (mm)	151	152	152
Longitud de apoyo (mm)	450	451	450
Volumen ( $\text{cm}^3$ )	11498.95	11521.90	11498.95
Masa (gr)	25920.00	26640.00	26540.00
Peso Unitario ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.25	2.31	2.31
Carga de rotura (kN)	34.03	33.87	33.43
Carga de rotura (kg)	3470.04	3453.72	3408.86
Modulo de rotura ( $\text{kg/cm}^2$ )	45.06	44.65	43.97
<b>PROMEDIO (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>	<b>44.56</b>		

#### OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas e identificadas por los solicitante

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
Ing. Juan Rodriguez Piminchimo  
GERENTE GENERAL



## CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS  
URB. Primero de Mayo Mz. C Lt.09 Nuevo Chimbote - Telf. 043 - 316715  
[www.corporaciongeotecnia.com](http://www.corporaciongeotecnia.com) -EMAIL: [Informes@corporaciongeotecnia.com](mailto:Informes@corporaciongeotecnia.com)

### ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C293)

**TESIS** : ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL A.A.H.H. VILLAMARIA NUEVO CHIMBOTE

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS** : QUISPE CIRILO JOEL  
CHAPOÑAN CUEVA JOSE MIGUEL

**ASUNTO** : ENSAYO DE FLEXION DE PRISMAS DE CONCRETO

**LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH

**UNIDAD** : PRISMAS DE CONCRETO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO:** PROYECTO DE TESIS **APROBADO POR:** Ing. Luz Alvarez Asto

**ENSAYADO POR:** Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose **FECHA:**

**CALCULADO POR:** Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose **CARACTERISTICAS:**  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $A/C = 0.466$   
0.1485% fibra/cemento

#### ENSAYO A LA FLEXION EN VIGAS DE HORMIGON

Viga N°	1	2	3
Fecha de fabricacion	22/11/2016	22/11/2016	25/11/2016
Fecha de Ensayo	20/12/2016	20/12/2016	23/12/2016
Identificacion de testigo	V-7	V-8	V-9
Resistencia esperada a los 28 dias kg/cm2	280	280	280
Longitud (mm)	502	501	501
Ancho (mm)	152	151	151
Altura (mm)	151	152	152
Longitud de apoyo (mm)	450	451	450
Volumen (cm3)	11521.90	11498.95	11498.95
Masa (gr)	25920.00	26640.00	26540.00
Peso Unitario (gr/cm3)	2.25	2.32	2.31
Carga de rotura (kN)	36.78	36.42	36.07
Carga de rotura (kg)	3750.46	3713.75	3678.06
Modulo de rotura (kg/cm2)	48.70	48.01	47.44
PROMEDIO (kg/cm2)	48.05		

#### OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas e identificadas por los solicitante

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
Ing. Juan Rodriguez Piminchimo  
GERENTE GENERAL



## CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS  
URB. Primero de Mayo Mz. C Lt.09 Nuevo Chimbote - Telf. 043 - 316715  
[www.corporaciongeotecnia.com](http://www.corporaciongeotecnia.com) -EMAIL: [Informes@corporaciongeotecnia.com](mailto:Informes@corporaciongeotecnia.com)

### ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C293)

**TESIS** : ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL A.A.H.H. VILLAMARIA NUEVO CHIMBOTE

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS** : QUISPE CIRILO JOEL  
CHAPOÑAN CUEVA JOSE MIGUEL

**ASUNTO** : ENSAYO DE FLEXION DE PRISMAS DE CONCRETO

**LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH

**UNIDAD** : PRISMAS DE CONCRETO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO:** PROYECTO DE TESIS **APROBADO POR:** Ing. Luz Alvarez Asto

**ENSAYADO POR:** Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose **FECHA:**

**CALCULADO POR:** Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose **CARACTERISTICAS:**  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $A/C = 0.466$   
0.1708% fibra/cemento

