



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**“OPTIMIZACIÓN DE HORMIGÓN F’C = 350 KG/CM<sup>2</sup>  
APLICANDO DIFERENTES ADITIVOS  
SUPERPLASTIFICANTES”**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

TOMALÁ POZO JOSÉ MANUEL

CUCALÓN ROSALES RONALD FABRICIO

**TUTOR:**

ING. RICHARD RAMÍREZ PALMA, Mg

La Libertad, Ecuador

2020

**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**“OPTIMIZACIÓN DE HORMIGÓN F’C = 350 KG/CM<sup>2</sup>  
APLICANDO DIFERENTES ADITIVOS  
SUPERPLASTIFICANTES”**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

TOMALÁ POZO JOSÉ MANUEL  
CUCALÓN ROSALES RONALD FABRICIO

**TUTOR:**

ING. RICHARD RAMÍREZ PALMA, Mg

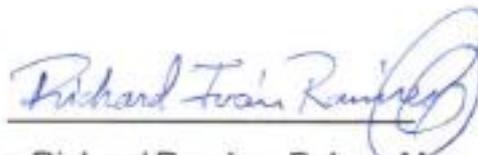
La Libertad, Ecuador

2020

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por: **Tomalá Pozo José Manuel** y **Cucalón Rosales Ronald Fabricio**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

### TUTOR



Ing. Richard Ramírez Palma, Mg

### DIRECTORA DE LA CARRERA



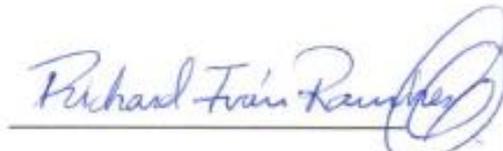
Arq. Gilda Rubira Gómez

La Libertad, a los 26 días del mes de agosto del año 2020

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación "**Optimización de hormigón  $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  aplicando diferentes aditivos superplastificantes**", elaborado por los Sres. Tomalá Pozo José Manuel y Cucalón Rosales Ronald Fabricio, egresados de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, me permito declarar que luego de haberlo dirigido, estudiado y revisado, lo apruebo en su totalidad.

TUTOR

A handwritten signature in blue ink, reading "Richard Frías Ramírez", written over a horizontal line.

Ing. Richard Ramírez Palma, Mg

La Libertad, a los 26 días del mes de agosto del año 2020

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Tomalá Pozo José Manuel y Cucalón Rosales Ronald Fabricio.

### DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, "Optimización de hormigón  $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  aplicando diferentes aditivos superplastificantes", previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 28 días del mes de agosto del año 2020

### AUTORES

f.   
\_\_\_\_\_  
Tomalá Pozo José Manuel

f.   
\_\_\_\_\_  
Cucalón Rosales Ronald Fabricio

## AUTORIZACIÓN

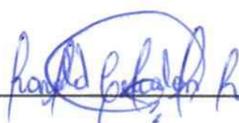
Nosotros, **Tomalá Pozo José Manuel** y **Cucalón Rosales Ronald Fabricio**.

Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, "**Optimización de hormigón  $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  aplicando diferentes aditivos superplastificantes**", cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 26 días del mes de agosto del año 2020

### AUTORES

f.  \_\_\_\_\_  
Tomalá Pozo José Manuel

f.  \_\_\_\_\_  
Cucalón Rosales Ronald Fabricio

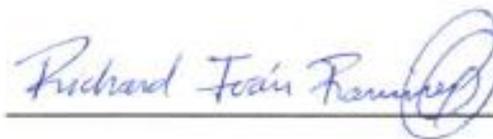
La Libertad, 26 de agosto de 2020

### **CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO**

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado "**Optimización de hormigón  $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  aplicando diferentes aditivos superplastificantes**", elaborado por los estudiantes Tomaiá Pozo José Manuel y Cucalón Rosales Ronald Fabricio, egresados de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio URKUND, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con el 6% de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

**Tutor**

A handwritten signature in blue ink, reading "Richard José Ramírez Palma", is written over a horizontal line. The signature is cursive and includes a large circular flourish at the end.

**Ing. Richard Ramírez Palma. Mg.**

## Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS para revision.docx (D63504257)  
Submitted: 2/6/2020 3:53:00 AM  
Submitted By: jose\_manuelt19@hotmail.com  
Significance: 6 %

### Sources included in the report:

Tesis Diseu00F1o de hormigu00F3n con cantos rodados provenientes del ru00EDo Chanchan.docx (D13045515)  
10-02-15Tesis Diseu00F1o de hormigu00F3n con cantos rodados provenientes del ru00EDo Chanchan 2.docx (D13194207)  
-Desarrollode tesis de grado 11-NOVIEMBRE.pdf (D12196381)  
Universidad De Guayaquil Mercedes Jimenez.pdf (D22195756)  
Tello Tantaleán Jhon Brandon.pdf (D49788178)  
<https://docplayer.es/28773687-Universidad-tecnica-de-ambato.html>

### Instances where selected sources appear:

12

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haberme dado salud y fuerzas en cada uno de momentos de dificultad que he tenido durante transcurso de mi vida estudiantil.

A mis padres, por el gran apoyo incondicional que me han brindado durante mi crecimiento y a lo largo de mi carrera.

A Ronald Cucalón, mi compañero de trabajo de tesis por su dedicación para el desarrollo de la investigación.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, a los docentes que impartieron sus conocimientos y experiencias laborales, al tutor el Ing. Richard Ramírez por el asesoramiento de este trabajo de investigación y a la Ing. Lucrecia Moreno por permitirme usar su laboratorio de suelos (INGEOTOP S.A.) para realizar ensayos requeridos del tema tesis.

A las empresas Aditec Ecuatoriana S.A. y Sika Ecuatoriana S.A. por la donación de muestras de aditivos superplastificantes para la elaboración de nuestro trabajo investigativo.

*José Manuel Tomalá Pozo*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por guiarme siempre por el camino del bien, por brindarme la sabiduría suficiente para llevar a cabo el desarrollo de este trabajo, y por cada alegría que me ha brindado a lo largo de mi vida.

A mis padres: Richard y Melania, que forjaron todo en la vida para que pudiera lograr mis sueños, por la constante motivación y apoyo incondicional cuando más era necesario.

A mi esposa y compañera de vida: Jennifer Garcia por ser gran motivación y apoyo en el trayecto de mi jornada universitaria.

Al Ing. Richard Ramírez, docente tutor, por su apoyo y dedicación constante al desarrollo de esta tesis.

A José Tomalá, gran amigo y compañero de trabajo de grado, por su eficiente entrega y dedicación.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, institución que además de llenarme de conocimientos, me ha formado profesionalmente y me ha instruido de valores éticos y morales para ejercerlos en mi carrera profesional.

A los directivos y profesionales de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que colaboraron con sus conocimientos y en especial a la Ing. Lucrecia Moreno que nos permitió el uso de su laboratorio de suelos para la culminación de la investigación.

*Ronald Fabricio Cucalón Rosales*

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a Dios y a mis padres: Seferina Pozo y Cirilo Tomalá, que han sido los pilares fundamentales en el transcurso de mis estudios. Este logro se los debo a ellos por toda su constante motivación todo para alcanzar con mis anhelos.

*José Manuel Tomalá Pozo*

## **DEDICATORIA**

Este logro se lo dedico a mis padres: Richard y Melania, por todo el sacrificio que han hecho durante mi formación como profesional, a mi esposa Jennifer García y a mis hijos quienes son mi mayor motivación en este largo camino de aprendizaje.

*Ronald Fabricio Cucalón Rosales*

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



---

**Ing. Juan Garcés Vargas, Mgp**

DECANO DE LA FACULTAD



---

**Arq. Gilda Rubira Gómez, MSc.**

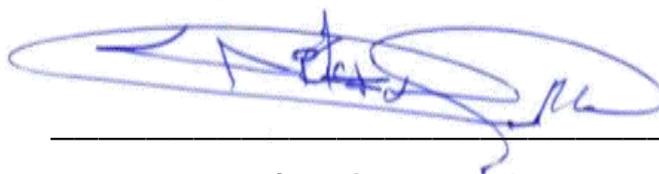
DIRECTORA DE CARRERA



---

**Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg.**

DOCENTE DEL ÁREA



---

**Abg. Víctor Coronel Ortiz, Mgt**

SECRETARIO GENERAL (E)

## ÍNDICE GENERAL

<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>II</b>
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR.....</b>	<b>III</b>
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>IV</b>
<b>AUTORIZACIÓN .....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>X</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XX</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XXI</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1. GENERALIDADES .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.2.1. Reseña histórica del hormigón .....	2
1.2.2. Reseña histórica de aditivos para hormigón .....	3
1.3. Planteamiento del problema .....	5
1.4. Justificación .....	5
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo general .....	6
1.5.2. Objetivos específicos .....	6
1.6. Alcance.....	6
1.7. Hipótesis y variable.....	7
1.7.1. Hipótesis .....	7
1.7.2. Variables .....	7
1.7.2.1. Independientes.....	7
1.7.2.2. Dependientes .....	7
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>8</b>
2. MARCO TEORICO.....	8
2.1 Materiales empleados en la fabricación del hormigón .....	8
2.1.1 Cemento .....	8

2.1.2 Agregados gruesos (Propiedades) .....	11
2.1.3 Agregados finos (Propiedades) .....	16
2.1.4 Agua.....	18
2.1.5 Aditivo .....	19
2.2 Propiedades del hormigón en estado fresco .....	22
2.3 Propiedades del hormigón endurecido.....	23
CAPÍTULO III.....	29
3. ESTUDIO EXPERIMENTAL .....	29
3.1 Descripción general .....	29
3.2 Ensayos realizados para determinar la calidad de los agregados en el hormigón. ....	29
3.2.1 Análisis granulométrico .....	29
3.2.2 Determinación de contenido total de humedad.....	36
3.2.3 Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) .....	38
3.2.4 Determinación de la densidad y absorción de los áridos. ....	41
3.2.5 Determinación del material más fino que pasa el tamiz No. 200.....	48
Mediante lavado (NET INEN 697) .....	48
3.2.6 Determinación de terrones de arcilla y partículas. ....	49
3.3 Diseño de la mezcla de hormigón de resistencia a la compresión $f'c =$ 350 kg/cm <sup>2</sup> .....	51
3.3.1 Factores a tomar en cuenta para la dosificación .....	51
3.3.2 Procedimiento de la primera dosificación .....	52
3.4 Diseño de la mezcla de hormigón de resistencia a la compresión $f'c =$ 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	57
3.4.1 Procedimiento de la dosificación .....	57
3.5 Dosificaciones a utilizar en la fundición del hormigón. ....	63
3.6 Elaboración de probetas de hormigón. ....	64
3.7 Asentamiento mediante el cono de Abrahams. ....	65
3.8 Curado de las probetas y vigas de hormigón. ....	66
3.9 Tiempo de fraguado del hormigón. ....	67
3.10 Resistencia a la compresión. ....	69
3.11 Resistencia a la flexión. ....	70
CAPÍTULO IV .....	71

4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL HORMIGÓN .....	71
4.1	Resultados y análisis de los ensayos de densidad y asentamiento .....	71
4.2	Resultados y análisis de los ensayos a compresión .....	72
4.3	Resultados y análisis de los ensayos a flexión .....	75
	CAPÍTULO V .....	76
5.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA CADA UNA DE LAS DOSIFICACIONES.....	76
5.1	Hormigón patrón de 350 kg/cm <sup>2</sup> .....	77
5.2	Hormigón de 280 kg/cm <sup>2</sup> con 1% de aditivo superplastificante Aditec (SF - 106) y 30% reducción de agua. ....	78
5.3	Hormigón de 280 kg/cm <sup>2</sup> con 1,5% de aditivo superplastificante Aditec (SF - 106) y 30% reducción de agua. ....	79
5.4	Hormigón de 280 kg/cm <sup>2</sup> con 1% de aditivo superplastificante Sika (Sikament – N 100) y 30% reducción de agua. ....	80
5.5	Hormigón de 280 kg/cm <sup>2</sup> con 1,5% de aditivo superplastificante Sika (Sikament – N 100) y 30% reducción de agua. ....	81
	CAPÍTULO VI .....	82
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	82
6.1	Conclusiones .....	82
6.2	Recomendaciones .....	83
	REFERENCIAS .....	84

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Ensayo Granulométrico del Agregado grueso NTE INEN 696.....	87
<b>Anexo 2</b> Ensayo Granulométrico del Agregado grueso corregido NTE INEN 696	88
<b>Anexo 3.</b> Ensayo Granulométrico del Agregado fino NTE INEN 696 .....	89
<b>Anexo 4.</b> Ensayo de contenido de humedad NTE INEN 862.....	90
<b>Anexo 5.</b> Ensayo del peso volumétrico del agregado grueso NTE INEN 858.....	91
<b>Anexo 6.</b> Ensayo del peso volumétrico del agregado fino NTE INEN 858.....	92
<b>Anexo 7.</b> Gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado grueso NTE INEN 857 .....	92
<b>Anexo 8.</b> Determinación de gravedad específica y porcentaje de absorción agregado fino NTE INEN 856.....	93
<b>Anexo 9.</b> Determinación del material más fino NTE INEN 697.....	94
<b>Anexo 10.</b> Determinación de terrones de arcilla y partículas NTE INEN 698 .....	95
<b>Anexo 11.</b> Cantidades a utilizar en fundición. ....	96
<b>Anexo 12.</b> Asentamientos y densidades.....	97
<b>Anexo 13.</b> Datos de tiempo de fraguado hormigón 350 kg/cm <sup>2</sup> . ....	98
<b>Anexo 14.</b> Datos de tiempo de fraguado hormigón 280 kg/cm <sup>2</sup> - 1% Sikament N 100. ....	99
<b>Anexo 15.</b> Datos de tiempo de fraguado hormigón 280 kg/cm <sup>2</sup> - 1,5 % Sikament N 100. ....	100
<b>Anexo 16.</b> Datos de tiempo de fraguado hormigón 280 kg/cm <sup>2</sup> - 1% Aditec SF 106. .....	101
<b>Anexo 17.</b> Datos de tiempo de fraguado hormigón 280 kg/cm <sup>2</sup> - 1,5 % Aditec SF 106. ....	102
<b>Anexo 18.</b> Datos de resistencias de los diseños de hormigón. ....	103
<b>Anexo 19.</b> Datos de módulo de rotura.....	104

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Composición química del cemento Portland. ....	9
<b>Tabla 2:</b> Requisitos de gradación del árido grueso. ....	12
<b>Tabla 3:</b> Límites para las sustancias perjudiciales en el árido grueso para el hormigón. ....	13
<b>Tabla 4:</b> Requisitos de gradación del árido fino. ....	16
<b>Tabla 5:</b> Límites para las sustancias perjudiciales en el agregado fino para hormigón. ....	17
<b>Tabla 6:</b> Límites químicos opcionales del agua combinada para la mezcla. ....	18
<b>Tabla 7:</b> Tipos de aditivos químicos. ....	19
<b>Tabla 8:</b> Módulos de Elasticidad de hormigones de varias resistencias. ....	26
<b>Tabla 9:</b> Resistencias al corte del hormigón. ....	28
<b>Tabla 10:</b> Análisis granulométrico del agregado grueso. ....	33
<b>Tabla 11:</b> Análisis granulométrico corregida del agregado grueso. ....	34
<b>Tabla 12:</b> Análisis granulométrico del agregado fino. ....	35
<b>Tabla 13:</b> Determinación del contenido total de humedad del agregado grueso. ....	38
<b>Tabla 14:</b> Determinación del contenido total de humedad del agregado fino. ....	38
<b>Tabla 15:</b> Determinación del peso volumétrico suelto del agregado grueso. ....	40
<b>Tabla 16:</b> Determinación del peso volumétrico suelto del agregado fino. ....	40
<b>Tabla 17:</b> Determinación del peso volumétrico varillado del agregado grueso. ....	41
<b>Tabla 18:</b> Determinación de valores de densidades y porcentaje de absorción de agregado grueso. ....	43
<b>Tabla 19:</b> Determinación de valores de densidades y porcentaje de absorción del agregado fino. ....	47
<b>Tabla 20:</b> Determinación del material más fino que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ del árido fino. ....	49
<b>Tabla 21:</b> Determinación del material más fino que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ del árido grueso. ....	49
<b>Tabla 22:</b> Determinación de terrones de arcilla y partículas gruesas. ....	50
<b>Tabla 23:</b> Determinación de terrones de arcilla y partículas finas. ....	50
<b>Tabla 24:</b> Datos obtenidos de ensayos. ....	52
<b>Tabla 25:</b> Resistencia a la compresión promedio. ....	52
<b>Tabla 26:</b> Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción. ....	52
<b>Tabla 27:</b> Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire par diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregados. ....	53
<b>Tabla 28:</b> Correspondencia entre la relación agua/ cemento y la. ....	53
<b>Tabla 29:</b> Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto. ....	54
<b>Tabla 30:</b> Volumen y peso de agregado fino. ....	55
<b>Tabla 31:</b> Corrección de humedad y absorción (Cantidades reales de diseño para 1m <sup>3</sup> de Hormigón). ....	56
<b>Tabla 32:</b> Volumen de elementos a fundir. ....	56
<b>Tabla 33:</b> Pesos para fundición. ....	57
<b>Tabla 34:</b> Datos obtenidos de ensayos. ....	57
<b>Tabla 35:</b> Resistencia a la compresión promedio. ....	57
<b>Tabla 36:</b> Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción. ....	58

<b>Tabla 37:</b> Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire par diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregados. ....	58
<b>Tabla 38:</b> Correspondencia entre la relación agua/ cemento y la resistencia a la compresión del concreto. ....	59
<b>Tabla 39:</b> Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto. ....	60
<b>Tabla 40:</b> Volumen y peso de agregado fino. ....	61
<b>Tabla 41:</b> Corrección de humedad y absorción (Cantidades reales de diseño para 1m <sup>3</sup> de Hormigón).....	62
<b>Tabla 42:</b> Volumen de elementos a fundir. ....	62
<b>Tabla 43:</b> Pesos para fundición. ....	62
<b>Tabla 44:</b> Cantidades a usar para hormigón de 350kg/cm <sup>2</sup> .....	63
<b>Tabla 45:</b> Cantidades a usar para hormigón de 280 kg/cm <sup>2</sup> , 1% Sikament N100....	63
<b>Tabla 46:</b> Cantidades a usar para hormigón de 280 kg/cm <sup>2</sup> , 1,5% Sikament N100	63
<b>Tabla 47:</b> Cantidades a usar para hormigón de 280 kg/cm <sup>2</sup> , 1% Aditec SF 106.....	64
<b>Tabla 48:</b> Cantidades a usar para hormigón de 280 kg/cm <sup>2</sup> , 1,5 % Aditec SF 106..	64
<b>Tabla 49:</b> Resultados de tiempo fraguado hormigón 350kg/cm <sup>2</sup> .....	68
<b>Tabla 50:</b> Resultados de tiempo fraguado hormigón 280kg/cm <sup>2</sup> -1 % .....	68
<b>Tabla 51:</b> Resultados de tiempo fraguado hormigón 280kg/cm <sup>2</sup> -1,5 %.....	69
<b>Tabla 52:</b> Resultados de tiempo fraguado hormigón 280kg/cm <sup>2</sup> -1 % .....	69
<b>Tabla 53:</b> Resultados de tiempo fraguado hormigón 280kg/cm <sup>2</sup> -1,5 %.....	69
<b>Tabla 54:</b> Resultados y análisis de ensayos de asentamiento.....	71
<b>Tabla 55:</b> Resultados a los 7 días .....	73
<b>Tabla 56:</b> Resultados a los 14 días.....	73
<b>Tabla 57:</b> Resultados a los 28 días.....	73
<b>Tabla 58:</b> Módulo de rotura de las vigas a Flexión .....	75
<b>Tabla 59:</b> APU $f_c= 350\text{kg/cm}^2$ .....	77
<b>Tabla 60:</b> APU $f_c= 280\text{kg/cm}^2$ , 1% Aditec.....	78
<b>Tabla 61:</b> APU $f_c= 280\text{kg/cm}^2$ , 1.5% Aditec .....	79
<b>Tabla 62:</b> APU $f_c= 280\text{kg/cm}^2$ , 1% Sika .....	80
<b>Tabla 63:</b> APU $f_c= 280\text{kg/cm}^2$ , 1,5% Sika.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> : Comparación de resistencia según tipo de cemento.....	10
<b>Figura 2</b> : Curva teórica resistencia -relación a/c.....	20
<b>Figura 3</b> : Ensayo de flexión de viga simple con carga en los tercios. ....	27
<b>Figura 4</b> : Curva granulométrica del agregado fino. ....	33
<b>Figura 5</b> : Curva granulométrica corregida del agregado grueso. ....	35
<b>Figura 6</b> : Curva granulométrica del agregado fino. ....	36
<b>Figura 7</b> : Interpolación 350 kg/cm <sup>2</sup> . ....	54
<b>Figura 8</b> : Interpolación 280 kg/cm <sup>2</sup> . ....	59
<b>Figura 9</b> : Elaboración de probetas de hormigón.....	65
<b>Figura 10</b> : Asentamiento mediante el ensayo de Abrahams. ....	66
<b>Figura 11</b> : Curado de las probetas de hormigón. ....	67
<b>Figura 12</b> : Esquema del aparato de Vicat. ....	68
<b>Figura 13</b> : Resistencia a compresión. ....	70
<b>Figura 14</b> : Resistencia a flexión. ....	70
<b>Figura 15</b> : Densidades. ....	71
<b>Figura 16</b> : Asentamientos en el hormigón. ....	72
<b>Figura 17</b> : Resistencia a compresión de cada dosificación a los 28 días .....	74
<b>Figura 18</b> : Resistencia a compresión (350kg/cm <sup>2</sup> – 280 kg/cm <sup>2</sup> con 1 y 1,5 % Sikament N 100).....	74
<b>Figura 19</b> : Resistencia a compresión (350kg/cm <sup>2</sup> – 280 kg/cm <sup>2</sup> con 1 y 1,5 % Aditec SF-106).....	75
<b>Figura 20</b> : Módulo de rotura de las vigas a Flexión.....	75
<b>Figura 21</b> : Ensayo de determinación de material más fino.....	105
<b>Figura 22</b> : Granulometría de árido fino y grueso .....	105
<b>Figura 23</b> : Tamizado de agregado grueso.....	105
<b>Figura 24</b> : Ensayo del peso volumétrico varillado del agregado grueso .....	106
<b>Figura 25</b> : Ensayo de densidad saturada superficialmente seca .....	106
<b>Figura 26</b> : Mezcla de los elementos del hormigón .....	106
<b>Figura 27</b> : Ensayo de Asentamiento del hormigón (Cono de Abraham). ....	107
<b>Figura 28</b> : Elaboración de las probetas de hormigón. ....	107
<b>Figura 29</b> : Elaboración de las vigas de hormigón.....	108
<b>Figura 30</b> : Vaciado y fundición de las probetas de hormigón. ....	108
<b>Figura 31</b> : Curado inicial de los cilindros y vigas de hormigón.....	108
<b>Figura 32</b> : Ensayo de tiempo de fraguado del hormigón.....	109
<b>Figura 33</b> : Curado de especímenes de hormigón. ....	109
<b>Figura 34</b> : Cilindros de hormigón.....	109
<b>Figura 35</b> : Prensa hidráulica para ensayo de compresión y flexión.....	110
<b>Figura 36</b> : Ensayo de compresión de las probetas de hormigón. ....	110
<b>Figura 37</b> : Ensayo de flexión de las vigas de hormigón. ....	111
<b>Figura 38</b> : Mediciones de las fisuras de las vigas de hormigón para el cálculo del módulo de rotura. ....	111

# “OPTIMIZACIÓN DE HORMIGÓN F’C = 350 KG/CM<sup>2</sup> APLICANDO DIFERENTES ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES”

Autores: Cucalón Rosales Ronald Fabricio  
Tomalá Pozo José Manuel  
Tutor: Ing. Richard Iván Ramírez Palma

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consiste en la elaboración de varios diseños de hormigones de resistencia moderada mediante el método ACI-211.1, primeramente se diseñó un hormigón patrón de resistencia a la compresión  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  sin aditivo, luego se desarrollaron 4 dosificaciones de diseño de hormigón de resistencia a la compresión  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  con la adición de aditivos superplastificantes Sika (Sikament – N 100) y Aditec (SF–106) en proporciones de 1 y 1,5 % del peso del cemento y con una reducción de agua en un 30%.

Se elaboraron 06 especímenes por cada dosificación con cemento Holcim tipo GU, ensayados a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días. La metodología aplicada consistió en la determinación de las propiedades físico-mecánicas de los agregados y de las probetas de hormigón resultantes de cada una de las dosificaciones, logrando determinar el asentamiento, la resistencia a la compresión y flexión, como factores principales de estudio.

De los resultados obtenidos de los ensayos a compresión de las probetas a edades de 7, 14 y 28 días, se establece que los diseños de hormigón de resistencias a compresión  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  con la variación de 1 y 1,5% de proporción de aditivo superplastificantes Sikament N.100 y Aditec (SF–106) alcanzaron la resistencia del diseño patrón, pero los diseños con el Aditivo Aditec (SF–106) lograron mayor resistencia a la compresión a los 28 días, el costo de la mezcla del diseño con el aditivo Aditec Sf-106 al 1% es menor que los demás diseños de mezclas de hormigón, estableciendo un balance favorable para el aditivo ofertado por ADITEC ECUATORIANA CIA.

**Palabras Claves:** optimización, método ACI 211.1, dosificación, especímenes, aditivos superplastificantes, resistencia a la compresión.

# “CONCRETE OPTIMIZATION $f'c = 350 \text{ KG/CM}^2$ APPLYING DIFFERENT SUPERPLASTIFYING ADDITIVES”

Authors: Cucalón Rosales Ronald Fabricio

Tomalá Pozo José Manuel

Tutor: Ing. Richard Iván Ramírez Palma

## ABSTRACT

The present research work consists in the elaboration of several designs of moderately resistant concrete using the ACI-211.1 method, First, a concrete pattern of compressive strength  $f'c = 350 \text{ kg / cm}^2$  was designed without additives, then 4 dosages of compressive strength concrete design  $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$  were made with the addition of Sika (Sikament - N 100) and Aditec (SF – 106) superplasticizer additives in proportions of 1 and 1.5% of the cement weight and with a water reduction of 30%.

Six specimens were made for each dosage with GU Holcim cement, tested at compression at the ages of 7, 14 and 28 days. The methodology applied consisted in determination of the physical-mechanical properties of aggregates and of the concrete specimens resulting from each of the dosajes, achieving to determine the settlement, compressive and flexural strength as main factors of study.

From the results obtained from the compression tests of the specimens at ages 7, 14 and 28 days, it is established that the concrete designs of compressive strengths  $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$  with the variation of 1 and 1.5% of the proportion of additive superplasticizers Sikament N.100 and Aditec (SF – 106) reached the strength of the pattern design, but the designs with the Aditec Additive (SF - 106) achieved greater compressive strength after 28 days, the cost of the mix designs with the additive Aditec Sf-106 at 1% is smaller than other concrete mix designs, establishing a favorable balance for the additive offered by ADITEC ECUATORIANA CIA.

**Keywords:** optimization, ACI method 211.1, dosaje, specimens, superplasticizer additives, compressive strength.

# CAPÍTULO I

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Introducción

El hormigón es un material de mayor uso en el área constructiva de todo el mundo, ya que sus características y propiedades lo hacen diferente del resto de materiales, puede ser producido in situ o en planta para luego ser vaciado en obra. Es una mezcla de cemento portland, agregado grueso, agregado fino, agua y aditivos, este último optimiza sus propiedades físico-mecánicas, debiendo cumplir con los requisitos establecidos en las normas de construcción del hormigón en estado fresco y endurecido. (Rivera y Rivera2005).

Las estructuras de hormigón conllevan a abstenerse a un riesgo muy grande cuando son edificaciones de gran envergadura y más aún cuando se las construye de manera informal. Actualmente no todas las construcciones en el Ecuador pueden estar bajo la supervisión de personal técnico especializado. En ese sentido, la construcción informal de edificaciones de hormigón es de muy alto riesgo, como se evidenció en las zonas afectadas por el terremoto de Pedernales 2016.

El empleo de aditivos superplastificantes en la mezcla de hormigón ha desarrollado una serie de nuevas posibilidades, tanto así que consigue un incremento de la resistencia mecánica, pueden evitar presentaciones de fenómenos que perjudiquen las propiedades en el hormigón y proporciona una mejor colocación o vaciado del mismo; es así que el presente proyecto se enfoca en conseguir la dosificación más adecuada para tal objetivo, logrando beneficios tanto mecánicos como económicos, pero para esto se debe ejercer un control estricto de caracterización y calidad de todos los materiales, siguiendo cada una de las normas establecidas.

## **1.2. Antecedentes**

### **1.2.1. Reseña histórica del hormigón**

El origen del hormigón data del año 7000 a.C. desde ese periodo algunas civilizaciones como los persas, babilonios y sumerios construyeron ciudades al borde de los ríos. Para obtener el mortero cocinaban piedra caliza (para obtener la cal). Después, mezclaban con derivados de animales como la yema de huevo y manteca de cerdo. Con el transcurrir del tiempo, los egipcios desarrollaron estas técnicas. Las mezclas que realizaban los egipcios para la elaboración de ladrillos estaban compuestas de materiales como arena, piedra, paja y arcilla del Río Nilo.

Los romanos implementaron novedosos estudios y desarrollaron una nueva combinación de puzolana, ceniza volcánica fina, cal y agua. Este hormigón fue denominado como Opus caementicium, era único y gracias a su composición química podía endurecerse bajo el agua, esto permitía a que los romanos construyeran muelles y puertos. El hormigón es más económico que la piedra y también más ligero. Esto ayudó a que los constructores romanos realizaran edificaciones de diferentes formas, con partes más resistentes y no utilizar gran cantidad de refuerzo. Por ende, más económico, resistente, y fácil de manipular.