#### ENSAYO A LA FLEXION EN VIGAS DE HORMIGON

Viga N°	1	2	3
Fecha de fabricacion	23/11/2016	23/11/2016	25/11/2016
Fecha de Ensayo	21/12/2016	21/12/2016	23/12/2016
Identificacion de testigo	V-10	V-11	V-12
Resistencia esperada a los 28 dias kg/cm <sup>2</sup>	280	280	280
Longitud (mm)	502	502	499
Ancho (mm)	152	151	151
Altura (mm)	151	152	152
Longitud de apoyo (mm)	450	451	450
Volumen (cm <sup>3</sup> )	11521.90	11521.90	11453.05
Masa (gr)	25920.00	26640.00	26540.00
Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	2.25	2.31	2.32
Carga de rotura (kN)	35.03	34.78	34.61
Carga de rotura (kg)	3572.01	3546.52	3529.18
Modulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	46.38	45.85	45.52
<b>PROMEDIO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>45.92</b>		

#### OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas e identificadas por los solicitante

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
Ing. Juan Rodriguez Piminchumo  
GERENTE GENERAL



**TESIS: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL A.A.H.H. VILLAMARIA - NUEVO CHIMBOTE"**



**CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS  
URB. Primero de Mayo Mz. C Lt.09 Nuevo Chimbote - Telf. 043 - 316715  
[www.corporaciongeotecnia.com](http://www.corporaciongeotecnia.com) -EMAIL: [Informes@corporaciongeotecnia.com](mailto:Informes@corporaciongeotecnia.com)

**ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C293)

**TESIS** : ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL A.A.H.H. VILLAMARIA NUEVO CHIMBOTE

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS** : QUISPE CIRILO JOEL  
CHAPOÑAN CUEVA JOSE MIGUEL

**ASUNTO** : ENSAYO DE FLEXION DE PRISMAS DE CONCRETO

**LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH

**UNIDAD** : PRISMAS DE CONCRETO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO:** PROYECTO DE TESIS **APROBADO POR:** Ing. Luz Alvarez Asto

**ENSAYADO POR:** Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose **FECHA:**

**CALCULADO POR:** Quispe Cirilo Joel y Chapoñan Cueva Jose **CARACTERISTICAS:**  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $A/C = 0.466$   
0.1856% fibra/cemento

**ENSAYO A LA FLEXION EN VIGAS DE HORMIGON**

Viga N°	1	2	3
Fecha de fabricacion	23/11/2016	23/11/2016	25/11/2016
Fecha de Ensayo	21/12/2016	21/12/2016	23/12/2016
Identificacion de testigo	V-10	V-11	V-12
Resistencia esperada a los 28 dias $\text{kg/cm}^2$	280	280	280
Longitud (mm)	502	502	499
Ancho (mm)	152	151	151
Altura (mm)	151	152	152
Longitud de apoyo (mm)	450	451	450
Volumen ( $\text{cm}^3$ )	11521.90	11521.90	11453.05
Masa (gr)	25920.00	26640.00	26540.00
Peso Unitario ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.25	2.31	2.32
Carga de rotura (kN)	33.24	33.02	33.19
Carga de rotura (kg)	3389.48	3367.05	3384.38
Modulo de rotura ( $\text{kg/cm}^2$ )	44.01	43.53	43.65
<b>PROMEDIO (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>	<b>43.73</b>		

**OBSERVACIONES:**

Las muestras fueron elaboradas e identificadas por los solicitante

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
Ing. Juan Rodriguez Piminchumo  
GERENTE GENERAL

## ANEXO Nº 04: PANEL FOTOGRÁFICO



**Foto 1:** Realización de la práctica estándar de reducción de muestras para el agregado grueso.



**Foto 2:** Realización de la práctica estándar de reducción de muestras para el agregado fino.



**Foto 3:** Alistado de materiales para el ensayo de la densidad relativa del agregado fino.



**Foto 4:** Procedimiento (NTP 400 022), para densidad relativa de agregado fino



**Foto 5:** Agregando agua destilada a la fiola para el procedimiento de la densidad relativa del agregado fino.



**Foto 6:** Muestras previa colocación en el horno para el método estándar para hallar el contenido de humedad en agregado grueso.