El metal ha sido uno de los materiales predilectos para sistemas estructurales de gran envergadura. Sin embargo, con el pasar del tiempo la tecnología del concreto ha evolucionado rápidamente, obteniendo hormigones con aumentos de resistencias. Por tal razón, se ha aumentado su uso en columnas de edificaciones altas donde el hormigón convencional resultaría en secciones transversales de grandes secciones.

El hormigón de resistencia a los esfuerzos de compresión de  $350 \text{ kg/cm}^2$  (34,3 MPa) era considerado de alta resistencia en los años cincuenta; actualmente, dicho valor es considerado normal. En la década siguiente, los países de primer mundo usaban valores de los esfuerzos de compresión de 400 a 500  $\text{kg/cm}^2$  (39,2 a 48,1 MPa), y en los años ochenta se producían hormigones con valores más elevados. Este tipo de hormigón se ha utilizado mayormente

en el sudeste asiático en los últimos años y actualmente en medio oriente. (Cayambe & Pérez, 2013).

Un hormigón cuya resistencia a compresión sea igual o superior a los 50 MPa a los 28 días es definido por el ACI como un hormigón de alta resistencia. Estos se consideran como hormigones de alto desempeño, por su adecuada trabajabilidad y durabilidad. Por otra parte, la NRMCA (National Ready Mixed Concret Association) dice que un hormigón de alto desempeño es aquel que tiene una resistencia a compresión especificada de 6000 psi (40MPa) o más.

### **1.2.2. Reseña histórica de aditivos para hormigón**

El uso de aditivos en hormigones comenzó tiempo después que Joseph Aspdin patentara en Inglaterra un producto que denominó Cemento Portland el 21 de octubre de 1824.

En 1873 se registró la primera adición de cloruro de calcio como aditivo a los hormigones, obteniéndose su patente en 1885. Entre 1875 y 1890 se agregaba el yeso crudo o cloruro de calcio para la fabricación de cemento o durante la preparación del hormigón.

Los aditivos fueron incorporándose en distintas facetas de la construcción, por ende, fueron apareciendo nuevos tipos de aditivos, uno de ellos son los aditivos hidrófugos, también denominados repulsores de agua, los cuales eran utilizados para hormigones que necesitaban una disminución de capacidad de absorción de agua.

A inicios de 1900, se consideró la incorporación de otros tipos de aditivos, como el silicato de sodio y de varios jabones que por sus características tenían la función de impermeabilizar al hormigón, también se empezaron a usar polvos químicos de distintos tipos, cuya función era la de colorear al hormigón para las terminaciones en su aspecto estético. En 1905 se utilizaron los Fluratos y Fluorosilicatos como endurecedores de superficies de las estructuras de dicha época. En 1910 empieza la comercialización de impermeabilizantes, tiempo después los aditivos retardadores y los anticongelantes aparecieron en 1955. (Hernández, 2005).

El uso de los plastificantes, que en la actualidad es uno de los más utilizados en todo el mundo empieza en la década de los 60's, esto por su capacidad de reducir el agua de amasado para obtener hormigones resistentes, durables y económicos. Los superplastificantes aparecieron en la década de los 70 revolucionando la tecnología del hormigón.

Los aditivos pueden ser utilizados en estado sólido o líquido, comúnmente se utilizan en estado líquido gracias a su rápida dispersión y uniformidad durante el amasado del hormigón. Los aditivos se clasifican según su función en aireantes, modificadores de tiempo de fraguado, reductores de la retracción, reductores de agua y superplastificantes. Estos productos son adicionados durante el amasado del hormigón, no superando en cantidad del 5% de la masa del cemento. Esto para modificar las propiedades y características de la mezcla de hormigón fresco como el endurecido.

Los aditivos superplastificantes o reductores de agua de alto rango mejoran la cohesión y reología del hormigón sin incorporar aire en su masa y reduce la relación agua/cemento en un 40% para una misma trabajabilidad, a diferencia de los aditivos reductores de agua que se sitúa en un 15% como capacidad máxima de reducción. Este tipo de aditivo son polielectrolitos orgánicos, perteneciente a la categoría de los dispersantes poliméricos de alto peso molecular. (Cayambe & Pérez, 2013)

A partir de los años 40 los aditivos superplastificantes usados eran los lignosulfonatos modificados, resultado de la degradación de la lignina de la celulosa del papel. Con mayor peso molecular mayor capacidad reductora de agua en estos aditivos. Los aditivos derivados de melanina (SMF) y naftaleno (SNF) se desarrollaron en los años 60 los aditivos superplastificantes basados en polímeros sintéticos se desarrollaron a finales de los años 90, cuya formulación se basa en policarboxilatos (PCs), cuya síntesis es proveniente de la polimerización de derivados del ácido acrílico ( $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{COOH}$ ) o el metacrilato ( $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$ ).

Actualmente, se utilizan uno o dos aditivos para la realización del hormigón. En Canadá los aditivos químicos son agregados al 88% del hormigón vaciado, al 85% en Australia y el 71% en Estados Unidos.

### **1.3. Planteamiento del problema**

El empleo de aditivos en las mezclas de hormigón es cada vez más habitual, debido a que el hormigón con aditivo obtiene mejores propiedades mecánicas que el hormigón convencional y a su vez es un método económico de alcanzar dichas propiedades. Los aditivos superplastificantes logran que el hormigón obtenga alta resistencia inicial, el cual es un beneficio para cualquier tipo de construcción.

La elaboración de mezclas de hormigón de alta resistencia conlleva a elevar el presupuesto de cualquier obra civil debido a la adición de aditivos superplastificantes, ya que incorporan adiciones químicas y minerales, por lo que tienen un comportamiento superior al de los hormigones convencionales.

El estudio de los aditivos superplastificantes es cada vez más frecuente debido a que en el mercado existen gran variedad de productos ofertados por diferentes empresas. Sin embargo, se desconoce cuál marca de aditivo que circulan en el mercado otorga mejores propiedades mecánicas en el hormigón o en el caso de obtener las mismas propiedades mecánicas cuál de estos aditivos crea un hormigón de mejor resistencia y más económico.

Cabe mencionar que en la elaboración de un hormigón de alta resistencia se pueden obtener las mismas propiedades mecánicas disminuyendo su costo, para ello se efectuaran los diferentes ensayos y pruebas con diferentes marcas de aditivos superplastificantes planteadas en este estudio.

### **1.4. Justificación**

El Ecuador está ubicado en una zona de alto riesgo sísmico, por ello se necesitan hormigones con mejores resistencias, menores secciones y a menores costos. Por ende, para la elaboración de estos tipos de hormigones se utilizan los aditivos superplastificantes o también reductores de agua de alto rango. Estos se comercializan en gran variedad en el país y de los cuales no hay información disponible que mencionen cuál de ellos es el más idóneo para la elaboración de un hormigón de alta resistencia más económico.

Este trabajo consistirá en analizar los resultados que se obtendrán al realizar los ensayos de trabajabilidad, resistencia a flexión y compresión de muestras de hormigón con adición de diferentes aditivos superplastificantes, a fin de tener un mejor criterio al momento de elegir un aditivo, esto beneficiará tanto al constructor como al beneficiario de la obra, debido a que los aditivos superplastificantes varían las propiedades del hormigón fresco y endurecido.

Los resultados del análisis beneficiarán tanto a estudiantes universitarios como de aquellas personas que se encuentren dentro del ámbito constructivo, ya que encontrarán en éste información relevante de hormigones elaborados con adición de aditivos superplastificantes en proporciones recomendadas.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

- Optimizar el diseño de un hormigón de resistencia a la compresión  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  mediante la adición de diferentes aditivos superplastificantes para establecer un presupuesto factible de  $1 \text{ m}^3$  hormigón.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Caracterización de los componentes a utilizar en la elaboración del hormigón tales como agregado fino, agregado grueso, agua y aditivo Superplastificante.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón fresco.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón endurecido.
- Realizar una comparación de costos por  $\text{m}^3$  entre los presupuestos de cada mezcla de hormigón con aditivos.

## **1.6. Alcance**

Este estudio mostrará un análisis comparativo de aditivos superplastificantes para concreto, de manera que nos permita determinar la optimización del hormigón con cada uno de los superplastificantes. Además, se pone énfasis

al tema de aditivos, por lo que se describirán sus características, propiedades y especificaciones.

La finalidad de este trabajo es detallar las características, costos y propiedades mecánicas que alcanzará el hormigón con aditivos de diferentes marcas mediante los resultados de los ensayos a realizar en cada muestra. Este estudio también servirá para verificar cuál de los aditivos superplastificantes que se utilizarán será el más recomendable.

## **1.7. Hipótesis y variable**

### **1.7.1. Hipótesis**

Demostrar que un diseño de hormigón de resistencia a la compresión específica a los 28 días se optimizará mediante la adición de aditivos superplastificantes.

### **1.7.2. Variables**

#### **1.7.2.1. Independientes**

- Dosificación de un hormigón patrón de resistencia a la compresión  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días.
- Tipo de cemento a emplear tipo GU.
- Agregado grueso de caliza (tamaño máximo 3/4")
- Agregado fino de arena negra gruesa.

#### **1.7.2.2. Dependientes**

- Dosificación de tres diferentes Aditivos Superplastificante.
- Propiedades físicas y mecánicas del hormigón fresco.
- Propiedades físicas y mecánicas del hormigón endurecido.
- Resistencia a la compresión y de flexión del hormigón.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1 Materiales empleados en la fabricación del hormigón

El hormigón es el principal material e indispensable en la rama de la construcción, su elaboración se lleva a cabo mediante la mezcla de los siguientes materiales: cemento, agregado grueso (piedra), agregado fino (arena), agua y aditivos. La adición de aditivos en el hormigón modifica y mejora algunas de sus propiedades mecánicas.

##### 2.1.1 Cemento

Según Ramón (2014) el cemento es un conglomerante hidráulico, es un material artificial de naturaleza inorgánica y minera conformado por la mezcla de clinker y yeso, que finalmente molidos y convenientemente amasados con agua forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire libre como debajo del agua.

El crecimiento en el consumo de cemento está directamente relacionado con el aumento de la población mundial y con el desarrollo de los países mediante las obras de ingeniería civil, e infraestructura, se puede pensar que al menos a corto plazo el concreto y el mortero seguirán siendo los medios más baratos de construir y su consumo no cesará de aumentar proporcionalmente al crecimiento de la población y al desarrollo, con lo que el cemento que es el componente activo de ellos también lo hará.

#### Composición química del cemento

El cemento Portland está constituido principalmente por silicatos y aluminatos de calcio, compuestos formados por la asociación química de diferentes óxidos, tales como; el óxido de calcio ( $\text{Ca O}$ ), dióxido de silicio ( $\text{Si O}_2$ ), óxido de aluminio ( $\text{Al}_2 \text{O}_3$ ) y el óxido de hierro ( $\text{Fe}_2 \text{O}_3$ ).

Son cuatro los compuestos resultantes del proceso de fusión química en el horno.

A continuación, se detallará sus nombres, fórmulas químicas y abreviaciones comunes.

**Tabla 1:** Composición química del cemento Portland.

Nombre	Fórmula Química	Abreviación Común
Silicato tricálcico	$3 \text{ Ca O} \cdot \text{Si O}_2$	$\text{C}_3 \text{ S}$
Silicato di cálcico	$2 \text{ Ca O} \cdot \text{Si O}_2$	$\text{C}_2 \text{ S}$
Aluminato tricálcico	$3 \text{ Ca O} \cdot \text{Al}_2 \text{ O}_3$	$\text{C}_3 \text{ A}$
Aluminoferrito tetracálcico	$4 \text{ Ca O} \cdot \text{Al}_2 \text{ O}_3 \cdot \text{Fe}_2 \text{ O}_3$	$\text{C}_4 \text{ AF}$

Fuente: Rosdy Lee

### Clasificación del cemento

Varios investigadores clasifican a los cementos en: cementos naturales, cementos Portland y cementos aluminosos. El cemento Holcim Rocafuerte, Tipo GU es el más utilizado, es un cemento hidráulico para construcciones en general, que cumple con la Norma NTE INEN 2380:2011 equivalente a la Norma ASTM-C1157, como se describe en el folleto anexo No. 1 de Holcim – GU.

Las normativas NTE INEN, con referencia a su equivalente en las normas ASTM, tienen como más destacadas las siguientes clasificaciones para el cemento:

Puros (NTE INEN 152/ASTM C150):

- Tipo I: Uso común.
- Tipo II: Moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Elevada resistencia inicial.
- Tipo IV: Bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Alta resistencia a la acción de los sulfatos.
- Tipo IA, IIA, IIIA: Incorporadores de aire.

Por Desempeño (NTE INEN 2380/ASTM C1157)

- Tipo GU: Uso general.
- Tipo HE: Elevada resistencia inicial.

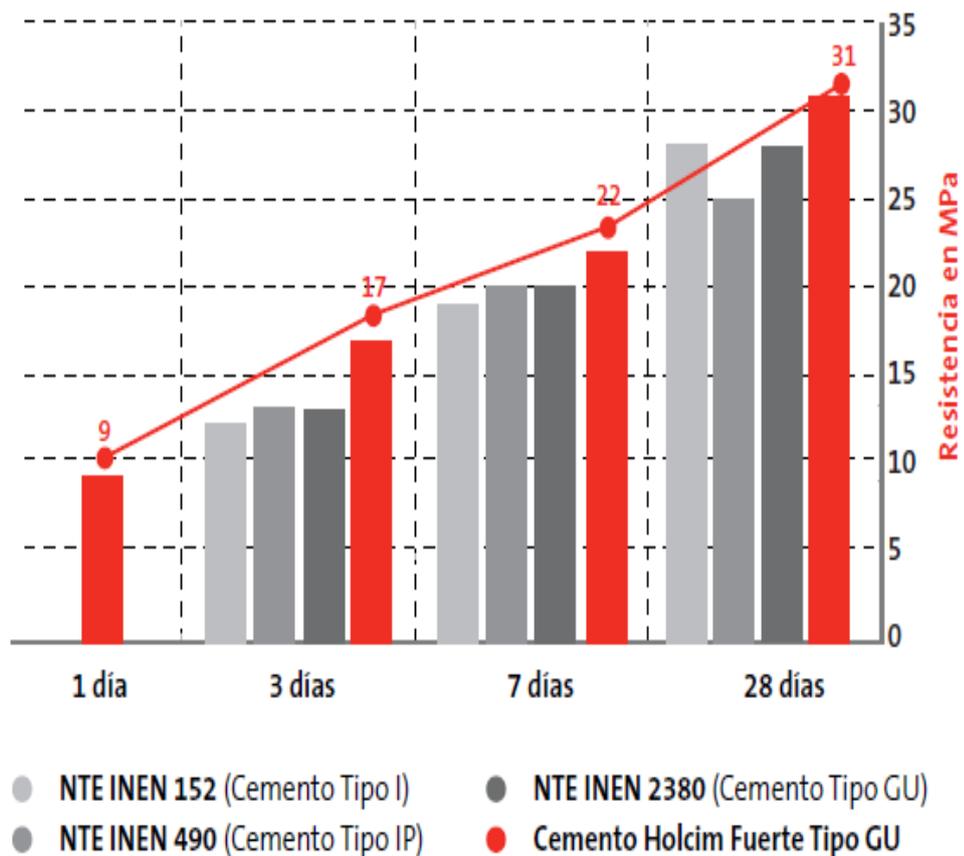
- MS: Moderada resistencia a los sulfatos.
- HS: Alta resistencia a los sulfatos.
- MH: Moderado calor de hidratación.
- LH: Bajo calor de hidratación.

Compuesto (NTE INEN 490/ASTM C595)

- IS: Pórtland con escoria de altos hornos.
- IP: Pórtland puzolánico.
- P: Pórtland puzolánico (cuando no se requiere resistencias iniciales altas).
- I (PM): Pórtland puzolánico modificado.
- I (SM): Pórtland con escoria modificado.
- S: Cemento de escoria

### Comparativo de resistencia

Figura 1 : Comparación de resistencia según tipo de cemento.



Fuente: Holcim Ecuador S.A.

## **Agregados en el hormigón**

Se define como materiales granulares tales como: arena, grava, piedra triturada o escoria de altos hornos de hierro (NTE INEN 1762). Los agregados son la fase discontinua del hormigón, la calidad del agregado es importante desde que aproximadamente  $\frac{3}{4}$  partes del volumen de concreto es ocupada por éste.

Los agregados que se utilizan en la preparación de los hormigones hidráulicos son: áridos gruesos y áridos finos y estos deben ser: partículas limpias, duras, resistentes, durables y libres de productos químicos, revestimiento de arcilla u otros materiales finos en cantidades que puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Los agregados (finos y gruesos) ocupan entre el 65 - 75% del volumen del hormigón, y proporcionalmente entre el 75 - 90%, en peso. Los agregados también son responsables de las variaciones en las propiedades que el hormigón desarrolle tanto en su estado fresco, como endurecido.

“En caso de mezclas de áridos fino y grueso, el árido se separa en dos fracciones, con el tamiz INEN 4.75 mm, así, los áridos retenidos en el tamiz INEN 4.75 mm (No. 4) se consideran áridos gruesos y el material pasante árido fino (arena)” (0872, NTE - INEN, 2011).

### **2.1.2 Agregados gruesos (Propiedades)**

Las principales propiedades que deben cumplir los agregados gruesos son: granulometría, forma de la partícula, textura, propiedades físicas y mecánicas como el peso volumétrico, peso específico, absorción, resistencia a la abrasión y las características térmicas.

#### **Granulometría**

El árido grueso puede consistir en “grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de alto horno enfriada por aire o una mezcla de éstas” (INEN N. 2011) y (ASTM C33, 2001) y que su granulometría según la Norma INEN 696 debe estar comprendida dentro de los límites de la tabla 2 (ASTM C33, 2001).

**Tabla 2: Requisitos de gradación del árido grueso.**

TAMIZ INEN (aberturas cuadradas) (mm)	PORCENTAJE EN MASA QUE DEBE PASAR POR LOS TAMICES INEN PARA SER CONSIDERADO COMO ARIDO GRUESO DE GRADO									
	90-37,5 mm	63-37,5 mm	53-4,75 mm	37,5-4,75 mm	26,5-4,75 mm	19-4,75 mm	13,2-4,75 mm	9,5-2,36 mm	53-26,5 mm	37,5-19 mm
106	100									
90	90 - 100									
75		100								
63	25 - 60	90 - 100	100						100	
53		35 - 70	95 - 100	100					90 - 100	100
37,5	0 - 15	0 - 15		95 - 100	100				35 - 70	90 - 100
26,5			35 - 70		95 - 100	100			0 - 15	20 - 55
19	0 - 5	0 - 5		35 - 70		90 - 100	100			0 - 15
13,2			10 - 30		25 - 60		90 - 100	100	0 - 5	
9,5				10 - 30		20 - 55	40 - 70	85 - 100		0 - 5
4,75			0 - 5	0 - 5	0 - 10	0 - 10	0 - 15	10 - 30		
2,36					0 - 5	0 - 5	0 - 5	0 - 10		
1,18								0 - 5		

Fuente: NTE INEN 0872 (2011)

### Módulo de finura

El módulo de finura del agregado grueso o del agregado fino, es un índice de la finura del agregado, entre mayor es el módulo de finura el agregado es más grueso y este valor se obtiene, sumando los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie especificada de mallas y dividiendo la suma entre 100. (0872, NTE - INEN, 2011).

### FORMA DE LA PARTÍCULA

La forma de las partículas de los agregados gruesos durante la trituración debe de ser casi cúbicas en vez de planas y alargadas (ACI 211.1). Cuando se emplea canto rodado, se obtendrá un hormigón más dócil que cuando se usa agregado triturado, ya que éstos poseen formas angulosas y caras más rugosas; asimismo, para una misma consistencia se necesitará menos agua cuando utilizamos agregado redondeado (Argentino, Instituto del Cemento Portland). La demanda de agua se incrementa además cuando hay presencia de partículas lajosas y/o elongadas (ACI 211.1). Es decir que la forma de los agregados afecta la resistencia y la durabilidad del concreto, además que la durabilidad está asociada a un contenido bajo de agua y es por esta razón que los agregados angulares, aplanados y alargados afectan negativamente

la durabilidad del concreto ya que incrementa la demanda de agua (ACI 211.1).

### Textura

La textura de los agregados tiene que ver con su estado de pulimento, incidiendo directamente en la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento, así como también influye en las condiciones de fluidez del hormigón cuando este se encuentra en estado plástico (ACI 211.1).

### Impureza

El concreto que estará expuesto a períodos prolongados de humedad, o contacto con el suelo húmedo no deberá contener ningún material que sea perjudicialmente reactivo con los álcalis del cemento en una cantidad suficiente que provoque la expansión excesiva de mortero u hormigón (ASTM C33, 2001).

**Tabla 3:** Límites para las sustancias perjudiciales en el árido grueso para el hormigón.

SUSTANCIA PERJUDICIAL	PORCENTAJE MÁXIMO EN MASA	METODO DE ENSAYO
Terrones de arcilla y partículas desmenuzables.		
a) Para hormigón sometido a abrasión	5	INEN 698
b) Para cualquier otro hormigón	10	
Material más fino que el tamiz INEN 75 µm:		
a) Para hormigón sometido a abrasión	1	INEN 697
b) Para cualquier otro hormigón	1	
Partículas livianas (carbón y lignito):		
a) Para hormigón sometido a abrasión	0,5	INEN 699
b) Para cualquier otro hormigón	1	
Resistencia a la abrasión:		
a) Para hormigón sometido a abrasión	50	INEN 860
b) Para cualquier otro hormigón	50	INEN 861
Resistencia a la disgregación (Pérdida de masa después de 5 ciclos de inmersión y secado)		
a) Si se utiliza sulfato de magnesio	18	
b) Si se utiliza sulfato de sodio	12	INEN 693

Fuente: (0872. NTE – INEN. 2011)

En los agregados gruesos se deben determinar las propiedades físicas tales como: humedad, peso volumétrico, peso específico, absorción y entre las propiedades mecánicas, la resistencia a la abrasión y características térmicas.

### **Contenido de humedad**

El contenido de humedad del árido se determina en base a la siguiente expresión:

$$\%W = \frac{100 (B - A)}{A}$$

En donde:

- %W = Contenido de humedad del árido en %.
- B = Masa de la muestra húmeda en gr.
- A = Masa de la muestra seca al horno en gr.

Este método de ensayo sirve para determinar el porcentaje de humedad evaporable por secado en una muestra de áridos, tanto el correspondiente a la humedad superficial, como la humedad contenida en los poros del árido. (NTE INEN 862, 2011).

### **Densidad aparente suelta y compactada.**

Es la “relación entre el peso de una determinada cantidad de este material y el volumen ocupado por el mismo; considerando como volumen al que ocupan las partículas del agregado y sus correspondientes espacios ínter granulares” (ASTM, Norma ASTM C-29: Peso volumétrico).

El procedimiento que establece la Norma NTE INEN 858;2011 para determinar la densidad aparente de los agregados sea suelta o compactada.

Este método es frecuentemente utilizado para determinar la masa unitaria (peso volumétrico) del árido, en condición compactada o suelta y calcular los vacíos entre las partículas en los áridos: fino, grueso o en una mezcla de ellos, basándose en la misma determinación. (NTE INEN 858, 2011).

## **Densidad y absorción**

**Densidad.** - La densidad se define como la relación existente entre la masa en estado SSS, y el volumen de los agregados. Esta propiedad es fundamental, ya que con este valor se realiza la dosificación y se puede determinar la cantidad de agregado de la mezcla de hormigón. Para tomar una muestra del agregado en estado (SSS) se debe seguir el procedimiento descrito en la norma ASTM-C 2566H.

Tomadas las muestras del agregado fino se realiza el procedimiento descrito en la norma INEN 856 (ASTM C-128), para el agregado grueso la norma INEN 857 (ASTM C-128).

**Absorción.** - “Se define como el incremento de la masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un determinado período de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca.”

El ensayo para muestra de árido fino se describe en la norma NTE INEN 856 y ASTM C-128 y para árido grueso en la norma NTE INEN 857 y ASTM C-128. Se deja sumergida la muestra por 24 horas, se seca hasta dejarla en estado saturado superficie seca, cuando se logra esta condición (SSS) se la pesa y se lleva al horno por 24 horas a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La diferencia de pesos entre saturada superficie seca y seca al horno expresada en porcentaje se denomina como porcentaje de absorción.

## **Resistencia a la abrasión**

Mide la resistencia de los agregados gruesos en la máquina de los Ángeles y el valor resultante es un porcentaje que sirve como índice de calidad del agregado y da una clara respuesta de la durabilidad y la resistencia que tendrá el concreto (ASTM, ASTM C 131, 83) (INEN, NTE - INEN 860).

El porcentaje máximo de pérdida en peso del agregado sujeto a la prueba de los Ángeles, se limita al 50% para grava, grava triturada o roca triturada (ASTM, ASTM C 131, 83) (INEN, NTE - INEN 860).

## Características térmicas.

Existe un procedimiento a seguirse para calificar la durabilidad de los agregados a las acciones de la intemperie y es mediante la determinación de la resistencia a la desegregación de los agregados a soluciones saturadas de sulfato de sodio o magnesio (AASHTO - T -104 - 77).

Un material granular es más resistente a las acciones de la intemperie dependiendo del grado de porosidad, permeabilidad y estructura de los poros del árido (ACI, Comité ACI: Guía para la durabilidad del hormigón ACI 201.2R, 2001).

La resistencia de los agregados gruesos y finos a la desintegración a soluciones saturadas de sulfato de sodio o magnesio debe ser menor del 12% (INEN, Norma INEN 863).

### 2.1.3 Agregados finos (Propiedades)

Según NTE INEN 694:2010 el agregado fino es un árido que pasan por el tamiz de 4,75 mm (No.4) y es retenido en el tamiz de 75  $\mu$ m (No.200). Las propiedades principales de este agregado son granulometría y módulo de finura.

### Granulometría

La granulometría de agregado fino debe estar comprendida dentro de los límites especificados en la tabla.

**Tabla 4:** *Requisitos de gradación del árido fino.*

TAMIZ INEN	PORCENTAJE QUE PASA
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 $\mu$ m	25 a 60
300 $\mu$ m	10 a 30
150 $\mu$ m	2 a 10

Fuente: NTE INEN 0872

## Módulo de finura

Es sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en las mallas: Numero (4, 8, 16, 30, 50 y 100) y dividiendo el total entre cien (NTE INEN 0696).

Clasificación de las arenas en función del módulo de finura.

- Arenas finas: Módulo de finura entre 0.5 y 1.5
- Arenas medias: Módulo de finura entre 1.5 y 2.5
- Arenas gruesas: Módulo de finura entre 2.5 y 3.5

El módulo de finura de la arena no debe ser menor de 2.3 ni exceder de 3.1 (MTOPI, 2002)

Las sustancias perjudiciales en el árido fino no debe excederse en las especificaciones de la tabla. NTE INEN 0872

**Tabla 5:** Límites para las sustancias perjudiciales en el agregado fino para hormigón.

SUSTANCIA PERJUDICIAL	PORCENTAJE MÁXIMO EN MASA	METODO DE ENSAYO
Material más fino que el tamiz INEN 75 µm (ver nota 1):		
a) Para hormigón a abrasión.	3	INEN 697
b) Para cualquier otro hormigón.	5	
Terrones de arcilla y partículas desmenuzables.	3	INEN 698
Partículas livianas (carbón y lignito)		
a) Cuando la apariencia superficial del hormigón es de importancia.	0,5	INEN 699
b) Para cualquier otro hormigón.	1,0	
Cloruros como Cl		
a) Para hormigón simple.	1	INEN 865
b) Para hormigón armado.	0,4	
c) Para hormigón preesforzado.	0,1	
Sulfatos, como SO <sub>4</sub>	0,6	INEN 865
Partículas en suspensión después de 1h de sedimentación.	3	INEN 864

Fuente: NTE INEN 0872

### 2.1.4 Agua

La norma ASTM 1602 especifica que la calidad del agua es importante para la elaboración del hormigón y para el curado del mismo, es recomendable la utilización de agua de la misma fuente o similares para no alterar las propiedades del hormigón.

El agua es uno de los componentes importantes del hormigón, por eso deberá estar limpia sin componentes perjudiciales como: aceites, ácidos, sales. Estas originarían reacciones químicas que varía el comportamiento de la pasta de cemento. El agua potable es la adecuada para la elaboración del concreto.

Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto (Pasquel, 1998).

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2617:2012, especifica los requerimientos para el uso de agua de mezclado para la preparación de hormigón hidráulico. Esta normativa especifica el uso del agua potable como agua de mezcla del hormigón y el uso de agua de mezcla que este compuesta total o parcialmente por fuentes de agua no potable, que cumpla con los límites opcionales del agua especificados en siguiente tabla.

**Tabla 6:** Límites químicos opcionales del agua combinada para la mezcla.

MÁXIMA CONCENTRACIÓN	LÍMITES	NORMAS APLICABLES
A. Cloruro como Cl, ppm		
1. Para hormigón pretensado, losas de puentes u otras designaciones.	500 <sup>c</sup>	NTE INEN 160
2. Otros hormigones reforzados en ambientes húmedos o conteniendo aluminio embebido u otros metales o con encofrados de metal galvanizado que permanecerán en el sitio.	1000 <sup>c</sup>	NTE INEN 160
B. Sulfato como $SO_4$ , ppm	3000	NTE INEN 160
C. Alcalis como ( $Na_2O + 0.658 K_2O$ ), ppm	600	NTE INEN 160
D. Total, de sólidos en masa, ppm	50000	ASTM C 1603

Fuente: NTE INEN 2617

### 2.1.5 Aditivo

Es un componente utilizado para la elaboración del hormigón, puede ser incorporado antes o durante la preparación de la mezcla, con el fin de modificar sus propiedades físicas. Comúnmente su dosificación corresponde 5% del peso del cemento.

#### Clasificación

La siguiente tabla muestra los diferentes tipos de aditivos químicos que cumplen con las normas ASTM C494 y la norma ASTM C494M-05.