**Foto 7:** Peso de fiola + agua + arena para determinar la densidad relativa del agregado fino.



**Foto 8:** Uso del molde de madera para el ensayo donde se determina el peso unitario del agregado fino, estado suelto y compactado.



**Foto 9:** Uso del molde de madera para el ensayo donde se determina el peso unitario del agregado grueso, estado suelto y compactado.



**Foto 10:** Procedimiento para determinar la densidad relativa del agregado (NTP 400 021)



**Foto 11:** Realización de la prueba normal para la resistencia al desgaste por abrasión del agregado grueso.



**Foto 12:** Alistando la dosificación en peso de los componentes del concreto previo mezclado en trompo.



**Foto 13:** Realizando el procedimiento normal para el mezclado de los componentes en el concreto.



**Foto 14:** Pesado en balanza electrónica de la fibra a adicionar, según lo estipulado en la dosificación.



**Foto 15:** La fibra se agrega al último, y se espera 5 minutos antes de su colocación (recomendación del fabricante)



**Foto 17:** Elaboración de probetas



**Foto 18:** Realización del ensayo de la rotura a la compresión.



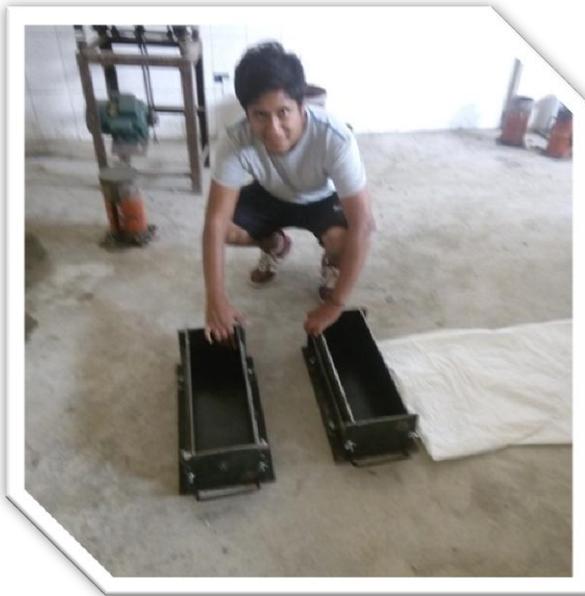
**Foto 19:** Curado de probetas



**Foto 20:** Realizando el mismo procedimiento de mezclado, ahora para la vigas.



**Foto 21:** Siempre Adicionando la fibra al final de todos los elementos.



**Foto 22:** Los moldes de vigas deben estar limpios, además de pasarle por petróleo para evitar adherencia del concreto con el molde.



**Foto 23:** Chuseo de vigas con golpes de 54 por 3 capas, (con golpes de martillo de goma por cada capa).



**Foto 24:** Curado de vigas en patera, con su denominación específica para cada espécimen.



**Foto 25:** Traslado de especímenes al laboratorio donde se realizará su rotura.



**Foto 26:** Medición de dimensiones para llenado de la hoja de cálculos.



**Foto 27:** Colocación de viga para rotura mediante Metodo de la Viga Simple Cargada en el Punto Central.



**Foto 28:** Rotura dentro de los 2/3 de luz (rotura aceptada), una falla aceptada.

## ANEXO Nº 05: FICHA TECNICA DE LA FIBRA DE POLIPROPILENO



# HOJA TÉCNICA

## Sikafiber® PE

Fibra de Polipropileno para el refuerzo de concreto

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sikafiber® PE, es un refuerzo de fibra de polipropileno modificada que evita el agrietamiento de concretos y morteros.