**Tabla 7:** *Tipos de aditivos químicos*

TIPO	ADITIVO
A	Reductor de agua
B	Retardador de fraguado
C	Acelerador de fraguado
D	Reductor de agua y retardador
E	Reductor de agua y acelerador
F	Reductor de agua de alto rango
G	Reductor de agua de alto rango y retardador
S	Comportamiento específico

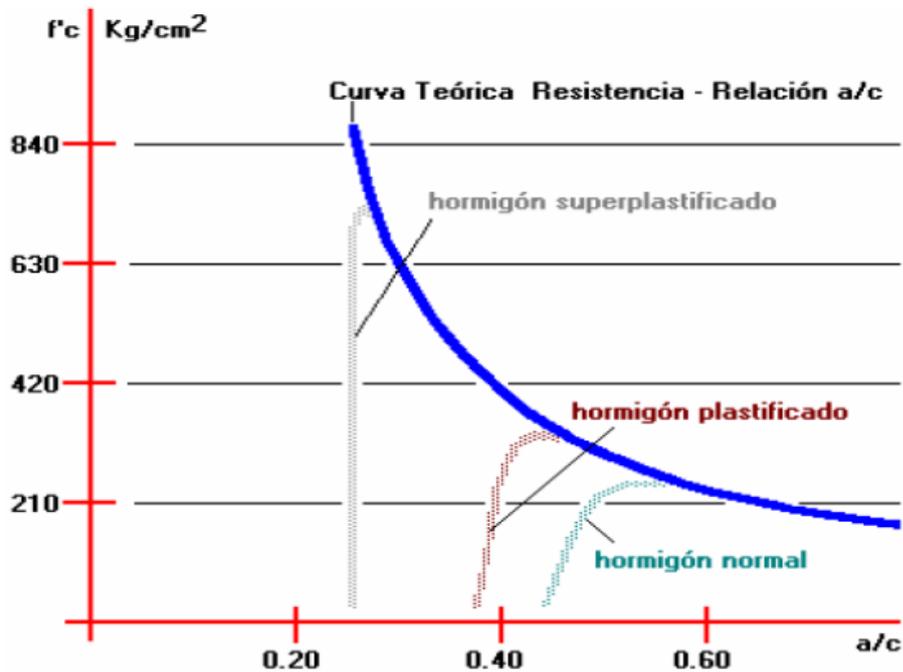
Fuente: *ASTM-C-494*

#### 2.1.5.1 Aditivos superplastificantes

También denominados reductores de agua de alto rango son ideales para la elaboración de hormigones de mediana resistencias ( $350 \text{ kg/cm}^2 - 420 \text{ kg/cm}^2$ ) y hormigones de alta resistencias ( $> 420 \text{ kg/cm}^2$ ). Estos tipos de aditivos permiten el incremento de la resistencia en todas las edades, reducen la cantidad de agua entre un 20 y 25% del contenido total de agua. Proaño Romo Marcelo menciona que los aditivos superplastificantes, logran convertir

un hormigón normal en un hormigón fluido sin necesitar vibrado, obteniendo valores de  $a/c$  de 0.30.

**Figura 2:** Curva teórica resistencia -relación  $a/c$ .



Fuente: Marcelo Romo.

Portugal (2007), especifica que los aditivos reductores de agua de alto rango pueden ser utilizados para tres funciones principales:

### **Mejorar la trabajabilidad (Función superplastificante)**

Teniendo una mezcla de hormigón con un asentamiento, relación agua/cemento ( $a/c$ ) y cantidad de cemento establecido, el aditivo se usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla, sin modificar otra característica del diseño, dependiendo de una correcta dosis y del tipo de aditivo, así mediante la prueba de cono de Abrams se obtendrá un incremento considerable del asentamiento.

### **Incrementar la resistencia (Función reductor de agua)**

Teniendo una mezcla de hormigón con un asentamiento y cantidad de cemento establecido, el aditivo se utiliza para hallar la cantidad de agua + aditivo que producirá el asentamiento o slump requerido; dependiendo de la dosis y el tipo de aditivo la reducción de agua logra llegar hasta el orden del

40%, con el aumento de resistencia dada la menor relación agua/cemento, esta función es utilizada para elaborar hormigones de alta resistencia.

### **Reducir cantidad de cemento.**

Teniendo una mezcla de hormigón con a/c, asentamiento y cantidad de cemento establecido, el aditivo se utiliza para reducir la cantidad de agua, manteniendo constante la relación a/c, con la consiguiente disminución de la cantidad de cemento; esta función ha sido muy utilizada, pero no es muy recomendada utilizarla para la reducción máxima de la cantidad de cemento por la disminución de la durabilidad del hormigón; si bien se logra ahorros hasta el 30% del contenido del cemento, en un análisis de costos puede ser antieconómico por el uso elevado de aditivo.

### **Aditivos utilizados**

#### **Aditec SF-106**

Es un Aditivo superplastificante o reductor de agua de alto rango, líquido de color pardo, no contiene cloruros, cuya densidad ( $\text{g/cm}^3$ ):  $1.18 \pm 0.02$  y cumple con los requerimientos establecidos en la norma ASTM C-494 tipo F.

Ingrediente peligroso: sal de polifosfato de sodio entre un 78-92%.

La dosificación de este aditivo se encuentra en el rango de 0.93% al 1.87% del peso de cemento (de 400cc a 800cc por cada saco de cemento de 50kg). (Aditec, 2015)

#### **Sikament – N 100**

Es un aditivo líquido superplastificante, reductor de agua de alto poder, color café, no contiene cloruros, compuesto por resinas sintéticas. Cumple la norma ASTM C-494, ASTM-1017 y NTC 1299 como aditivo tipo A y F. Densidad :1,22 Kilogramo por litro aproximadamente.

Componente peligroso: 5-cloro-2-metil-2H-isotiazol-3-ona (nombre químico), concentración 2,5-10 %.

Como reductor de agua de alto poder: permite reducir hasta un 30% de agua de mezclado, se adiciona en la última porción del agua de mezclado,

obteniéndose la misma manejabilidad inicial y se consigue un aumento de resistencia a todas las edades.

La dosificación de este aditivo como reductor de agua de alto poder se encuentra en el rango de 1% al 2,0% del peso de cemento.

## **2.2 Propiedades del hormigón en estado fresco**

Las principales propiedades del hormigón en estado fresco son: consistencia, docilidad y homogeneidad.

El tamaño de los agregados, la cantidad de agua empleada en la mezcla, el aditivo utilizado y el correcto amasado influyen en determinar la capacidad máxima o mínima de deformación que tiene la masa del hormigón en estado fresco.

La consistencia es el parámetro primordial que se debe tener en cuenta en el diseño y elaboración del hormigón, mediante este parámetro se puede determinar directa o indirectamente, la cantidad de agua de mezclado. La consistencia del hormigón se puede determinar por diferentes métodos, pero el más común es la medida del asentamiento con el cono de Abrams.

### **Asentamiento**

En general, es cero; sin embargo, se han usado valores en el rango de 20 a 50 mm. La prueba del revenimiento – que se puede realizar de acuerdo con la ASTM C-143 no es una prueba que se considera para fines de control de calidad, como en el caso del concreto convencional, sólo se considera como un valor de referencia, debido principalmente a que la mezcla es demasiado rígida y la medición del revenimiento en la mayoría de casos no es aplicable (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C., 2010).

La norma NTE INEN 1578:2010, indica cómo se realiza el muestreo del hormigón fresco.

### **Exudación del agua de amasado**

El hormigón está compuesto por materiales de diferente densidad real, por ello se produce la decantación de los de mayor peso unitario, que son los sólidos, y el ascenso del más liviano, que es el agua.

Este proceso induce una serie de efectos internos y externos en el hormigón: La capa superficial del hormigón contiene una mayor cantidad de agua que el resto de la masa. Ello significa un aumento de la razón agua / cemento, por ello la resistencia para mencionada capa será menor.

### **Variación de volumen**

El correcto amasado del hormigón debe llevarse a cabo en un ambiente saturado de humedad, o por el contrario se efectúa el fenómeno de evaporación en el hormigón, lo cual produce un secado progresivo desde la superficie externa hacia el interior.

### **Trabajabilidad**

Esta propiedad es sustancial para lograr el manejo fácil del transporte, colocado y compactado del hormigón sin producir segregación.

## **2.3 Propiedades del hormigón endurecido**

### **Densidad**

Se define la densidad o masa específica del hormigón como la masa sobre unidad de volumen, esto depende de varios factores como la naturaleza de los áridos, su granulometría y el método de compactación utilizado. Se utiliza para cálculos de diseños de mezclas y control.

La densidad del hormigón varía entre los 2300 kg/m<sup>3</sup> para hormigones en masa y de 2400kg/m<sup>3</sup> para hormigones armados.

Densidad de hormigones:

- Ligeros: varía entre los 200 y 1500 kg/m<sup>3</sup>
- Ordinarios: varía entre los 2000 y 2600 kg/m<sup>3</sup>
- Pesados: llega a los 4000 kg/m<sup>3</sup>

### **Compacidad**

La compacidad está ligada con la densidad, ya que depende de los mismos factores, especialmente del método de compactación a emplearse. La compactación tiene como finalidad introducir, la mayor cantidad de hormigón

en un volumen determinado para tratar de eliminar por completo las burbujas de aire y así obtener mejores resistencias físicas, mecánicas y químicas.

### **Permeabilidad**

Es la facilidad que posee el hormigón a ser travesado por un fluido (líquido o gas), esto debido a la porosidad que presenta la pasta hidratada, los áridos o una inadecuada compactación.

El agua puede atravesar el hormigón de dos maneras: por presión o por capilaridad. El factor más influyente en la permeabilidad es la relación agua/cemento ( $a/c$ ), ya que esta varía su capilaridad. Al disminuir esta, se obtendrá un hormigón con menor permeabilidad.

### **Retracción**

El ACI define al fenómeno de retracción como una “disminución en el volumen del hormigón con el tiempo. Esto debido a las variaciones en el contenido de humedad y cambios físicos-químicos en el hormigón, los cuales ocurren sin la presencia de esfuerzos atribuibles a acciones externas del hormigón”.

#### **Tipos de retracción.**

##### **Retracción plástica.**

“La retracción plástica origina un cambio volumétrico (en 1% del volumen total del cemento seco) en la pasta de cemento. Esta es agravada por la evaporación del agua, originando agrietamientos superficiales” (chiluisa, 2014, pág. 15)

##### **Retracción química o autógena.**

La retracción autógena es originada por cambios volumétricos (retracciones y dilataciones) en el hormigón endurecido, también puede presentarse cuando se efectúa un curado continuo, o cuando no se permite la circulación de humedad hacia dentro o hacia afuera. (chiluisa, 2014, pág. 15)

##### **Retracción por secado.**

“Se origina por la pérdida del agua en los poros y capilares en el hormigón.”  
(chiluisa, 2014, pág. 15)

## **Resistencia a la compresión.**

Es la medida máxima de carga axial que puede resistir una unidad de área. Esta medida de resistencia se expresa en Kg/cm<sup>2</sup> y Megapascal (MPa) en el Sistema internacional de Medidas (SI), es una propiedad mecánica más importante del hormigón en estado endurecido y es un parámetro de gran importancia para garantizar que el hormigón elaborado cumpla con las especificaciones y controles de calidad.

La resistencia a compresión del hormigón se determina mediante ensayos de probetas normalizadas generalmente a los 28 días, la norma NTE INEN 1573:2010, menciona el procedimiento para la determinación de la resistencia del hormigón endurecido.

## **Durabilidad**

Es la capacidad que tiene el hormigón en estado endurecido de resistir el deterioro, a causa de los ataques de los agentes físicos y químicos, los cuales pueden agredir al hormigón ya sea en la parte superficial o interna del mismo.

## **Módulo de elasticidad**

“El módulo de Elasticidad ( $E_c$ ) también denominado módulo de Young es la pendiente de la curva en el rango de comportamiento lineal” (Romo Proaño, 2008).

Para el cálculo del módulo de elasticidad del hormigón se utiliza la siguiente ecuación.

$$E_c = \frac{\sigma_c}{\epsilon_c}$$

Para diferentes resistencias a la compresión de los hormigones el módulo de Young varía y su valor incrementa cuando la resistencia del hormigón es mayor. El América Concrete Instituto [ACI 318S-08 8.5.1] propone la siguiente ecuación. (Romo Proaño, 2008)

$$E_c = 1500\sqrt{f'c}$$

Donde:

$E_c$  : Módulo de elasticidad del hormigón en Kg/cm<sup>2</sup>

$f'_c$ : Resistencia a la compresión del hormigón medida en Kg/cm<sup>2</sup>

Esta ecuación se adecua para hormigones con peso específico aproximado a 2300Kg/m<sup>3</sup> y resistencias normales y medias.

La siguiente tabla muestra el módulo de elasticidad de la resistencia de los hormigones más utilizados.

**Tabla 8:** Módulos de Elasticidad de hormigones de varias resistencias

<b>Resistencia (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Módulo de Elasticidad (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
210	217000
280	251000
350	281000
420	307000

**Fuente:** Marcelo Romo Proaño

En hormigones con peso específico  $w_c$  entre 1440 y 2480 Kg/m<sup>3</sup> el valor de  $E_c$  se obtiene de la siguiente ecuación [ACI 8.5.1].

$$E_c = w_c^{1.5} \times 0.137 \sqrt{f'_c}$$

### **Resistencia a la tracción**

El hormigón tiene poca capacidad de resistencia a esfuerzos de tracción, en comparación con su capacidad a la compresión. Para la obtención de la resistencia a la tracción hay tres formas distintas de ensayos: por tracción directa, tracción indirecta y flexión.

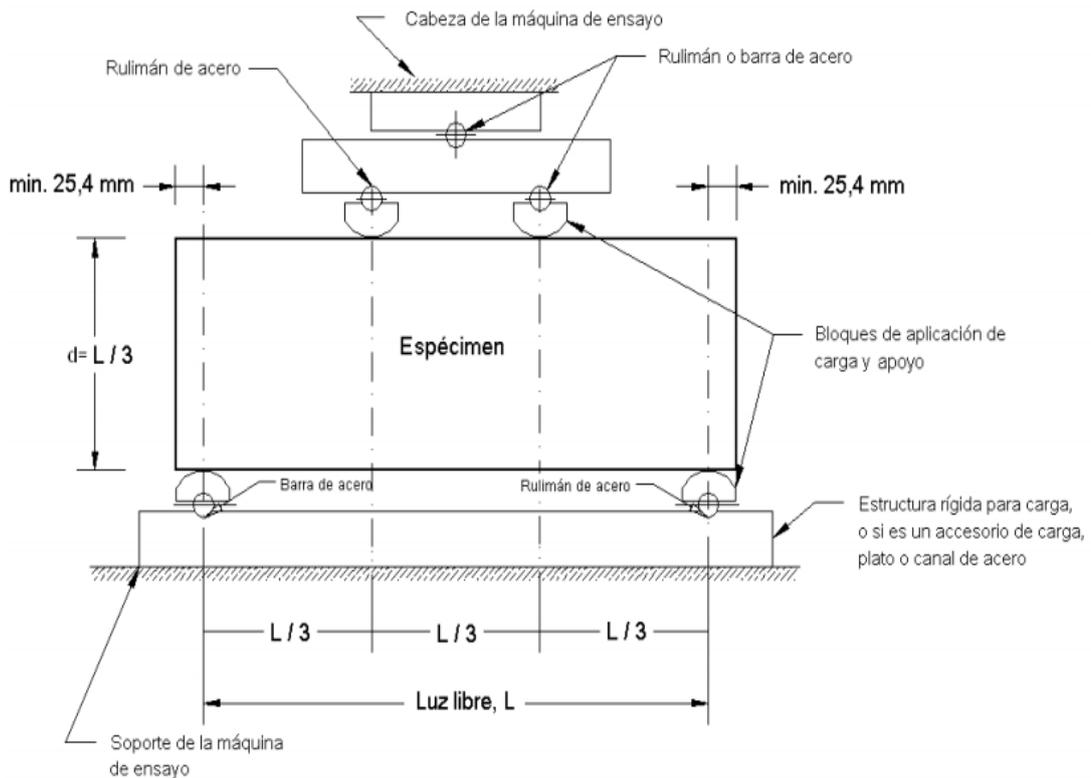
Ensayo por:

- Tracción directa: consiste en aplicar dos cargas opuestas colineales con el eje de la probeta que se utiliza. Dicho ensayo se realiza adhiriendo una probeta prismática a las placas de la prensa que aplica las cargas de tracción.
- Tracción indirecta: este ensayo se basa en someter una probeta cúbica o cilíndrica a una carga lineal concentrada según dos ejes longitudinales opuestos.

- c) Tracción por flexión: consiste en someter una vigueta de hormigón a una o dos cargas concentradas.

La norma NTE INEN 2552 (ASTM C-78) especifica la dimensión de la viga es de 15 cm altura x 15cm de ancho y 50cm de longitud.

**Figura 3:** *Ensayo de flexión de viga simple con carga en los tercios.*



**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2554, 2011.

La NTE establece dos fórmulas para el cálculo de módulo de rotura, las cuales se muestran a continuación

Si la fractura se ocasiona en el tercio medio de la luz libre.  $R = \frac{PL}{bd^2}$

Siendo:

R: módulo de rotura.

P: carga máxima aplicada. (N)

L: promedio del ancho de la viga en la fractura. (mm).

b: promedio de la altura de la viga en la fractura. (mm)

Si la fractura se ocasiona fuera del tercio medio de la luz libre.

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

a: distancia media entre la línea de fractura y el apoyo de la luz.

La norma menciona que se desechan los resultados del ensayo si la fractura se origina en la superficie de tracción fuera del tercio medio de la luz.

### Resistencia al corte

“Las fuerzas cortantes se transforman en tracciones diagonales, la resistencia al corte del hormigón ( $v_c$ ) tiene órdenes de magnitud y comportamiento similares a la resistencia a tracción” (Romo Proaño, 2008)

Para obtener la resistencia al corte se aplica la ecuación que se muestra a continuación:

$$v_c = \sqrt{f'c}$$

Donde:

$v_c$ : Resistencia al corte del hormigón medida en Kg/cm<sup>2</sup>

$f'c$ : Resistencia a la compresión del hormigón medida en Kg/cm<sup>2</sup>

La siguiente tabla muestra valores aproximados de resistencia al corte de los hormigones.

**Tabla 9:** Resistencias al corte del hormigón.

Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia al corte (Kg/cm <sup>2</sup> )
210	14
280	17
350	19
420	20
630	25
840	29

Fuente: Marcelo Romo Proaño

## CAPÍTULO III

### 3. ESTUDIO EXPERIMENTAL

#### 3.1 Descripción general

En el presente capítulo se llevan a cabo los diferentes ensayos realizados en laboratorio de suelos, para así exponer las condiciones y características de los materiales empleados, se describen los equipos, procedimientos y resultados de cada ensayo ejecutado con su respectiva normativa para comprobar su calidad, posterior se procede a la elaboración del diseño del hormigón de resistencia a la compresión  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  basándose en el método ACI 211.1

#### 3.2 Ensayos realizados para determinar la calidad de los agregados en el hormigón.

##### 3.2.1 Análisis granulométrico

Este ensayo permite determinar la distribución de agregados con lo que respecta al tamaño de cada uno de ellos, estos se utilizan para la realización de hormigones, para ello los materiales deben cumplir con especificaciones técnicas (ASTM).

Los resultados se utilizan para determinar el cumplimiento de la distribución granulométrica de las partículas con los requisitos de las especificaciones aplicables y proporcionar la información necesaria para el control de la producción de diversos productos de áridos y mezclas que contengan áridos. (NTE INEN 696, 2011).

#### Equipos

- Balanzas. - Las balanzas utilizadas en el ensayo del árido fino y grueso deben tener una legibilidad y exactitud como la que se indica a continuación:
  - ✓ Para árido fino, debe ser legible hasta 0,1 g y tener una precisión de 0,1 g o del 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto, dentro del rango de uso.

- ✓ Para árido grueso o mezclas de áridos fino y grueso, debe ser legible y tener una precisión de 0,5 g o 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso.
- Tamices. - La tela del tamiz debe ser montada sobre marcos cuya construcción evite pérdidas de material durante el tamizado. La tela y los marcos del tamiz normalizado deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154. Los marcos de tamiz no normalizados deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154 que sean aplicables.
- Agitador de tamices mecánico. - Un dispositivo de tamizado mecánico, si se utiliza, debe crear un movimiento en los tamices que produzca que las partículas reboten y caigan, u otro tipo de movimiento que presente diferente orientación a la superficie de tamizado.
- Horno. - Un horno de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## **Procedimiento**

1. Secar la muestra hasta masa constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
2. Seleccionar los tamices necesarios y adecuados que cubran los tamaños de las partículas del material a ensayarse, con el propósito de obtener la información requerida en las especificaciones. Utilizar tantos tamices adicionales como se desee o como sean necesarios para proporcionar información adicional, tal como el módulo de finura o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Ordenar los tamices en forma decreciente según el tamaño de su abertura, de arriba a abajo y colocar la muestra en el tamiz superior.
3. Agitar los tamices manualmente o por medio de aparatos mecánicos durante un período suficiente, ya sea establecido por el ensayo o también controlado por medio de la masa de la muestra de ensayo, de tal forma que cumpla con el criterio de conformidad o de tamizado.

4. Limitar la cantidad de material sobre un determinado tamiz de manera que todas las partículas tengan oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz algunas veces durante la operación de tamizado.
5. Para tamices con aberturas más pequeñas que 4,75 mm (No. 4), la cantidad que se retiene sobre cualquier tamiz al finalizar la operación de tamizado no debe exceder 7 kg/m<sup>2</sup> en la superficie de tamizado. Para tamices con aberturas de 4,75 mm (No. 4) y más grandes, la cantidad retenida en kg no debe exceder del producto de 2,5 X (la abertura del tamiz, en mm y X (el área efectiva de tamizado, en m<sup>2</sup>).
6. Esta cantidad se muestra para cinco diferentes dimensiones del marco de tamiz entre circulares, cuadrados y rectangulares, los que son de mayor uso. En ningún caso la cantidad retenida debe ser tan grande como para causar una deformación permanente de la tela de tamiz.
7. Evitar una sobrecarga de material sobre un tamiz individual, mediante alguno de los siguientes métodos:
  - a. Insertar un tamiz adicional con un tamaño intermedio de abertura entre el tamiz que puede estar sobrecargado y el tamiz inmediatamente superior al tamiz en el conjunto original de tamices.
  - b. Dividir la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción individualmente. Combinar las masas de las varias porciones retenidas sobre un tamiz específico antes de calcular el porcentaje de la muestra en el tamiz.
  - c. Utilizar tamices con un tamaño de marco más grande y que proporcione un área mayor de tamizado.
8. Continuar tamizando por un período suficiente de forma tal que, después de la finalización, no más del 1% en masa del material retenido en cualquier tamiz individual pase el tamiz durante 1 min de tamizado manual continuo realizado de la siguiente manera: sostener el tamiz individual, provisto con una bandeja inferior y una tapa, en una posición ligeramente inclinada en una mano.

9. Golpear un lado del tamiz fuertemente y con un movimiento hacia arriba contra la base de la otra mano, a razón de aproximadamente 150 veces por minuto, girar el tamiz, aproximadamente una sexta parte de una revolución, en intervalos de alrededor de 25 golpes.
10. En la determinación de la efectividad del tamizado para tamaños mayores que el tamiz de 4,75 mm (No. 4), limitar el material sobre el tamiz a una sola capa de partículas. Si el tamaño de los tamices de ensayo montados hace que el movimiento descrito de tamizado no sea práctico, utilizar tamices con diámetro de 203 mm para verificar la efectividad del tamizado.
11. Evitar la sobrecarga de los tamices individuales para el caso de mezclas de áridos grueso y fino.
12. A menos que se utilice un agitador de tamices mecánicos, tamizar a mano las partículas mayores de 75 mm mediante la determinación de la abertura más pequeña de tamiz por la cual puede pasar cada partícula. Iniciar el ensayo con el tamiz más pequeño a ser utilizado. Girar las partículas, si es necesario, a fin de determinar si van a pasar a través de una abertura particular, sin embargo, no se debe forzar a las partículas para pasar a través de una abertura.
13. Determinar las masas de cada incremento de tamaño en una balanza que cumpla con los requisitos especificados, con una precisión de 0,1% de la masa total de la muestra seca original. La masa total del material después del tamizado debe ser similar a la masa original de la muestra colocada sobre los tamices. Si las cantidades difieren en más del 0,3%, respecto a la masa de la muestra seca original, los resultados no deben ser utilizados con fines de aceptación.
14. Si se ha ensayado previamente la muestra por el método de ensayo de la NTE INEN 697, agregar la masa más fina que el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) determinado por ese método de ensayo, a la masa que pasa por el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) en el tamizado en seco de la misma muestra por este método de ensayo.

**Resultados**

**Tabla 10: Análisis granulométrico del agregado grueso**

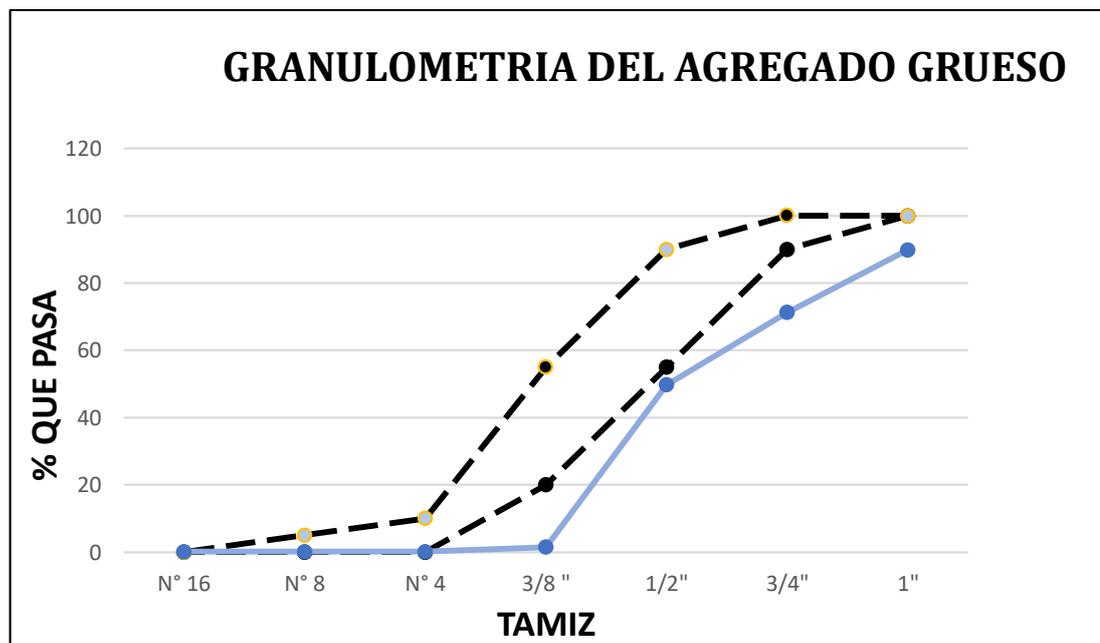
**ENSAYO DE GRANULOMETRIA**

**ENSAYO GRANULOMETRICO - AGREGADO GRUESO**

Tamiz	Diámetro	W Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especificación ASTM	
1 1/2 "	37,5 mm	0,000	0,000	0,000	100,000	100	100
1"	25 mm	0,708	10,143	10,143	89,857	100	100
3/4"	19 mm	1,300	18,624	28,766	71,234	100	90
1/2"	12,5 mm	1,500	21,489	50,255	49,745	90	55
3/8 "	9,5 mm	3,371	48,292	98,547	1,453	55	20
N° 4	4,75 mm	0,092	1,318	99,865	0,135	10	0
N° 8	2,36 mm	0,000	0,000	99,865	0,135	5	0
N° 16	1,18 mm	0,000	0,000	99,865	0,135	0	0
FONDO		0,009	0,135	100,000	0,000	0	0
TOTAL		6,980	100,000				
TAMAÑO MAXIMO			1 1/2 "	37,5 mm			
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			1 1/2 "	37,5 mm			

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Figura 4: Curva granulométrica del agregado fino.**



Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

El material no cumple para el huso #67, por ende, se realiza el método de tanteo para establecer los porcentajes adecuados en cada tamiz y así el material cumpla dentro del rango granulométrico según INEN 696.

**Tabla 11:** *Análisis granulométrico corregida del agregado grueso*

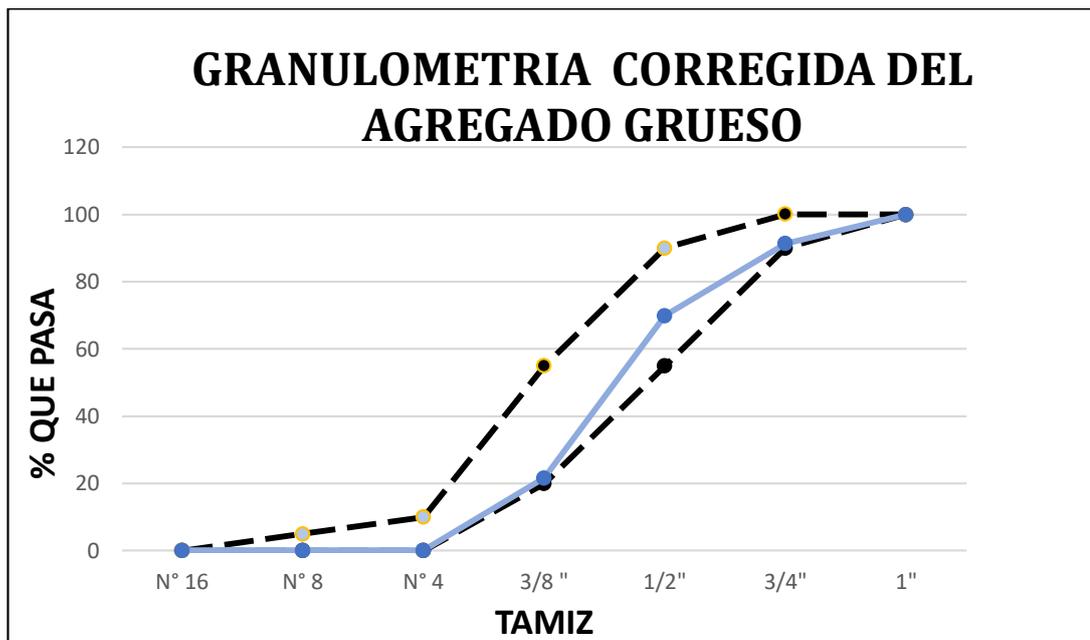
## ENSAYO DE GRANULOMETRIA CORREGIDO

### ENSAYO GRANULOMETRICO - AGREGADO GRUESO

Tamiz	Diámetro	W Parcial	W Parcial real	Diferencia	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especificación ASTM	
1 1/2 "	37,5 mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000	100	100
1"	25 mm	0,708	0,000	-0,708	0,000	0,000	100,000	100	100
3/4"	19 mm	1,300	0,600	-0,700	8,595	8,595	91,405	100	90
1/2"	12,5 mm	1,500	1,500	0,000	21,489	30,084	69,916	90	55
3/8 "	9,5 mm	3,371	3,371	0,000	48,292	78,377	21,623	55	20
Nº 4	4,75 mm	0,092	1,500	1,408	21,489	99,865	0,135	10	0
Nº 8	2,36 mm	0,000	0,000	0,000	0,000	99,865	0,135	5	0
Nº 16	1,18 mm	0,000	0,000	0,000	0,000	99,865	0,135	0	0
FONDO		0,009	0,009	0,000	0,135	100,000	0,000	0	0
TOTAL		6,980	6,980	0,000	100,000				
TAMAÑO MAXIMO					1"	25 mm			
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL					3/4"	19 mm			

**Fuente:** *R Cucalón; J. Tomalá*

Figura 5: Curva granulométrica corregida del agregado grueso.



Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

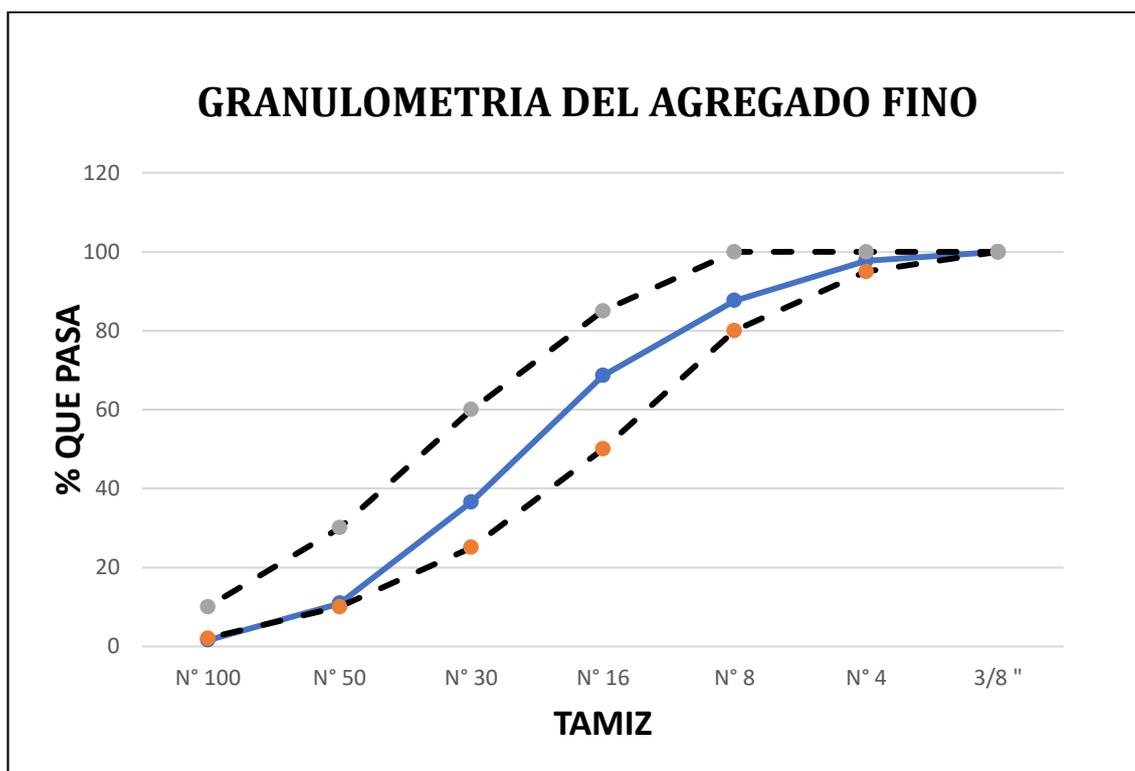
Tabla 12: Análisis granulométrico del agregado fino

**ENSAYO GRANULOMETRICO - AGREGADO FINO**

Tamiz	Diámetro	W Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especificación ASTM	
3/8 "	9,50000	0,000	0,000	0,000	100,000	100	100
N° 4	4,75000	0,067	2,275	2,275	97,725	95	100
N° 8	2,36000	0,298	10,119	12,394	87,606	80	100
N° 16	1,18000	0,560	19,015	31,409	68,591	50	85
N° 30	0,00060	0,944	32,054	63,463	36,537	25	60
N° 50	0,00030	0,757	25,705	89,168	10,832	10	30
N° 100	0,00015	0,274	9,304	98,472	1,528	2	10
FONDO		0,045	1,528	100,000	0,000	0	0
TOTAL		2,945	100,000				
MODULO DE FINURA		2,972					

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

Figura 6: Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

### 3.2.2 Determinación de contenido total de humedad.

Este ensayo permite determinar el porcentaje de humedad situadas en los poros de los áridos, para la determinación de este ensayo es de suma importancia el uso del horno para establecer la diferencia de la muestra húmedo con la seca.

#### Equipos (NTE INEN 862)

- Balanza. - Una balanza precisa, legible y con sensibilidad de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso. Dentro de un intervalo igual al 10% de la capacidad de la balanza que se utiliza para determinar la masa, la indicación de carga debe tener una precisión de 0,1% de la diferencia entre las masas.
- Fuente de calor. - Un horno ventilado capaz de mantener la temperatura, alrededor de la muestra, a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Cuando no es necesario un control estricto de la temperatura, se pueden utilizar otras fuentes adecuadas de calor como: planchas calientes, eléctricas o a gas; lámparas eléctricas de calor o un horno de microondas ventilado.

- Recipiente para la muestra. - Un recipiente de material que no le afecte el calor, de volumen suficiente para contener la muestra sin peligro de derrame y con una forma tal que la profundidad de la muestra no exceda en un quinto la dimensión lateral menor.
- Agitador. - Una cuchara o espátula de metal de tamaño conveniente.

## **Procedimiento**

1. Determinar la masa de la muestra con una aproximación de 0,1%.
2. Secar la muestra completamente en el recipiente por medio de la fuente de calor seleccionada, cuidando no perder partículas. Un calentamiento muy rápido puede causar que algunas partículas exploten, resultando en una pérdida de las mismas. Usar un horno de temperatura controlada, cuando el calor excesivo pueda alterar las propiedades del árido o cuando se requiera una medición más precisa. Si se utiliza una fuente de calor diferente al horno de temperatura controlada, agitar la muestra durante el secado para acelerar la operación y evitar el sobrecalentamiento localizado.
3. Cuando se usa una plancha caliente, el secado puede ser acelerado con el siguiente procedimiento: añadir suficiente alcohol anhidro desnaturalizado, para cubrir la muestra húmeda. Agitar y luego permitir que el material en suspensión se asiente. Decantar la mayor cantidad de alcohol posible, sin perder ninguna partícula de la muestra. Encender el resto de alcohol y dejar que se queme durante el secado sobre la plancha caliente.
4. La muestra está completamente seca cuando un mayor tiempo de calor ocasiona, o puede ocasionar, una pérdida adicional de la masa menor al 0,1%.
5. Determinar la masa de la muestra seca, con una aproximación de 0,1%, luego de que se haya enfriado lo suficiente como para no dañar la balanza.

## Resultados:

**Tabla 13:** Determinación del contenido total de humedad del agregado grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) AGREGADO GRUESO				
MH	Masa de muestra húmeda	3000	G	
MS	Masa de muestra seca	2825	G	
$\omega = ((MH-MS)/(MS)) \times 100$	Contenido de humedad	6,19	%	

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Tabla 14:** Determinación del contenido total de humedad del agregado fino

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) AGREGADO FINO				
MH	Masa de muestra húmeda	300	G	
MS	Masa de muestra seca	284,5	G	
$\omega = ((MH-MS)/(MS)) \times 100$	Contenido de humedad	5,45	%	

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

### 3.2.3 Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico)

Mediante este ensayo se puede calcular los pesos volumétricos sueltos, y compactado y hallar el volumen de los especímenes.

#### Equipos (NTE INEN 858, 2011).

- Balanza. - Que tenga una precisión de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso, con graduaciones de al menos 0,05 kg. Se debe considerar que el rango de uso se extiende desde la masa del molde vacío, hasta la masa del molde más su contenido el cual se considera que tiene una masa unitaria de 1.920 kg/m<sup>3</sup>.
- Varilla de compactación. - Debe ser una varilla recta, lisa, de acero, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo el extremo de compactación o los dos extremos redondeados con punta semiesférica, cuyo diámetro es de 16 mm.
- Molde. - Recipiente cilíndrico de metal, preferiblemente provisto de asas. Impermeable, con la parte superior y el fondo, rectos y uniformes.

Suficientemente rígido para mantener su forma bajo condiciones agresivas de uso. El molde debe tener una altura aproximadamente igual a su diámetro, pero en ningún caso la altura debe ser menor al 80% ni superior al 150% del diámetro.

- Pala o cucharón. - De tamaño conveniente para llenar el molde con el árido.
- Equipo de calibración. - Además de la balanza.
- Placa de vidrio. - De al menos 6 mm de espesor y por lo menos 25 mm mayor que el diámetro del molde a ser calibrado.
- Grasa. - Un suministro de grasa liviana automotriz o similar.
- Termómetro. - Con un rango de al menos entre 10 °C y 32 °C y que permita una lectura de por lo menos 0,5 °C

### **Preparación de la muestra**

- El tamaño de la muestra debe ser de aproximadamente 125% a 200% respecto de la cantidad necesaria para llenar el molde y debe ser manejada de tal manera que se evite la segregación. Secar la muestra hasta obtener masa constante, de preferencia en un horno a 110 °C ± 5 °C.

### **Procedimiento para masa unitaria suelta**

1. Llenar el molde a rebosar por medio de una pala o cucharón, descargar el árido desde una altura no superior a 50 mm por encima de la parte superior del molde. Tener cuidado para prevenir, tanto como sea posible, la segregación de las partículas que componen la muestra. Nivelar la superficie del árido con los dedos o con una regleta, de tal manera que cualquier ligera proyección de las partículas grandes del árido grueso, equilibren aproximadamente los vacíos mayores en la superficie, por debajo de la parte superior del molde.
2. Determinar la masa del molde y la masa del molde con su contenido. Registrar los valores con una aproximación de 0,05 kg.

## Resultados

**Tabla 15:** Determinación del peso volumétrico suelto del agregado grueso

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO					
AGREGADO GRUESO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
VOLUMEN	m <sup>3</sup>	0,00974	0,00974	0,00974	0,00974
P.V.S + R	Kg	23,72	23,585	23,79	23,52
R	Kg	10,94	10,94	10,94	10,94
Masa suelta	Kg	12,78	12,645	12,85	12,58
P.V.S. parcial	kg/m <sup>3</sup>	1312,54	1298,67	1319,73	1292,00
P.V.S. Final	kg/m <sup>3</sup>	1305,73			

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Tabla 16:** Determinación del peso volumétrico suelto del agregado fino

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO					
AGREGADO FINO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
VOLUMEN	m <sup>3</sup>	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281
P.V.S + R	Kg	9,08	9,08	9,08	9,10
R	Kg	4,42	4,42	4,42	4,42
Masa suelta	Kg	4,66	4,66	4,66	4,68
P.V.S. parcial	kg/m <sup>3</sup>	1658,36	1658,36	1658,36	1665,48
P.V.S. Final	kg/m <sup>3</sup>	1660,14			

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

## Procedimiento para masa unitaria compactada

1. Llenar la tercera parte del molde y nivelar la superficie con los dedos. Compactar la capa de áridos, con 25 golpes de la varilla de compactación distribuidos uniformemente sobre la superficie. Llenar los dos tercios del molde, nuevamente nivelar y compactar de la forma indicada anteriormente.
2. Por último, llenar el molde a rebosar y compactar nuevamente en la misma forma mencionada anteriormente. Nivelar la superficie del árido con los dedos o una regleta, de tal manera que cualquier ligera proyección de las partículas grandes del árido grueso, equilibren aproximadamente los vacíos mayores en la superficie, por debajo de la parte superior del molde.

3. En la compactación de la primera capa, no se debe permitir que la varilla golpee fuertemente el fondo del molde. La compactación de la segunda y tercera capas debe ser vigorosa evitando que la varilla de compactación penetre la capa anterior del árido.
4. Determinar la masa del molde y la masa del molde con su contenido. Registrar los valores con una aproximación de 0,05 kg.

## Resultados

**Tabla 17:** Determinación del peso volumétrico varillado del agregado grueso

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO					
AGREGADO GRUESO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
VOLUMEN	m <sup>3</sup>	0,00974	0,00974	0,00974	0,00974
P.V.V + R	Kg	24,5	24,7	24,44	24,37
R	Kg	10,94	10,94	10,94	10,94
Masa	Kg	13,56	13,76	13,5	13,43
P.V.V. parcial	kg/m <sup>3</sup>	1392,64	1413,18	1386,48	1379,29
P.V.V. Final	kg/m <sup>3</sup>		1392,90		

*Fuente: R Cucalón; J. Tomalá*

### 3.2.4 Determinación de la densidad y absorción de los áridos.

Mediante este ensayo se encuentra los valores de densidad y absorción, estos valores son de suma importancia para llevar a cabo nuestro diseño de hormigón.

#### Agregado grueso.

Según indica: (NTE INEN 857, 2011)

Este método de ensayo se aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido grueso (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido.

#### Equipos

- Balanza. - Equipo para determinar masa, que sea sensible y legible, con una aproximación de 0,05% de la masa de la muestra en cualquier punto dentro del rango de uso para este ensayo, o 0,5 g, la que sea mayor. La balanza debe estar equipada con un dispositivo apropiado

para suspender el recipiente para la muestra en agua, desde el centro de la plataforma o recipiente de la balanza.

- Recipiente para la muestra: Canasta de alambre con una abertura de 3,35 mm (No.6) o de malla más fina o un cubo de ancho y altura aproximadamente iguales, con una capacidad de 4 litros a 7 litros, para un árido con tamaño máximo nominal de 37,5 mm o menor, o una canasta más grande, según sea necesario, para el ensayo de áridos de mayor tamaño máximo. El recipiente debe ser construido de tal forma que evite retener aire cuando esté sumergido.
- Tanque de agua. - Tanque hermético, dentro del cual se coloca el recipiente para la muestra mientras se suspende bajo la balanza.
- Tamices. - Tamiz de 4,75 mm (No. 4) o de otros tamaños según sean necesarios, que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 154.
- Horno. - De tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **Procedimiento**

1. Secar la muestra en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta conseguir una masa constante. Enfriar la muestra al aire, a temperatura ambiente, entre 1 hora a 3 horas, para muestras de ensayo de tamaño máximo nominal de hasta 37,5 mm o por más tiempo para tamaños más grandes, hasta que el árido se haya enfriado a una temperatura que sea confortable para su manipulación (aproximadamente  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); seguidamente sumergir el árido en agua a temperatura ambiente por un período de  $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ .
2. Cuando se utilizan los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) en la dosificación de mezclas de hormigón, en las que el árido estará en condición de humedad natural; el requisito del numeral 1. Sobre el secado inicial es opcional y si la superficie de las partículas de la muestra ha sido conservada húmeda continuamente hasta el ensayo, el requisito del numeral 1. Sobre la inmersión por  $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ , también es opcional.

3. Retirar la muestra de ensayo del agua, colocarla sobre un paño absorbente y con el mismo frotarla hasta que sea eliminada toda lámina visible de agua. Secar las partículas grandes individualmente. Se puede utilizar una corriente de aire para ayudar a la operación de secado. Evitar la evaporación de agua desde los poros del árido durante la operación de secado superficial. Determinar la masa de la muestra de ensayo en condición saturada superficialmente seca, registrar esta y todas las masas subsecuentes con una aproximación de 0,5 g o 0,05% de la masa de la muestra, la que sea mayor.
4. Después de determinar la masa en aire, inmediatamente colocar la muestra de ensayo saturada superficialmente seca en el recipiente para la muestra y determinar su masa aparente en agua a  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Remover todo el aire atrapado antes de determinar la masa mediante la agitación del recipiente mientras se lo sumerge.
5. Secar la muestra en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta conseguir una masa constante. Enfriar la muestra al aire, a temperatura ambiente, entre 1 hora a 3 horas o hasta que el árido se haya enfriado a una temperatura que sea confortable para el manejo (aproximadamente  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y determinar su masa.

## Resultados

**Tabla 18:** *Determinación de valores de densidades y porcentaje de absorción de agregado grueso.*

AGREGADO GRUESO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
A: Masa en aire del agregado (SH) (g).	2803	2785	2794
B: Masa en aire del agregado (SSS) (g).	3000	3000	3000
C: Masa aparente en agua de la muestra saturada(g).	1830	1799	1808
$G_{SH}$ : Gravedad específica seco al horno.	2,353	$G_{SH} = A/(B-C)$	
$G_{SSS}$ : Gravedad específica saturado superficialmente seco.	2,526	$G_{SSS} = B/(B-C)$	
$G_{SSSA}$ : Gravedad específica aparente (SSS).	2,846	$G_{SSSA} = A/(A-C)$	

## **Agregado Fino**

Según indica: (NTE INEN 856, 2010)

Este método de ensayo se aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido fino (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido.

### **Equipos**

- Balanza. - Que tenga una capacidad de 1 kg o más, con una sensibilidad de 0,1 g o menos y una precisión de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso para este método de ensayo. La diferencia entre lecturas debe tener una precisión dentro de 0,1 g, en cualquier rango de 100 g de carga.
- Picnómetro (para uso con el procedimiento gravimétrico). - Matraz u otro contenedor apropiado, en el cual la muestra de ensayo de árido fino, pueda ser introducida fácilmente y en el cual el volumen contenido pueda ser legible dentro de  $\pm 0,1 \text{ cm}^3$ . El volumen del contenedor lleno hasta la marca debe ser por lo menos 50% mayor que el requerido para acomodar la muestra de ensayo. Para una muestra de ensayo de 500g del árido más fino, es adecuado un matraz o un recipiente de  $500 \text{ cm}^3$  de capacidad, adaptado con un picnómetro en la parte superior.
- Molde y compactador para ensayo de humedad superficial. - El molde metálico debe tener la forma de un cono truncado, con las siguientes dimensiones:  $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro interno superior,  $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro interno en la base y  $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. El compactador metálico debe tener una masa de  $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$  y una cara compactadora circular y plana, de  $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro.
- Horno. - De tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### **Procedimiento volumétrico:**

1. Preparación de la muestra de ensayo

- 1.1. Colocar la muestra en una bandeja o en otro recipiente apropiado y secarla en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta conseguir una masa constante, dejarla que se enfríe hasta una temperatura que sea confortable para su manipulación (aproximadamente  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), luego cubrirla con agua, ya sea por inmersión o por adición de agua, hasta alcanzar al menos 6% de humedad en el árido fino y dejar que repose por  $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ .
- 1.2. Decantar el exceso de agua, evitando la pérdida de finos, extender la muestra sobre una superficie plana, no absorbente, expuesta a una corriente suave de aire caliente y moverla frecuentemente para asegurar un secado homogéneo. Si se desea, se pueden utilizar equipos mecánicos como un agitador, para ayudar a alcanzar la condición saturada superficialmente seca. Continuar esta operación hasta que la muestra se aproxime a una condición de flujo libre. Seguir el procedimiento indicado en el numeral 1.3 para determinar si la humedad superficial todavía está presente en las partículas constituyentes del árido fino. Realizar el primer ensayo para esta determinación cuando todavía exista agua superficial en la muestra.
- 1.3. Continuar secando con agitación constante y probar a intervalos frecuentes hasta que el ensayo indique que la muestra ha alcanzado la condición de superficie seca. Si el primer ensayo de determinación de humedad superficial indica que la humedad no está presente en la superficie, significa que se ha secado más allá de la condición saturada superficialmente seca; en este caso, mezclar íntegramente el árido fino con algunos  $\text{cm}^3$  de agua y dejar que la muestra repose en un recipiente cubierto por 30 minutos. A continuación, reanudar el proceso de secado y ensayos a intervalos frecuentes hasta determinar el inicio de la condición de superficie seca.
- 1.4. Ensayo para determinar la humedad superficial. Mantener firmemente el molde sobre una superficie lisa no absorbente, con el diámetro mayor hacia abajo. Colocar en el molde en forma suelta, una porción del árido fino parcialmente seco, hasta llenarlo colocando material adicional en la parte superior manteniendo firme

el molde con la mano, compactar el árido fino con 25 golpes ligeros del compactador. Cada caída debe iniciar aproximadamente 5 mm sobre la superficie del árido. Permitir que el compactador caiga libremente bajo la atracción gravitacional en cada golpe.

- 1.5. Ajustar la altura de inicio a la nueva elevación de la superficie después de cada golpe y distribuirlos sobre la superficie. Remover el árido fino que ha caído alrededor de la base y levantar el molde verticalmente. Si la humedad superficial todavía está presente, el árido fino mantendrá la forma del molde. Cuando el árido fino se desmorona ligeramente, ello indica que se ha alcanzado la condición de superficie seca.
- 1.6. Algunos áridos finos con partículas de forma predominantemente angular o con una alta proporción de finos, pueden no desmoronarse en el ensayo del cono, al alcanzar la condición de superficie seca. Este problema se puede verificar si al dejar caer desde una altura de 100 mm a 150 mm sobre una superficie, un puñado de árido fino, tomado de la muestra ensayada, se pueden observar partículas individuales muy finas. Para estos materiales, se considera que han alcanzado la condición saturada superficialmente seca, en el punto en que, luego de remover el molde, un lado del árido fino apenas se derrumba.

## **2. Procedimiento gravimétrico (picnómetro):**

- 2.1. Llenar parcialmente el picnómetro con agua. - Introducir en el picnómetro 500 g  $\pm$  10 g de árido fino saturado superficialmente seco, preparado como se describe en el numeral 1. y llenar con agua adicional hasta aproximadamente el 90% de su capacidad. Agitar el picnómetro como se describe, manualmente en el literal a) o mecánicamente en el literal b) de este numeral.
  - a) Manualmente: rodar, invertir y agitar el picnómetro (o utilizar una combinación de estas tres acciones) para eliminar las burbujas visibles de aire.

- b) Mecánicamente: agitar el picnómetro mediante una vibración externa, de una forma que no degrade la muestra. Para promover la eliminación de aire sin degradación, es suficiente un nivel de agitación ajustado para solamente mantener las partículas individuales en movimiento.
- c) Se puede considerar aceptable un agitador mecánico, si en ensayos de comparación para cada período de seis meses de uso, muestra variaciones menores que el rango aceptable de dos resultados, respecto a los resultados de la agitación manual en el mismo material.
- 2.2. Luego de eliminar todas las burbujas de aire, ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido a  $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$ , si es necesario mediante inmersión parcial en agua circulante; y llevar el nivel de agua en el picnómetro hasta la marca de calibración. Determinar la masa total del picnómetro, muestra y agua.
- 2.3. Retirar el árido fino del picnómetro, secarlo en el horno a una temperatura de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , hasta conseguir una masa constante y enfriarlo a temperatura ambiente por  $1\text{ h} \pm \frac{1}{2}\text{ h}$ , determinar su masa.
- 2.4. Determinar la masa del picnómetro lleno hasta la marca de calibración, con agua a  $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$ .

## Resultados

**Tabla 19:** *Determinación de valores de densidades y porcentaje de absorción del agregado fino.*

AGREGADO FINO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUETSRA 3
A: Masa de la muestra (SH) (g).	474,16	473,6	473,9
R1: Lectura inicial del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier, cm <sup>3</sup>	200	200	200
R2: Lectura final del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier, cm <sup>3</sup>	434	435	436
S: masa de muestra (SSS) utilizado en procedimiento gravimétrico. (g)	500	500	500
S1: Masa de muestra (SSS) utilizado en procedimiento volumétrico, (g).	500	500	500
$G_{SH}$ : Gravedad específica seco al horno.	2,022	$G_{SH} = S1(A/S) / (0,9975(R2-R1))$	
$G_{SSS}$ : Gravedad específica (SSS)	2,133	$G_{SSS} = S1 / (0,9975(R2-R1))$	

$G_{SSSA}$ : Gravedad específica aparente.	2,275	$G_{SSSA} = S1(A/S) / (0,9975(R2-R1) - ((S1/S)(S-A)))$
% Abs: porcentaje de absorción.	5,510	% Abs. = $((S-A)/A) \times 100$

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

### 3.2.5 Determinación del material más fino que pasa el tamiz No. 200

El objetivo de este ensayo es para hallar la cantidad de material pasante del tamiz No 200. La norma NTE INEN 697 especifica dos métodos para determinar dicha cantidad uno es en base a un agente dispersor y el siguiente usando solamente agua (operación mediante lavado). En este caso se procedió a realizar este último método.

#### Mediante lavado (NET INEN 697)

#### Procedimiento

1. Secar la muestra en el horno hasta conseguir una masa constante, a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Determinar la masa con una aproximación de 0,1% de la masa de la muestra.
2. Si la especificación requiere que la cantidad que atraviesa el tamiz de  $75 \text{ }\mu\text{m}$  (No. 200) se determine sobre una parte de una muestra que pasa un tamiz más pequeño que el tamaño máximo nominal del árido, separar la muestra por el tamiz designado y determinar la masa del material que pasa dicho tamiz, con aproximación de 0,1% de la masa de esta porción de la muestra. Utilizar esta masa como la masa seca original de la muestra de ensayo.
3. Después del secado y de la determinación de la masa, colocar la muestra en el recipiente y agregar suficiente cantidad de agua hasta cubrirla. No se debe añadir al agua, detergente, un agente dispersor u otra sustancia.
4. Agitar la muestra vigorosamente para dar lugar a la separación completa de todas las partículas más finas que  $75 \text{ }\mu\text{m}$  de las partículas más gruesas y para llevar el material fino a suspensión. Inmediatamente verter el agua de lavado que contiene los sólidos suspendidos y disueltos sobre el arreglo de tamices, organizado con el

tamiz más grueso en la parte superior. Evitar en la medida de lo posible, a decantación de las partículas gruesas de la muestra.

5. Añadir una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agitar y decantar como se indicó anteriormente. Repetir esta operación hasta que el agua de lavado esté clara.
6. Regresar al recipiente todo el material retenido en el arreglo de tamices mediante un enjuague con una boquilla rociadora de la muestra lavada. Secar en el horno el árido lavado hasta conseguir una masa constante, a temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y determinar la masa con una aproximación de 0,1% de la masa original de la muestra.

## Resultados

**Tabla 20:** Determinación del material más fino que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  del árido fino

AGREGADO FINO	MUESTRA 1	MUESTRA 2
B: Masa seca inicial de la muestra (g)	300	300
C: Masa seca de la muestra después del lavado (g)	292	294
MF: Masa más fina 75 $\mu\text{m}$ (%) (MF= ((B-C)/B)*100) PARCIAL	2,67	2,00
MF: Masa más fina 75 $\mu\text{m}$ (%) FINAL	2,33	

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Tabla 21:** Determinación del material más fino que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  del árido grueso.

AGREGADO GRUESO	MUESTRA 1	MUESTRA 2
B: Masa seca inicial de la muestra (g)	3000	3000
C: Masa seca de la muestra después del lavado (g)	2990	2986
MF: Masa más fina 75 $\mu\text{m}$ (%) (MF= ((B-C)/B)*100) PARCIAL	0,33	0,47
MF: Masa más fina 75 $\mu\text{m}$ (%) FINAL	0,40	

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

### 3.2.6 Determinación de terrones de arcilla y partículas.

Mediante esta norma se consigue establecer de manera más acertada las cantidades de terrones de arcilla y partículas constituidos en los agregados utilizados para el hormigón.

Según NTE INEN 698, 2010

#### Procedimiento

1. Determinar la masa de la muestra de ensayo con la precisión específica en el numera 4.2.1 y extenderla formando una fina capa en el fondo del recipiente, cubrir con agua destilada y sumergirla durante un periodo de 24h ± 4h. Rodar y apretar las partículas en tamaño más pequeños.
2. No se debe utilizar las uñas para romper las partículas o presionar las partículas desmenuzables cada partícula que se puede romper con los dedos en finos removibles por tamizado húmedo. Después que todos los terrones de arcilla y partículas desmenuzables perceptibles se han roto.
3. Realizar el tamizado húmedo pasando agua a través del tamiz que contiene la muestra, mientras se agita manualmente el mismo, hasta que todo el material de tamaño más pequeño haya sido eliminado.
4. Retirar cuidadosamente las partículas retenidas en el tamiz, secar hasta una masa prácticamente constante a una temperatura de 110 °C ± 5 °C, dejar enfriar y determinar la masa con una aproximación de 0.1% de la masa de la muestra de ensayo.