Sikafiber® PE está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados.

Durante la mezcla Sikafiber® PE se distribuye aleatoriamente dentro de la masa de concreto o mortero formando una red tridimensional muy uniforme.

- Mortero y concreto proyectado. (Shotcrete).
- Paneles de fachada.
- Elementos prefabricados.
- Revestimientos de canales.

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

La adición de Sikafiber® PE, sustituye a la armadura destinada a absorber las tensiones que se producen durante el fraguado y endurecimiento del concreto, aportando las siguientes ventajas:

- Reducción de la fisuración por retracción e impidiendo su propagación.
- Aumento importante del índice de tenacidad del concreto.
- Mejora la resistencia al impacto, reduciendo la fragilidad.
- En mayor cuantía mejora la resistencia a la tracción y a la comprensión.
- La acción del Sikafiber PE es de tipo físico y no afecta el proceso de hidratación del cemento.

### DATOS BÁSICOS

FORMA

ASPECTO

Fibra

COLOR

Crema



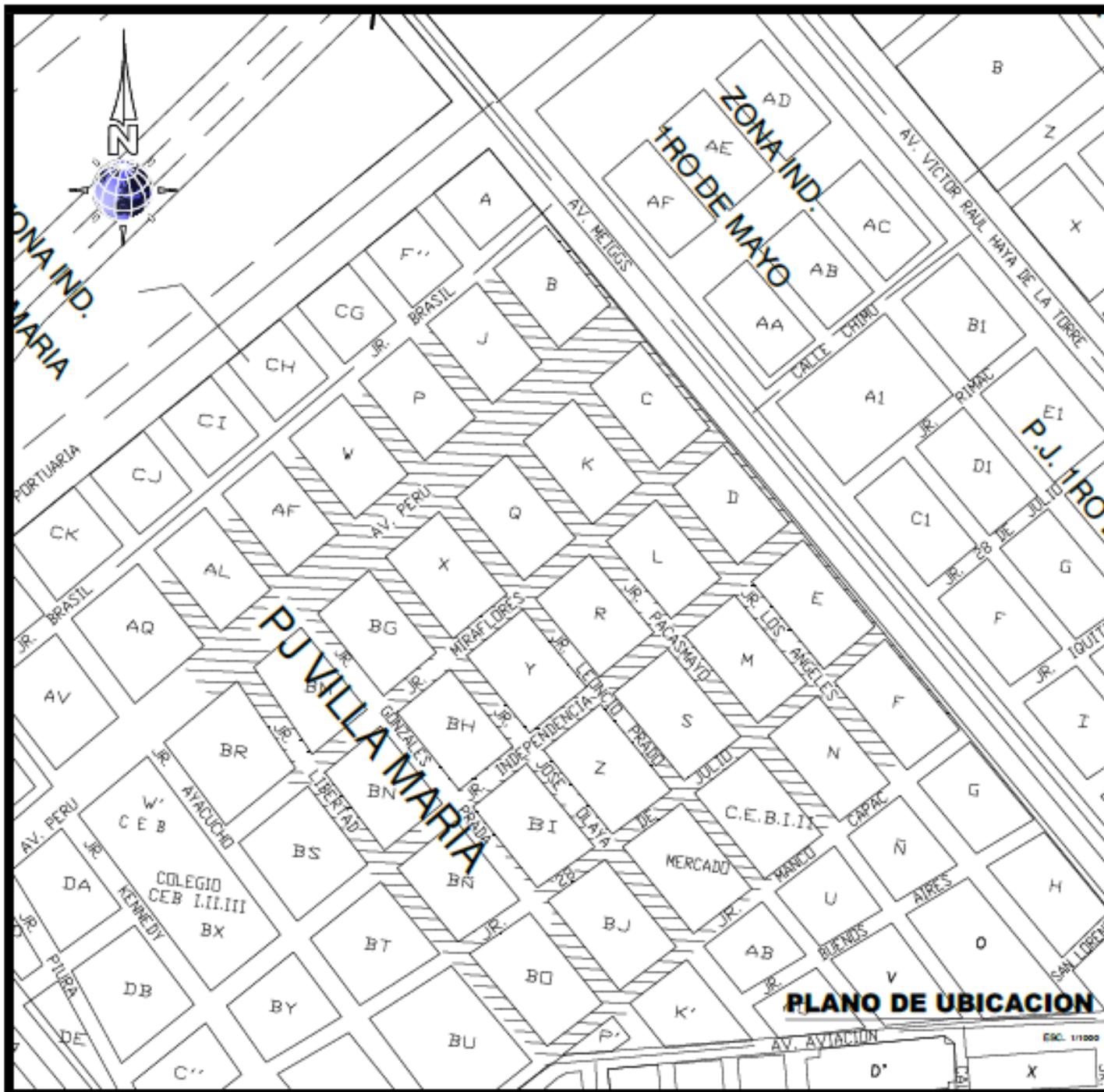
	<b>PRESENTACIÓN</b> Bolsa de 600 gr
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> Un año en un lugar seco y bajo techo, en envases bien cerrados.
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>DENSIDAD REAL APROX.</b> 0,91 kg/L. <b>ABSORCION DE AGUA</b> Ninguna <b>MÓDULO DE ELASTICIDAD</b> 15,000 kg/cm <sup>2</sup> <b>ALARGAMIENTO DE ROTURA</b> 20-30% <b>RESISTENCIA A TRACCIÓN</b> 300 - 350 kg/cm <sup>2</sup> <b>RESISTENCIA QUIMICA</b> Inerte a los álcalis del cemento, ácidos en general, agua de mar, residuos alimentarios y ganaderos, aceites vegetales. No se pudre y es resistente a hongos y bacteria. <b>DURABILIDAD</b> Indefinida <b>TEMPERATURA DE FUSIÓN</b> 160-170 °C <b>LONGITUD</b> 19 mm <b>NORMA</b> A los concretos a los que se agregado Sikafiber® PE cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116 <b>PRECAUCIONES</b> Sikafiber® PE no sustituye a las armaduras principales y secundarias resultantes del cálculo. La adición de Sikafiber® PE no evita las grietas derivadas de un mal dimensionamiento y aunque ayuda a controlarlo, no evita las grietas producto de un deficiente curado. La adición de Sikafiber® PE es compatible con cualquier otro aditivo de Sika.