## Resultados

**Tabla 22:** *Determinación de terrones de arcilla y partículas gruesas.*

Tamices		M: Masa de muestra antes del ensayo. (gr)	R: Masa de partículas retenidas en el tamiz. (gr)	P: % de terrones de arcilla y partículas desmenuzables parcial
Pasante	Retenido			$P = ((M-R)/M)*100$
1 1/2 "	3/4"	3000	2938,5	2,05
3/4"	3/8 "	2000	1950,5	2,48
		<b>P (FINAL)</b>		2,26

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Tabla 23:** *Determinación de terrones de arcilla y partículas finas.*

Tamices		M: Masa de muestra antes del ensayo. (gr)	R: Masa de partículas retenidas en el tamiz. (gr)	% de terrones de arcilla y partículas desmenuzables
Pasante	Retenido			$P = ((M-R)/M)*100$

### **Tiempo de fraguado**

Para este ensayo se usa una aguja de Vicat modificada, teniendo en cuenta el procedimiento descrito en la Norma Técnica Colombiana NTC 4088, motivo de que en el país no cuenta con una norma para este tipo de ensayos, el objetivo del ensayo es definir el tiempo en que la mezcla alcanza el fraguado.

### **3.3 Diseño de la mezcla de hormigón de resistencia a la compresión $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$**

#### **3.3.1 Factores a tomar en cuenta para la dosificación**

El diseño de mezcla se realizó utilizando como referencia el método ACI 211.1, las consideraciones del diseño se basan en las características y resistencia que se desea obtener en el hormigón.

- Para la optimización del diseño del hormigón  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  primeramente se dosificó para una resistencia de diseño convencional de un hormigón de peso normal sin aditivo de  $350 \text{ kg/cm}^2$ , posterior a eso se procedió a realizar un diseño y dosificación de hormigón de peso normal de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con la utilización de aditivos superplastificantes.
- Variación de porcentaje de aditivos a utilizar en la dosificación de hormigón de peso normal de  $280 \text{ kg/cm}^2$ , para las dosificaciones se estableció como variable diseñar con 1 y 1,5% de aditivo superplastificante, obteniéndose 2 dosificaciones con cada aditivo empleado.

#### **Nomenclatura para cada dosificación**

- 1) Hormigón patrón de  $350 \text{ kg/cm}^2$ .
- 2) Hormigón de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con 1% de aditivo superplastificante Sika (Sikament – N100) y 30% reducción de agua.
- 3) Hormigón de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con 1,5% de aditivo superplastificante Sika (Sikament – N 100) y 30% reducción de agua.

- 4) Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1% de aditivo superplastificante Aditec (SF - 106) y 30% reducción de agua.
- 5) Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1,5% de aditivo superplastificante Aditec (SF – 106) y 30% reducción de agua.

### 3.3.2 Procedimiento de la primera dosificación

Datos obtenidos de los ensayos realizados a los agregados.

**Tabla 24:** Datos obtenidos de ensayos.

AGREGADOS	FINO	GRUESO
Perfil		Angular
Peso unitario suelto (kg/cm <sup>3</sup> )	1660	1306
Peso unitario compactado (kg/cm <sup>3</sup> )		1392,90
Módulo de finura	2,97	
Tam. Máximo nominal (cm)		1,90
% Absorción	5,51	7,37
% Humedad	5,45	6,19

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

Se establece la resistencia de diseño:  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 25:** Resistencia a la compresión promedio

$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$f'cr \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
< 210	$f'c + 70$
210 -350	$f'c + 84$
> 350	$f'c + 98$

Fuente: Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI 211.1.

Se mayor la resistencia de diseño conforme a la tabla 17, para así obtener la resistencia a la compresión requerida.

$$f'cr = f'c + 84 = 350 + 84 = 434 \text{ kg/cm}^2$$

Se selecciona el respectivo revenimiento según el tipo de construcción.

**Tabla 26:** Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción.

REVENIMIENTOS RECOMENDADOS SEGÚN EL TIPO DE CONSTRUCCION		
TIPO DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO (cm)	
	Máximo	Mínimo
Paredes y zapatas de cimentación reforzadas	7,5	2,5

Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	7,5	2,5
Vigas y paredes reforzadas	10	2,5
Columnas de edificios	10	2,5
Pavimentos y losas	7,5	2,5
Concreto masivo	7,5	2,5

**Fuente:** Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI 211.1.

Se selecciona un revenimiento entre 2,5 a 5 cm, con esto el diseño puede ser empleado para cualquier elemento estructural

**Tabla 27:** Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire par diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregados.

REQUISITOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLA Y CONTENIDO DE AIRE PAR DIFERENTES REVENIMIENTOS Y TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADOS.								
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO								
SIN AIRE INCLUIDO								
REVENIMIENTO (CM)	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2,5 – 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7,5 – 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 - 17,5	243	228	216	202	190	178	160	
<b>Cantidad aprox. Aire atrapado</b>	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
CON AIRE INCLUIDO								
2,5 – 5	181	175	166	160	148	142	122	107
7,5 – 10	202	193	181	175	163	157	133	119
15 - 17,5	216	205	193	184	172	166	154	
Promedio recomendado de aire por incluir por exposición								
<b>Exposición ligera</b>	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
<b>Exposición moderada</b>	6	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
<b>Exposición ligera</b>	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4

**Fuente:** Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI 211.1.

Considerando un diseño sin aire incluido, según la tabla 19, se escoge la cantidad de agua aproximada y contenido de aire según el tamaño máximo del agregado (TMA) y el revenimiento.

- TMA = 19 mm
- Revenimiento = 2,5 a 5 cm
- Cantidad de agua = 190 kg
- Cantidad Aire atrapado = 2%

Se procede a la seleccionar la relación agua/cemento según la resistencia a la compresión requerida  $f'_{cr} = 434 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 28:** Correspondencia entre la relación agua/ cemento y la resistencia a la compresión del concreto.

### RELACION AGUA – CEMENTO

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS	CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO	CONCRETO CON AIRE INCLUIDO
450	0,38	-
400	0,43	-
350	0,48	0,4
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,70	0,61
150	0,80	0,71

**Fuente:** Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI 211.1

Como en la tabla anterior no está determinado un valor de relación a/c para la resistencia de diseño requerida  $f'_{cr} = 434 \text{ kg/cm}^2$  se procede a calcular mediante interpolación lineal cuya fórmula es la siguiente:

$$y = y_1 + \left(\frac{x - x_1}{x_2 - x_1}\right)(y_2 - y_1)$$

**Figura 7:** Interpolación 350 kg/cm<sup>2</sup>.

	$f'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	a/c	
X1	400	0,43	Y1
X	434	<b>0,396</b>	Y
X2	450	0,38	Y2

**Fuente:** R Cucalón; J. Tomalá

$$y = 0,43 + \left(\frac{434 - 400}{450 - 400}\right)(0,38 - 0,43)$$

$$y = 0,396$$

$$a/c = 0,4$$

Se calcula la cantidad de cemento con los datos obtenidos:

$$C = A/0,396$$

$$C = 190/0,396$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 479,80 \text{ kg/m}^3$$

**Tabla 29:** Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto.

Tamaño máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena			
	2,4	2,6	2,8	3
9,5 mm	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5 mm	0,59	0,57	0,55	0,53
19 mm	0,66	0,64	0,62	0,6

25 mm	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5 mm	0,75	0,73	0,71	0,69
50 mm	0,78	0,76	0,74	0,72
75 mm	0,82	0,8	0,78	0,76
150 mm	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI 211.1.

Con el valor del módulo de finura de la arena (MF=3) y el tamaño máximo del agregado =19 mm, se determina el volumen de agregado grueso varillado en seco.

$$V = 0,6 \text{ m}^3$$

Se calcula el peso del agregado grueso mediante la siguiente fórmula:

$$P = (PU) (V)$$

$$P = (1392,9 \text{ kg/m}^3) (0,6 \text{ m}^3)$$

$$P = 835,74 \text{ kg}$$

Se calcula el volumen del agua, cemento y piedra mediante la fórmula:

$$V = \text{peso/densidad (dm}^3)$$

Luego se calcula el volumen total del Agregado fino a utilizar, realizando la suma de los volúmenes conocidos para luego restar este resultado de la unidad (m<sup>3</sup>), dando así el volumen del agregado fino a emplearse en la mezcla. Luego con ese volumen se calcula el peso mediante la fórmula mencionada.

**Tabla 30:** Volumen y peso de agregado fino.

<b>CANTIDAD DE AGREGADO FINO</b>	
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL CEMENTO	2,85
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGREGADO GRUESO	2,53
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGREGADO FINO	2,13
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGUA	1,00
PESO ESPECIFICO DEL AGUA	1000 kg/m <sup>3</sup>
CANTIDAD DE CEMENTO	479,80 kg
CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO	835,74 kg
CANTIDAD DE AGUA	190,00 kg
VOLUMEN DE CEMENTO	0,17 m <sup>3</sup>
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0,33 m <sup>3</sup>
VOLUMEN DE AGUA	0,19 m <sup>3</sup>
VOLUMEN DE AIRE	0,02 m <sup>3</sup>
VOLUMEN DE AGREGADO FINO	0,29 m <sup>3</sup>
CANTIDAD DE AGREGADO FINO	<b>620,34 kg</b>

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

Cemento

Agua de diseño

Agregado grueso	190 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino	835,74 kg/m <sup>3</sup>
479,80 kg/m <sup>3</sup>	620,34 kg/m

Con estas cantidades se puede producir 1 m<sup>3</sup> de hormigón, pero cabe mencionar que los agregados poseen cierta humedad, así como también absorben agua, por ello para evitar inconsistencias en la mezcla es necesario realizar la respectiva corrección por humedad y absorción de los agregados, obteniendo las respectivas proporciones reales de cada elemento a utilizar en la mezcla.

**Tabla 31:** Corrección de humedad y absorción (Cantidades reales de diseño para 1m<sup>3</sup> de Hormigón)

CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN						
MATERIAL	PESO	HUMEDAD		ABSORCIÓN		PROPORCIÓN REAL (kg/cm <sup>3</sup> )
		%	KG	%	KG	
AGUA	190,000		85,54		95,78	200,23
CEMENTO	479,80					479,80
AGREGADO GRUESO	835,74	6,19	51,73	7,37	61,59	825,88
AGREGADO FINO	620,34	5,45	33,81	5,51	34,18	619,97
SUMATORIA TOTAL	<b>2125,88</b>					2125,88

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

En este paso se calcula el volumen de las probetas y vigas para luego multiplicar para cada peso de cada elemento y así obtener el peso final a emplearse en la fundición de las probetas, cabe mencionar que se debe tener en cuenta el 10% de desperdicio de la mezcla total.

**Tabla 32:** Volumen de elementos a fundir.

VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Elemento	Cantidad	V(m <sup>3</sup> )	V total (m <sup>3</sup> )
Cilindro 30x15	6	0,0053	0,0318
Vigueta 15x15x54	2	0,01215	0,0243
Total (+10% desperdicio)			<b>0,06171</b>

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

Cantidad a emplear en la fundición:

**Tabla 33: Pesos para fundición.**

<b>DOSIFICACIÓN</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Cantidad (kg) para m3</b>	<b>Cantidad a usar (kg)</b>	<b>Vol. (0,06171)</b>
<b>Cemento</b>	479,80	29,61	
<b>Agua</b>	200,23	12,36	
<b>A.G</b>	825,88	50,97	
<b>A.F</b>	619,97	38,26	

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

### 3.4 Diseño de la mezcla de hormigón de resistencia a la compresión $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

#### 3.4.1 Procedimiento de la dosificación

Datos obtenidos de los ensayos realizados a los agregados.

**Tabla 34: Datos obtenidos de ensayos.**

<b>AGREGADOS</b>	<b>FINO</b>	<b>GRUESO</b>
<b>Perfil</b>		<b>Angular</b>
Peso unitario suelto (kg/cm3)	1660	1306
Peso unitario compactado (kg/cm3)		1392,90
Módulo de finura	2,97	
Tam. Máximo nominal (cm)		1,90
% Absorción	5,51	7,37
% Humedad	5,45	6,19

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

Se establece la resistencia de diseño:  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 35: Resistencia a la compresión promedio.**

<b><math>f'c</math> (kg/cm2)</b>	<b><math>f'cr</math> (kg/cm2)</b>
< 210	$f'c + 70$
<b>210 -350</b>	<b><math>f'c + 84</math></b>
> 350	$f'c + 98$

Fuente: Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI 211.1.

Se mayor la resistencia de diseño conforme a la tabla 17, para así obtener la resistencia a la compresión requerida.

$$f'cr = f'c + 84 = 280 + 84 = 364 \text{ kg/cm}^2$$

Se selecciona el respectivo revenimiento según el tipo de construcción conforme a la tabla.

**Tabla 36:** Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción.

REVENIMIENTOS RECOMENDADOS SEGÚN EL TIPO DE CONSTRUCCION		
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	REVENIMIENTO (cm)	
	Máximo	Mínimo
Paredes y zapatas de cimentación reforzadas	7,5	2,5
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	7,5	2,5
Vigas y paredes reforzadas	10	2,5
Columnas de edificios	10	2,5
Pavimentos y losas	7,5	2,5
Concreto masivo	7,5	2,5

**Fuente:** Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI 211.1.

Se selecciona un revenimiento entre 2,5 a 5 cm, con esto el diseño puede ser empleado para cualquier elemento estructural.

**Tabla 37:** Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire par diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregados.

REQUISITOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLA Y CONTENIDO DE AIRE PAR DIFERENTES REVENIMIENTOS Y TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADOS.								
REVENIMIENTO (CM)	TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO							
	SIN AIRE INCLUIDO							
	9,5 mm	12,5 mm	19 mm	25 mm	37,5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
2,5 – 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7,5 – 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 - 17,5	243	228	216	202	190	178	160	
<b>Cantidad aprox. Aire atrapado</b>	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
CON AIRE INCLUIDO								
2,5 – 5	181	175	166	160	148	142	122	107
7,5 – 10	202	193	181	175	163	157	133	119
15 - 17,5	216	205	193	184	172	166	154	
Promedio recomendado de aire por incluir por exposición								
<b>Exposición ligera</b>	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
<b>Exposición moderada</b>	6	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
<b>Exposición ligera</b>	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4

**Fuente:** Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI 211.1.

Considerando un diseño sin aire incluido, según la tabla 19, se escoge la cantidad de agua aproximada y contenido de aire según el tamaño máximo del agregado (TMA) y el revenimiento.

- TMA = 19 mm
- Revenimiento = 2,5 a 5 cm
- Cantidad de agua = 190 kg
- Cantidad Aire atrapado = 2 %

Se procede a la selección de la relación agua/cemento según la resistencia a la compresión requerida  $f'_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 38:** Correspondencia entre la relación agua/ cemento y la resistencia a la compresión del concreto.

RELACION AGUA – CEMENTO		
RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS	CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO	CONCRETO CON AIRE INCLUIDO
450	0,38	-
400	0,43	-
350	0,48	0,4
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,70	0,61
150	0,80	0,71

**Fuente:** Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI 211.1

Como en la tabla anterior no está determinado un valor de relación a/c para la resistencia de diseño requerida  $f'_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$  se procede a calcular mediante interpolación lineal cuya fórmula es la siguiente:

$$y = y_1 + \left( \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \right) (y_2 - y_1)$$

**Figura 8:** Interpolación 280 kg/cm2.

$f'_{cr} \text{ (kg/cm}^2)$	a/c
-----------------------------	-----

X1	400	0,43	Y1
X	364	<b>0,466</b>	Y
X2	350	0,48	Y2

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

$$y = 0,43 + \left(\frac{364 - 400}{350 - 400}\right)(0,48 - 0,43)$$

$$y = 0,466$$

$$a/c = 0,47$$

Se calcula la cantidad de cemento con los datos obtenidos:

$$C = A/0,466$$

$$C = 190/0,466$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 407,73 \text{ kg/m}^3$$

**Tabla 39:** Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto.

Tamaño máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena			
	2,4	2,6	2,8	3
9,5 mm	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5 mm	0,59	0,57	0,55	0,53
19 mm	0,66	0,64	0,62	<b>0,6</b>
25 mm	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5 mm	0,75	0,73	0,71	0,69
50 mm	0,78	0,76	0,74	0,72
75 mm	0,82	0,8	0,78	0,76
150 mm	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Criterio general del diseño de Mezclas por el Método del ACI 211.1.

Según la tabla, con el valor del módulo de finura de la arena (MF=3) y el tamaño máximo del agregado =19 mm, se determina el volumen de agregado grueso varillado en seco.

$$V = 0,6 \text{ m}^3$$

Se calcula el peso del agregado grueso mediante la siguiente fórmula:

$$P = (\text{PU}) (V)$$

$$P = (1392,9 \text{ kg/m}^3) (0,6 \text{ m}^3)$$

$$P = 835,74 \text{ kg}$$

Se calcula el volumen del agua, cemento y piedra mediante la fórmula:

$$V = \text{peso/densidad (dm}^3)$$

Luego se calcula el volumen total del Agregado fino a utilizar, realizando la suma de los volúmenes conocidos para luego restar este resultado de la unidad ( $\text{m}^3$ ), dando así el volumen del agregado fino a emplearse en la mezcla. Luego con ese volumen se calcula el peso mediante la fórmula mencionada.

Tabla 40: *Volumen y peso de agregado fino.*

<b>CANTIDAD DE AGREGADO FINO</b>	
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL CEMENTO	2,85
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGREGADO GRUESO	2,53
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGREGADO FINO	2,13
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGUA	1,00
PESO ESPECIFICO DEL AGUA	1000 kg/m <sup>3</sup>
CANTIDAD DE CEMENTO	407,73 kg
CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO	835,74 kg
CANTIDAD DE AGUA	190,00 kg
VOLUMEN DE CEMENTO	0,14 m <sup>3</sup>
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0,33 m <sup>3</sup>
VOLUMEN DE AGUA	0,19 m <sup>3</sup>
VOLUMEN DE AIRE	0,02 m <sup>3</sup>
VOLUMEN DE AGREGADO FINO	0,32 m <sup>3</sup>
CANTIDAD DE AGREGADO FINO	<b>674,29 kg</b>

Fuente: *R Cucalón; J. Tomalá*

Con estas cantidades se puede producir 1m<sup>3</sup> de hormigón, pero cabe mencionar que los agregados poseen cierta humedad, así como también absorben agua, por ello para evitar inconsistencias en la mezcla es necesario realizar la respectiva corrección por humedad y absorción de los agregados, obteniendo las respectivas proporciones reales de cada elemento a utilizar en la mezcla.

**Tabla 41:** Corrección de humedad y absorción (Cantidades reales de diseño para 1m<sup>3</sup> de Hormigón)

CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y ABSORCION						
MATERIAL	PESO	HUMEDAD		ABSORCION		PROPORCION REAL (kg/m <sup>3</sup> )
		%	KG	%	KG	
AGUA	190,000		88,48		98,75	200,27
CEMENTO	407,73					407,73
AGREGADO GRUESO	835,74	6,19	51,73	7,37	61,59	825,88
AGREGADO FINO	674,29	5,45	36,75	5,31	37,15	673,88
SUMATORIA TOTAL	<b>2107,75</b>					2107,75

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

En este paso se calcula el volumen de las probetas y vigas para luego multiplicar para cada peso de cada elemento y así obtener el peso final a emplearse en la fundición de las probetas, cabe mencionar que se debe tener en cuenta el 10% de desperdicio de la mezcla total.

**Tabla 42:** Volumen de elementos a fundir.

VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Elemento	Cantidad	V(m <sup>3</sup> )	V total (m <sup>3</sup> )
Cilindro 30x15	6	0,0053	0,0318
Vigueta 15x15x54	2	0,01215	0,0243
Total (+10% desperdicio)			<b>0,06171</b>

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

Cantidad a emplear en la fundición:

**Tabla 43:** Pesos para fundición.

DOSIFICACIÓN			
Elemento	Cantidad (kg) para m <sup>3</sup>	Cantidad a usar (kg)	Vol. (0,06171)
<b>Cemento</b>	407,73		25,16
<b>Agua</b>	200,27		12,36
<b>A.G</b>	825,88		50,97
<b>A.F</b>	673,88		41,59

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

### 3.5 Dosificaciones a utilizar en la fundición del hormigón.

Estos datos están basados para la realización de seis probetas y dos vigas de hormigón para cada dosificación.

1. Hormigón patrón de 350 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 44:** Cantidades a usar para hormigón de 350kg/cm<sup>2</sup>.

<b>DOSIFICACIÓN</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Cantidad (kg) para m3</b>	<b>Cantidad a usar (kg)</b>	<b>Vol. (0,06171)</b>
<b>Cemento</b>	479,80	29,61	
<b>Agua</b>	200,23	12,36	
<b>A.G</b>	825,88	50,97	
<b>A.F</b>	619,97	38,26	

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

2. Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1% de aditivo superplastificante Sika (Sikament – N 100) y 30% reducción de agua.

**Tabla 45:** Cantidades a usar para hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup>, 1% Sikament N100.

<b>DOSIFICACIÓN</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Cantidad (kg) para m3</b>	<b>Cantidad a usar (kg)</b>	<b>Vol. (0,06171)</b>
<b>Cemento</b>	407,73	25,16	
<b>Agua (- 30%)</b>	140,19	8,65	
<b>A.G</b>	825,88	50,97	
<b>A.F</b>	673,88	41,59	
<b>Aditivo (1%)</b>		0,252	

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

3. Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1,5% de aditivo superplastificante Sika (Sikament – N 100) y 30% reducción de agua.

**Tabla 46:** Cantidades a usar para hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup>, 1,5% Sikament N100

<b>DOSIFICACIÓN</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Cantidad (kg) para m3</b>	<b>Cantidad a usar (kg)</b>	<b>Vol. (0,06171)</b>
<b>Cemento</b>	407,73	25,16	
<b>Agua (- 30%)</b>	140,19	8,65	
<b>A.G</b>	825,88	50,97	

A.F	673,88	41,59
<b>Aditivo (1,5%)</b>		0,377

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

4. Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1% de aditivo superplastificante Aditec (SF - 106) y 30% reducción de agua.

**Tabla 47:** Cantidades a usar para hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup>, 1% Aditec SF 106.

<b>DOSIFICACIÓN</b>			
Elemento	Cantidad (kg) para m <sup>3</sup>	Cantidad a usar (kg)	Vol. (0,06171)
Cemento	407,73		25,16
Agua (- 30%)	140,19		8,65
A.G	825,88		50,97
A.F	673,88		41,59
<b>Aditivo (1%)</b>			0,252

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

5. Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1,5% de aditivo superplastificante Aditec (SF – 106) y 30% reducción de agua.

**Tabla 48:** Cantidades a usar para hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup>, 1,5 % Aditec SF 106

<b>DOSIFICACIÓN</b>			
Elemento	Cantidad (kg) para m <sup>3</sup>	Cantidad a usar (kg)	Vol. (0,06171)
Cemento	407,73		25,16
Agua (- 30%)	140,19		8,65
A.G	825,88		50,97
A.F	673,88		41,59
<b>Aditivo (1,5%)</b>			0,377

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

### 3.6 Elaboración de probetas de hormigón.

Para esto se utilizaron moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, los cuales fueron limpiados y engrasados. El llenado de los cilindros se realizó en 3 capas, cada una de ellas fue compactada con 25 golpes con una varilla normalizada, distribuidos uniformemente sobre su superficie para eliminar los huecos que pueden quedar dentro de la masa, luego se enrazó la probeta para obtener un superficie plana y lisa. Por último, se retiran los moldes transcurridos 24 horas.

**Figura 9:** *Elaboración de probetas de hormigón*



**Fuente:** *R Cucalón; J. Tomalá*

### **3.7 Asentamiento mediante el cono de Abrahams.**

El asentamiento del hormigón fresco fue elaborado mediante la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1578. Se seleccionó una superficie plana, húmeda y no absorbente, se sostuvo firmemente el molde, se colocó la mezcla en el molde en tres capas, cada una aproximadamente un tercio del volumen del molde, se compactó cada capa con 25 golpes distribuidos uniformemente en su superficie, se enrazó con la varilla de compactación para tener una superficie lisa. Luego, se retiró el molde levantándolo cuidadosamente en dirección vertical en un tiempo de  $5s \pm 2s$  con un movimiento ascendente uniforme y sin movimientos laterales o de torsión, finalmente se procedió a medir el revenimiento.

Las dimensiones del molde metálico troncocónico utilizado son 200 mm de diámetro en su base mayor con altura de 300 mm de altura y 100 mm de diámetro en su base menor.

**Figura 10:** *Asentamiento mediante el ensayo de Abrahams.*

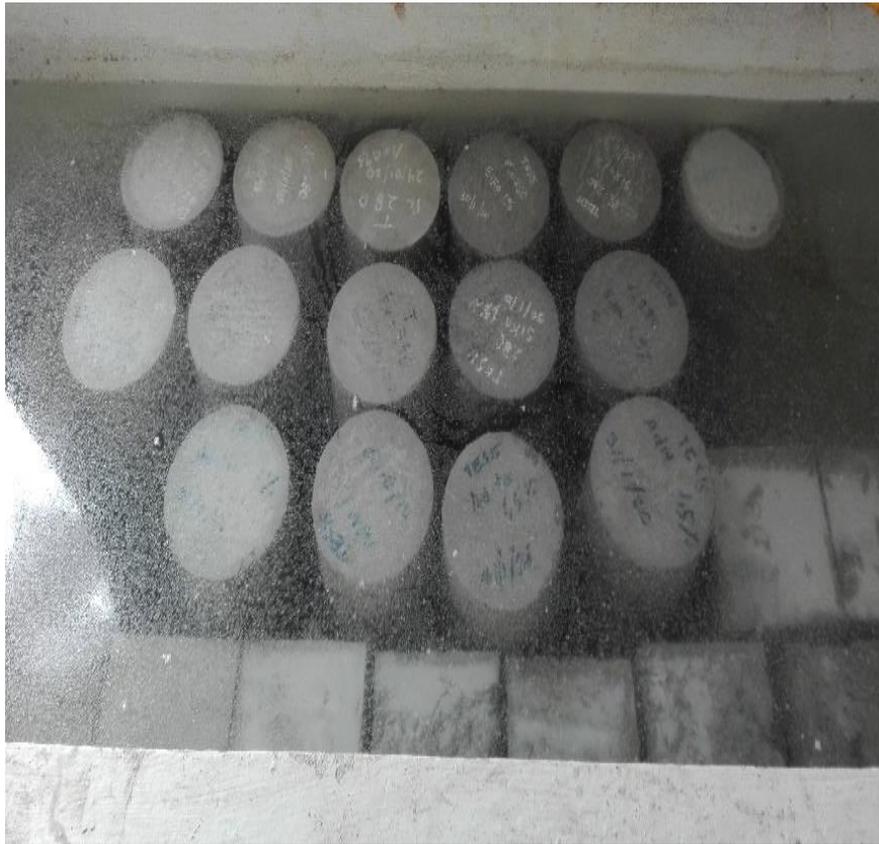


Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

### **3.8 Curado de las probetas y vigas de hormigón.**

Después de desmoldar las probetas de hormigón, estas fueron colocadas en una piscina de curado. El tiempo de curado de los especímenes se prolonga hasta que el hormigón alcance las edades de 7, 14 y 28 días.

**Figura 11:** Curado de las probetas de hormigón.

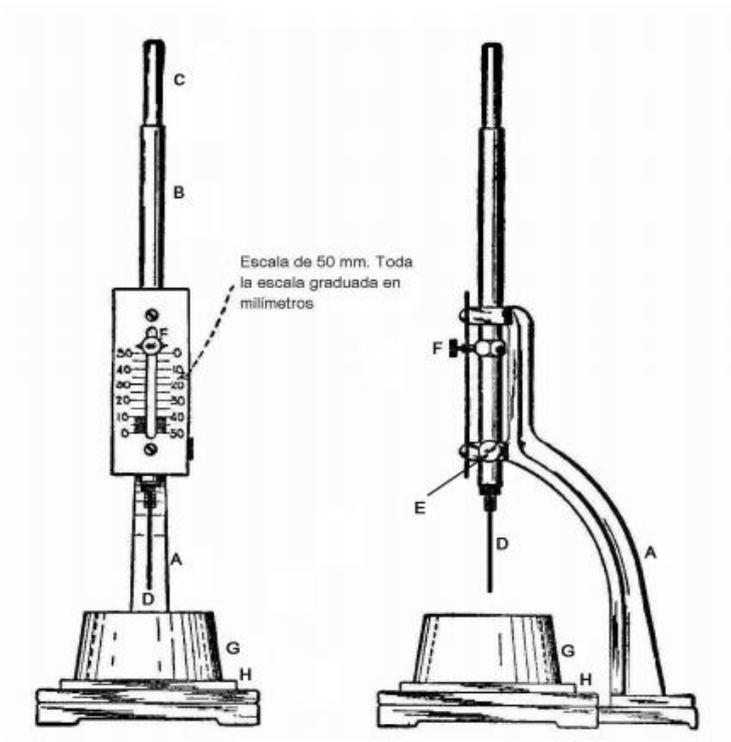


**Fuente:** R Cucalón; J. Tomalá

### **3.9 Tiempo de fraguado del hormigón.**

Con los métodos de ensayos establecidos en la NTE INEN 158, se puede determinar el tiempo de fraguado del hormigón mediante la utilización de la aguja de Vicat normalizado. Se efectúan penetraciones periódicas en la pasta de cemento (pasante del tamiz N° 4 de la mezcla de hormigón) utilizando la aguja de Vicat de 1mm de diámetro.

**Figura 12:** Esquema del aparato de Vicat.



Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

A continuación, se muestran los tiempos de fraguado inicial y final de la para cada uno de los diseños de hormigón:

**Tabla 49:** Resultados de tiempo fraguado hormigón 350kg/cm<sup>2</sup>

Descripción	Datos
Tipo de cemento	Holcim GU
Hora de inicio del ensayo	11:00
Hora de fraguado inicial del hormigón	11:50
Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 50 min
Hora de fraguado final del hormigón	13:00
Tiempo de fraguado final del hormigón	1 h 60 min

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Tabla 50:** Resultados de tiempo fraguado hormigón 280kg/cm<sup>2</sup> -1 % Sikament N100.

Descripción	Datos
Tipo de cemento	Holcim GU
Hora de inicio del ensayo	14:15
Hora de fraguado inicial del hormigón	14:35
Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 20 min
Hora de fraguado final del hormigón	15:05
Tiempo de fraguado final del hormigón	0 h 50 min

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Tabla 51:** Resultados de tiempo fraguado hormigón 280kg/cm<sup>2</sup>-1,5 % Sikament N100.

Descripción	Datos
Tipo de cemento	Holcim GU
Hora de inicio del ensayo	9:00
Hora de fraguado inicial del hormigón	9:30
Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 30 min
Hora de fraguado final del hormigón	10:05
Tiempo de fraguado final del hormigón	1 h 05 min

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Tabla 52:** Resultados de tiempo fraguado hormigón 280kg/cm<sup>2</sup>-1 % Aditec SF-106.

Descripción	Datos
Tipo de cemento	Holcim GU
Hora de inicio del ensayo	15:20
Hora de fraguado inicial del hormigón	15:35
Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 15 min
Hora de fraguado final del hormigón	16:05
Tiempo de fraguado final del hormigón	0 h 45 min

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Tabla 53:** Resultados de tiempo fraguado hormigón 280kg/cm<sup>2</sup>-1,5 % Aditec SF-106.

Descripción	Datos
Tipo de cemento	Holcim GU
Hora de inicio del ensayo	10:30
Hora de fraguado inicial del hormigón	11:00
Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 30 min
Hora de fraguado final del hormigón	11:40
Tiempo de fraguado final del hormigón	1 h 10 min

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

### 3.10 Resistencia a la compresión.

Este ensayo se realizó mediante la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1573. Para esto se elaboraron 6 probetas cilíndricas de hormigón de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura para cada dosificación y cuyas roturas fueron realizadas en los días 7, 14 y 28 días. El ensayo realizado fue en una máquina de compresión hidráulica, que aplica una carga continua, hasta que el espécimen de hormigón se deforme rápidamente antes de la rotura, y por último de procedió a tomar el valor máximo de resistencia y carga de ruptura.

**Figura 13:** Resistencia a compresión.



Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

### 3.11 Resistencia a la flexión.

El ensayo consistió en someter hasta la rotura a una viga de hormigón aplicando fuerzas puntuales, repartida a dos puntos de aplicación ubicados en los tercios medios de la luz de la viga. La resistencia a flexión es calculada dependiendo del sitio en que ocurre la falla, el módulo de ruptura depende de varios factores como: la calidad de los materiales, potencia de la compactación, condición de curado, etc.

**Figura 14:** Resistencia a flexión.



Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL HORMIGÓN

En este capítulo se especifican los resultados obtenidos de los ensayos realizados a las probetas de hormigón resultantes de las 5 dosificaciones establecidas.

Se especifican los resultados de: asentamiento, densidades y sus respectivas resistencias a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

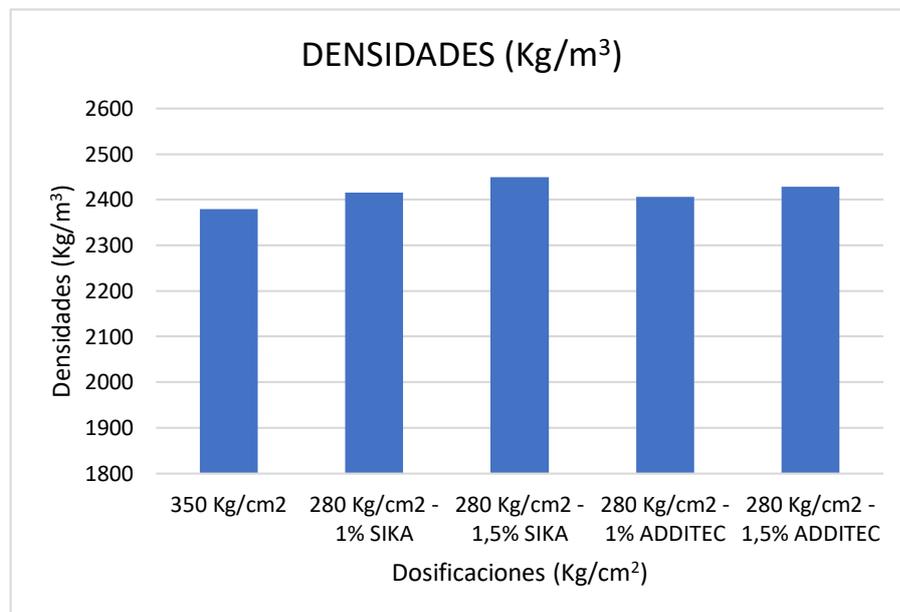
#### 4.1 Resultados y análisis de los ensayos de densidad y asentamiento.

Tabla 54: Resultados y análisis de ensayos de asentamiento

DOSIFICACIONES	DENSIDAD	ASENTAMIENTOS (cm)		REDUCCIÓN DE AGUA
350 Kg/cm <sup>2</sup>	2379,25	3,5	Cm	-
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% SIKA	2415,09	1	Cm	30%
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% SIKA	2449,06	2,6	Cm	30%
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% ADDITEC	2405,66	2	Cm	30%
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% ADDITEC	2428,30	3,7	Cm	30%

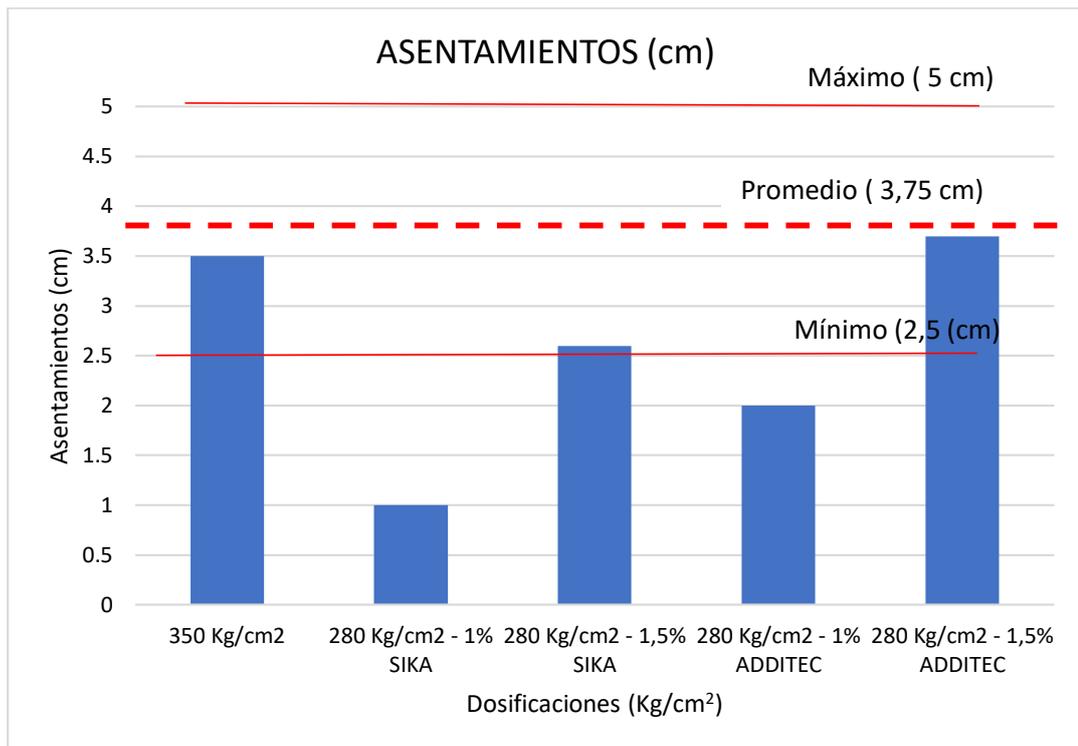
Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

Figura 15: Densidades.



Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Figura 16:** Asentamientos en el hormigón.



Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

Se pueden observar las diferentes densidades y asentamientos de cada dosificación con la misma reducción de agua y aplicando diferentes aditivos superplastificantes, ya que según el asentamiento del hormigón podemos establecer la trabajabilidad y la fluidez de cada una de las dosificaciones.

#### 4.2 Resultados y análisis de los ensayos a compresión

- 1) El porcentaje mayor de resistencia a la compresión a los 7, 14 días tomando en cuenta las 5 dosificaciones fue de 127,08, ésta se obtuvo con la dosificación de 280 Kg/cm<sup>2</sup> - 1,5% SIKAMENT N<sup>o</sup>100.
- 2) Las dosificaciones con adición de aditivos superplastificantes alcanzaron el 100% de su resistencia por diseño.
- 3) La dosificación 280 Kg/cm<sup>2</sup> - 1% ADITEC SF-106 se obtuvo un porcentaje de resistencia menor a las demás dosificaciones con aditivos.

**Tabla 55: Resultados a los 7 días**

DOSIFICACIONES/RESITENCIA POR DÍAS	7 DÍAS			
	Espécimen 1 (MPa)	Espécimen 2 (MPa)	Kg/cm2	%
350 Kg/cm2	14,98	15,55	155,66	44,47
280 Kg/cm2 - 1% SIKAMENT Nª100	29,86	28,92	299,69	107,03
280 Kg/cm2 - 1,5% SIKAMENT Nª100	33,34	32,74	336,91	120,33
280 Kg/cm2 - 1% ADITEC SF-106	18,34	29,28	298,57	106,63
280 Kg/cm2 - 1,5% ADITEC SF-106	34,45	32,54	341,55	121,98

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Tabla 56: Resultados a los 14 días**

DOSIFICACIONES/RESITENCIA POR DÍAS	14 DÍAS			
	Espécimen 1 (MPa)	Espécimen 2 (MPa)	Kg/cm2	%
350 kg/cm2	26,64	26,33	270,07	77,16
280 Kg/cm2 - 1% SIKAMENT Nª100	30,78	31,76	318,87	113,88
280 Kg/cm2 - 1,5% SIKAMENT Nª100	34,19	34,53	350,37	125,13
280 Kg/cm2 - 1% ADITEC SF-106	31,52	34,75	337,88	120,67
280 Kg/cm2 - 1,5% ADITEC SF-106	35,19	35,26	359,20	128,28

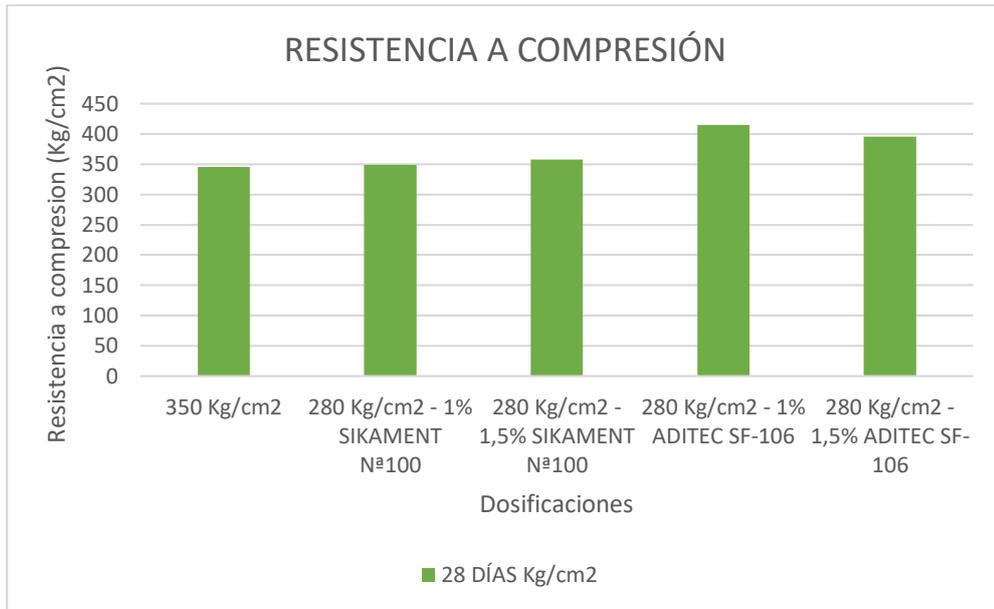
Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Tabla 57: Resultados a los 28 días**

DOSIFICACIONES/RESITENCIA POR DÍAS	28 DÍAS			
	Espécimen 1 (MPa)	Espécimen 2 (MPa)	Kg/cm2	%
350 Kg/cm2	35,33	32,42	345,43	98,69
280 Kg/cm2 - 1% SIKAMENT Nª100	34,29	34,15	348,95	124,62
280 Kg/cm2 - 1,5% SIKAMENT Nª100	36,12	34,13	358,18	127,92
280 Kg/cm2 - 1% ADITEC SF-106	41,63	39,78	415,08	148,24
280 Kg/cm2 - 1,5% ADITEC SF-106	39,22	38,45	396,01	141,43

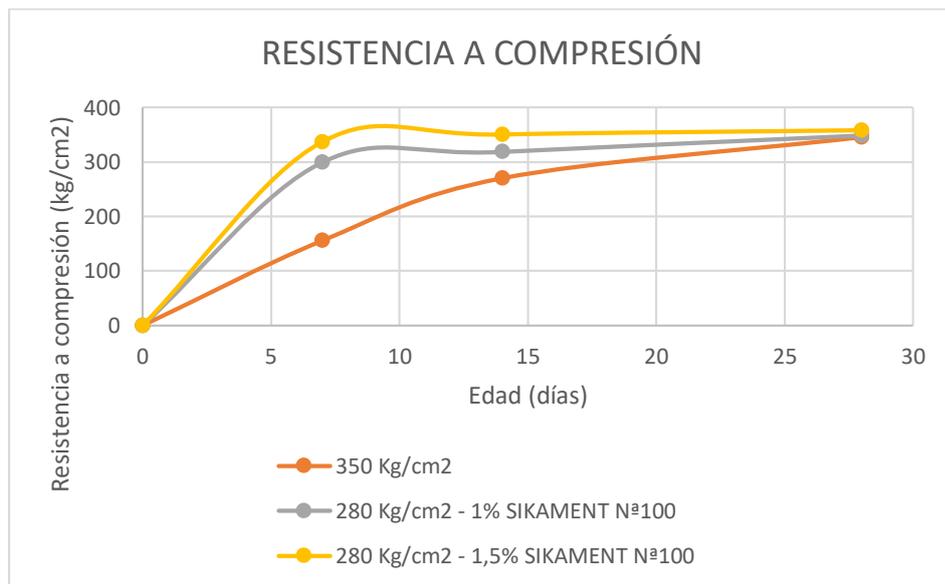
Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Figura 17:** Resistencia a compresión de cada dosificación a los 28 días



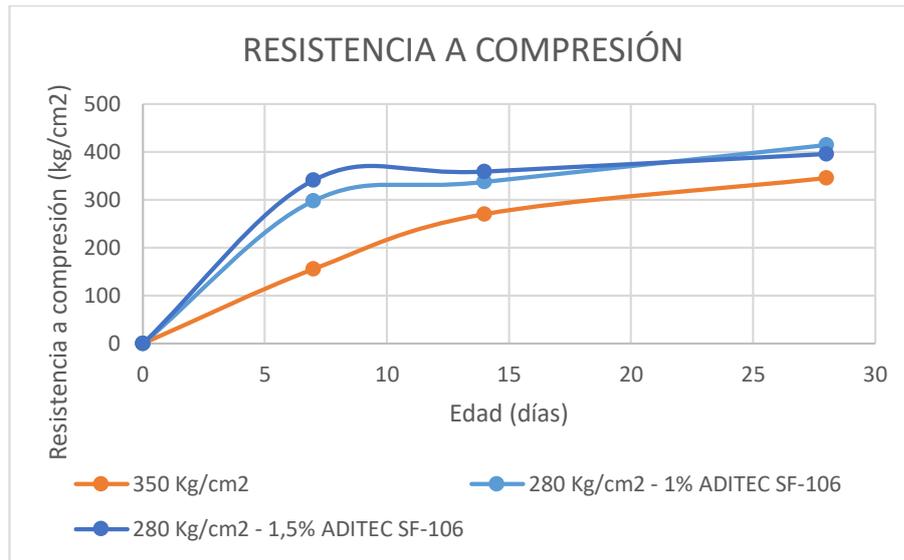
Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Figura 18:** Resistencia a compresión (350kg/cm² – 280 kg/cm² con 1 y 1,5 % Sikament N 100).



Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Figura 19:** Resistencia a compresión (350kg/cm<sup>2</sup> – 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1 y 1,5 % Aditec SF-106).



Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

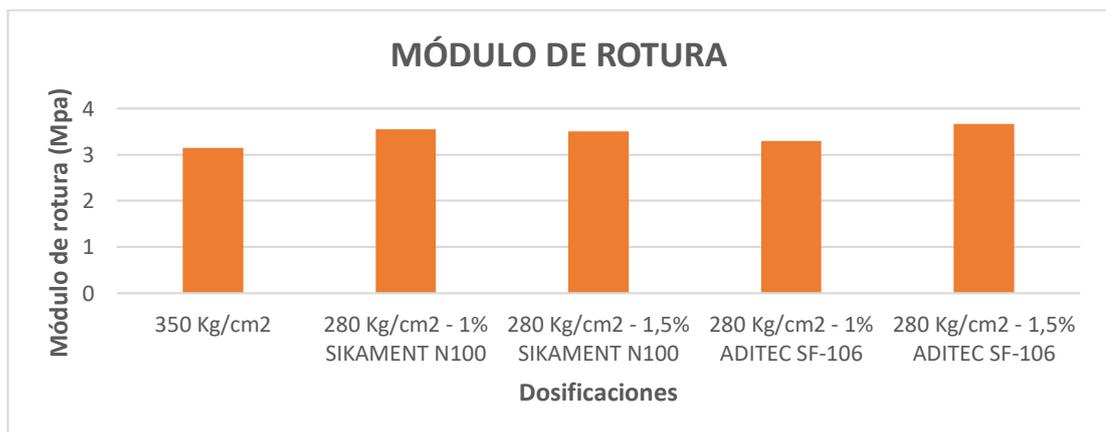
#### 4.3 Resultados y análisis de los ensayos a flexión

**Tabla 58:** Módulo de rotura de las vigas a Flexión

DOSIFICACIONES/MÓDULO DE ROTURA	MÓDULO DE ROTURA				
	CARGA MÁXIMA	LUZ DE VIGA	ANCHO	ALTURA	R (MPa)
	P (N)	L (mm)	b (mm)	d(mm)	
350 Kg/cm <sup>2</sup>	25,94	450,00	154,00	155,10	3,15
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% SIKAMENT N100	29,04	450,00	155,20	154,00	3,55
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% SIKAMENT N100	29,02	450,00	155,10	155,00	3,50
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% ADITEC SF-106	27,66	450,00	153,20	157,00	3,30
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% ADITEC SF-106	29,06	450,00	154,00	152,10	3,67

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**Figura 20:** Módulo de rotura de las vigas a Flexión.



Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

## CAPÍTULO V

### 5. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA CADA UNA DE LAS DOSIFICACIONES.

En el actual estudio se consideró la elaboración de los análisis de precios unitarios de la fabricación de un metro cúbico de hormigón con las siguientes dosificaciones de dos aditivos superplastificantes.

1. Hormigón patrón de 350 kg/cm<sup>2</sup>.
2. Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1% de aditivo superplastificante Sika (Sikament – N 100) y 30% reducción de agua.
3. Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1,5% de aditivo superplastificante Sika (Sikament – N 100) y 30% reducción de agua.
4. Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1% de aditivo superplastificante Aditec (SF - 106) y 30% reducción de agua.
5. Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1,5% de aditivo superplastificante Aditec (SF – 106) y 30% reducción de agua.

## 5.1 Hormigón patrón de 350 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 59: APU  $f_c=350\text{kg/cm}^2$

		<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
		<b>ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO</b>			
<b>TEMA:</b>	ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DE HORMIGÓN DE RESISTENCIA $f_c=350$ kg/cm <sup>2</sup>				
<b>TESISTAS:</b>	Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo				
<b>FECHA:</b>	2 de febrero del 2020	<b>AGREGADO FINO</b>	Río Bulubulu		
<b>CEMENTO</b>	Holcim Tipo GU	<b>AGREGADO GRUESO</b>	Calizas "huayco"		
<b>RUBRO:</b>	Hormigón Simple $f_c=350$ kg/cm <sup>2</sup>		<b>Unidad:</b>	m <sup>3</sup>	<b>Rendimiento</b>
					0,70
<b>EQUIPOS Y MAQUINARIA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5%)					1,53
Concreteira	1	4,48	4,00	0,70	2,80
Vibrador de manguera	1	4,06	4,00	0,70	2,80
				<b>SUBTOTAL(1)</b>	7,13
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	10	3,60	36,00	0,70	25,20
Albañil	2	3,65	7,30	0,70	5,11
Maestro	1	4,04	4,04	0,07	0,28
				<b>SUBTOTAL(2)</b>	30,59
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
Cemento	saco	9,60	7,50	72,00	
Piedra 3/4"	m <sup>3</sup>	0,90	20,00	18,00	
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	0,65	18,00	11,70	
Agua	m <sup>3</sup>	0,21	1,00	0,21	
				<b>SUBTOTAL(3)</b>	101,91
				<b>SUBTOTAL (1+2+3)</b>	139,63
				<b>COSTO INDIRECTO (25%)</b>	34,91
				<b>TOTAL</b>	174,54

REVISADO POR:

Ing. Richard Ramírez Palma

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**5.2 Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1% de aditivo superplastificante Aditec (SF - 106) y 30% reducción de agua.**

**Tabla 60: APU  $f_c=280\text{kg/cm}^2$  , 1% Aditec**

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
	<b>ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO</b>				
<b>TEMA:</b>	ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DE HORMIGÓN DE RESISTENCIA $F_c=280$ KG/CM <sup>2</sup> CON 1% ADITIVO ADITEC SF-106				
<b>TESISTAS:</b>	Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo				
<b>FECHA:</b>	2 de febrero del 2020	<b>AGREGADO FINO</b>	Río Bulubulu		
<b>CEMENTO</b>	Holcim Tipo GU	<b>AGREGADO GRUESO</b>	Calizas "huayco"		
<b>RUBRO:</b> Hormigón Simple $F_c=280$ kg/cm <sup>2</sup>	<b>Unidad:</b> m <sup>3</sup>	<b>Rendimiento</b> 0,64			
<b>EQUIPOS Y MAQUINARIA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5%)					1,17
Concreteira	1	4,48	4,00	0,64	2,56
Vibrador de manguera	1	4,06	4,00	0,64	2,56
				SUBTOTAL(1)	6,29
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	8	3,60	28,80	0,64	18,43
Albañil	2	3,65	7,30	0,64	4,67
Maestro	1	4,04	4,04	0,06	0,26
				SUBTOTAL(2)	23,36
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
Cemento	saco	8,20	7,50	61,50	
Piedra 3/4"	m <sup>3</sup>	0,85	20,00	17,00	
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	0,60	18,00	10,80	
Agua	m <sup>3</sup>	0,14	1,00	0,14	
Aditivo aditec 1% (kg)	kg	4,08	2,54	10,36	
				SUBTOTAL(3)	99,80
<b>SUBTOTAL (1+2+3)</b>					129,45
<b>COSTO INDIRECTO (25%)</b>					32,36
<b>TOTAL</b>					161,81
<b>REVISADO POR:</b>		<b>Ing. Richard Ramírez Palma</b>			

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**5.3 Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1,5% de aditivo superplastificante Aditec (SF - 106) y 30% reducción de agua.**

**Tabla 61: APU  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ , 1,5% Aditec**

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO</b>		
<b>TEMA:</b>	ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DE HORMIGÓN DE RESISTENCIA $F_c=280$ KG/CM <sup>2</sup> CON 1,5% ADITIVO ADITEC (SF-106)		
<b>TESISTAS:</b>	Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo		
<b>FECHA:</b>	2 de febrero del 2020	<b>AGREGADO FINO</b>	Río Bulubulu
<b>CEMENTO:</b>	Holcim Tipo GU	<b>AGREGADO GRUESO</b>	Calizas "huayco"

<b>RUBRO:</b> Hormigón Simple $F_c=280$ kg/cm <sup>2</sup>	<b>Unidad:</b> m <sup>3</sup>	<b>Rendimiento</b> 0,64			
<b>EQUIPOS Y MAQUINARIA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5%)					1,17
Concreteira	1	4,48	4,00	0,64	2,56
Vibrador de manguera	1	4,06	4,00	0,64	2,56
				<b>SUBTOTAL(1)</b>	6,29
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	8	3,60	28,80	0,64	18,43
Albañil	2	3,65	7,30	0,64	4,67
Maestro	1	4,04	4,04	0,06	0,26
				<b>SUBTOTAL(2)</b>	23,36
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
Cemento	saco	8,20	7,50	61,50	
Piedra 3/4"	m <sup>3</sup>	0,85	20,00	17,00	
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	0,60	18,00	10,80	
Agua	m <sup>3</sup>	0,14	1,00	0,14	
Aditivo aditec 1,5% (kg)	kg	6,12	2,54	15,53	
				<b>SUBTOTAL(3)</b>	104,97
<b>SUBTOTAL (1+2+3)</b>					134,63
<b>COSTO INDIRECTO (25%)</b>					33,66
<b>TOTAL</b>					168,28

**REVISADO POR:** Ing. Richard Ramírez Palma

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**5.4 Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1% de aditivo superplastificante Sika (Sikament – N 100) y 30% reducción de agua.**

**Tabla 62: APU  $f_c=280\text{kg/cm}^2$ , 1% Sika**

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
	<b>ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO</b>		
<b>TEMA:</b>	ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DE HORMIGÓN DE RESISTENCIA $F_c=280$ KG/CM2 CON 1% ADITIVO SIKAMENT N°100		
<b>TESISTAS:</b>	Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo		
<b>FECHA:</b>	2 de febrero del 2020	<b>AGREGADO FINO</b>	Río Bulubulu
<b>CEMENTO</b>	Holcim Tipo GU	<b>AGREGADO GRUESO</b>	Calizas "huayco"

<b>RUBRO:</b> Hormigón Simple $F_c=280$ kg/cm <sup>2</sup>				<b>Unidad:</b> m <sup>3</sup>	<b>Rendimiento</b> 0,64
<b>EQUIPOS Y MAQUINARIA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5%)					1,17
Concreteira	1	4,48	4,00	0,64	2,56
Vibrador de manguera	1	4,06	4,00	0,64	2,56
				<b>SUBTOTAL(1)</b>	6,29
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	8	3,60	28,80	0,64	18,43
Albañil	2	3,65	7,30	0,64	4,67
Maestro	1	4,04	4,04	0,06	0,26
				<b>SUBTOTAL(2)</b>	23,36
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
Cemento	saco	8,20	7,50	61,50	
Piedra 3/4"	m <sup>3</sup>	0,85	20,00	17,00	
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	0,60	18,00	10,80	
Agua	m <sup>3</sup>	0,14	1,00	0,14	
Aditivo sika 1% Sikament N100 (kg)	kg	4,08	2,68	10,93	
				<b>SUBTOTAL(3)</b>	100,37
				<b>SUBTOTAL (1+2+3)</b>	130,02
				<b>COSTO INDIRECTO (25%)</b>	32,50
				<b>TOTAL</b>	162,52

**REVISADO POR:** Ing. Richard Ramírez Palma

Fuente: R Cucalón; J. Tomalá

**5.5 Hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1,5% de aditivo superplastificante Sika (Sikament – N 100) y 30% reducción de agua.**

**Tabla 63: APU  $f_c=280\text{kg/cm}^2$ , 1,5% Sika**

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
	<b>ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO</b>		
<b>TEMA:</b>	ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DE HORMIGÓN DE RESISTENCIA $F_c=280$ KG/CM <sup>2</sup> CON 1,5% ADITIVO SIKAMENT N°100		
<b>TESISTAS:</b>	Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo		
<b>FECHA:</b>	2 de febrero del 2020	<b>AGREGADO FINO</b>	Rio Bulubulu
<b>CEMENTO</b>	Holcim Tipo GU	<b>AGREGADO GRUESO</b>	Calizas huayco

<b>RUBRO:</b> Hormigón Simple $F_c=280$ kg/cm <sup>2</sup>	<b>Unidad:</b> m <sup>3</sup>	<b>Rendimiento</b> 0,64			
<b>EQUIPOS Y MAQUINARIA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5%)					1,17
Concreteira	1	4,48	4,00	0,64	2,56
Vibrador de manguera	1	4,06	4,00	0,64	2,56
				<b>SUBTOTAL(1)</b>	6,29
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	8	3,60	28,80	0,64	18,43
Albañil	2	3,65	7,30	0,64	4,67
Maestro	1	4,04	4,04	0,06	0,26
				<b>SUBTOTAL(2)</b>	23,36
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
Cemento	saco	8,20	7,50	61,50	
Piedra 3/4"	m <sup>3</sup>	0,85	20,00	17,00	
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	0,60	18,00	10,80	
Agua	m <sup>3</sup>	0,14	1,00	0,14	
Aditivo sika 1,5% Sikament N100 (kg)	kg	6,12	2,68	16,39	
				<b>SUBTOTAL(3)</b>	105,83
				<b>SUBTOTAL (1+2+3)</b>	135,48
				<b>COSTO INDIRECTO (25%)</b>	33,87
				<b>TOTAL</b>	169,35

<b>REVISADO POR:</b>	<b>Ing. Richard Ramírez Palma</b>
----------------------	-----------------------------------

**Fuente:** R Cucalón; J. Tomalá

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Una vez realizada la caracterización de los agregados empleados para esta investigación, se concluye que los agregados finos y gruesos cumplen con las normativas establecidas en NTE INEN, a excepción de la granulometría del agregado grueso (piedra  $\frac{3}{4}$ ) procedente de Calcáreos "Huayco". Por tal motivo se le hicieron varios ajustes para que el material obtenga la buena gradación dentro del rango granulométrico descrito por la norma.

Con los resultados de asentamientos obtenidos del hormigón en estado fresco, se concluye que el hormigón con reducción de agua en un 30% y adición de aditivo superplastificante Sikament N.100 y Aditec SF-106 al 1% obtuvieron asentamientos de 1 y 2 cm respectivamente, adquiriendo una mezcla de hormigón de consistencia seca y disminuyendo considerablemente su fluidez y trabajabilidad.