## INFORMACIÓN DEL SISTEMA

<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>MODO DE EMPLEO</b> Se agrega, en planta o a pie de obra directamente a la mezcla de concreto o mortero. No disolver en el agua de amasado. Una vez añadido el Sikafiber® PE basta con prolongar el mezclado al menos 5 minutos. <b>DOSIFICACIÓN</b> El Sikafiber® PE se empleará para todo tipo de concretos hasta $f'c = 300$ kg/cm <sup>2</sup> se debe usar 600 gr por m <sup>3</sup> de concreto y para concretos de alta resistencia mayores a $f'c = 300$ kg/m <sup>2</sup> se colocará 1 kg/m <sup>3</sup> Usar de 2 a 8 Kg. En caso de mezcla de shotcrete
-----------------------------	---

## INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

<b>PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACION</b>	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.
---	---



**ESQUEMA DE LOCALIZACION**

ZONIFICACION : CZ (COMERCIO ZONAL)

**DATOS GENERALES:**

DEPARTAMENTO : ANCASH  
 PROVINCIA : DEL SANTA  
 DISTRITO : NUEVO CHIMBOTE  
 NOMBRE DE LA CALLE : VILLA MARIA

**PROYECTO: PAVIMENTACION**

PLANO:	UBICACION Y LOCALIZACION	LAMINA:	<b>UL-01</b>
ESCALA INDICADA:		FECHA:	
			12/02/2017