En esta investigación los diseños de hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con dos marcas de aditivos superplastificantes lograron alcanzar la resistencia a la compresión de 350 kg/cm<sup>2</sup> a excepción del diseño de hormigón con adición del 1% de aditivo Sikament. Esta alternativa es técnicamente viable y se lleva a cabo mediante la elaboración de un diseño de hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con la aplicación del aditivo superplastificante (Sikament N.100 o Aditec SF-106) en proporción de 1 y 1,5% del peso del cemento y la reducción de agua en un 30%, generando un incremento entre el 24 y 28 % de resistencia adicional con aditivo Sikament N.100 y entre el 41 y 48 % de resistencia adicional con aditivo Aditec SF-106 .

Una vez determinado el Análisis de Precios Unitarios (APU), se concluye que el costo del diseño del hormigón de 280 kg/cm<sup>2</sup> con 1% de aditivo superplastificante Aditec SF-106, fue menor en comparación al diseño de hormigón patrón con la diferencia de \$12,73 por cada m<sup>3</sup>, incluso menor a los demás diseños de hormigones realizados, generando un balance favorable

para el aditivo superplastificante procedente de ADITEC ECUATORIANA CIA. LTDA debido a su admisible costo y elevada resistencia a la compresión.

## **6.2 Recomendaciones**

Se debe constatar la correcta caracterización de los agregados para que la mezcla de hormigón sea uniforme y que la pasta de cemento cubra cada una de las partículas del agregado grueso durante el mezclado.

Mediante la aplicación del 1% de aditivo superplastificante y la reducción de agua en un 30 % se recomienda que la mezcla sea colocada de inmediato en las probetas, de esta manera se reducirán las dificultades incitadas por la poca trabajabilidad de la mezcla de hormigón en estado fresco y los defectos del hormigón en estado endurecido.

En la aplicación del 1% de aditivo superplastificante se recomienda investigar más profundamente, para obtener la reducción idónea de agua según la especificación del aditivo. El uso de este tipo de hormigón de baja consistencia es recomendable en estructuras con poca armadura, obras de hormigón masivos como pavimentos rigidez, ya que se necesita una adecuada compactación para obtener un mejor resultado.

Para el ensayo a compresión y flexión de las probetas se recomienda verificar la calibración de la prensa hidráulica y desgastes de neoprenos para evitar afectaciones en la obtención de resultados.

## REFERENCIAS

- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.*
- Cayambe, M., & Pérez, F. (2013). *Obtención de concreto de alta resistencia mediante la adición de microsilice y superplastificantes en la mezcla, para su aplicación en elementos estructurales sometidos a grandes esfuerzos. Riobamba - Ecuador.*
- Chiluisa, J. (2014). *Hormigones de alta resistencia ( $f'c=50\text{Mpa}$ ) utilizando agregados del sector de Pifo y cemento especial-Lafarge. Quito.*
- Hernández, C. (2005). *Plastificantes para el hormigón. Valdivia- Chile.*
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.*
- Ramón, A. (2014). *Estudio del sector cementero a nivel mundial y nacional, con particularización de una empresa cementera situada en la comunidad Valencia. Valencia.*
- Romo Proaño, M. (2008). *Diseño en hormigón armado*
- Granada Pablo. (2017). *Análisis de costos y procesos constructivos de una vivienda unifamiliar en mampostería confinada.*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 0696 (2011). *Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso. Quito.*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 0697 (2010). *Determinación del material más fino que pasa el tamiz con aberturas de 75  $\mu\text{m}$  (No 200), mediante lavado. Quito.*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 0628 (2011). *Determinación del contenido total de humedad. Quito.*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 0858 (2010). *Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 0698 (2010). *Determinación del contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables. Quito.*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 0857 (2010). *Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso. Quito.*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 0158 (2009). *Cemento hidráulico. Determinación del tiempo de fraguado. Método de Vicat. Quito.*

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1576 (2011). *Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo. Quito.*

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1573 (2010). *Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico. Quito.*

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 2554 (2011). *Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón. (utilizando una viga simple con carga en los tercios). Quito.*

# **ANEXOS**



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

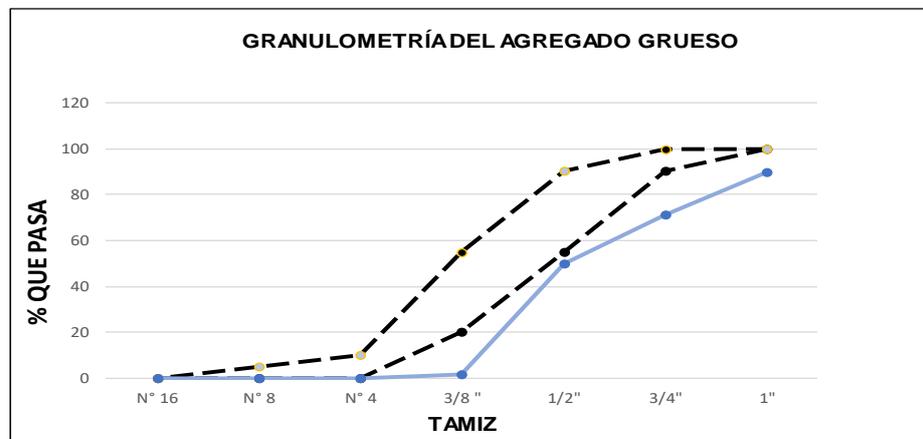


TEMA:	<b>"OPTIMIZACIÓN DE HORMIGÓN F'C = 350 KG/CM2 APLICANDO DIFERENTES ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES"</b>		
TESISTAS:	Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo		
FECHA DE ENSAYO:	SEPTIEMBRE 2019		
FUENTE DE AGREGADO GRUESO	CANTERA "CALIZAS HUAYCO"		

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTE INEN 696) - AGREGADO GRUESO**

Tamiz	Diámetro	W Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especificación ASTM	
1 1/2 "	37,5 mm	0,000	0,000	0,000	100,000	100	100
1 "	25 mm	0,708	10,143	10,143	89,857	100	100
3/4 "	19 mm	1,300	18,624	28,766	71,234	100	90
1/2 "	12,5 mm	1,500	21,489	50,255	49,745	90	55
3/8 "	9,5 mm	3,371	48,292	98,547	1,453	55	20
N° 4	4,75 mm	0,092	1,318	99,865	0,135	10	0
N° 8	2,36 mm	0,000	0,000	99,865	0,135	5	0
N° 16	1,18 mm	0,000	0,000	99,865	0,135	0	0
FONDO		0,009	0,135	100,000	0,000	0	0
TOTAL		6,980	100,000				

TAMAÑO MÁXIMO	1 1/2 "	37,5 mm
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	1 1/2 "	37,5 mm



ING. RICHARD RAMÍREZ  
REVISADO POR:

RONALD CUCALÓN ROSALES  
JOSÉ TOMALÁ POZO  
ELABORADO POR:

Anexo 1. Ensayo Granulométrico del Agregado grueso NTE INEN 696



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**TEMA:** "OPTIMIZACIÓN DE HORMIGÓN F'c = 350 KG/CM2 APLICANDO DIFERENTES ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES"

**TESISTAS:** Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo

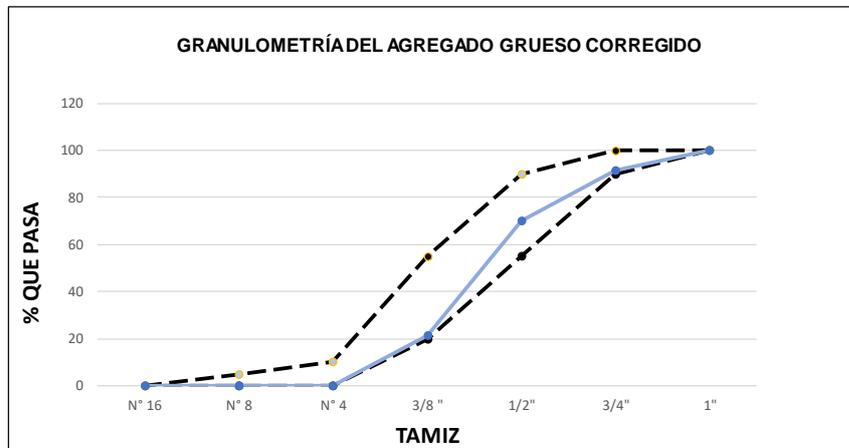
**FECHA DE ENSAYO:** SEPTIEMBRE 2019

**FUENTE DE AGREGADO GRUESO:** CANTERA "CALIZAS HUAYCO"

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTE INEN 696) - AGREGADO GRUESO CORREGIDO**

Tamiz	Diámetro	W Parcial	W Parcial Real	Diferencia	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especificación ASTM	
1 1/2 "	37,5 mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000	100	100
1"	25 mm	0,708	0,000	-0,708	0,000	0,000	100,000	100	100
3/4"	19 mm	1,300	0,600	-0,700	8,595	8,595	91,405	100	90
1/2"	12,5 mm	1,500	1,500	0,000	21,489	30,084	69,916	90	55
3/8 "	9,5 mm	3,371	3,371	0,000	48,292	78,377	21,623	55	20
N° 4	4,75 mm	0,092	1,500	1,408	21,489	99,865	0,135	10	0
N° 8	2,36 mm	0,000	0,000	0,000	0,000	99,865	0,135	5	0
N° 16	1,18 mm	0,000	0,000	0,000	0,000	99,865	0,135	0	0
<b>FONDO</b>		0,009	0,009	0,000	0,135	100,000	0,000	0	0
<b>TOTAL</b>		6,980	6,980	0,000	100,000				

<b>TAMAÑO MÁXIMO</b>	1"	25 mm
<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>	3/4"	19 mm



ING. RICHARD RAMÍREZ  
REVISADO POR:

RONALD CUCALÓN ROSALES  
JOSÉ TOMALÁ POZO  
ELABORADO POR:

**Anexo 2 Ensayo Granulométrico del Agregado grueso corregido NTE INEN 696**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

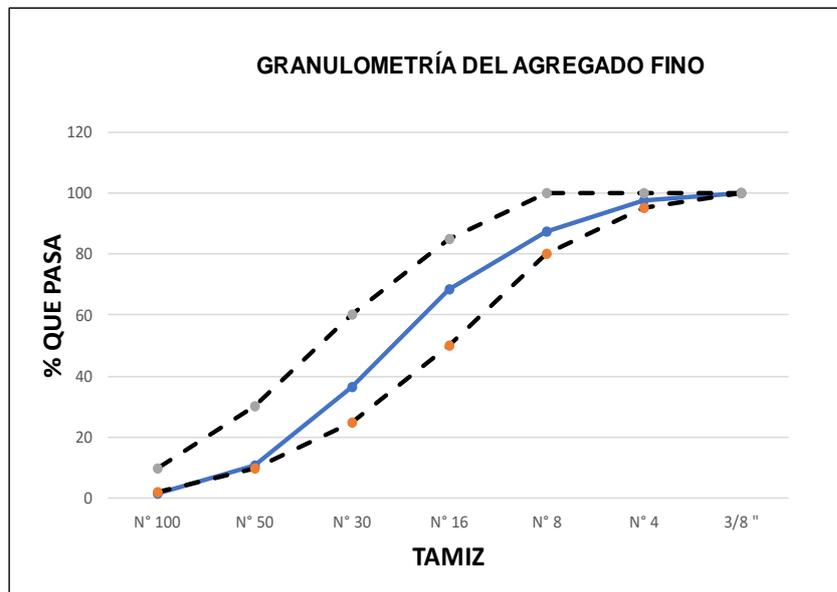


<b>TEMA:</b>	<b>"OPTIMIZACIÓN DE HORMIGÓN F'C = 350 KG/CM2 APLICANDO DIFERENTES ADITIVOS</b>		
<b>TESISTAS:</b>	Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo		
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	septiembre del 2019		
<b>FUENTE DE AGREGADO FINO</b>	Río Bulubulu		

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTE INEN 696)- AGREGADO FINO**

Tamiz	Diámetro	W Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especificación ASTM	
3/8 "	9,50000	0,000	0,000	0,000	100,000	100	100
N° 4	4,75000	0,067	2,275	2,275	97,725	95	100
N° 8	2,36000	0,298	10,119	12,394	87,606	80	100
N° 16	1,18000	0,560	19,015	31,409	68,591	50	85
N° 30	0,00060	0,944	32,054	63,463	36,537	25	60
N° 50	0,00030	0,757	25,705	89,168	10,832	10	30
N° 100	0,00015	0,274	9,304	98,472	1,528	2	10
<b>FONDO</b>		0,045	1,528	100,000	0,000	0	0
<b>TOTAL</b>		2,945	100,000				

**MÓDULO DE FINURA** 2,972



ING. RICHARD RAMÍREZ  
REVISADO POR:

RONALD CUCALÓN ROSALES  
JOSÉ TOMALÁ POZO  
ELABORADO POR:

**Anexo 3. Ensayo Granulométrico del Agregado fino NTE INEN 696**



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "OPTIMIZACIÓN DE HORMIGÓN F'C = 350 KG/CM2 APLICANDO DIFERENTES ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES"

TESISTAS: Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo

FECHA DE ENSAYO: septiembre del 2019

FUENTE DE AGREGADO FINO Río Bulubulu

FUENTE DE AGREGADO GRUESO Cantera "Calizas huayco"

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (NTE INEN 862)  
AGREGADO FINO Y GRUESO

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			
AGREGADO FINO			
MH	Masa de muestra húmeda	300	g
MS	Masa de muestra seca	284,5	g
$\omega = \frac{(MH - MS)}{(MS)} \times 100$	Contenido de humedad	5,45	%

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			
AGREGADO GRUESO			
MH	Masa de muestra húmeda	3000	g
MS	Masa de muestra seca	2825	g
$\omega = \frac{(MH - MS)}{(MS)} \times 100$	Contenido de humedad	6,19	%

ING. RICHARD RAMÍREZ  
REVISADO POR:

RONALD CUCALÓN ROSALES  
JOSÉ TOMALÁ POZO  
ELABORADO POR:

Anexo 4. Ensayo de contenido de humedad NTE INEN 862

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>TEMA:</b>	<b>"OPTIMIZACIÓN DE HORMIGÓN F'c = 350 KG/CM2 APLICANDO DIFERENTES ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES"</b>				
<b>TESISTAS:</b>	Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo				
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	OCTUBRE DEL 2019				
<b>FUENTE DE AGREGADO GRUESO</b>	CANTERA "CALIZAS HUAYCO"				
<b>PESO VOLUMÉTRICO DEL AGREGAO GRUESO (NTE INEN 858)</b>					
<b>PESO VOLUMÉTRICO SUELTO</b>					
AGREGADO GRUESO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
VOLUMEN	m3	0,009736876	0,009736876	0,009736876	0,009736876
P.V.S + R	kg	23,72	23,585	23,79	23,52
R	kg	10,94	10,94	10,94	10,94
Masa suelta	kg	12,78	12,645	12,85	12,58
P.V.S. parcia	kg/m3	1312,54	1298,67	1319,73	1292,00
P.V.S. Final	kg/m3	1305,73			
<b>PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO</b>					
AGREGADO GRUESO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
VOLUMEN	m3	0,009736876	0,009736876	0,009736876	0,009736876
P.V.V + R	kg	24,5	24,7	24,44	24,37
R	kg	10,94	10,94	10,94	10,94
Masa	kg	13,56	13,76	13,5	13,43
P.V.V. parcia	kg/m3	1392,64	1413,18	1386,48	1379,29
P.V.V. Final	kg/m3	1392,90			
ING. RICHARD RAMÍREZ	RONALD CUCALÓN ROSALES				
<b>REVISADO POR:</b>	JOSÉ TOMALÁ POZO				
	<b>ELABORADO POR:</b>				

**Anexo 5. Ensayo del peso volumétrico del agregado grueso NTE INEN 858**

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>TEMA:</b>	<b>"OPTIMIZACIÓN DE HORMIGÓN F'C = 350 KG/CM2 APLICANDO DIFERENTES ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES"</b>				
<b>TESISTAS:</b>	Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo				
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	OCTUBRE DEL 2019				
<b>FUENTE DE AGREGADO FINO</b>	CANTERA "CALIZAS HUAYCO"				
<b>PESO VOLUMÉTRICO DEL AGREGAO FINO (NTE INEN 858)</b>					
<b>PESO VOLUMÉTRICO SUELTO</b>					
AGREGADO FINO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	
VOLUMEN	m3	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281
P.V.S + R	kg	9,08	9,08	9,08	9,10
R	kg	4,42	4,42	4,42	4,42
Masa suelta	kg	4,66	4,66	4,66	4,68
P.V.S. parcial	kg/m3	1658,36	1658,36	1658,36	1665,48
P.V.S. Final	kg/m3	1660,14			
<b>REVISADO POR:</b> ING. RICHARD RAMÍREZ		<b>ELABORADO POR:</b> RONALD CUCALÓN ROSALES JOSÉ TOMALÁ POZO			

**Anexo 6. Ensayo del peso volumétrico del agregado fino NTE INEN 858**

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>TEMA:</b>	<b>"OPTIMIZACIÓN DE HORMIGÓN F'C = 350 KG/CM2 APLICANDO DIFERENTES ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES"</b>		
<b>TESISTAS:</b>	Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo		
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	OCTUBRE DEL 2019		
<b>FUENTE DE AGREGADO GRUESO:</b>	CANTERA "CALIZAS HUAYCO"		
<b>DETERMINACIÓN DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTE INEN 857)</b>			
<b>AGREGADO GRUESO</b>			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
A: Masa en aire del agregado (SH) (g).	2803	2785	2794
B: Masa en aire del agregado (SSS) (g).	3000	3000	3000
C: Masa aparente en agua de la muestra saturada (g).	1830	1799	1808
$G_{SH}$ : Gravedad específica seco al horno.	2,353	$G_{SH} = A / (B-C)$	
$G_{SSS}$ : Gravedad específica saturado superficialmente seco.	2,526	$G_{SSS} = B / (B-C)$	
$G_{SSSA}$ : Gravedad específica aparente (sss).	2,846	$G_{SSSA} = A / (A-C)$	
% Abs: porcentaje de absorción.	7,374	$\% \text{ Abs.} = ((B-A)/A) \times 100$	
<b>REVISADO POR:</b> ING. RICHARD RAMÍREZ		<b>ELABORADO POR:</b> RONALD CUCALÓN ROSALES JOSÉ TOMALÁ POZO	

**Anexo 7. Gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado grueso NTE INEN 857**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**TEMA:**

**"OPTIMIZACIÓN DE HORMIGÓN F'c = 350 KG/CM2 APLICANDO DIFERENTES ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES"**

**TESISTAS:**

Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo

**FECHA DE ENSAYO:**

OCTUBRE DEL 2019

**FUENTE DE AGEGADO FINO:**

RIO BULUBULU

**DETERMINACIÓN DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTE INEN 856)**

AGREGADO FINO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
A: Masa de la muestra (SH) (g).	474,16	473,6	473,9
altura inicial del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier	200	200	200
altura final del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier	434	435	436
masa de muestra (SSS) utilizado en procedimiento gravimétrico	500	500	500
masa de muestra (SSS) utilizado en procedimiento volumétrico	500	500	500
$G_{SH}$ : Gravedad específica seco al horno.	2,022	$G_{SH} = S1(A/S)/(0,9975(R2-R1))$	
$G_{SSS}$ : Gravedad específica (SSS)	2,133	$G_{SSS} = S1/(0,9975(R2-R1))$	
$G_{SSSA}$ : Gravedad específica aparente.	2,275	$G_{SSSA} = S1(A/S)/(0,9975(R2-R1))$	
% Abs: porcentaje de absorción.	5,510	$\% \text{ Abs.} = ((S1/S)(S-A)) / ((S1/S)(S-A)) \times 100$	

ING. RICHARD RAMÍREZ  
**REVISADO POR:**

RONALD CUCALÓN ROSALES  
 JOSÉ TOMALÁ POZO  
**ELABORADO POR:**

**Anexo 8. Determinación de gravedad específica y porcentaje de absorción agregado fino NTE INEN 856.**

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA INGENIERÍA CIVIL	
<b>TEMA:</b>	<b>"OPTIMIZACIÓN DE HORMIGÓN F'c = 350 KG/CM2 APLICANDO DIFERENTES ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES"</b>	
<b>TESISTAS:</b>	Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	OCTUBRE DE 2019	
<b>FUENTE DE AGREGADO GRUESO:</b>	CANTERA "CALIZAS HUAYCO"	
<b>FUENTE AGREGADO FINO:</b>	RÍO BULUBULU	
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO NTE INEN 0697</b>		

**Anexo 9. Determinación del material más fino NTE INEN 697.**

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
TESISTAS		Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo			
FECHA DE ENSAYO:		oct-19			
FUENTE DE AGREGADO GRUESO:			CANTERA "CALIZAS HUAYCO"		
FUENTE DE AGREGADO FINO:			RIO BULUBULU		
<b>DETERMINACION DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS INEN 698</b>					
AGREGADO GRUESO					
Tamices		M: Masa de muestra antes del ensayo. (gr)	R: Masa de particulas retenidas en el tamiz. (gr)	P: % de terrones de arcilla y particulas desmenuzables parcial	
Pasante	Retenido			$P = ((M-R)/M)*100$	
1 1/2 "	3/4"	3000	2938,5	2,05	
3/4"	3/8 "	2000	1950,5	2,48	
P (FINAL)				2,26	
AGREGADO FINO					
Tamices		M: Masa de muestra antes del ensayo. (gr)	R: Masa de particulas retenidas en el tamiz. (gr)	% de terrones de arcilla y particulas desmenuzables	
Pasante	Retenido			$P = ((M-R)/M)*100$	
Nº 16	Nº200	100	98,64	1,36	
ING. RICHARD RAMÍREZ		RONALD CUCALÓN ROSALES			
REVISADO POR:		JOSÉ TOMALÁ POZO			
		ELABORADO POR:			

**Anexo 10.** Determinación de terrones de arcilla y partículas NTE INEN 698

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA				
	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA				
	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
TESISTAS	Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo				
<b>CANTIDADES A UTILIZAR APARA CADA DISEÑO DE HORMIGÓN</b>					
<b>F'C = 350 KG/CM2 (PATRÓN)</b>					
Cemento	479,80	0,06	29,61	Kg	
Agua	200,23	0,06	12,36	Kg	
A.G	825,88	0,06	50,97	Kg	
A.F	619,97	0,06	38,26	Kg	
<b>F'C = 280 KG/CM2 (1% SIKAMENT-N 100, 30% REDUCCIÓN DE AGUA)</b>					
Cemento	407,73	0,06	25,16	Kg	
Agua (-30%)	140,19	0,06	8,65	Kg	
A.G	825,88	0,06	50,97	Kg	
A.F	673,88	0,06	41,59	Kg	
Aditivo			0,252	Kg	
<b>F'C = 280 KG/CM2 (1,5% SIKAMENT-N 100, 30% REDUCCIÓN DE AGUA)</b>					
Cemento	407,73	0,06	25,16	Kg	
Agua (-30%)	140,19	0,06	8,65	Kg	
A.G	825,88	0,06	50,97	Kg	
A.F	673,88	0,06	41,59	Kg	
Aditivo			0,377	Kg	
<b>F'C = 280 KG/CM2 (1% ADITEC SF-106, 30% REDUCCIÓN DE AGUA)</b>					
Cemento	407,73	0,06	25,16	Kg	
Agua (-30%)	140,19	0,06	8,65	Kg	
A.G	825,88	0,06	50,97	Kg	
A.F	673,88	0,06	41,59	Kg	
Aditivo			0,252	Kg	
<b>F'C = 280 KG/CM2 (1,5% ADITEC SF-106, 30% REDUCCIÓN DE AGUA)</b>					
Cemento	407,73	0,06	25,16	Kg	
Agua (-30%)	140,19	0,06	8,65	Kg	
A.G	825,88	0,06	50,97	Kg	
A.F	673,88	0,06	41,59	Kg	
Aditivo			0,377	Kg	
ING. RICHARD RAMÍREZ		RONALD CUCALÓN R.			
REVISADO POR:		JOSÉ TOMALÁ POZO			
		ELABORADO POR:			

**Anexo 11. Cantidades a utilizar en fundición.**

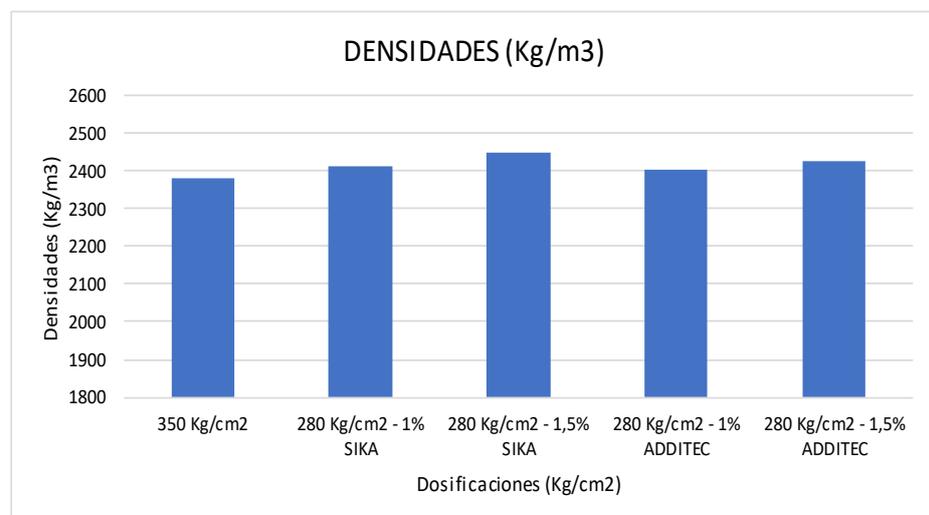
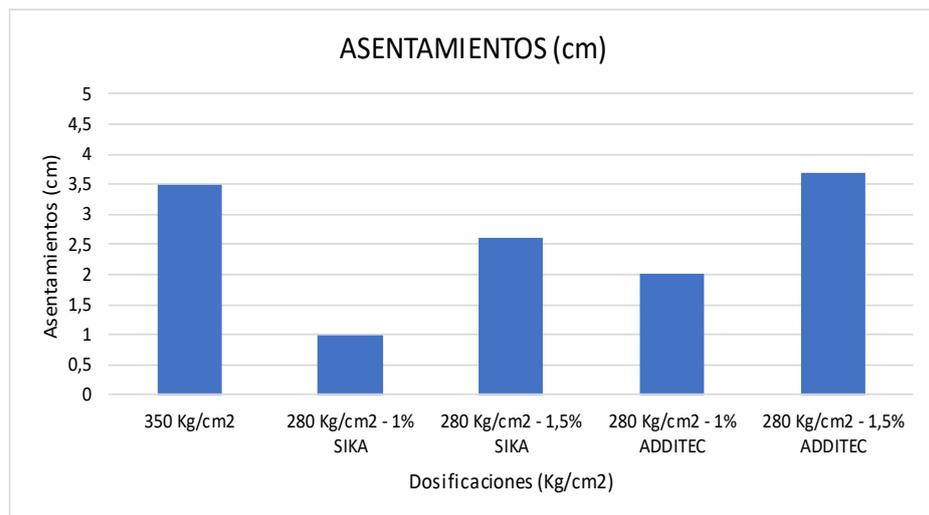


TESISTAS

Ronald Cucalon Rosales - José Tomalá Pozo

GRÁFICAS DE ASENTAMIENTOS Y DENSIDADES

DOSIFICACIONES	DENSIDAD	ASENTAMIENTOS (cm)	REDUCCIÓN DE AGUA
350 Kg/cm <sup>2</sup>	2379,25	3,5 cm	-
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% SIKA	2415,09	1 cm	30%
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% SIKA	2449,06	2,6 cm	30%
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% ADDITEC	2405,66	2 cm	30%
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% ADDITEC	2428,30	3,7 cm	30%



ING. RICHARD RAMÍREZ

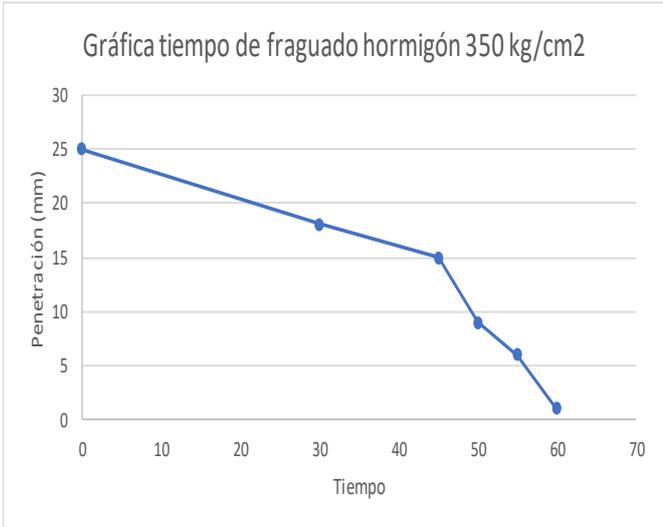
REVISADO POR:

RONALD CUCALÓN R.

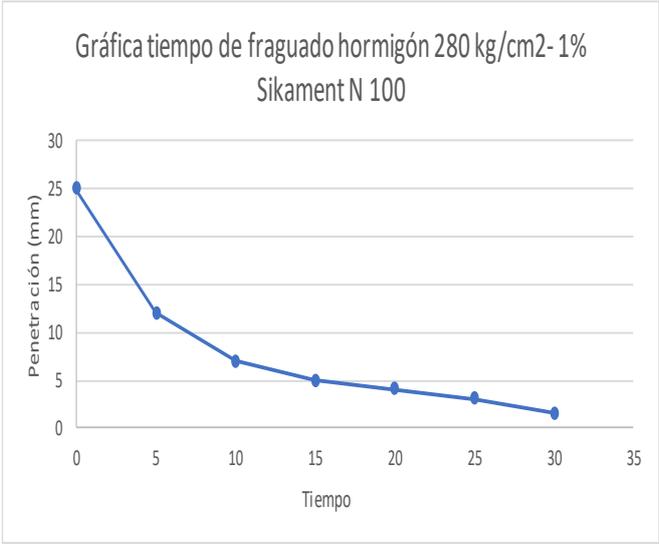
JOSÉ TOMALÁ POZO

ELABORADO POR:

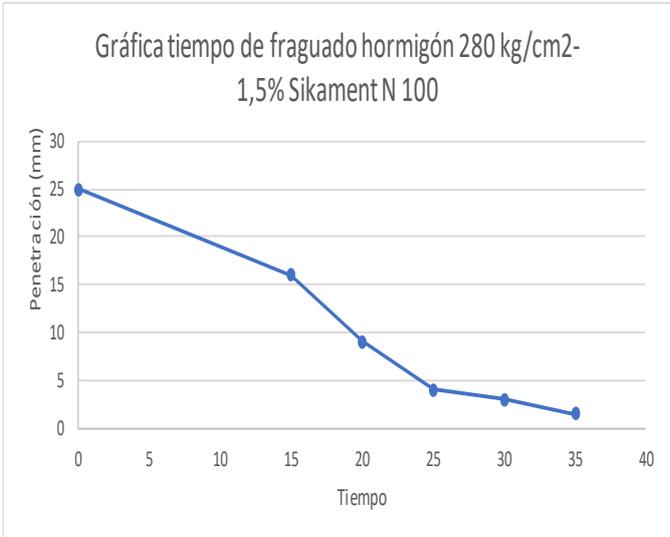
**Anexo 12. Asentamientos y densidades.**

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA</b>																																					
	<b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b>																																					
	<b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																					
<b>TESISTAS</b>	Ronald Cucalón Rosales - José Tomalá Pozo																																					
<b>TUTOR</b>	ING. RICHARD RAMÍREZ																																					
<b>ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO (HORMIGÓN 350KG/CM2)</b>																																						
NTE INEN 158																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Lectura</th> <th style="width: 15%;">Tiempo (min)</th> <th style="width: 15%;">Penetración 25 ± 1,5mm</th> <th style="width: 15%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Datos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12:00</td> <td>0</td> <td>25</td> <td>Tipo de cemento</td> <td>Holcim GU</td> </tr> <tr> <td>12:30</td> <td>30</td> <td>18</td> <td>Hora de inicio del ensayo</td> <td>11:00</td> </tr> <tr> <td>12:45</td> <td>45</td> <td>15</td> <td>Hora de fraguado inicial del hormigón</td> <td>11:50</td> </tr> <tr> <td>12:50</td> <td>50</td> <td>9</td> <td>Tiempo de fraguado inicial del hormigón</td> <td>0 h 50 min</td> </tr> <tr> <td>12:55</td> <td>55</td> <td>6</td> <td>Hora de fraguado final del hormigón</td> <td>13:00</td> </tr> <tr> <td>13:00</td> <td>60</td> <td>1</td> <td>Tiempo de fraguado final del hormigón</td> <td>1 h 60 min</td> </tr> </tbody> </table>				Lectura	Tiempo (min)	Penetración 25 ± 1,5mm	Descripción	Datos	12:00	0	25	Tipo de cemento	Holcim GU	12:30	30	18	Hora de inicio del ensayo	11:00	12:45	45	15	Hora de fraguado inicial del hormigón	11:50	12:50	50	9	Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 50 min	12:55	55	6	Hora de fraguado final del hormigón	13:00	13:00	60	1	Tiempo de fraguado final del hormigón	1 h 60 min
Lectura	Tiempo (min)	Penetración 25 ± 1,5mm	Descripción	Datos																																		
12:00	0	25	Tipo de cemento	Holcim GU																																		
12:30	30	18	Hora de inicio del ensayo	11:00																																		
12:45	45	15	Hora de fraguado inicial del hormigón	11:50																																		
12:50	50	9	Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 50 min																																		
12:55	55	6	Hora de fraguado final del hormigón	13:00																																		
13:00	60	1	Tiempo de fraguado final del hormigón	1 h 60 min																																		
 <p style="text-align: center;">Gráfica tiempo de fraguado hormigón 350 kg/cm<sup>2</sup></p>																																						
ING. RICHARD RAMÍREZ REVISADO POR:		RONALD CUCALÓN R. JOSÉ TOMALÁ POZO ELABORADO POR:																																				

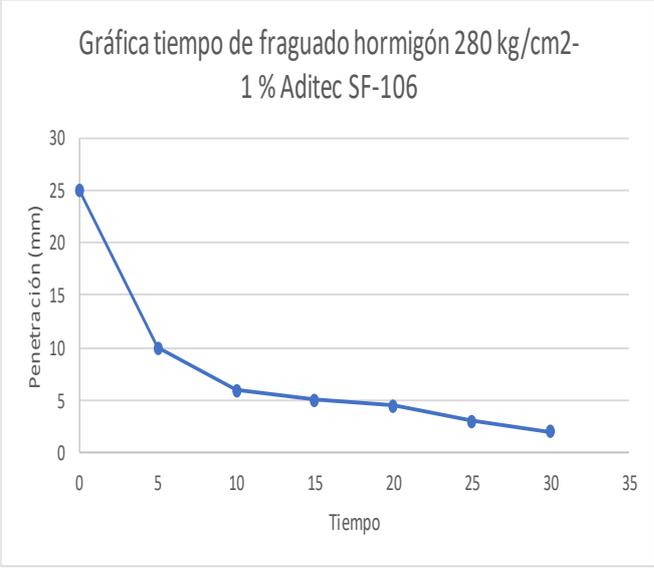
**Anexo 13.** Datos de tiempo de fraguado hormigón 350 kg/cm<sup>2</sup>.

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA</b>																																						
	<b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b>																																						
	<b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																						
<b>TESISTAS</b>	Ronald Cucalón Rosales - José Tomalá Pozo																																						
<b>TUTOR</b>	ING. RICHARD RAMÍREZ																																						
<b>ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO (HORMIGÓN 280KG/CM2 - 1% SIKAMENT N 100)</b>																																							
NTE INEN 158																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lectura</th> <th>Tiempo (min)</th> <th>Penetración 25 ± 1,5mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>14:35</td><td>0</td><td>25</td></tr> <tr><td>14:40</td><td>5</td><td>12</td></tr> <tr><td>14:45</td><td>10</td><td>7</td></tr> <tr><td>14:50</td><td>15</td><td>5</td></tr> <tr><td>14:55</td><td>20</td><td>4</td></tr> <tr><td>15:00</td><td>25</td><td>3</td></tr> <tr><td>15:05</td><td>30</td><td>1,5</td></tr> </tbody> </table>	Lectura	Tiempo (min)	Penetración 25 ± 1,5mm	14:35	0	25	14:40	5	12	14:45	10	7	14:50	15	5	14:55	20	4	15:00	25	3	15:05	30	1,5	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Datos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Tipo de cemento</td><td>Holcim GU</td></tr> <tr><td>Hora de inicio del ensayo</td><td>14:15</td></tr> <tr><td>Hora de fraguado inicial del hormigón</td><td>14:35</td></tr> <tr><td>Tiempo de fraguado inicial del hormigón</td><td>0 h 20 min</td></tr> <tr><td>Hora de fraguado final del hormigón</td><td>15:05</td></tr> <tr><td>Tiempo de fraguado final del hormigón</td><td>0 h 50 min</td></tr> </tbody> </table>	Descripción	Datos	Tipo de cemento	Holcim GU	Hora de inicio del ensayo	14:15	Hora de fraguado inicial del hormigón	14:35	Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 20 min	Hora de fraguado final del hormigón	15:05	Tiempo de fraguado final del hormigón	0 h 50 min
Lectura	Tiempo (min)	Penetración 25 ± 1,5mm																																					
14:35	0	25																																					
14:40	5	12																																					
14:45	10	7																																					
14:50	15	5																																					
14:55	20	4																																					
15:00	25	3																																					
15:05	30	1,5																																					
Descripción	Datos																																						
Tipo de cemento	Holcim GU																																						
Hora de inicio del ensayo	14:15																																						
Hora de fraguado inicial del hormigón	14:35																																						
Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 20 min																																						
Hora de fraguado final del hormigón	15:05																																						
Tiempo de fraguado final del hormigón	0 h 50 min																																						
<p>Gráfica tiempo de fraguado hormigón 280 kg/cm<sup>2</sup>- 1% Sikament N 100</p> 																																							
ING. RICHARD RAMÍREZ REVISADO POR:	RONALD CUCALÓN R. JOSÉ TOMALÁ POZO ELABORADO POR:																																						

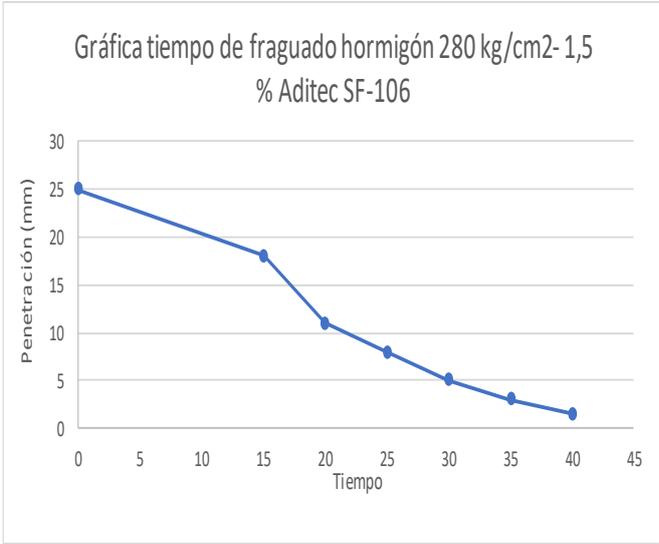
**Anexo 14.** Datos de tiempo de fraguado hormigón 280 kg/cm<sup>2</sup>- 1% Sikament N 100.

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA																																					
	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA																																					
	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL																																					
TESISTAS	Ronald Cucalón Rosales - José Tomalá Pozo																																					
TUTOR	ING. RICHARD RAMÍREZ																																					
<b>ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO (HORMIGÓN 280KG/CM<sup>2</sup> - 1,5% SIKAMENT N 100)</b>																																						
NTE INEN 158																																						
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Lectura</th> <th>Tiempo (min)</th> <th>Penetración 25 ± 1,5mm</th> <th>Descripción</th> <th>Datos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9:30</td> <td>0</td> <td>25</td> <td>Tipo de cemento</td> <td>Holcim GU</td> </tr> <tr> <td>9:45</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>Hora de inicio del ensayo</td> <td>9:00</td> </tr> <tr> <td>9:50</td> <td>20</td> <td>9</td> <td>Hora de fraguado inicial del hormigón</td> <td>9:30</td> </tr> <tr> <td>9:55</td> <td>25</td> <td>4</td> <td>Tiempo de fraguado inicial del hormigón</td> <td>0 h 30 min</td> </tr> <tr> <td>10:00</td> <td>30</td> <td>3</td> <td>Hora de fraguado final del hormigón</td> <td>10:05</td> </tr> <tr> <td>10:05</td> <td>35</td> <td>1,5</td> <td>Tiempo de fraguado final del hormigón</td> <td>1 h 05 min</td> </tr> </tbody> </table>				Lectura	Tiempo (min)	Penetración 25 ± 1,5mm	Descripción	Datos	9:30	0	25	Tipo de cemento	Holcim GU	9:45	15	16	Hora de inicio del ensayo	9:00	9:50	20	9	Hora de fraguado inicial del hormigón	9:30	9:55	25	4	Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 30 min	10:00	30	3	Hora de fraguado final del hormigón	10:05	10:05	35	1,5	Tiempo de fraguado final del hormigón	1 h 05 min
Lectura	Tiempo (min)	Penetración 25 ± 1,5mm	Descripción	Datos																																		
9:30	0	25	Tipo de cemento	Holcim GU																																		
9:45	15	16	Hora de inicio del ensayo	9:00																																		
9:50	20	9	Hora de fraguado inicial del hormigón	9:30																																		
9:55	25	4	Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 30 min																																		
10:00	30	3	Hora de fraguado final del hormigón	10:05																																		
10:05	35	1,5	Tiempo de fraguado final del hormigón	1 h 05 min																																		
<p>Gráfica tiempo de fraguado hormigón 280 kg/cm<sup>2</sup>- 1,5% Sikament N 100</p>  <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <caption>Data for Gráfica tiempo de fraguado</caption> <thead> <tr> <th>Tiempo (min)</th> <th>Penetración (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>25</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td></tr> <tr><td>20</td><td>9</td></tr> <tr><td>25</td><td>4</td></tr> <tr><td>30</td><td>3</td></tr> <tr><td>35</td><td>1,5</td></tr> </tbody> </table>				Tiempo (min)	Penetración (mm)	0	25	15	16	20	9	25	4	30	3	35	1,5																					
Tiempo (min)	Penetración (mm)																																					
0	25																																					
15	16																																					
20	9																																					
25	4																																					
30	3																																					
35	1,5																																					
ING. RICHARD RAMÍREZ REVISADO POR:		RONALD CUCALÓN R. JOSÉ TOMALÁ POZO ELABORADO POR:																																				

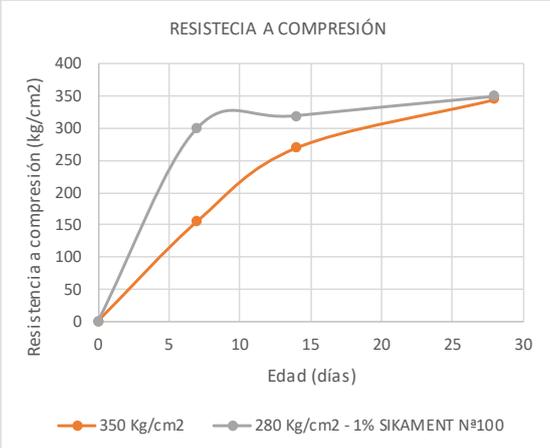
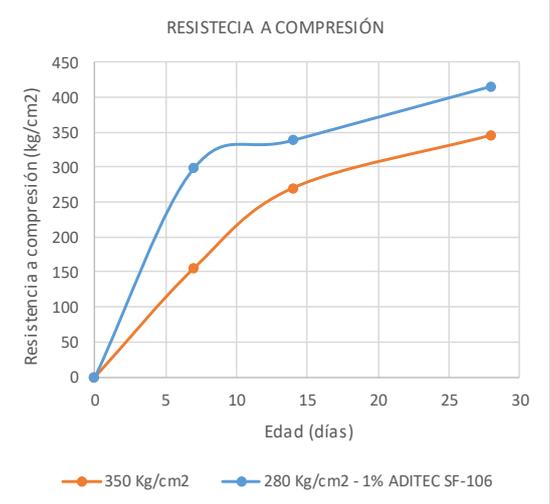
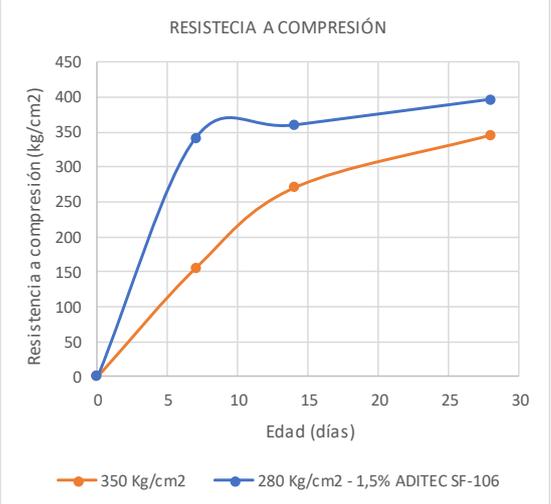
**Anexo 15.** Datos de tiempo de fraguado hormigón 280 kg/cm<sup>2</sup>- 1,5 % Sikament N 100.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA																																										
	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA																																										
	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL																																										
TESISTAS	Ronald Cucalón Rosales - José Tomalá Pozo																																										
TUTOR	ING. RICHARD RAMÍREZ																																										
<b>ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO (HORMIGÓN 280KG/CM2 - 1% ADITEC SF- 106)</b>																																											
NTE INEN 158																																											
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Lectura</th> <th>Tiempo (min)</th> <th>Penetración 25 ± 1,5mm</th> <th>Descripción</th> <th>Datos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15:35</td> <td>0</td> <td>25</td> <td>Tipo de cemento</td> <td>Holcim GU</td> </tr> <tr> <td>15:40</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>Hora de inicio del ensayo</td> <td>15:20</td> </tr> <tr> <td>15:45</td> <td>10</td> <td>6</td> <td>Hora de fraguado inicial del hormigón</td> <td>15:35</td> </tr> <tr> <td>15:50</td> <td>15</td> <td>5</td> <td>Tiempo de fraguado inicial del hormigón</td> <td>0 h 15 min</td> </tr> <tr> <td>15:55</td> <td>20</td> <td>4,5</td> <td>Hora de fraguado final del hormigón</td> <td>16:05</td> </tr> <tr> <td>16:00</td> <td>25</td> <td>3</td> <td>Tiempo de fraguado final del hormigón</td> <td>0 h 45 min</td> </tr> <tr> <td>16:05</td> <td>30</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Lectura	Tiempo (min)	Penetración 25 ± 1,5mm	Descripción	Datos	15:35	0	25	Tipo de cemento	Holcim GU	15:40	5	10	Hora de inicio del ensayo	15:20	15:45	10	6	Hora de fraguado inicial del hormigón	15:35	15:50	15	5	Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 15 min	15:55	20	4,5	Hora de fraguado final del hormigón	16:05	16:00	25	3	Tiempo de fraguado final del hormigón	0 h 45 min	16:05	30	2		
Lectura	Tiempo (min)	Penetración 25 ± 1,5mm	Descripción	Datos																																							
15:35	0	25	Tipo de cemento	Holcim GU																																							
15:40	5	10	Hora de inicio del ensayo	15:20																																							
15:45	10	6	Hora de fraguado inicial del hormigón	15:35																																							
15:50	15	5	Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 15 min																																							
15:55	20	4,5	Hora de fraguado final del hormigón	16:05																																							
16:00	25	3	Tiempo de fraguado final del hormigón	0 h 45 min																																							
16:05	30	2																																									
<p>Gráfica tiempo de fraguado hormigón 280 kg/cm<sup>2</sup>- 1 % Aditec SF-106</p> 																																											
ING. RICHARD RAMÍREZ REVISADO POR:		RONALD CUCALÓN R. JOSÉ TOMALÁ POZO ELABORADO POR:																																									

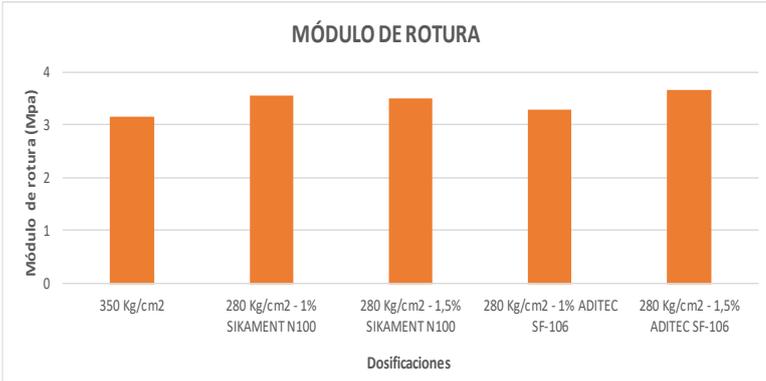
**Anexo 16. Datos de tiempo de fraguado hormigón 280 kg/cm<sup>2</sup>- 1% Aditec SF 106.**

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA</b>																																									
	<b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b>																																									
	<b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																									
<b>TESISTAS</b>	Ronald Cucalón Rosales - José Tomalá Pozo																																									
<b>TUTOR</b>	ING. RICHARD RAMÍREZ																																									
<b>ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO (HORMIGÓN 280KG/CM2 - 1,5% ADITEC SF- 106)</b>																																										
NTE INEN 158																																										
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Lectura</th> <th style="width: 15%;">Tiempo (min)</th> <th style="width: 15%;">Penetración 25 ± 1,5mm</th> <th style="width: 35%;">Descripción</th> <th style="width: 20%;">Datos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11:00</td> <td>0</td> <td>25</td> <td>Tipo de cemento</td> <td>Holcim GU</td> </tr> <tr> <td>11:15</td> <td>15</td> <td>18</td> <td>Hora de inicio del ensayo</td> <td>10:30</td> </tr> <tr> <td>11:20</td> <td>20</td> <td>11</td> <td>Hora de fraguado inicial del hormigón</td> <td>11:00</td> </tr> <tr> <td>11:25</td> <td>25</td> <td>8</td> <td>Tiempo de fraguado inicial del hormigón</td> <td>0 h 30 min</td> </tr> <tr> <td>11:30</td> <td>30</td> <td>5</td> <td>Hora de fraguado final del hormigón</td> <td>11:40</td> </tr> <tr> <td>11:35</td> <td>35</td> <td>3</td> <td>Tiempo de fraguado final del hormigón</td> <td>1 h 10 min</td> </tr> <tr> <td>11:40</td> <td>40</td> <td>1,5</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Lectura	Tiempo (min)	Penetración 25 ± 1,5mm	Descripción	Datos	11:00	0	25	Tipo de cemento	Holcim GU	11:15	15	18	Hora de inicio del ensayo	10:30	11:20	20	11	Hora de fraguado inicial del hormigón	11:00	11:25	25	8	Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 30 min	11:30	30	5	Hora de fraguado final del hormigón	11:40	11:35	35	3	Tiempo de fraguado final del hormigón	1 h 10 min	11:40	40	1,5		
Lectura	Tiempo (min)	Penetración 25 ± 1,5mm	Descripción	Datos																																						
11:00	0	25	Tipo de cemento	Holcim GU																																						
11:15	15	18	Hora de inicio del ensayo	10:30																																						
11:20	20	11	Hora de fraguado inicial del hormigón	11:00																																						
11:25	25	8	Tiempo de fraguado inicial del hormigón	0 h 30 min																																						
11:30	30	5	Hora de fraguado final del hormigón	11:40																																						
11:35	35	3	Tiempo de fraguado final del hormigón	1 h 10 min																																						
11:40	40	1,5																																								
<p>Gráfica tiempo de fraguado hormigón 280 kg/cm<sup>2</sup>- 1,5 % Aditec SF-106</p> 																																										
ING. RICHARD RAMÍREZ REVISADO POR:	RONALD CUCALÓN R. JOSÉ TOMALÁ POZO ELABORADO POR:																																									

**Anexo 17.** Datos de tiempo de fraguado hormigón 280 kg/cm<sup>2</sup>- 1,5 % Aditec SF 106.

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA</b>																									
	<b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b>																									
	<b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																									
<b>TESISTAS</b>	Ronald Cucalón Rosales - José Tomalá Pozo																									
<b>TUTOR</b>	ING. RICHARD RAMÍREZ																									
<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN HORMIGÓN 350KG/CM2 CON 280 KG/CM2</b>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">DOSIFICACIONES/RESITENCIA POR DÍAS</th> <th style="text-align: center;">7</th> <th style="text-align: center;">14</th> <th style="text-align: center;">28</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">350 Kg/cm<sup>2</sup></td> <td style="text-align: center;">155,66</td> <td style="text-align: center;">270,07</td> <td style="text-align: center;">345,43</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">280 Kg/cm<sup>2</sup> - 1% SIKAMENT N<sup>o</sup>100</td> <td style="text-align: center;">299,69</td> <td style="text-align: center;">318,87</td> <td style="text-align: center;">348,95</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">280 Kg/cm<sup>2</sup> - 1,5% SIKAMENT N<sup>o</sup>100</td> <td style="text-align: center;">336,91</td> <td style="text-align: center;">350,37</td> <td style="text-align: center;">358,18</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">280 Kg/cm<sup>2</sup> - 1% ADITEC SF-106</td> <td style="text-align: center;">298,57</td> <td style="text-align: center;">337,88</td> <td style="text-align: center;">415,08</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">280 Kg/cm<sup>2</sup> - 1,5% ADITEC SF-106</td> <td style="text-align: center;">341,55</td> <td style="text-align: center;">359,20</td> <td style="text-align: center;">396,01</td> </tr> </tbody> </table>			DOSIFICACIONES/RESITENCIA POR DÍAS	7	14	28	350 Kg/cm <sup>2</sup>	155,66	270,07	345,43	280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% SIKAMENT N <sup>o</sup> 100	299,69	318,87	348,95	280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% SIKAMENT N <sup>o</sup> 100	336,91	350,37	358,18	280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% ADITEC SF-106	298,57	337,88	415,08	280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% ADITEC SF-106	341,55	359,20	396,01
DOSIFICACIONES/RESITENCIA POR DÍAS	7	14	28																							
350 Kg/cm <sup>2</sup>	155,66	270,07	345,43																							
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% SIKAMENT N <sup>o</sup> 100	299,69	318,87	348,95																							
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% SIKAMENT N <sup>o</sup> 100	336,91	350,37	358,18																							
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% ADITEC SF-106	298,57	337,88	415,08																							
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% ADITEC SF-106	341,55	359,20	396,01																							
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> </div>																										
ING. RICHARD RAMÍREZ REVISADO POR:		RONALD CUCALÓN R. JOSÉ TOMALÁ POZO ELABORADO POR:																								

**Anexo 18. Datos de resistencias de los diseños de hormigón.**

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA																																																	
	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA																																																	
	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL																																																	
TESISTAS	Ronald Cucalón Rosales - José Tomalá Pozo																																																	
TUTOR	ING. RICHARD RAMÍREZ																																																	
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS</b>																																																		
NTE INEN 2554																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">DOSIFICACIONES/MÓDULO DE ROTURA</th> <th colspan="5">MÓDULO DE ROTURA</th> </tr> <tr> <th>CARGA MÁXIMA</th> <th>LUZ DE VIGA</th> <th>ANCHO</th> <th>ALTURA</th> <th rowspan="2">R (Mpa)</th> </tr> <tr> <th>P (N)</th> <th>L (mm)</th> <th>b (mm)</th> <th>d (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>350 Kg/cm<sup>2</sup></td> <td style="text-align: center;">25,94</td> <td style="text-align: center;">450,00</td> <td style="text-align: center;">154,00</td> <td style="text-align: center;">155,10</td> <td style="text-align: center;">3,15</td> </tr> <tr> <td>280 Kg/cm<sup>2</sup> - 1% SIKAMENT N100</td> <td style="text-align: center;">29,04</td> <td style="text-align: center;">450,00</td> <td style="text-align: center;">155,20</td> <td style="text-align: center;">154,00</td> <td style="text-align: center;">3,55</td> </tr> <tr> <td>280 Kg/cm<sup>2</sup> - 1,5% SIKAMENT N100</td> <td style="text-align: center;">29,02</td> <td style="text-align: center;">450,00</td> <td style="text-align: center;">155,10</td> <td style="text-align: center;">155,00</td> <td style="text-align: center;">3,50</td> </tr> <tr> <td>280 Kg/cm<sup>2</sup> - 1% ADITEC SF-106</td> <td style="text-align: center;">27,66</td> <td style="text-align: center;">450,00</td> <td style="text-align: center;">153,20</td> <td style="text-align: center;">157,00</td> <td style="text-align: center;">3,30</td> </tr> <tr> <td>280 Kg/cm<sup>2</sup> - 1,5% ADITEC SF-106</td> <td style="text-align: center;">29,06</td> <td style="text-align: center;">450,00</td> <td style="text-align: center;">154,00</td> <td style="text-align: center;">152,10</td> <td style="text-align: center;">3,67</td> </tr> </tbody> </table>						DOSIFICACIONES/MÓDULO DE ROTURA	MÓDULO DE ROTURA					CARGA MÁXIMA	LUZ DE VIGA	ANCHO	ALTURA	R (Mpa)	P (N)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	350 Kg/cm <sup>2</sup>	25,94	450,00	154,00	155,10	3,15	280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% SIKAMENT N100	29,04	450,00	155,20	154,00	3,55	280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% SIKAMENT N100	29,02	450,00	155,10	155,00	3,50	280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% ADITEC SF-106	27,66	450,00	153,20	157,00	3,30	280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% ADITEC SF-106	29,06	450,00	154,00	152,10	3,67
DOSIFICACIONES/MÓDULO DE ROTURA	MÓDULO DE ROTURA																																																	
	CARGA MÁXIMA	LUZ DE VIGA	ANCHO	ALTURA	R (Mpa)																																													
	P (N)	L (mm)	b (mm)	d (mm)																																														
350 Kg/cm <sup>2</sup>	25,94	450,00	154,00	155,10	3,15																																													
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% SIKAMENT N100	29,04	450,00	155,20	154,00	3,55																																													
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% SIKAMENT N100	29,02	450,00	155,10	155,00	3,50																																													
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1% ADITEC SF-106	27,66	450,00	153,20	157,00	3,30																																													
280 Kg/cm <sup>2</sup> - 1,5% ADITEC SF-106	29,06	450,00	154,00	152,10	3,67																																													
																																																		
ING. RICHARD RAMÍREZ REVISADO POR:					RONALD CUCALÓN R. JOSÉ TOMALÁ POZO ELABORADO POR:																																													

**Anexo 19. Datos de módulo de rotura.**



**Figura 21:** Ensayo de determinación de material más fino.



**Figura 22:** Granulometría de árido fino y grueso



**Figura 23:** Tamizado de agregado grueso.



**Figura 24:** Ensayo del peso volumétrico varillado del agregado grueso.



**Figura 25:** Ensayo de densidad saturada superficialmente seca



**Figura 26:** Mezcla de los elementos del hormigón



**Figura 27:** *Ensayo de Asentamiento del hormigón (Cono de Abraham).*



**Figura 28:** *Elaboración de las probetas de hormigón.*



**Figura 29:** *Elaboración de las vigas de hormigón.*



**Figura 30:** *Vaciado y fundición de las probetas de hormigón.*



**Figura 31:** *Curado inicial de los cilindros y vigas de hormigón.*



**Figura 32:** Ensayo de tiempo de fraguado del hormigón.



**Figura 33:** Curado de especímenes de hormigón.



**Figura 34:** Cilindros de hormigón.



Figura 35: Prensa hidráulica para ensayo de compresión y flexión.



Figura 36: Ensayo de compresión de las probetas de hormigón.



**Figura 37:** Ensayo de flexión de las vigas de hormigón.



**Figura 38:** Mediciones de las fisuras de las vigas de hormigón para el cálculo del módulo de rotura.